

ISSN 2541-9420 (Print)  
ISSN 2587-9596 (Online)

16+

# ACTA BIOMEDICA SCIENTIFICA

Tom 8  
№ 5  
2023





ISSN 2541-9420 (Print)  
ISSN 2587-9556 (Online)



# ACTA BIOMEDICA SCIENTIFICA

Tom 8  
№ 5  
2023

# Главный редактор

Колесников С.И., академик РАН (РФ, Иркутск – Москва)

## Зам. главного редактора

Рычкова Л.В., член-корр. РАН (РФ, Иркутск)

Сорокиков В.А., д.м.н., профессор (РФ, Иркутск)

Сычёв Д.А., академик РАН (РФ, Москва)

Щуко А.Г., д.м.н., профессор (РФ, Иркутск)

## Ответственный секретарь

Жовкля Н.А. (РФ, Иркутск)

## Редакционная коллегия

Аль-Джефут М., доктор медицины, профессор (Иордания, Карак)

Балахонов С.В., д.м.н., профессор (РФ, Иркутск)

Григорьев Е.Г., член-корр. РАН (РФ, Иркутск)

Гржибовский А.М., д.м.н., профессор (РФ, Архангельск)

Колесникова Л.И., академик РАН (РФ, Иркутск)

Мадаева И.М., д.м.н. (РФ, Иркутск)

Малов И.В., д.м.н., профессор (РФ, Иркутск)

Никитенко Л.Л., д.б.н. (Великобритания, Оксфорд)

Нямдаваа К., академик Монгольской академии медицинских наук (Монголия, Улан-Батор)

Савилов Е.Д., д.м.н., профессор (РФ, Иркутск)

Семёнова Н.В., д.б.н. (РФ, Иркутск)

Хавинсон В.Х., академик РАН (РФ, Санкт-Петербург)

Шпрах В.В., д.м.н., профессор (РФ, Иркутск)

Юрьева Т.Н., д.м.н., профессор (РФ, Иркутск)

Янагихара Р., доктор наук, профессор (США, Гавайи)

## Редакционный совет

Айзман Р.И., д.б.н. (РФ, Новосибирск); Атшабар Б.Б., д.м.н., профессор (Казахстан, Алматы); Белокриницкая Т.Е., д.м.н., профессор (РФ, Чита); Бохан Н.А., академик РАН (РФ, Томск); Бывальцев В.А., д.м.н., профессор (РФ, Иркутск); Данчинова Г.А., д.б.н. (РФ, Иркутск); Дубровина В.И., д.б.н. (РФ, Иркутск); Дыгай А.М., академик РАН (РФ, Томск); Ковров Г.В., д.м.н. (РФ, Москва); Колосов В.П., академик РАН (РФ, Благовещенск); Константинов Ю.М., д.б.н., профессор (РФ, Иркутск); Кривошапкин А.Л., член-корр. РАН (РФ, Москва); Кудлай Д.А., член-корр. РАН (РФ, Москва); Макаров Л.М., д.м.н., профессор (РФ, Москва); Малышев В.В., д.м.н., профессор (РФ, Калининград); Манчук В.Т., член-корр. РАН (РФ, Красноярск); Огарков О.Б., д.м.н. (РФ, Иркутск); Осипова Е.В., д.б.н., профессор (РФ, Иркутск); Петрова А.Г., д.м.н., профессор (РФ, Иркутск); Плеханов А.Н., д.м.н. (РФ, Улан-Удэ); Погодина А.В., д.м.н. (РФ, Иркутск); Протопопова Н.В., д.м.н., профессор (РФ, Иркутск); Савченков М.Ф., академик РАН (РФ, Иркутск); Сутурина Л.В., д.м.н., профессор (РФ, Иркутск); Сэргэлэн О., д.м.н. профессор (Монголия, Улан-Батор); Уварова Е.В., д.м.н., профессор (РФ, Москва); Хохлов А.Л., член-корр. РАН (РФ, Ярославль); Эпштейн О.И., член-корр. РАН (РФ, Москва); Янг Йонгхонг, иностранный член РАН (Китай, Пекин).

Авторы опубликованных материалов несут ответственность за подбор и точность приведённых фактов, цитат, статистических данных и прочих сведений, а также за то, что в материалах не содержится данных, не подлежащих открытой публикации.

Мнение автора может не совпадать с мнением редакции.

**Адрес издателя и редакции: 664003, г. Иркутск, ул. Тимирязева, 16. ФГБНУ НЦ ПЗСРЧ.**

**Тел.: (3952) 20-90-48.**

**<http://actabiomedica.ru>**

**E-mail: [journalirk@gmail.com](mailto:journalirk@gmail.com)**

Журнал «Acta Biomedica Scientifica» зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (РОСКОМНАДЗОР). Свидетельство о регистрации СМИ – ПИ № ФС 77–69383 от 06 апреля 2017 г.

До апреля 2017 г. журнал имел название «Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской Академии медицинских наук» (Бюллетень ВСНЦ СО РАМН). Основан в 1993 году.

Соучредители – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека» (ФГБНУ НЦ ПЗСРЧ) (664003, Иркутская обл., г. Иркутск, ул. Тимирязева, д. 16), Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Иркутский научный центр хирургии и травматологии» (ИНЦХТ) (664003, Иркутская обл., г. Иркутск, ул. Борцов Революции, д. 1), Федеральное государственное автономное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр «Межотраслевой научно-технический комплекс «Микрохирургия глаза» имени академика С. Н. Фёдорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С. Н. Фёдорова» Минздрава России) (127486, г. Москва, Бескудниковский б-р, д. 59А).

Журнал включён в Реферативный журнал и базу данных ВИНТИ. Сведения о журнале публикуются в международной справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям «Ulrich's Periodicals Directory». Журнал индексируется в таких базах данных, как РИНЦ, Scopus, DOAJ и др.

Журнал «Acta Biomedica Scientifica» входит в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата и доктора наук».

Подписной индекс 243447. Свободная цена.

ISSN 2541–9420 (Print)

ISSN 2587–9596 (Online)

Ключевое название: Acta Biomedica Scientifica

ISSN 2541-9420 (Print)  
ISSN 2587-9556 (Online)



# ACTA BIOMEDICA SCIENTIFICA

Vol. 8  
N 5  
2023

# Chief Editor

Kolesnikov S.I., Member of RAS (Russia, Irkutsk – Moscow)

# Deputy Chief Editor

Rychkova L.V., Corresponding Member of RAS (Russia, Irkutsk)

Sorokovikov V.A., Dr. Sc. (Med.), Professor (Russia, Irkutsk)

Sychev D.A., Member of RAS (Russia, Moscow)

Shchuko A.G., Dr. Sc. (Med.), Professor (Russia, Irkutsk)

# Executive secretary

Zhovklaya N.A. (Russia, Irkutsk)

# Editorial board

Al-Jefout M., MD, Professor (Jordan, Karak)

Balakhonov S.V., Dr. Sc. (Med.), Professor (Russia, Irkutsk)

Grigoryev E.G., Corresponding Member of RAS (Russia, Irkutsk)

Grzhibovskii A.M., Dr. Sc. (Med.), Professor (Russia, Arkhangelsk)

Kolesnikova L.I., Member of RAS (Russia, Irkutsk)

Madaeva I.M., Dr. Sc. (Med.) (Russia, Irkutsk)

Malov I.V., Dr. Sc. (Med.), Professor (Russia, Irkutsk)

Nikitenko L.L., Dr. Sc. (Biol.) (UK, Oxford)

Nyamdavaa K., Member of Mongolian Academy of Sciences (Mongolia, Ulaanbaatar)

Savilov E.D., Dr. Sc. (Med.), Professor (Russia, Irkutsk)

Semenova N.V., Dr. Sc. (Biol.) (Russia, Irkutsk)

Khavinson V.Kh., Member of RAS (Russia, Saint Petersburg)

Shprakh V.V., Dr. Sc. (Med.), Professor (Russia, Irkutsk)

Iureva T.N., Dr. Sc. (Med.), Professor (Russia, Irkutsk)

Yanagihara R., MD, Professor (USA, Hawaii)

# Editorial Council

Aizman R.I., Dr. Sc. (Biol.) (Russia, Novosibirsk); Atshabar B.B., Dr. Sc. (Med.), Professor (Kazakhstan, Almaty); Belokrinskaya T.E., Dr. Sc. (Med.), Professor (Russia, Chita); Bokhan N.A., Member of RAS (Russia, Tomsk); Byvaltsev V.A., Dr. Sc. (Med.), Professor (Russia, Irkutsk); Danchinova G.A., Dr. Sc. (Biol.) (Russia, Irkutsk); Dubrovina V.I., Dr. Sc. (Biol.) (Russia, Irkutsk); Dygai A.M., Member of RAS (Russia, Tomsk); Kovrov G.V., Dr. Sc. (Med.) (Russia, Moscow); Kolosov V.P., Member of RAS (Russia, Blagoveshchensk); Konstantinov Yu.M., Dr. Sc. (Biol.), Professor (Russia, Irkutsk); Krivoshepin A.L., Corresponding Member of RAS (Russia, Moscow); Kudlay D.A., Corresponding Member of RAS (Russia, Moscow); Makarov L.M., Dr. Sc. (Med.), Professor (Russia, Moscow); Malyshev V.V., Dr. Sc. (Med.), Professor (Russia, Kaliningrad); Manchouk V.T., Corresponding Member of RAS (Russia, Krasnoyarsk); Ogarkov O.B., Dr. Sc. (Med.) (Russia, Irkutsk); Osipova E.V., Dr. Sc. (Biol.), Professor (Russia, Irkutsk); Petrova A.G., Dr. Sc. (Med.), Professor (Russia, Irkutsk); Plekhanov A.N., Dr. Sc. (Med.) (Russia, Ulan-Ude); Pogodina A.V., Dr. Sc. (Med.) (Russia, Irkutsk); Protopopova N.V., Dr. Sc. (Med.), Professor (Russia, Irkutsk); Savchenkov M.F., Member of RAS (Russia, Irkutsk); Suturina L.V., Dr. Sc. (Med.), Professor (Russia, Irkutsk); Sergelen O., Dr. Sc. (Med.), Professor (Mongolia, Ulaanbaatar); Uvarova E.V., Dr. Sc. (Med.), Professor (Russia, Moscow); Khokhlov A.L., Corresponding Member of RAS (Russia, Yaroslavl); Epshtein O.I., Corresponding Member of RAS (Russia, Moscow); Yang Yonghong, Foreign Member of the RAS (China, Beijing).

The authors of the published articles account for choice and accuracy of the presented facts, quotations, historical data and other information; the authors are also responsible for not presenting data which are not meant for open publication.

Authors and the Editorial Board's opinions may not coincide.

**Address of publisher and editorial board: SC FHHRP. 16 Timiryazev str., Irkutsk, Russia, 664003**

**Tel. (3952) 20-90-48.**

**<http://actabiomedica.ru> E-mail: [journalirk@gmail.com](mailto:journalirk@gmail.com)**

Acta Biomedica Scientifica is registered in Federal Service of Supervision in communication sphere, information technologies and mass media (ROSKOMNADZOR). Certificate of Mass Media Registration – PI No FS 77-69383 from 06 April 2017.

Previous title changed after April 2017 – “Bulletin of Eastern-Siberian Scientific Center of Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Sciences”.

*Acta Biomedica Scientifica* has been founded in 1993.

Co-founders – Scientific Centre for Family Health and Human Reproduction Problems (16 Timiryazev str., Irkutsk, Russia, 664003), Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology (1 Bortsov Revolyutsii str., Irkutsk, Russia, 664003), S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution (59A Beskudnikovskiy blvd, Moscow, 127486).

*Acta Biomedica Scientifica* is in Abstract Journal and Data base of All-Russian Institute of Scientific and Technical Information. Information about our journal is published in Ulrich's Periodicals Directory. The journal is indexed in Russian Science Citation Index (Russian platform), Scopus, DOAJ, etc.

*Acta Biomedica Scientifica* is included in «List of Russian reviewed scientific periodicals where main scientific results of dissertations for a degree of Candidate and Doctor of Science should be published».

Subscription index is 24347 in Russia. Open price.

ISSN 2541–9420 (Print)

ISSN (Online) 2587-9596

Key title: *Acta Biomedica Scientifica*

## ПРЕДИСЛОВИЕ ЗАМЕСТИТЕЛЯ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF'S PREFACE

### ПРЕДИСЛОВИЕ ЗАМЕСТИТЕЛЯ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА К № 5 (2023)

Сорокиков  
Владимир Алексеевич

доктор медицинских наук,  
профессор

Уважаемые читатели!

Перед Вами свежий номер журнала «Acta Biomedica Scientifica», в котором опубликованы работы по актуальным вопросам российской медицинской науки и практического здравоохранения.

Передовой статьёй данного номера, на мой взгляд, является статья В.А. Корьяк и соавт. (Иркутск) «Опыт оценки социально-экономического ущерба, обусловленного заболеваемостью населения коксартрозом», в которой рассматривается важная проблема – оценка величины и структуры экономического ущерба в связи с оказанием медицинской и социальной помощи пациентам с коксартрозом на уровне субъекта Российской Федерации. На примере Иркутской области показано, что среднегодовой социально-экономический ущерб от коксартроза достигает 0,1 % от валового регионального продукта. При этом основную часть ущерба (64,4 %) составляют не прямые затраты в связи с инвалидностью. Результаты исследования подтверждают экономическую целесообразность хирургического лечения коксартроза, особенно у пациентов трудоспособного возраста.

Самый большой раздел журнала посвящён проблемам травматологии и ортопедии. В этом разделе большой интерес представляет статья Д.В. Меньшовой и соавт. (Иркутск) «Оценка эффективности хирургического лечения пациентов с массивными разрывами сухожилий вращательной манжеты плеча с использованием артроскопически-ассистированной транспозиции сухожилия широчайшей мышцы спины», в которой продемонстрирована оригинальная методика лечения пациентов с этой тяжёлой патологией. Мировой опыт лечения пациентов с массивными разрывами вращательной манжеты плеча обобщён в работах Д.В. Меньшовой (Иркутск) и Е.Н. Слайковского и соавт. (Иркутск).

Традиционно журнал публикует научные обзоры. В данном номере журнала следует выделить обзор, касающийся вопросов реабилитации пациентов с нестабильными повреждениями тазового кольца, представленный А.А. Мелкоступовым и соавт. (Иркутск). В качестве основных реабилитационных мероприятий рассматриваются возможности вертикализации пациентов и применения осевой нагрузки на нижние конечности в послеоперационном периоде. Отмечено, что в случае решения вопроса осевой нагрузки при нестабильном повреждении тазового кольца величина такой нагрузки и сроки начала её применения должны определяться индивидуально, в зависимости от физического состояния пациента, особенностей травмы и наличия сопутствующих повреждений.

Н.А. Шолохова и соавт. (Москва) в статье «Современное состояние вопроса использования конусно-лучевой компьютерной томографии в диагностике заболеваний опорно-двигательного аппарата» показали, что конусно-лучевая компьютерная томография – современная и перспективная методика, с помощью которой можно оценить форму и контур кости, наличие нарушения целостности кости и положение костных отломков, структуру костной ткани и протекающие в ней патологические процессы (деструкция, остеопороз, остеосклероз), конгруэнтность сустава и изменения суставных поверхностей, окружающие мягкие ткани. Авторы полагают, что данная методика найдёт широкое применение в травматологии и ортопедии.

М.Л. Лебедь и соавт. (Иркутск) в статье «Острое повреждение почек после первичного тотального эндопротезирования тазобедренного сустава» установили, что острое повреждение почек выявлено у 7,3 % пациентов, пе-

ренёших первичное тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава. В качестве факторов риска развития данного осложнения установлены низкие показатели исходной концентрации гемоглобина крови, что может свидетельствовать в пользу преренального механизма патогенеза данного состояния.

В статье А.И. Плахова и соавт. (Иркутск) «Параметры микроциркуляции повреждённого сегмента нижних конечностей после лечения диафизарных переломов с помощью блокируемого интрамедуллярного гвоздя» в раннем послеоперационном периоде изучены показатели микроциркуляции травмированных костей голени при фиксации фрагментов блокируемым интрамедуллярным гвоздём. Выявлено нарушение местного кровообращения по ишемическому типу с компенсацией за счёт включения анастомозов.

В.Э. Потапов и соавт. (Иркутск) в своей статье поднимают проблему лечения дисфункции системы динамической стабилизации поясничного отдела позвоночника. Проведённое исследование свидетельствует о том, что у ряда пациентов после дискэктомии и динамической стабилизации позвоночника системой Soflex развиваются несостоятельность и гетеротипическая оссификация импланта, формируется неоартроз. Имплантация поясничного реек-кейджа при сохранении устройства Soflex позволяет сформировать ригидный межтеловой спондилодез, то есть является достаточной и обоснованной хирургической технологией лечения несостоятельности конструкции динамической стабилизации.

В.Г. Федоров и И.В. Кузин (Ижевск) в статье «Результаты лечения переломов диафиза бедренной кости блокируемым интрамедуллярным и на костным остеосинтезом (итоги за 10 лет)» показали неоспоримое преимущество применения блокируемого интрамедуллярного остеосинтеза по сравнению с на костным остеосинтезом при лечении переломов бедренной кости.

В.М. Прохоренко и Ю.А. Афанасьев (Новосибирск) представляют хирургическое лечение внутрисуставных переломов проксимального отдела плечевой кости методом аутопластики несвободным костно-мышечным трансплантатом из клювовидного отростка лопатки, демонстрируя его эффективность.

Среди статей, описывающих клинические случаи лечения заболеваний, представлена статья Л.К. Скуратовой и соавт. (Новосибирск) «Возможность хорошего исхода и обратимость тяжёлого поражения голеностопного сустава на примере клинического наблюдения», в которой продемонстрирована возможность ранней диагностики асептического некроза таранной кости, регресса патологических изменений.

В статье А.Е. Медведчикова и соавт. (Новосибирск) на клиническом примере показана новая техника реинсерции двумя кортикальными пуговицами при полнослойном повреждении дистального сухожилия двуглавой мышцы плеча.

Интересный случай успешного этапного лечения редкой патологии стопы – двусторонней брахиметатарзии с укорочением III и IV плюсневых костей в сочетании с вальгусным отклонением первого пальца – представлен в работе И.В. Усольцева и соавт. (Иркутск).

Демонстрации клинического наблюдения также посвящена работа К.Б. Леявина и соавт. (Иркутск), описывающая случай диффузной крупноклеточной В-клеточной лимфомы яичка и представленная в разделе «Онкология».

Раздел «Неврология и нейрохирургия» представлен статьёй В.А. Сорокикова и соавт. (Иркутск) «Опыт одно- и двухсторонней транспедикулярной фиксации при дегенеративных заболеваниях поясничного отдела позвоночника», в которой продемонстрировано, что односторонние декомпрессивно-стабилизирующие вмешательства у пациентов с заднебоковыми и фораминальными грыжами поясничного отдела позвоночника позволяют уменьшить продолжительность операции, выраженность болевого синдрома в послеоперационном периоде за счёт адекватной декомпрессии нервно-сосудистых образований позвоночного канала и стабилизации позво-

ночно-двигательного сегмента, что предотвращает рецидив заболевания и обеспечивает раннюю реабилитацию пациентов.

Блок работ, посвящённых хирургии, открывает статья А.Г. Мурадова и соавт. (Красноярск) «Ближайшие и отдалённые результаты бимаммарного шунтирования у пациентов с многососудистым коронарным поражением и сахарным диабетом 2-го типа после псевдорандомизации», в которой доказано, что бимаммарное шунтирование у пациентов с сахарным диабетом 2-го типа является безопасным и эффективным методом хирургического лечения ишемической болезни сердца как в ближайшем, так и в отдалённом периоде и может быть операцией выбора у пациентов с многососудистым поражением.

В статье Е.А. Ильичевой и соавт. «Качество жизни пациентов с солитарным и множественным поражением околощитовидных желёз при спорадическом первичном гиперпаратиреозе до и после хирургического лечения» доказано, что хирургическая тактика, направленная на снижение частоты персистенции гиперпаратиреоза, позволяет добиться улучшения качества жизни у большинства пациентов с множественным поражением околощитовидных желёз при первичном гиперпаратиреозе. Проблеме морфологической диагностики гиперпаратиреоза посвящена и вторая работа этих авторов, в которой установлено, что множественное поражение околощитовидных желёз при любом клиническом варианте гиперпаратиреоза характеризуется преобладанием гиперплазии: 80 % при первичном и 100 % при вторичном и третичном гиперпаратиреозе.

Большой интерес для читателей, несомненно, представляет статья Е.А. Анастасиевой и соавт. (Новосибирск) «Восстановление рентгеновской плотности кости при замещении дефектов кортикальной пластины тканеинженерной конструкцией в эксперименте», в которой экспериментально доказано, что применение тканеинженерной конструкции на основе депротеинизированной губчатой кости со стромально-васкулярной фракцией жировой ткани для заполнения перфорационных дефектов кортикальной пластины бедренной кости кролика приводит к раннему восстановлению рентгеновской плотности костной ткани в зоне дефекта.

Интересны читателям будут и научные обзоры А.В. Невежиной и Т.В. Фадеевой (Иркутск), посвящённый изучению антимикробного потенциала йодсодержащих веществ и материалов, и Н.Н. Дреминой и соавт. (Иркутск), рассматривающий применение природных компонентов в качестве структуры гидрогелей для клеточной терапии и тканевой инженерии.

Итак, очередной выпуск перед Вами!

**Для цитирования:** Сорокиков В.А. Предисловие заместителя главного редактора к № 5 (2023). *Acta biomedica scientifica*. 2023; 8(5): 5-10. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.1

## DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF'S PREFACE TO ISSUE 5, 2023

**Vladimir A. Sorokovikov**

**Dr. Sc. (Med.), Professor**

Dear readers!

Here is the latest issue of the Acta Biomedica Scientifica, which includes works on topical issues of Russian medical science and practical healthcare.

The leading article in this issue, in my opinion, is the article by V.A. Koryak et al. (Irkutsk) "Assessing socio-economic damage caused by coxarthrosis in the population" which examines an important problem – assessing the value and structure of economic damage in connection with the provision of medical and social care to the patients with coxarthrosis at the state level of the Russian Federation. Using the example of the Irkutsk region, the authors showed that the average annual socio-economic damage from coxarthrosis reaches 0.1 % of the gross regional product. At the same time, the most of the damage (64.4 %) consists of indirect costs due to disability. The results of the study confirm the economic feasibility of surgical treatment of coxarthrosis, especially in patients of working age.

The largest section of the journal is devoted to the problems of traumatology and orthopedics. Among these articles, the work by D.V. Menshova et al. (Irkutsk) "Assessment of the effectiveness of surgical treatment of patients with massive tears of the rotator cuff tendons using arthroscopically assisted transposition of the latissimus dorsi tendon" is of great interest. It demonstrates an original method of treatment of this severe pathology. World experience in treatment of massive rotator cuff tears is summarized in the articles of D.V. Menshova (Irkutsk) and E.N. Slaikovskiy et al. (Irkutsk).

Traditionally, our journal publishes scientific reviews. In this issue, we should highlight a review concerning the rehabilitation of patients with unstable injuries of the pelvic ring by A.A. Melkostupov et al. (Irkutsk). The possibilities of verticalization of patients and using axial load on the lower extremities in the post-operative period are considered as the main rehabilitation measures. It is noted that when resolving the issue of axial load in case of unstable pelvic ring injury, the value of the load and the timing of its start should be determined individually, depending on the physical condition of the patient, the characteristics of the injury and the presence of concomitant injuries.

N.A. Sholokhova et al. (Moscow) in their article "The current state of the issue of using cone beam computed tomography in the diagnosis of musculoskeletal diseases" showed that cone-beam computed tomography is a modern and promising technique which can contribute to the assessing the shape and contour of the bone, the solution of continuity of the bone and the position of bone fragments, the structure of bone tissue and the pathological processes in it (destruction, osteoporosis, osteosclerosis), joint congruence and changes in articular surfaces surrounding soft tissues. The authors believe that this technique will find wide application in traumatology and orthopedics.

M.L. Lebed et al. (Irkutsk) in the article "Acute kidney injury after primary total hip replacement" established that acute kidney injury was detected in 7.3 % of patients who after primary total hip replacement. Low initial blood hemoglobin concentrations have been identified as risk factors for the development of this complication, which may indicate a prerenal mechanism for the pathogenesis of this condition.

In the article by A.I. Plakhov et al. (Irkutsk) "Microcirculation parameters of the damaged segment of the lower extremity after treatment of diaphyseal fractures using a locked intramedullary nail", the authors studied microcirculation parameters of injured leg bones during fragments fixation with locked intramedullary nail in the early postoperative period. A disorder in local circula-

tion of the ischemic type with compensation due to the anastomoses inclusion was revealed.

V.E. Potapov et al. (Irkutsk) in their article raise the problem of treating dysfunction of the dynamic stabilization system in the lumbar spine. The study shows that in a number of patients, discectomy and dynamic stabilization of the spine with the Coflex system are followed by failure and heterotypic ossification of the implant, and development of neoarthrosis. Implantation of a lumbar peek cage while maintaining the Coflex device allows for the formation of a rigid interbody fusion, that is, it is a sufficient and well-grounded surgical technology for treating the failure of the dynamic stabilization structure.

V.G. Fedorov and I.V. Kuzin (Izhevsk) in the article "The results of treatment of femoral diaphysis fractures using locked intramedullary osteosynthesis and extramedullary osteosynthesis (results for 10 years)" showed the undeniable advantage of using locked intramedullary osteosynthesis compared to external osteosynthesis in the treatment of femoral fractures.

V.M. Prokhorenko and Yu.A. Afanasiev (Novosibirsk) in their article present surgical treatment of intra-articular fractures of the proximal humerus using autoplasty with a non-free osteomuscular graft from the coracoid process and demonstrate its effectiveness.

Among the articles describing clinical cases, we can highlight an article by L.K. Skuratova et al. (Novosibirsk) "The possibility of a favourable outcome and reversibility of severe ankle joint damage on the example of a clinical observation" which demonstrated the possibility of early diagnosis of aseptic necrosis of the talus and regression of pathological changes.

The article by A.E. Medvedchikov et al. (Novosibirsk) presents a clinical example of using a new technique of reinsertion with two cortical buttons in complete rupture of distal biceps.

An interesting case of successful stepwise treatment of a rare foot pathology – bilateral brachymetatarsia with shortening of the third and fourth metatarsal bones in combination with valgus deviation of the first toe – is presented in the article of I.V. Usoltsev et al. (Irkutsk).

The work of K.B. Lelyavin et al. (Irkutsk) from the "Oncology" section is devoted to demonstrating clinical observation of a case of testicular diffuse large B-cell lymphoma.

The section "Neurology and Neurosurgery" is represented by an article by V.A. Sorokovikov et al. (Irkutsk) "Experience of unilateral and bilateral transpedicular fixation in degenerative diseases of the lumbar spine", which demonstrates that unilateral decompressive and stabilizing interventions in patients with posterolateral and foraminal hernias of the lumbar spine can reduce the duration of the surgery and the severity of pain in the postoperative period due to adequate decompression of the neurovascular formations of the spinal canal and stabilization of the spinal motion segment, which prevents relapse of the disease and ensures early rehabilitation of patients.

The "Surgery" section opens with an article by A.G. Muradov et al. (Krasnoyarsk) "Short-term and long-term results of bimammary bypass surgery in patients with multivessel coronary disease and type 2 diabetes mellitus after propensity score matching" which proved that bimammary bypass surgery in patients with type 2 diabetes mellitus is a safe and effective method of surgical treatment for coronary heart disease both in the short and long term and can be the operation of choice in patients with multi-vessel disease.

The article by E.A. Ilyicheva et al. "Quality of life of patients with single and multigland parathyroid disease in sporadic primary hyperparathyroidism before and after surgical treatment" has proved that surgical tactics aimed at reducing the frequency of persistence of hyperparathyroidism can achieve an improvement in the quality of life in most patients with multigland parathyroid disease in case of primary hyperparathyroidism. The second work of these authors is also devoted to the problem of morphological diagnosis of hyperparathyroidism, and it was established that multigland parathyroid disease in any clinical variant of hyperparathyroidism is characterized by a predomi-

nance of hyperplasia: 80 % in primary and 100 % in secondary and tertiary hyperparathyroidism.

The article by E.A. Anastasieva et al. (Novosibirsk) "Restoration of X-ray bone density when replacing cortical plate defects with a tissue-engineered construct in the experiment" is undoubtedly of great interest to readers; it was experimentally proven that the use of a tissue-engineered construct based on deproteinized cancellous bone with a stromal-vascular fraction of adipose tissue to fill perforation defects in the cortical plate of the rabbit femur results in to early restoration of X-ray bone density in the defect area.

Readers can also be interested in scientific reviews by A.V. Nevezhina and T.V. Fadeeva (Irkutsk), dedicated to the study of the antimicrobial potential of iodine-containing substances and materials, and N.N. Dremina et al. (Irkutsk), considering the use of natural components as the structure of hydrogels for cell therapy and tissue engineering.

Here's another issue for you!

**For citation:** Sorokovikov V.A. Deputy Editor-in-Chief's preface to Issue 5, 2023. *Acta biomedica scientifica*. 2023; 8(5): 5-10. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.1

## СОДЕРЖАНИЕ

### ПРЕДИСЛОВИЕ ЗАМЕСТИТЕЛЯ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Предисловие заместителя главного редактора к № 5 (2023). *Сороковиков В.А.* 5

### ДИСКУССИОННЫЕ СТАТЬИ, ЛЕКЦИИ, НОВЫЕ ТРЕНДЫ МЕДИЦИНСКОЙ НАУКИ

Опыт оценки социально-экономического ущерба, обусловленного заболеваемостью населения коксартрозом. *Корьяк В.А., Ботвинкин А.Д., Сороковиков В.А., Черникова О.М.* 14

### БИОЛОГИЯ И МЕДИЦИНСКАЯ БИОЛОГИЯ

Природные компоненты как структура гидрогелей для клеточной терапии и тканевой инженерии. *Дремина Н.Н., Трухан И.С., Шурыгина И.А.* 23

### МИКРОБИОЛОГИЯ И ВИРУСОЛОГИЯ

Антимикробный потенциал йодсодержащих веществ и материалов. *Невежина А.В., Фадеева Т.В.* 36

### МОРФОЛОГИЯ, ФИЗИОЛОГИЯ И ПАТОФИЗИОЛОГИЯ

Морфологические критерии множественного поражения околощитовидных желез при первичном гиперпаратиреозе. *Ильичева Е.А., Каня О.В., Рожанская Е.В., Берсенева Г.А.* 50

### НЕВРОЛОГИЯ И НЕЙРОХИРУРГИЯ

Комплексная нейровизуализационная оценка проксимального сегмента после ригидной фиксации и динамической стабилизации у пациентов с дегенеративным заболеванием поясничного отдела. *Кривошеин А.Е., Колесов С.В., Калинин А.А., Конев В.П., Казьмин А.И., Московский С.Н., Бывальцев В.А.* 60

Опыт одно- и двухсторонней транспедикулярной фиксации при дегенеративных заболеваниях поясничного отдела позвоночника. *Сороковиков В.А., Потапов В.Э., Животенко А.П., Горбунов А.В., Склярченко О.В., Ларионов С.Н.* 73

### ОНКОЛОГИЯ

Диффузная крупноклеточная В-клеточная лимфома яичка. Клиническая лекция и наблюдение из практики. *Лелявин К.Б., Тараненко А.В., Брюханов В.Г.* 81

### ТРАВМАТОЛОГИЯ

Вертикализация пациентов и осевая нагрузка на нижние конечности после оперативного лечения паци-

## CONTENTS

### DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF'S PREFACE

Deputy Editor-in-chief's preface to Issue 5, 2023. *Sorokovikov V.A.* 5

### DISCUSSION PAPERS, LECTURES, NEW TRENDS IN MEDICAL SCIENCE

Assessing socio-economic damage caused by coxarthrosis in the population. *Koryak V.A., Botvinkin A.D., Sorokovikov V.A., Chernikova O.M.* 14

### BIOLOGY AND MEDICAL BIOLOGY

Natural components as the structure of hydrogels for cellular therapy and tissue engineering. *Dremina N.N., Trukhan I.S., Shurygina I.A.* 23

### MICROBIOLOGY AND VIROLOGY

Antimicrobial potential of iodine-containing substances and materials. *Nevezhina A.V., Fadeeva T.V.* 36

### MORPHOLOGY, PHYSIOLOGY AND PATHOPHYSIOLOGY

Morphological criteria for sporadic multiple parathyroid gland disease. *Ilyicheva E.A., Kanya O.V., Rozhanskaya E.V., Berseneva G.A.* 50

### NEUROLOGY AND NEUROSURGERY

Complex neuroimaging assessment of the proximal segment after rigid fixation and dynamic stabilization in patients with degenerative lumbar disease. *Krivoschein A.E., Kolesov S.V., Kalinin A.A., Konnev V.P., Kazmin A.I., Moskovsky S.N., Byvaltsev V.A.* 60

Experience of unilateral and bilateral transpedicular fixation in degenerative diseases of the lumbar spine. *Sorokovikov V.A., Potapov V.E., Zhivotenko A.P., Gorbunov A.V., Sklyarenko O.V., Larionov S.N.* 73

### ONCOLOGY

Testicular diffuse large B-cell lymphoma. Clinical lecture and case report. *Lelyavin K.B., Taranenko A.V., Bryukhanov V.G.* 81

### TRAUMATOLOGY

Verticalization of patients and axial load on the lower limbs after surgical treatment of unstable pelvic ring injuries

- ентов с нестабильными повреждениями тазового кольца (краткий обзор литературы). *Мелкоступов А.А., Комогорцев И.Е., Виноградов В.Г., Ангарская Е.Г.* 92
- Влияние низкодозной лучевой терапии остеоартрита коленного сустава на частоту эндопротезирования: результаты рандомизированного контролируемого испытания с 9-летним наблюдением. *Макарова М.В., Вальков М.Ю., Гржибовский А.М.* 100
- Возможность хорошего исхода и обратимость тяжёлого поражения голеностопного сустава на примере клинического наблюдения. *Скуратова Л.К., Гуди С.М., Лучшев М.Д., Жидков С.К., Прокаев Ф.В., Пахомов И.А.* 107
- Клинический случай хирургического лечения полного повреждения дистального сухожилия двуглавой мышцы плеча с применением двух кортикальных пуговиц. *Медведчиков А.Е., Анастасьева Е.А., Прохоренко В.М., Кирилова И.А.* 116
- Острое повреждение почек после первичного тотального эндопротезирования тазобедренного сустава. *Лебедь М.Л., Кирпиченко М.Г., Новикова Е.В., Лебедь Т.Г., Маньков А.В.* 125
- Оценка эффективности хирургического лечения пациентов с массивными разрывами сухожилий вращательной манжеты плеча с использованием артроскопически-ассистированной транспозиции сухожилия широчайшей мышцы спины. *Меньшова Д.В., Пономаренко Н.С., Куклин И.А., Тишков Н.В., Пусева М.Э.* 133
- Параметры микроциркуляции повреждённого сегмента нижних конечностей после лечения диафизарных переломов с помощью блокируемого интрамедуллярного гвоздя. *Плахов А.И., Коротков Л.И., Виноградов В.Г., Даренская М.А., Макаров С.В.* 144
- Повреждения вращательной манжеты плеча (обзор литературы). *Слайковский Е.Н., Пономаренко Н.С., Куклин И.А.* 150
- Ревизионная хирургия при несостоятельности системы динамической стабилизации поясничного отдела позвоночника. *Потапов В.Э., Ларионов С.Н., Животенко А.П., Горбунов А.В., Сороковиков В.А.* 157
- Результаты лечения переломов диафиза бедренной кости блокируемым интрамедуллярным и накостным остеосинтезом (итоги за 10 лет). *Федоров В.Г., Кузин И.В.* 166
- Реконструкция переднего отдела стопы при брахиметатарзии. *Усольцев И.В., Леонова С.Н., Косарева М.А.* 174
- (brief review of the literature). *Melkostupov A.A., Komogortsev I.E., Vinogradov V.G., Angarskaya E.G.*
- Effects of low-dosage radiotherapy for knee osteoarthritis on the incidence of knee arthroplasty: Results of a randomized controlled trial with 9-year follow-up. *Makarova M.V., Valkov M.Yu., Grjibovskiy A.M.*
- The possibility of a favourable outcome and reversibility of severe ankle joint damage on the example of a clinical observation. *Skuratova L.K., Gudi S.M., Luchshev M.D., Zhidkov S.K., Prokaev F.V., Pakhomov I.A.*
- Clinical case of the surgical treatment of complete rupture of distal biceps tendon using two cortical buttons. *Medvedchikov A.E., Anastasieva E.A., Prokhorenko V.M., Kirilova I.A.*
- Acute kidney injury after primary total hip replacement. *Lebed M.L., Kirpichenko M.G., Novikova E.V., Lebed T.G., Mankov A.V.*
- Assessment of the effectiveness of surgical treatment of patients with massive tears of the rotator cuff tendons using arthroscopically assisted transposition of the latissimus dorsi tendon. *Menshova D.V., Ponomarenko N.S., Kuklin I.A., Tishkov N.V., Puseva M.E.*
- Microcirculation parameters of the damaged segment of the lower extremity after treatment of diaphyseal fractures using a locked intramedullary nail. *Plakhov A.I., Korytov L.I., Vinogradov V.G., Darenskaya M.A., Makarov S.V.*
- Rotator cuff tendon ruptures (literature review). *Slaikovsky E.N., Ponomarenko N.S., Kuklin I.A.*
- Revision surgery for failure of the dynamic stabilization system of the lumbar spine. *Potapov V.E., Larionov S.N., Zhivotenko A.P., Gorbunov A.V., Sorokovikov V.A.*
- The results of treatment of femoral diaphysis fractures using locked intramedullary osteosynthesis and extramedullary osteosynthesis (results for 10 years). *Fedorov V.G., Kuzin I.V.*
- Forefoot reconstruction in brachymetatarsia. *Usoltsev I.V., Leonova S.N., Kosareva M.A.*

- Современное состояние вопроса использования конусно-лучевой компьютерной томографии в диагностике заболеваний опорно-двигательного аппарата. *Шолохова Н.А., Жарков Д.К., Лежнев Д.А., Васильев А.Ю., Петровская В.В., Лазаренко Е.Ю., Блинов Н.Н., Сергеева А.Д.* 182
- The current state of the issue of using cone beam computed tomography in the diagnosis of musculoskeletal diseases. *Sholokhova N.A., Zharkov D.K., Lezhnev D.A., Vasilyev A.Yu., Petrovskaya V.V., Lazarenko E.Yu., Blinov N.N., Sergeeva A.D.*
- Хирургическое лечение внутрисуставных переломов проксимального отдела плечевой кости. *Прохоренко В.М., Афанасьев Ю.А.* 192
- Surgical treatment of intra-articular fractures of the proximal humerus. *Prokhorenko V.M., Afanasiev Yu.A.*
- Хирургическое лечение массивных разрывов вращательной манжеты плеча (обзор литературы). *Меньшова Д.В.* 203
- Surgical treatment of massive rotator cuff tears (literature review). *Menshova D.V.*

## ХИРУРГИЯ

## SURGERY

- Ближайшие и отдалённые результаты бимаммарного шунтирования у пациентов с многососудистым коронарным поражением и сахарным диабетом 2-го типа после псевдорандомизации. *Мурадов А.Г., Гринштейн Ю.И., Дробот Д.Б., Миллер А.Ю., Сакович В.А.* 211
- Short-term and long-term results of bimammary bypass surgery in patients with multivessel coronary disease and type 2 diabetes mellitus after propensity score matching. *Muradov A.G., Grinshtein Yu.I., Drobot D.B., Miller A.Yu., Sakovich V.A.*
- Качество жизни пациентов с солитарным и множественным поражением околощитовидных желёз при спорадическом первичном гиперпаратиреозе до и после хирургического лечения. *Ильичева Е.А., Берсенева Г.А., Рой Т.А.* 225
- Quality of life of patients with single- and multigland parathyroid disease in sporadic primary hyperparathyroidism before and after surgical treatment. *Ilyicheva E.A., Bersenev G.A., Roy T.A.*

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

## EXPERIMENTAL RESEARCHES

- Восстановление рентгеновской плотности кости при замещении дефектов кортикальной пластины тканеинженерной конструкцией в эксперименте. *Анастасиева Е.А., Черданцева Л.А., Медведчиков А.Е., Лукинов В.Л., Кирилова И.А.* 235
- Restoration of X-ray bone density when replacing cortical plate defects with a tissue-engineered construct in the experiment. *Anastasieva E.A., Cherdantseva L.A., Medvedchikov A.E., Lukinov V.L., Kirilova I.A.*

## СПИСОК ОПЕЧАТОК

## ERRATUM

- Erratum: Сумин А.Н., Вахрушев А.К., Щеглова А.В. Особенности клинической симптоматики и данных ЭКГ у женщин с острым коронарным синдромом. *Acta biomedica scientifica. 2023; 8(3): 70-80. doi: 10.29413/ABS.2023-8.3.7* 244
- Erratum: Sumin A.N., Vakhrushev A.K., Shcheglova A.V. Clinical symptoms and ECG data in women with acute coronary syndrome. *Acta biomedica scientifica. 2023; 8(3): 70-80. doi: 10.29413/ABS.2023-8.3.7*
- Erratum: Сумин А.Н., Щеглова А.В., Анычкова М.И., Федорова Д.Н., Шабалина К.А. Клинико-психологические корреляции при типе личности Д у больных хроническим коронарным синдромом. *Acta biomedica scientifica. 2023; 8(4): 126-135. doi: 10.29413/ABS.2023-8.4.14* 245
- Erratum: Sumin A.N., Shcheglova A.V., Anichkova M.I., Fedorova D.N., Shabalina K.A. Clinical and psychological correlations with type D personality in patients with chronic coronary syndrome. *Acta biomedica scientifica. 2023; 8(4): 126-135. doi: 10.29413/ABS.2023-8.4.14*

# ДИСКУССИОННЫЕ СТАТЬИ, ЛЕКЦИИ, НОВЫЕ ТРЕНДЫ МЕДИЦИНСКОЙ НАУКИ DISCUSSION PAPERS, LECTURES, NEW TRENDS IN MEDICAL SCIENCE

## ОПЫТ ОЦЕНКИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА, ОБУСЛОВЛЕННОГО ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬЮ НАСЕЛЕНИЯ КОКСАРТРОЗОМ

Корьяк В.А.<sup>1</sup>,  
Ботвинкин А.Д.<sup>1</sup>,  
Сорокиков В.А.<sup>2,3</sup>,  
Черникова О.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Иркутский государственный  
медицинский университет»

Минздрава России (664003, г. Иркутск,  
ул. Красного Восстания, 1, Россия)

<sup>2</sup> ФГБНУ «Иркутский научный центр  
хирургии и травматологии» (664003,  
г. Иркутск, ул. Борцов Революции, 1,  
Россия)

<sup>3</sup> Иркутская государственная  
медицинская академия последипломного  
образования – филиал ФГБОУ ДПО  
«Российская медицинская академия  
непрерывного профессионального  
образования» Минздрава России  
(664049, г. Иркутск, Юбилейный, 100,  
Россия)

Автор, ответственный за переписку:  
Корьяк Валентина Александровна,  
e-mail: koryakvalentina@list.ru

### РЕЗЮМЕ

**Обоснование.** Около 40 % пациентов с установленным диагнозом «кок-  
сартроз» ежегодно обращаются за медицинской помощью и получают  
социальную поддержку в связи с этим заболеванием. Всё более широкое  
применение дорогостоящей операции для лечения и прогнозируемый рост  
распространённости этой патологии в популяции определяют актуаль-  
ность проведения социально-экономического анализа.

**Цель исследования.** Оценка величины и структуры экономического ущерба  
в связи с оказанием медицинской и социальной помощи пациентам с коксар-  
трозом на уровне субъекта Российской Федерации.

**Методы.** Для оценки экономического ущерба использовали среднегодовую  
численность различных категорий пациентов и инвалидов с коксартрозом  
в Иркутской области за 2008–2017 гг. Выделены три основных категории:  
пациенты, посетившие поликлинику; пациенты с тотальным эндопротези-  
рованием тазобедренного сустава; инвалиды по коксартрозу. Для каждой  
из категорий рассчитан средневзвешенный ущерб на 1 условного пациента  
с учётом прямых и косвенных затрат и последующим умножением на средне-  
годовую численность отдельных категорий пациентов. Расчёты выполнены  
в ценах 2017 г.

**Результаты.** Среднегодовой социально-экономический ущерб от кок-  
сартроза составил 1,39 (1,34÷1,43) млрд руб. или 0,1 % от валового регио-  
нального продукта. Основную часть ущерба (64,4 %) составляли косвенные  
затраты в связи с инвалидностью по коксартрозу, 22,2 % от общей сум-  
мы – затраты на эндопротезирование тазобедренного сустава, 13,4 % –  
затраты на поликлинический приём пациентов. Косвенные экономические  
потери из-за инвалидности в трудоспособном возрасте в 4,2 раза превы-  
шали потери из-за инвалидности пенсионеров по старости.

**Заключение.** Результаты исследования подтверждают экономическую  
целесообразность хирургического лечения коксартроза, особенно у паци-  
ентов трудоспособного возраста.

**Ключевые слова:** коксартроз, амбулаторное и стационарное лечение,  
эндопротезирование, инвалидность, социально-экономический ущерб

Статья поступила: 21.12.2022

Статья принята: 01.08.2023

Статья опубликована: 05.12.2023

**Для цитирования:** Корьяк В.А., Ботвинкин А.Д., Сорокиков В.А., Черникова О.М.  
Опыт оценки социально-экономического ущерба, обусловленного заболеваемостью  
населения коксартрозом. *Acta biomedica scientifica*. 2023; 8(5): 14-22. doi: 10.29413/  
ABS.2023-8.5.2

## ASSESSING SOCIO-ECONOMIC DAMAGE CAUSED BY COXARTHROSIS IN THE POPULATION

Koryak V.A.<sup>1</sup>,  
Botvinkin A.D.<sup>1</sup>,  
Sorokovikov V.A.<sup>2,3</sup>,  
Chernikova O.M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Irkutsk State Medical University  
(Krasnogo Vosstaniya str. 1, Irkutsk 664003,  
Russian Federation)

<sup>2</sup> Irkutsk Scientific Centre of Surgery  
and Traumatology  
(Bortsov Revolyutsii str. 1, Irkutsk 664003,  
Russian Federation)

<sup>3</sup> Irkutsk State Medical Academy  
of Postgraduate Education – Branch  
Campus of the Russian Medical Academy  
of Continuing Professional Education  
(Yubileyniy 100, Irkutsk 664049,  
Russian Federation)

Corresponding author:  
**Valentina A. Koryak**,  
e-mail: koryakvalentina@list.ru

### ABSTRACT

**Background.** About 40 % of patients diagnosed with coxarthrosis annually seek medical help and receive social support due to this disease. Increased use of an expensive surgery for treatment of coxarthrosis and projected growth of its prevalence in the population determine the relevance of socio-economic analysis.

**The aim of the study.** To assess the value and structure of economic damage caused by the delivering health and social care to patients with coxarthrosis at the state level of the Russian Federation.

**Methods.** To assess economic damage, we used the average annual number of various categories of patients and disabled people with coxarthrosis in the Irkutsk region for 2008–2017. Three main categories were identified: patients who visited the outpatients' clinic; patients with total hip replacement; disabled people due to coxarthrosis. For each category, we calculated weighted average damage per 1 conventional patient, taking into account direct and indirect costs and subsequent multiplication by the average annual number of individual categories of patients. Calculations were performed in 2017 prices.

**Results.** The average annual socio-economic damage from coxarthrosis amounted to 1.39 (1.34÷1.43) billion rubles or 0.1 % of the gross regional product. The most of the damage (64.4 %) were indirect costs associated with disability due to coxarthrosis, 22.2 % of the total amount were the costs of hip replacement surgery, 13.4 % were the costs of outpatient visits. Indirect economic losses due to disability in patients of working age were 4.2 times higher than losses due to disability of old-age pensioners.

**Conclusion.** The results of the study confirm the economic feasibility of surgical treatment of coxarthrosis, especially in patients of working age.

**Key words:** coxarthrosis, outpatient and inpatient treatment, endoprosthesis replacement, disability, socio-economic damage

Received: 21.12.2022  
Accepted: 01.08.2023  
Published: 05.12.2023

**For citation:** Koryak V.A., Botvinkin A.D., Sorokovikov V.A., Chernikova O.M. Assessing socio-economic damage caused by coxarthrosis in the population. *Acta biomedica scientifica*. 2023; 8(5): 14–22. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.2

## ОБОСНОВАНИЕ

Оценка социально-экономической эффективности высокотехнологичных видов медицинской помощи является актуальной научной задачей. Коксартроз относится к числу хронических заболеваний с низким уровнем смертности, высокой вероятностью инвалидизации и значительным снижением качества жизни. Оперативное вмешательство с заменой тазобедренного сустава – дорогостоящий метод, поэтому во многих странах проводится оценка затрат на этот метод лечения. Результаты исследований подтверждают не только клиническую, но и экономическую эффективность лечения [1, 2]. Экономический ущерб от коксартроза возрастает из-за увеличения распространенности заболевания на фоне роста численности старших возрастных групп и людей, страдающих ожирением, в структуре населения многих стран мира [3]. В последнее время наблюдается тенденция к развитию заболевания у лиц более молодого возраста за счёт травматического повреждения суставов в связи с ростом популярности травмоопасных видов спорта [4]. Экологические проблемы современного мира также относятся к числу факторов риска этой патологии [5–7]. Очевидно, что медицинскому сообществу следует быть готовым к значительному увеличению спроса на медицинские услуги по лечению остеоартроза тазобедренных суставов.

Основная часть работ по оценке затрат вследствие коксартроза опубликована зарубежными исследователями. Отмечена зависимость затрат на лечение от возраста пациентов, стоимости протезов и ряда других факторов [8–10]. Имеется опыт экстраполяции результатов выборочных исследований на всё население страны [11].

Аналогичные исследования в Российской Федерации единичны и посвящены не только коксартрозу, а остеоартрозам в целом [12–14]. Методы оценки ущерба от болезней и экономической эффективности лечения могут значительно различаться в зависимости от особенностей изучаемой патологии, а также у разных авторов, что затрудняет использование результатов в практическом здравоохранении [15, 16]. Это определяет актуальность продолжения исследований по оценке социально-экономической значимости остеоартрозов с учётом особенностей организации отечественного здравоохранения.

Ранее нами по материалам Иркутской области проведена оценка среднегодовой численности пациентов, получавших различные виды медицинской помощи и социальные пособия в связи с лечением коксартроза [17]. В результате появилась возможность использовать полученные данные для расчёта ущерба от этой болезни для экономики региона.

## ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценка величины и структуры экономических затрат на оказание медицинской и социальной помощи пациентам с коксартрозом на региональном уровне.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведено ретроспективное эпидемиологическое исследование по материалам Иркутской области, в том числе по данным специализированной травматологической клиники ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии» (ИНЦХТ). Для оценки экономического ущерба использовали среднегодовую численность различных категорий пациентов и инвалидов с коксартрозом в Иркутской области за 2008–2017 гг., определённую в ранее проведённом исследовании [17]. Выделены три основных категории: пациенты, посетившие поликлинику; пациенты с операцией тотального эндопротезирования тазобедренного сустава (ТЭТС); инвалиды по коксартрозу. Соотношение различных категорий пациентов дополнительно уточняли по сплошному выборкам одной из поликлиник областного центра ( $n = 1237$ ) и специализированной клиники ИНЦХТ за 2017 г. ( $n = 782$ ). Расчёты выполнены в ценах по состоянию на 2017 г.

Оценку прямого и непрямого социально-экономического ущерба проводили с использованием методик, ранее апробированных в отечественном здравоохранении [4, 12, 16, 18–20]. На первом этапе определяли средневзвешенный ущерб от одного условного случая коксартроза в разных категориях пациентов. Полученные величины использовали для расчёта общей суммы региональных расходов путём их умножения на среднегодовую численность отдельных категорий пациентов с коксартрозом. Доверительные интервалы с уровнем значимости 95 % (95% ДИ) для полученных сумм рассчитывали по пропорции на основе ранее определённых 95% ДИ для численности пациентов различных категорий [17].

Прямые расходы на амбулаторных пациентов включали в себя стоимость посещения различных специализированных поликлиник без учёта стоимости лекарств, приобретённых за средства пациентов. Стоимость посещения рассчитывали, исходя из финансирования, заложенного в территориальную программу обязательного медицинского страхования с учётом коэффициента дифференциации и удорожания стоимости медицинских услуг для Иркутской области в соответствии с Приложением к Федеральному закону от 19.12.2016 № 418-ФЗ «О бюджете Федерального фонда обязательного медицинского страхования на 2017 год и на плановый период 2018 и 2019 годов» [21]. Средневзвешенную стоимость приёма разных специалистов рассчитывали по сплошной выборке амбулаторных пациентов, обратившихся по поводу коксартроза впервые или повторно в течение года ( $n = 1237$ ) в одну из поликлиник г. Иркутска в 2017 г. Прямые расходы в связи с ТЭТС приняты по расчётам бухгалтерии специализированной клиники ИНЦХТ, выполненным в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 19.12.2016 № 1403 «О программе государственных гарантий бесплатного оказания гражданам медицинской помощи на 2017 год и на плановый период 2018 и 2019 годов». По этим данным, средняя величина затрат на оперативное лечение и содержание в стационаре пациента с одноэтапной и двухэтапной, односторонней и двусторонней операцией и ревизионным вмешательством составила 185 930 рублей.

Непрямые расходы в связи с выплатой пособия по временной утрате трудоспособности (ВУТ), недополученным валовым региональным продуктом (ВРП) и подоходным налогом из-за отсутствия на работе по болезни дифференцировали в зависимости от продолжительности ВУТ и доли работающих пациентов, получивших больничный лист. Эти показатели определены для амбулаторных пациентов по сплошной выборке, упомянутой выше ( $n = 1237$ ). Доля работающих среди пациентов с операцией ТЭТС и продолжительность лечения в стационаре при разных типах операций определены также по сплошной выборке историй болезни ( $n = 782$ ). В расчётах учитывали продолжительность ВУТ во время реабилитации периода после выписки из стационара. Непрямой ущерб в связи с инвалидностью по коксартрозу и стойкой утратой трудоспособности (СУТ) включал ежемесячные пенсионные выплаты, а также потери ВРП и подоходного налога в связи с прекращением работы до выхода на пенсию по старости.

Сведения о численности населения, занятого в экономике, размерах ВРП на душу работающего населения (2005,5 руб. в день), выплат по ВУТ (1813,6 руб. в день), СУТ (15643,3, 17861,6 и 20893,8 руб. в месяц в зависимости от группы инвалидности) и средней величине налога на доходы физического лица (НДФЛ) (231,8 руб.) заимствованы с сайта Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Иркутской области за 2017 г. [22].

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Оценка затрат в связи с посещением поликлиники и амбулаторным лечением

Структура прямых затрат на амбулаторных пациентов с коксартрозом представлена в таблице 1. Стоимость приёма разными специалистами различалась несуще-

ственно, и средневзвешенные затраты почти не отличались от среднеарифметического значения стоимости приёма (188 руб.). Следовательно, на этом этапе имеется возможность упростить алгоритм расчёта. По случайной выборке установлено, что 1,5 % пациентов, посетивших поликлинику по поводу коксартроза, получили больничный лист для амбулаторного лечения; при этом средняя продолжительность ВУТ составила 30 дней. С учётом продолжительности ВУТ непрямо́й ущерб на 1 пациента с амбулаторным консервативным лечением, включающий выплаты по ВУТ и потери ВРП и налогов, составил 121 527 руб. ( $1813,6 + 2005,5 + 231,8 = 4050,1$  руб.  $\times$  30 дней). Полученная величина средневзвешенных затрат использована в итоговом расчёте потерь от коксартроза (см. табл. 5).

### Оценка затрат в связи с операцией ТЭТС

Средневзвешенные прямые расходы на 1 прооперированного пациента (185 930 руб.), как отмечалось выше, рассчитаны в медицинской организации, выполнявшей протезирование. Это также существенно упростило оценку общих затрат. Непрямые затраты зависели от продолжительности лечения при разных видах медицинской помощи и доли работающих пациентов, которая составляла 27,2 % ( $n = 213$ ) от общего числа прооперированных (табл. 2). Полученная величина средневзвешенных затрат использована в итоговом расчёте потерь от коксартроза (табл. 5).

### Оценка ущерба из-за инвалидности по коксартрозу

Прямые затраты в связи с оказанием медицинской помощи инвалидам учтены вместе с другими категориями пациентов. Непрямой ущерб отчасти зависел от доли инвалидов III группы, которые продолжали работать, но в связи с ТЭТС получали пособие по ВУТ и не участвовали в создании ВРП в этот период. Эти экономические

ТАБЛИЦА 1

**РАСЧЁТ СРЕДНЕВЗВЕШЕННЫХ ПРЯМЫХ ЗАТРАТ НА АМБУЛАТОРНЫЙ ПРИЁМ ПАЦИЕНТОВ С КОКСАРТРОЗОМ ПО ДАННЫМ ПОЛИКЛИНИКИ ЗА 2017 Г.**

Приём специалистов	Количество посещений ( $n = 1237$ )	Стоимость 1 приёма, руб.	Сумма затрат, руб.*
Терапевт (первичный приём)	366	195,8	71663
Терапевт (повторный приём)	450	150,9	67905
Хирург (первичный приём)	16	194,7	3115
Хирург (повторный приём)	3	165,2	496
Ревматолог (первичный приём)	243	249,0	60507
Ревматолог (повторный приём)	159	172,7	27459
Общая сумма затрат			231145
Средневзвешенные затраты на приём 1 пациента			<b>187</b>

Примечание. \* – округлено до целых чисел.

TABLE 1

**CALCULATION OF THE WEIGHTED AVERAGE DIRECT COSTS FOR OUTPATIENT VISIT OF PATIENTS WITH COXARTHROSIS ACCORDING TO POLYCLINIC DATA FOR 2017**

потери учтены в таблице 2, и, соответственно, в итоговой таблице 5 для суммы непрямого экономического ущерба в категории «работоспособные инвалиды» сделана поправка. Поправка рассчитана на основании выборочных данных, согласно которым на долю работающих инвалидов III группы приходилось 13,6 % от числа прооперированных пациентов. После экстраполяции этих данных на среднегодовую численность пациентов с ТЭТС получилось, что среди них 84 инвалида работали. Сумма непрямого ущерба по этой немногочисленной группе инвалидов с учётом сроков ВУТ в связи с операцией ТЭТС составила 46 432 428 руб. в год (552 767 руб. × 84).

Более существенная часть ущерба обусловлена выплатами пенсий по инвалидности, зависящими от группы инвалидности (табл. 3).

Основная часть ущерба определялась потерями ВРП из-за наступления СУТ в трудоспособном возрас-

те. Количество потерянных инвалидами рабочих лет и дней определяли с учётом пенсионного возраста для мужчин и женщин в 2017 г., а также количества рабочих дней в году (247). Как было установлено ранее, доля инвалидов по коксартрозу, получивших инвалидность за год и более до выхода на пенсию по старости, составила 54 % от их общей численности ( $n = 1033$ ). Суммы ущерба рассчитаны отдельно для мужчин и женщин (табл. 4).

В итоге средневзвешенный не прямой ущерб, в связи с выплатой пенсий инвалидам, потерями ВРП и налогов вследствие СУТ составил 747 702 руб. в год на 1 инвалида работоспособного возраста (195 089 + 552 613). Для инвалидов пенсионного возраста по старости средневзвешенный ущерб обусловлен только выплатой пенсий и соответствовал значению, указанному в таблице 3.

ТАБЛИЦА 2

**РАСЧЁТ СРЕДНЕВЗВЕШЕННОГО НЕПРЯМОГО УЩЕРБА В СВЯЗИ С ОПЕРАЦИЕЙ ТЭТС ДЛЯ РАБОТАЮЩИХ ПАЦИЕНТОВ С КОКСАРТРОЗОМ ПО ДАННЫМ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ КЛИНИКИ ЗА 2017 Г.**

TABLE 2

**CALCULATION OF THE WEIGHTED AVERAGE INDIRECT COST DUE TO TOTAL HIP REPLACEMENT IN WORKING PATIENTS WITH COXARTHROSIS ACCORDING TO THE DATA OF A SPECIALIZED HOSPITAL FOR 2017**

Вид медицинской помощи	Количество пациентов (n = 213)	Продолжительность лечения 1 пациента, сут.	Общее число дней ВУТ	Суммы ущерба, руб.			
				выплаты по ВУТ	потери ВРП	потери НДФЛ	итого*
Односторонняя одноэтапная операция	197	16	3152	5 716 467	6 321 336,0	730 633,6	12 768 437
Двусторонняя одноэтапная операция	5	22	110	199 496	220 605,0	25 498,0	445 599
Односторонняя двухэтапная операция	2	27	54	97 934	108 297,0	12 517,2	218 749
Ревизионная операция	9	21	189	342 770	379 039,5	43 810,2	765 620
Амбулаторное послеоперационное долечивание	213	120	25560	46 355 616	51 260 580,0	5 924 808,0	103 541 004
Общая сумма затрат							117 739 409
Средневзвешенные затраты на 1 работающего пациента							<b>552767</b>

Примечание. \* – округлено до целых значений.

ТАБЛИЦА 3

**РАСЧЁТ СРЕДНЕВЗВЕШЕННОГО НЕПРЯМОГО УЩЕРБА В СВЯЗИ С ВЫПЛАТАМИ ПЕНСИИ ИНВАЛИДАМ ПО КОКСАРТРОЗУ (ЧИСЛЕННОСТЬ ИНВАЛИДОВ ПО СРЕДНИМ ДАННЫМ НА 2008–2017 ГГ.)**

TABLE 3

**CALCULATION OF THE WEIGHTED AVERAGE INDIRECT COST DUE TO THE PENSION PAYMENT TO DISABLED PEOPLE DUE TO COXARTHROSIS (NUMBER OF DISABLED PEOPLE ACCORDING TO AVERAGE DATA FOR 2008–2017)**

Группы инвалидности	Число инвалидов (n = 1908)	Суммы ущерба, руб.		
		размер пенсии в месяц	размер пенсии в год	сумма выплат в год*
I группа	36	20 893,8	250 725,6	9 026 122
II группа	443	17 861,6	214 339,2	94 952 266
III группа	1429	15 643,3	187 719,6	268 251 308
Итого				372 229 696
Средневзвешенный ущерб на 1 инвалида (руб.)				195 089

Примечание. \* – округлено до целых значений.

### Оценка ущерба для экономики региона

На заключительном этапе средневзвешенные значения затрат для разных категорий пациентов с подтверждённым коксартрозом использованы для расчёта суммарных затрат за год по отдельным направлени-

ям и по региону в целом (табл. 5). Основной составляющей общей суммы является ущерб, обусловленный СУТ. Из сравнения суммарных прямых и косвенных затрат по трём основным когортам больных с коксартрозом следует, что более 60 % ущерба обусловлено инва-

ТАБЛИЦА 4

**РАСЧЁТ ГОДОВОГО НЕПРЯМОГО УЩЕРБА В СВЯЗИ С ПОТЕРЯМИ ВРП И НДФЛ В РЕЗУЛЬТАТЕ СТОЙКОЙ УТРАТЫ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ИЗ-ЗА КОКСАРТРОЗА ДО ВЫХОДА НА ПЕНСИЮ ПО СТАРОСТИ (ЧИСЛЕННОСТЬ ИНВАЛИДОВ ПО СРЕДНИМ ДАННЫМ ЗА 2008–2017 ГГ.)**

TABLE 4

**CALCULATION OF THE ANNUAL INDIRECT DAMAGE DUE TO THE LOSS OF GROSS REGIONAL PRODUCT AND PERSONAL INCOME TAX AS A RESULT OF A PERMANENT LOSS OF WORKING CAPACITY DUE TO COXARTHROSIS BEFORE RETIREMENT DUE TO OLD AGE (THE NUMBER OF DISABLED PEOPLE BASED ON AVERAGE DATA FOR 2008–2017)**

Группы	Число инвалидов за год и более до пенсионного возраста по старости (n = 1033)	Число потерянных рабочих дней в году	Сумма потерянных рабочих дней	Ущерб ВРП + налог за 1 день, руб.	Сумма ущерба, руб.*
Женщины	596	247	147212	2237,3	329 357 408
Мужчины	437	247	107939	2237,3	241 491 925
Итого					570 849 333
Средневзвешенный ущерб на 1 инвалида работоспособного возраста					552 613

Примечание. \* – округлено до целых значений.

ТАБЛИЦА 5

**РЕТРОСПЕКТИВНАЯ ОЦЕНКА СРЕДНЕГОДОВОГО СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА В СВЯЗИ С ОКАЗАНИЕМ МЕДИЦИНСКОЙ И СОЦИАЛЬНОЙ ПОМОЩИ ПАЦИЕНТАМ С КОКСАРТРОЗОМ В ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ (В ЦЕНАХ 2017 Г.)**

TABLE 5

**RETROSPECTIVE ASSESSMENT OF THE AVERAGE ANNUAL SOCIO-ECONOMIC DAMAGE DUE TO DELIVERING HEALTH AND SOCIAL CARE TO PATIENTS WITH COXARTHROSIS IN THE IRKUTSK REGION (IN 2017 PRICES)**

Группы пациентов	Среднегодовое количество пациентов*	Величина ущерба (руб.)				Доля в сумме ущерба (%)
		прямые затраты на 1 пациента	непрямые затраты на 1 пациента	сумма прямых и косвенных затрат на 1 пациента	сумма ущерба в пересчете на кол-во пациентов (95% ДИ)*	
Пациенты поликлиник	работающие	1 497	187	121 527	121 714	182 205 858
	неработающие	28 209	187	0	187	5 275 083
	всего	29 706* (29 379÷30 018)				<b>187 480 941</b> (185 417 174÷189 450 040)
Пациенты с операцией ТЭТС	работающие	350	185 930	552 767	738 697	258 543 950
	неработающие	271	185 930	0	185 930	50 387 030
	всего	621* (564÷671)				<b>308 930 980</b> (280 574 996÷333 804 650)
Инвалиды	работоспособные	1033	**	747 702	747 702	725 943 738***
	неработоспособные	875	**	195 089	195 089	170 702 875
	всего	1908* (1876÷1932)				<b>896 646 613</b> (881 608 515÷907 925 187)
Итого					<b>1 393 058 534</b> (1 347 600 685÷1 431 176 877)	<b>100</b>

Примечание. \* – среднегодовое число пациентов с коксартрозом за 2008–2017 гг. по [17]; \*\* – учтены вместе с другими пациентами поликлиник и стационара; \*\*\* – с поправкой (уменьшено на 46 432 428 руб., пояснения в тексте)

лidlностью. Общие экономические потери в связи с протезированием были в 1,7 раза больше в сравнении с амбулаторными пациентами, численность которых была почти в 30 раз больше.

Ущерб, связанный с оказанием медицинской помощи работающим пациентам, значительно превышает аналогичный показатель для пациентов, не занятых на работе. Это определяется более высокой численностью трудоустроенных пациентов среди обратившихся за медицинской помощью и прямыми расходами вследствие ВУТ. Суммы ущерба по инвалидам, не связанные с оказанием медицинской помощи, были выше в группе больных, получивших инвалидность до выхода на пенсию по старости и в основном определялись СУТ. Непрямые экономические потери из-за инвалидности в трудоспособном возрасте в 4,2 раза превышали потери из-за инвалидности пенсионеров по старости.

Сумма прямых затрат на пациентов, которым проведена операция ТЭТС, за год составила 115 462 530 руб., что примерно в 20 раз больше прямых затрат на пациентов поликлиник (5 555 022 руб.). В сумме все прямые затраты медицинских организаций на приём и лечение пациентов составляли всего 8,7 % от общей суммы ущерба от коксартроза для региона за год.

## ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исследования установлено, что в регионе с численностью населения около 2,5 млн человек экономический ущерб от коксартроза превышал 1,3 млрд руб. в год (в ценах 2017 г.), что составило около 0,1 % от ВРП. При этом распространённость коксартроза в популяции оценена нами ранее в 77,8 тыс. человек или 4,1 % от численности совокупного населения [17]. Обращались за медицинской помощью и получали социальные выплаты в течение года только 40,1 % (31,2 тыс.) из них.

Характеристика структуры затрат представляется более важным результатом работы, чем определение общей суммы ущерба. Основная часть ущерба обусловлена рано наступающей стойкой инвалидностью и потерей трудоспособности. В результате увеличения пенсионного возраста в ходе пенсионной реформы 2019 г. экономическая значимость этой составляющей ущерба существенно возрастает. В структуре ущерба в целом прямые расходы преобладали (более 64,4 %). Следует подчеркнуть, что прямые расходы медицинских организаций в связи с выполнением ТЭТС были примерно в два раза ниже в сравнении с социальными выплатами прооперированным трудоустроенным пациентам. В 2008–2017 гг. подавляющее большинство протезирований выполнялось за счёт средств Фонда обязательного медицинского страхования, и лишь в единичных случаях расходы оплачивались пациентами.

Таким образом, структура расходов подтверждает экономическую целесообразность оперативного лечения коксартроза. Отечественные публикации, посвящённые оценке социально-экономической значимо-

сти коксартроза, в доступной нам литературе обнаружить не удалось. Но полученные нами результаты в общих чертах согласуются с данными по остеоартрозам различной локализации. Так, установлено, что прямые затраты в связи с лечением остеоартрозов преобладали и составили для работающего пациента 70,4 % вследствие непроизведённой продукции при наступлении ВУТ, а у неработающего пациента-инвалида – 91,4 % от общей суммы потерь вследствие заболевания. При этом потери НДФЛ не учтены [14]. В ряде зарубежных исследований показано, что эндопротезирование тазобедренного сустава намного выгоднее консервативного лечения, даже для пациентов старше 80 лет [8, 23].

Нами использована упрощённая система расчётов, так как средневзвешенные величины прямых расходов стационара и поликлиники были предварительно рассчитаны экономистами медицинских организаций на основе федеральных нормативно-методических документов. В связи с этим расходы на проведение разных вариантов операций дифференцированы нами только в части прямых расходов. Основные трудности связаны с оценкой распространённости коксартроза среди населения и определением численности категорий населения с относительно однородной структурой затрат, что обсуждалась нами ранее [17], а также другими исследователями [8, 16]. Именно на этом этапе исследования возможны ошибки, способные существенно исказить оценки экономического ущерба.

Следует учитывать другие возможные погрешности и ограничения при выполнении исследования. Очевидно, что полученная нами оценка занижена, так как в неё не включены затраты из средств пациентов и их семей, например, на приобретение лекарств и ортопедического оборудования, транспортные расходы и другое. Ранее показано, что экономическое бремя возлагается не только на систему здравоохранения, но и на пациента, у которого резко снижается способность к самообслуживанию, а также его семью, вынужденную выделять финансовые, моральные и физические ресурсы для ухода за инвалидом [14, 24, 25]. По мнению ряда авторов, в расходы должны быть заложены риски развития осложнений, связанных с коморбидной патологией, распространённой среди пациентов со сниженной физической активностью [11]. Однако эти расходы значительно индивидуализированы и сложно поддаются учёту.

Исследование носит ретроспективный характер, поэтому абсолютные значения денежных оценок не могут быть использованы в настоящее время из-за изменения ценовой политики, инфляции и вариативности показателей обращаемости населения за медицинской помощью в динамике. Но оценка соотношения затрат по отдельным направлениям может быть полезной при принятии управленческих решений. Апробированный нами алгоритм оценки затрат и ущерба для экономики доступен для воспроизведения и рекомендуется для обоснования дальнейшего развития высокотехнологичной медицинской помощи пациентам с коксартрозом на региональном уровне.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, проведенное исследование позволило выявить, что среднегодовой социально-экономический ущерб от коксартроза, связанный с обращением пациентов за медицинской помощью, выплатой социальных пособий и потерями экономики региона из-за стойкой утраты трудоспособности, составил 1,39 (1,34÷1,43) млрд руб. или 0,1 % от валового регионального продукта (в ценах 2017 г.). Основную часть ущерба (64,4 %) составляли не прямые затраты в связи с инвалидностью по коксартрозу, 22,2 % от общей суммы определялись затратами на эндопротезирование тазобедренного сустава и 13,4 % – затратами на обслуживание пациентов поликлиники. Результаты исследования подтверждают экономическую целесообразность хирургического лечения коксартроза, особенно у пациентов трудоспособного возраста.

### Конфликт интересов

Авторы данной статьи заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Благодарности

Авторы выражают свою признательность администрации и специалистам бухгалтерий и статистических отделов ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», ФКУ «Главное бюро медико-социальной экспертизы по Иркутской области» Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации, ОГБУЗ «Иркутская городская клиническая больница № 1» (Поликлиника № 1) за содействие в проведении исследования на этапе сбора первичной информации.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Jenkins PJ, Clement ND, Hamilton DF, Gaston P, Patton JT, Howie CR. Predicting the cost-effectiveness of total hip and knee replacement: A health economic analysis. *Bone Joint J.* 2013; 95-B(1): 115-121. doi: 10.1302/0301-620X.95B1.29835
2. Elmallah RK, Chughtai M, Khlopas A, Bhowmik-Stoker M, Bozic KJ, Kurtz SM, et al. Determining cost-effectiveness of total hip and knee arthroplasty using the short form-6D Utility Measure. *J Arthroplasty.* 2017; 32(2): 351-354. doi: 10.1016/j.arth.2016.08.006
3. Ekman B, Nero H, Lohmander LS, Dahlberg LE. Costing analysis of a digital first-line treatment platform for patients with knee and hip osteoarthritis in Sweden. *PLoS One.* 2020; 15(8): e0236342. doi: 10.1371/journal.pone.0236342
4. Лила А.М., Карпов О.И. Остеоартроз: социально-экономическое значение и фармакоэкономические аспекты патогенетической терапии. *Русский медицинский журнал.* 2003; 28: 1558-1562. [Lila AM, Karpov OI. Osteoarthritis: Socio-economic significance and pharmacoeconomic aspects of pathogenetic therapy. *Russian Medical Journal.* 2003; 28: 1558-1562. (In Russ.)].
5. Кувина В.Н., Шалина Т.И., Кувин С.С. Организационно-гигиенические аспекты экологически обусловленной детской ортопедической патологии. *Сибирский медицинский журнал.* 2009; 8: 179-182. [Kuvina VN, Shalina TI, Kuvina SS. Organizational

and hygienic aspects of environmentally determined pediatric orthopedic pathology. *Siberian Medical Journal.* 2009; 8: 179-182. (In Russ.)].

6. Савченков М.Ф., Ефимова Н.В., Рукавишников В.С. Проблемы региональной патологии населения Сибири. *Сибирский медицинский журнал.* 2011; 7: 141-145. [Savchenkov MF, Efimova NV, Rukavishnikov VS. Problems of regional pathology of the population of Siberia. *Siberian Medical Journal.* 2011; 7: 141-145. (In Russ.)].

7. Дядик В.В., Дядик Н.В., Ключникова Е.М. Экономическая оценка ущерба здоровью населения от негативных экологических воздействий: обзор основных методологических подходов. *Экология человека.* 2021; 2: 57-64. [Dyadik VV, Dyadik NV, Klyuchnikova EM. Economic assessment of environmental effects on public health: A review of methods. *Human Ecology.* 2021; 2: 57-64. (In Russ.)]. doi: 10.33396/1728-0869-2021-2-57-64

8. Nwachukwu BU, Bozic KJ, Schairer WW, Bernstein JL, Jevsevar DS, Marx RG, et al. Current status of cost utility analyses in total joint arthroplasty: A systematic review. *Clin Orthop Relat Res.* 2015; 473(5): 1815-1827. [(In Russ.)]. doi: 10.1007/s11999-014-3964-4

9. Lavernia CJ, Iacobelli DA, Brooks L, Villa JM. The cost-utility of total hip arthroplasty: Earlier intervention, improved economics. *J Arthroplasty.* 2015; 30(6): 945-949. doi: 10.1016/j.arth.2014.12.028

10. Schlegelmilch M, Rashid S, Moreau B, Jarrin P, Tran B, Chuck A. Cost-effectiveness analysis of total hip arthroplasty performed by a Canadian short-stay surgical team in Ecuador. *Adv Orthop.* 2017; 2017: 5109895. doi: 10.1155/2017/5109895

11. Peel TN, Cheng AC, Liew D, Buisson KL, Lisik J, Carroll KA, et al. Direct hospital cost determinants following hip and knee arthroplasty. *Arthritis Care Res (Hoboken).* 2015; 67(6): 782-790. doi: 10.1002/acr.22523

12. Лила А.М., Древал П.О., Инамова О.В., Шипицын В.В., Заботина А.Н. Медико-экономический анализ влияния инвалидизации, ассоциированной с ревматическими заболеваниями, на экономику страны с учетом реализации пенсионной реформы. *Современная ревматология.* 2019; 13(4): 18-25. [Lila AM, Dreval PO, Inamova OV, Shipitsyn VV, Zabolina AN. Medical and economic analysis of the impact of rheumatoid disease-associated disability on the country's economy in terms of implementation of pension reforms. *Modern Rheumatology Journal.* 2019; 13(4): 18-25. (In Russ.)]. doi: 10.14412/1996-7012-2019-4-18-25

13. Насонова В.А., Фоломеева О.М., Эрдес Ш. Социальная значимость заболеваний ревматического круга в России. *Научно-практическая ревматология.* 2002; 40(1): 5-8. [Nasonova VA, Folomeyeva OM, Erdes S. Social importance of rheumatic diseases in Russia. *Rheumatology Science and Practice.* 2002; 40(1): 5-8. (In Russ.)]. doi: 10.14412/1995-4484-2002-740

14. Петрунько И.Л., Меньшикова Л.В., Голубева П.С., Цыренжапова Т.М. Остеоартроз: финансовые затраты на одного больного. *Сибирский медицинский журнал.* 2010; 6: 163-165. [Petrunko IL, Menshikova LV, Golubeva PS, Tsyrenzhapova TM. Osteoarthritis: Financial costs per patient. *Siberian Medical Journal.* 2010; 6: 163-165. (In Russ.)].

15. Струмилин С.Г. О народнохозяйственной эффективности здравоохранения. *Экономические науки.* 1966; 5. [Strumilin SG. On the national economic efficiency of healthcare. *Economic Sciences.* 1966; 5. (In Russ.)].

16. Омеляновский В.В., Авксентьева М.В., Деркач Е.В., Свешникова Н.Д. Методические проблемы анализа стоимости

болезни. *Медицинские технологии. Оценка и выбор*. 2011; 1: 42-50. [Omelyanovsky VV, Avxentyeva MV, Derkach EV, Sveshnikova ND. Methodological issues of cost of illness analysis. *Medical Technologies. Assessment and Choice*. 2011; 1: 42-50. (In Russ.)].

17. Корьяк В.А., Ботвинкин А.Д., Сороковиков В.А. Эпидемиологическая оценка распространённости коксартрозов по отчётам медицинских организаций. *Acta biomedica scientifica*. 2022; 7(2): 282-291. [Koryak VA, Botvinkin AD, Sorokovikov VA. Epidemiological assessment of the prevalence of coxarthrosis according to reports from medical organizations. *Acta biomedica scientifica*. 2022; 7(2): 282-291. (In Russ.)]. doi: 10.29413/ABS.2022-7.2.28

18. Шаханина И.Л., Пименова М.Н., Хроменкова В.П. Методы экономической оценки инфекционных болезней в некоторых зарубежных странах. *Научный обзор ВНИИМИ*. М.; 1977: 125. [Shakhanina IL, Pimenova MN, Khromenkova VP. Methods for economic assessment of infectious diseases in some foreign countries. *Scientific Review of D.I. Mendeleev Institute for Metrology*. Moscow; 1977: 125. (In Russ.)].

19. Прохоров Б.Б. *Общественное здоровье и экономика*. М.: МАКС Пресс; 2007. [Prokhorov BB. *Public health and economics*. Moscow: MAKS Press; 2007. (In Russ.)].

20. Лещук С.И., Суркова И.В., Ольшевский А.Г. Усовершенствованная методика оценки экономического ущерба от заболеваемости населения. *Вестник Иркутского государственного технического университета*. 2013; 12(83): 321-326. [Leshchuk SI, Surkova IV, Olshevsky AG. Improved methodology for assessing

economic damage from morbidity in the population. *Bulletin of Irkutsk State Technical University*. 2013; 12(83): 321-326. (In Russ.)].

21. Территориальный фонд обязательного медицинского страхования Иркутской области. *Сведения о территориальной программе ОМС*. [Territorial Fund of Compulsory Medical Insurance in the Irkutsk region. *Information about the territorial compulsory medical insurance program*. (In Russ.)]. URL: <https://www.irkoms.ru/tfoms/cat/sviedieniia-o-tierritorial-noi-proghrammie-oms> [дата доступа: 15.12.2022].

22. Территориальный орган федеральной службы государственной статистики по Иркутской области. [Territorial Body of the Federal State Statistics Service in the Irkutsk region. (In Russ.)]. URL: <https://irkutskstat.gks.ru/folder/45697> [дата доступа: 15.12.2022].

23. Kunkel ST, Sabatino MJ, Kang R, Jevsevar DS, Moschetti WE. The cost-effectiveness of total hip arthroplasty in patients 80 years of age and older. *J Arthroplasty*. 2018; 33(5): 1359-1367. doi: 10.1016/j.arth.2017.11.063

24. Bitton R. The economic burden of osteoarthritis. *Am J Manag Care*. 2009; 15(Suppl 8): S230-S235.

25. Насонова В.А. Медико-социальное значение XIII класса болезней МКБ для населения России. *Научно-практическая ревматология*. 2001; 39(1): 7-11. [Nasonova VA. Medical and social significance of the XIII class of ICD diseases for the Russian population. *Rheumatology Science and Practice*. 2001; 39(1): 7-11. (In Russ.)].

#### Сведения об авторах

**Корьяк Валентина Александровна** – старший преподаватель кафедры патологической анатомии, ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России, e-mail: [koryakvalentina@list.ru](mailto:koryakvalentina@list.ru), <https://orcid.org/0000-0002-2349-7430>

**Ботвинкин Александр Дмитриевич** – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой эпидемиологии, ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России, e-mail: [botvinkin\\_ismu@mail.ru](mailto:botvinkin_ismu@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-1324-7374>

**Сороковиков Владимир Алексеевич** – доктор медицинских наук, профессор, директор, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии»; заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и нейрохирургии, Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования – филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, e-mail: [iscst@mail.ru](mailto:iscst@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-9008-6383>

**Черникова Ольга Михайловна** – главный врач клиники, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: [iscst@mail.ru](mailto:iscst@mail.ru)

#### Information about the authors

**Valentina A. Koryak** – Senior Lecturer at the Department of Pathologic Anatomy, Irkutsk State Medical University, e-mail: [koryakvalentina@list.ru](mailto:koryakvalentina@list.ru), <https://orcid.org/0000-0002-2349-7430>

**Aleksandr D. Botvinkin** – Dr. Sc. (Med.), Professor, Head of the Department of Epidemiology, Irkutsk State Medical University, e-mail: [botvinkin\\_ismu@mail.ru](mailto:botvinkin_ismu@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-1324-7374>

**Vladimir A. Sorokovikov** – Dr. Sc. (Med.), Professor, Director, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology; Head of the Department of Traumatology, Orthopedy and Neurosurgery, Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education – Branch Campus of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, e-mail: [iscst@mail.ru](mailto:iscst@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-9008-6383>

**Olga M. Chernikova** – Head Physician of the Clinic, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: [iscst@mail.ru](mailto:iscst@mail.ru)

Статья опубликована в рамках Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 25-летию Иркутского научного центра хирургии и травматологии.

## БИОЛОГИЯ И МЕДИЦИНСКАЯ БИОЛОГИЯ BIOLOGY AND MEDICAL BIOLOGY

### ПРИРОДНЫЕ КОМПОНЕНТЫ КАК СТРУКТУРА ГИДРОГЕЛЕЙ ДЛЯ КЛЕТОЧНОЙ ТЕРАПИИ И ТКАНЕВОЙ ИНЖЕНЕРИИ

Дремина Н.Н.,  
Трухан И.С.,  
Шурыгина И.А.

ФГБНУ «Иркутский научный центр  
хирургии и травматологии» (664003,  
г. Иркутск, ул. Борцов Революции, 1,  
Россия)

Автор, ответственный за переписку:  
Дремина Наталья Николаевна,  
e-mail: drema76@mail.ru

#### РЕЗЮМЕ

*Гидрогели – объёмные сетевые структуры, материалом для изготовления которых являются как природные, так и синтетические компоненты. Это гидрофильные полимеры, способные поглощать и удерживать значительное количество воды. Благодаря уникальным физико-химическим свойствам, программируемым в зависимости от цели дальнейшего применения, гидрогели широко используются в биомедицинской сфере. Данная обзорная статья посвящена природным материалам для создания гидрогелей с различными характеристиками.*

*К природным материалам для изготовления гидрогелей относятся коллаген, эластин, желатин, хитозан, декстран, гиалуроновая кислота, альгинат, фиброин шёлка, гликозаминогликаны. Являясь компонентами внеклеточного матрикса, натуральные материалы считаются наиболее физиологическими или биосовместимыми и не оказывают токсического воздействия на организм. Другим не менее важным параметром считается биodeградируемость, которую необходимо учитывать при выборе компонентов для изготовления гидрогелей. Природные материалы обеспечивают хорошую клеточную адгезию, распространение биоактивных сигналов, а также способны влиять на поведение клеток in vitro и in vivo. Для синтеза гидрогелей используют физические и химические методы сшивания, с помощью которых задаются определённые свойства гидрогелей. Кроме того, гидрогели могут быть дополнительно модифицированы различными активными молекулами, факторами роста, повышающими их биофункциональность. На сегодняшний день гидрогели из природных материалов широко используются в офтальмологии, нейрохирургии, при лечении кожных ран, при различных сердечно-сосудистых патологиях, в восстановлении объёма циркулирующей крови, некоторых хрящевых дефектов, целенаправленной доставке фармакологических препаратов, активных молекул и во многом другом. Таким образом, гидрогели из природных компонентов являются крайне перспективным материалом в клеточных технологиях и тканевой инженерии.*

**Ключевые слова:** гидрогель, природные материалы, клеточные технологии, тканевая инженерия

Статья поступила: 29.11.2022

Статья принята: 25.09.2023

Статья опубликована: 05.12.2023

**Для цитирования:** Дремина Н.Н., Трухан И.С., Шурыгина И.А. Природные компоненты как структура гидрогелей для клеточной терапии и тканевой инженерии. *Acta biomedica scientifica*. 2023; 8(5): 23-35. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.3

## NATURAL COMPONENTS AS THE STRUCTURE OF HYDROGELS FOR CELLULAR THERAPY AND TISSUE ENGINEERING

**Dremina N.N.,  
Trukhan I.S.,  
Shurygina I.A.**

Irkutsk Scientific Centre of Surgery  
and Traumatology (664003, Irkutsk,  
Bortsov Revolyutsii str. 1,  
Russian Federation)

Corresponding author:  
**Natalya N. Dremina,**  
e-mail: drema76@mail.ru

### ABSTRACT

*Hydrogels are a class of dimensional hydrophilic polymer networks capable of absorbing and retaining large amounts of water. Natural and synthetic components can serve as a material for the hydrogel production. Hydrogels have unique physico-chemical properties, which are determined by the material composition and concentration, its density, crosslinking methods, and production approaches. This review article describes natural materials used for the production of hydrogels having different properties.*

*The natural components of hydrogels are collagen, elastin, gelatin, chitosan, dextran, hyaluronic acid, alginate, silk fibroin and glycosaminoglycans. These components are considered biodegradable and biocompatible, since they do not have a toxic effect on tissues. Natural materials provide good cell adhesion, the spread of bioactive signals as well as they affect the behavior of cells in vitro and in vivo. To obtain hydrogels, physical and chemical methods of crosslinking are used, which determine the properties of the final product. Also, hydrogels can be further modified by various active molecules, growth factors that increase their biological functionality. To date, hydrogels made of natural materials are widely used in ophthalmology, neurosurgery, in the treatment of skin wounds, in various cardiovascular pathologies, in restoring the volume of circulating blood, some cartilage defects, targeted delivery of pharmacological drugs, active molecules, etc. Thus, hydrogels produced from natural components are an extremely promising material for cellular technologies and tissue engineering.*

**Key words:** hydrogel, natural materials, cellular technologies, tissue engineering

Received: 29.11.2022  
Accepted: 25.09.2023  
Published: 05.12.2023

**For citation:** Dremina N.N., Trukhan I.S., Shurygina I.A. Natural components as the structure of hydrogels for cellular therapy and tissue engineering. *Acta biomedica scientifica*. 2023; 8(5): 23-35. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.3

## ВВЕДЕНИЕ

Гидрогели представляют собой трёхмерные сети, состоящие из гидрофильных полимеров, сшитых через ковалентные связи либо удерживаемых вместе с помощью физических внутримолекулярных и межмолекулярных взаимодействий, где дисперсионной средой является вода. Охарактеризовать их можно такими физическими параметрами, как размер, модуль упругости и вязкости, набухание и скорость деградации. По этой причине гидрогели являются уникальными вязкоупругими материалами.

Гидрогели способны поглощать до 90 % воды и считаются суперабсорбирующими материалами [1]. Благодаря способности поглощать воду гидрогели имеют широкое применение в различных областях, среди которых одно из ведущих мест занимает медицина. Высокая гидрофильность гидрогелей обусловлена наличием гидрофильных частиц, таких как карбоксильные, амидные, amino- и гидроксильные группы, распределённые вдоль основы полимерных цепей. Поглощение воды гидрогелем происходит до тех пор, пока не наступит баланс между осмотическими силами, стимулирующими поступление воды в гидрогелевый матрикс, и силами сцепления полимерных связей внутри гидрогеля, которые предотвращают чрезмерное поглощение воды. Другими словами, чем выше степень сшивания конкретного гидрогеля, тем ниже степень набухания [2].

Благодаря уникальным свойствам гидрогелям уделяется пристальное внимание, проводятся многочисленные научные исследования исследователями всего мира, а также осуществляется практическое применение биогидрогелей. Таким образом, гидрогели из природных компонентов являются крайне перспективным материалом в клеточных технологиях и тканевой инженерии.

**Целью** данной статьи является проведение аналитического обзора природных компонентов для изготовления гидрогелей, а также выявление их преимуществ и недостатков.

**Классификация гидрогелей.** По происхождению гидрогели можно разделить на природные, синтетические и полусинтетические. К природным гидрогелям относят коллаген, фиброин шелка, декстран, гиалуроновую кислоту и производные природных материалов, таких как хитозан, альгинат и другие гидрогели, полученные из децеллюляризованных тканей [3]. Считается, что именно гидрогели из природных материалов наиболее физиологические, так как являются компонентами внеклеточного матрикса. Однако их окончательную микроструктуру и свойства трудно контролировать. Механические свойства и зависимость от условий полимеризации или гелеобразования часто плохо понимаются производителями, а из-за их природного происхождения (фибриноген крупного рогатого скота, коллаген из хвоста крысы) состав от одной партии к другой может значительно варьироваться. По этим причинам гидрогели из природных материалов часто объединяют с синтетическими, создавая композитные полимеры, которые в настоящее время активно исследуются. В зави-

симости от характеристик стабильности в физиологической среде гидрогели могут быть не биodeградируемыми и биоразлагаемыми.

**Биосовместимость и биodeградируемость** являются двумя важными параметрами, на которые необходимо обращать особое внимание при выборе полимера [4]. Следует также заметить, что биосовместимые материалы не всегда биodeградируемые и наоборот, что ещё раз подчёркивает значимость правильного подбора материала.

Биосовместимость относится к специфическим свойствам материала, которые не оказывают токсического или другого вредного воздействия на биологические ткани и системы, в то время как биологически несовместимые материалы способны вызывать реакцию тканей, к которым относятся некроз, дистрофическая кальцификация, значительный фиброз, реакция на инородное тело.

Биodeградация, или изменение физических, химических и биохимических свойств материала под воздействием биологической среды, как правило, включает в себя два этапа:

1. Вода проникает в полимерную матрицу, взаимодействует с химическими веществами путём гидролиза, укорачивая длину полимерной цепи, что в итоге приводит к снижению молекулярной массы, метаболизму фрагментов и объёмной эрозии.

2. Поверхностная эрозия полимера возникает, когда скорость, с которой молекулы воды проникают в матрицу, медленнее, чем скорость превращения полимера в водорастворимые материалы.

Биodeградация полимерного материала может протекать как в поверхностном слое, доступном для жидкой окружающей среды, когда свойства материала не изменяются до разрушения поверхностного слоя, так и в объёме полимерного изделия, при котором скорость жидкой биологической среды превышает скорость распада полимера [5]. Преимущество биodeградируемых полимеров заключается в том, что большинство из них способны обеспечить хорошую адгезию и пролиферацию клеток *in vivo*, сохранение их свойств в течение определённого времени благодаря настраиваемым свойствам (проницаемость, эластичность, жёсткость и химическая реактивность), а затем деградацию без вредных воздействий на организм [6].

Жизненно важную роль в формировании и деградации структуры гидрогеля играют поперечные связи, благодаря которым происходит стабилизация (сшивание) полимеров, что в свою очередь приводит к многомерному расширению полимерных цепей, в результате чего образуются устойчивые сетевые структуры. На основании типов перекрёстных соединений гидрогели можно разделить на две группы: химически сшитые и физически сшитые [7].

**Химическое сшивание** гидрофильных полимеров, которое включает в себя свободнорадикальную полимеризацию, полиприсоединения и поликонденсации, а также радиационную полимеризацию, является одним из основных методов получения гидрогеля. При химическом сшивании происходит взаимодействие раствора

гидрофильного полимера с бифункциональным сшивающим агентом. Этот метод подходит для получения гидрогелей как из природных, так и из синтетических гидрофильных полимеров. Например, гидрогели на основе альбумина и желатина были разработаны с использованием диальдегида или формальдегида в качестве сшивающих агентов. Также этим методом разработаны гидрогели высокого содержания воды на основе сшивания функционализированного полиэтиленгликоля и лизинсодержащего полипептида [2].

Свободнорадикальная полимеризация в отношении гидрогелей из природных материалов используется при условии, что эти полимеры имеют подходящие функциональные группы или функционализированы радикально полимеризуемыми группами. Например, этот метод использовался для разработки различных гидрогелей на основе хитозана [8]. Суть метода заключается в том, что радикалы реагируют с мономерами, превращая их в активные формы, которые взаимодействуют с большим количеством других мономеров, в результате чего образуются полимерные матрицы. Данный способ может применяться для приготовления как в растворе, так и объёмно. Полимеризация раствора преимущественна при синтезе больших количеств гидрогелей, и в этом случае вода является наиболее часто используемым растворителем. Объёмная полимеризация происходит быстрее, чем полимеризация раствора, и не нуждается в удалении растворителя, что во многих случаях отнимает много времени.

К методам **физического сшивания** относятся ионное взаимодействие, водородная связь и гидрофобная ассоциация.

При ионном взаимодействии происходит присоединение полиэлектролита к поливалентным ионам противоположного заряда с образованием полиэлектролитных комплексов, в которых образуются связи между парами заряженных участков вдоль полимерных цепей. Таким образом, например, происходит сшивка альгината, состоящего из остатков глюкуроновой и маннуроновой кислот, которые сшиваются с помощью ионов кальция [9].

Водородная связь между полимерными цепями также может участвовать в образовании гидрогеля, например, карбоксиметилцеллюлозы, с формирующимися водородными связями в процессе диспергирования в соляной кислоте. Механизм включает в себя замену натрия на водород в кислотном растворе для стимулирования создания водородных связей. Условием является снижение pH водного раствора полимера. При этом немаловажную роль играют и такие факторы, как концентрация полимера, молярное соотношение полимеров, тип растворителя, температура раствора и степень связи между функциональными возможностями полимера.

Гидрофобная ассоциация – ещё один способ получения гидрогелей, который заключается в гидрофобных взаимодействиях [10]. Полимеры и сополимеры образуют структуры, разделённые гидрофобными микродоменами, действующие как ассоциированные точки сшивания во всей полимерной структуре и окружённые гидрофильными водопоглощающими областями. Однако не-

смотря на низкую стоимость, данный метод практически не используется из-за плохой межфазной адгезии.

Методы ионизирующего излучения также являются эффективными методами синтеза гидрогелей. Ионизирующие излучения, такие как электронный пучок и  $\gamma$ -лучи, обладают высокой энергией и способны ионизировать простые молекулы как в воздухе, так и в воде. В процессе облучения полимерного раствора вдоль нитей полимера формируются реакционноспособные участки, что в итоге приводит к образованию большого количества сшивок [11]. Преимуществами данного метода являются простота, высокая скорость, отсутствие катализаторов для начала реакции полимеризации и возможность контролировать процесс, изменяя дозу облучения [12]. Однако этот метод не применяется, если полимеры под ионизирующим облучением разлагаются.

При этом гидрогели, полученные физическим способом, не являются однородными, так как кластеры, образуемые межмолекулярными или гидрофобными/ионно-связанными областями, создают неоднородности в структуре, разрушение которой может произойти при изменении условий: ионная сила, pH, температура, направленная сила, добавление растворённых веществ.

Свойство материала зависит также от его надмолекулярной структуры. Под этим термином понимают «способ упаковки макромолекул в пространстве выделяемых элементов, размеры и форму таких элементов и их взаимное расположение в пространстве». Пористые гидрогели представляют собой дисперсную систему, состоящую из ячеек-пор, взаимосвязь которых осуществляется через фазу полимерного каркаса, способствуя миграции клеток и улучшая доступную площадь поверхности для взаимодействия клеток с окружающими тканями. Важны и другие параметры, такие как объём пор, распределение пор по размеру, размер отверстия пор, шероховатость стенки пор, функциональность поверхности, структура полимера и пористая взаимосвязь [2].

В зависимости от размера поры можно разделить на микропоры (менее 2 нм), мезопоры (2–50 нм) и макропоры (более 50 нм). Так, в экспериментах было определено, что оптимальный размер пор для ангиогенеза и остеогенеза составляет 50–100 мкм [13], 100–200 мкм необходимо для регенерации хряща [14] и 200–300 мкм – для регенерации повреждённой кожи [15].

Гидрогели природного происхождения можно классифицировать на три группы: материалы на основе **белка** (коллаген, фибрин, эластин, желатин, фиброин шелка), **полисахаридов** (альгинат, хитозан, гликозаминогликаны) и **материалы из децеллюляризированной ткани**. Натуральные гели обычно образуются из белков и компонентов внеклеточного матрикса, что делает их биосовместимыми, биологически активными и перспективными материалами для биомедицинского применения. Источником белков в основном является животный экстракт, коллаген из ткани свиней или из хвостов крыс, в то время как фиброин извлекается из насекомых.

**Коллаген.** Коллаген, как правило, – нерастворимый фибриллярный белок с вытянутой нитевидной формой молекул, составляющий основу соединительной ткани,

обеспечивающий её прочность и упругость, а также играющий важную роль в клеточной сигнализации и модуляции поведения клеток. Различные типы коллагена сегодня доступны из сухожилий, кожи, кишечника, роговицы и кровеносных сосудов некоторых млекопитающих животных, а также морских организмов и рыб [16]. С биологической точки зрения, коллаген обладает низкими антигенностью и воспалительной реакцией, но в то же время высокими биосовместимостью и биоразлагаемостью. В тканях млекопитающих существует более 29 форм коллагена, из которых только коллагены типов I, II и III считаются истинными фибриллярными белками. Коллаген типа I является наиболее распространённым фибриллярным белком, на долю которого приходится 90 % коллагена в организме. Коллаген имеет сложную иерархическую четырёхуровневую структуру, в которой первичная структура представляет собой аминокислотный триплет последовательностью Gly-X-Y, где Gly представлен глицином, составляющим до 30 % от общего содержания аминокислот в коллагене, а X-Y являются пролином и гидроксипролином соответственно. Вторичная структура представляет собой повторения данной аминокислотной триплетной цепи, которые затем собираются в тройную спираль, формируя третичный уровень организации, где каждая цепь содержит около 1000 аминокислот. Сами коллагеновые волокна являются четвертичной структурой коллагена и образованы самосборными волокнами [17]. Также стоит отметить, что структурные и механические свойства коллагеновых фибрилл связаны с концентрациями  $\text{Ca}^{2+}$  из-за хелатирования между молекулами коллагена и  $\text{Ca}^{2+}$ . В нативных тканях механические свойства коллагена идеальны, однако в биоматериалах на основе коллагена механическая прочность недостаточна из-за отсутствия ковалентных (дисульфидных) связей, присутствующих в коллагенах III, IV, VI, VII и XVI типов. По этой причине сшивание физическими, химическими и биологическими методами используется в основном для увеличения механических характеристик материала. Кроме того, различные молекулярные формы коллагена в организме способны образовывать комплексы, также улучшающие механические свойства, благодаря трансмембранным рецепторам, основными из которых являются интегрины  $\alpha 1\beta 1$  и  $\alpha 2\beta 1$ , обеспечивающие взаимодействие между клетками и внеклеточным матриксом. Идентифицированы данные интегрины на активированных Т-клетках, тромбоцитах, сосудистых, эпителиальных клетках и фибробластах [18]. Передача сигналов через  $\alpha 1$  способствует регуляции состава внеклеточного матрикса, пролиферации. Наряду с этим через  $\alpha 1$  проходит сигнал для выживания, считающийся уникальным среди интегринов, связывающих коллаген [19]. Интегрин  $\alpha 2\beta 1$  способен опосредовать клеточную адгезию, распространение на фибриллярной оболочке I и является единственным коллаген-связывающим интегрином в тромбоцитах, а также распознает коллагены IV, VI и XII типов [20]. Однако точный механизм распознавания коллагена интегринными на сегодняшний день до конца неясен.

Свойства коллагенового гидрогеля зависят как от источника коллагена (сухожилие крысиного хвоста, кожа

крупного рогатого скота, свиньи и т. д.), так и от способа экстракции. В настоящее время коллагеновые гидрогели, как правило, синтезируют путём экстракции при низких значениях pH с использованием уксусной кислоты. Затем кислотно-растворённый коллаген нейтрализуют с помощью концентрированных (10x) фосфатного буфера (PBS, phosphate-buffered saline), сбалансированного солевого раствора Хэнкса или питательной среды для клеточной культуры с последующим добавлением нейтрализующих агентов (NaOH, HEPES) и других реагентов (вода, 1x среда, 1x PBS) для начала самосборки фибрилл при температуре, близкой к физиологическому pH и полимеризации, – 37 °C. Однако повышение pH вокруг изоэлектрической точки при низкой ионной прочности может улучшить линейные вязкоупругие свойства и прозрачность [21]. Несмотря на это для физиологической инкапсуляции pH гидрогелей ограничен между 7,4 и 8,4 для поддержания жизнеспособности клеток. Полученный таким образом коллаген в значительной степени сохраняет тепопептидные области, являющиеся участками для сшивания, и фактически эта экстракция совместно изолирует небольшое количество мультимеров с неповреждёнными сшивающимися местами [22].

Наряду с кислотной экстракцией коллагена существует комбинация осаждения соли с ферментативной экстракцией. При этом переваривание пепсином приводит к полностью расщеплённым концевым неспиральным областям, которые содержат межмолекулярные сшивки, и коллаген приобретает растворимую форму [17].

Немаловажную роль для некоторых тканей играет ориентация коллагеновых фибрилл. Так, для нервной ткани [23] и роговицы [24] фибриллы предварительно необходимо выровнять, для чего были разработаны методы микроструктурирования с использованием магнитных наночастиц, которые под действием внешнего магнитного поля способствуют правильной фибриллярной ориентации.

Из-за высокой биоэффективности коллагеновые гидрогели нашли широкое применение в клеточных технологиях и регенеративной медицине. Однако самым большим преимуществом коллагенового гидрогеля является то, что клетки и биоактивные компоненты могут быть включены непосредственно в него уже в процессе изготовления [16]. При этом понижение температуры гелеобразования способствует формированию меньшего количества, но более длинных и толстых коллагеновых фибрилл, в то время как фибриллы, полимеризованные при более высоких температурах, формируют меньшее количество пучков, которые к тому же менее упорядочены, что влияет на механические и структурные свойства гидрогеля.

Хорошие оптические характеристики и механические свойства гидрогеля на основе коллагена были получены методом ионного выщелачивания путём добавления NaCl. Полученный таким образом гидрогель нашёл широкое применение в тканевой инженерии роговицы глаза [25].

Несмотря на то, что коллаген I типа является наиболее распространённым белком в организме, такие ткани,

как суставной хрящ и стекловидная жидкость, содержат преимущественно коллаген типа II, который без шивки проявляет плохие механические свойства, и изготовить его структурно прочным достаточно сложно. Для улучшения механических свойств коллагены I и II типов сополимеризуют и получают гели с более низким процентом пустотного пространства и высоким модулем упругости, имеющие потенциал в качестве каркаса для инженерии суставного хряща [26].

Ограничение в использовании коллагена в качестве биоматериала заключается в том, что при повреждении эндотелия сосудов коллаген, находящийся в сосудистой стенке под эндотелиоцитами, активирует тромбоциты, способствуя их адгезии на повреждённой поверхности. Далее через систему взаимосвязей факторов свёртывания крови и образования активных комплексов формируется фибриновый сгусток [27]. Кроме того, высокая стоимость чистого коллагена ограничивает его использование в качестве экономически эффективного подхода при крупномасштабном использовании биоматериалов [28]. Однако несмотря на недостатки, гидрогели, в состав которых входит коллаген, нашли достойное применение в регенеративной медицине.

**Эластин.** Ключевым фибриллярным белком внеклеточного матрикса является эластин, который синтезируется фибробластами, эндотелиоцитами и содержит в своём составе глицин, аланин, валин, лейцин. Благодаря чередованию гидрофобных и гидрофильных доменов внутри структуры данный белок имеет важное значение для эластичности и устойчивости многих тканей позвоночных, включая крупные артерии, лёгкие, связки, сухожилия, кожу и эластичный хрящ [29]. Предшественник эластина – тропоэластин – в сочетании с микрофибриллами способствует структурной целостности тканей и биомеханике благодаря постоянной гибкости, что позволяет повторять циклы растяжения и расслабления, зависящие от гидратированной среды. Стоит отметить, что мономер эластина способен увеличиваться в длину в восемь раз. Наличие большого количества гидрофобных радикалов препятствует созданию стабильной глобулы, в результате полипептидные цепи эластина не формируют регулярные вторичную и третичную структуры, но обладают свойством к самосборке с устойчивыми поперечными связями в физиологических условиях, формируя стабильную молекулу [3].

Как нативный белок внеклеточного матрикса эластин неиммуногенный. Благодаря своей биологической активности и физико-химическим свойствам эластин и связанные с ним пептиды являются идеальными кандидатами в качестве биомедицинских материалов, включая каркасы, гидрогели и системы доставки лекарств в тканевой инженерии [30]. Так, хороших результатов удалось добиться при использовании эластина и эластиноподобных пептидов в заживлениях таких ран, как трофические язвы стоп при сахарном диабете, ожоговые раны и др. [31]. Повязки с эластином имитируют внеклеточный матрикс, обеспечивая естественную среду, которая регулирует клеточную пролиферацию, миграцию, дифференцировку и адекватный процесс заживления в целом.

Улучшение механических свойств биомедицинских материалов на основе эластина возможно при комбинировании последнего с природными или синтетическими полимерами. Так, шёлко-эластиноподобные полимеры объединяют повторяющиеся последовательности шёлковых и эластиновых блоков. Шёлк-эластин способствует миграции фибробластов и макрофагов, а также индуцирует выработку коллагена фибробластов, ускоряя формирование грануляционной ткани более чем в 3 раза [32]. Изменяя соотношение последовательностей, можно контролировать растворимость и прочность материала шёлко-эластинового полимера, а его способность к самогелеобразованию является удобной для покрытия раны, способствуя удержанию влаги.

Шёлко-эластиноподобные полимеры, находящиеся в жидком состоянии при комнатной температуре и образующие гидрогели после введения в организм, являются хорошими кандидатами в качестве полимерных матриц для доставки генов. Механизм связывания и высвобождения ДНК с полимерами основан на ионообмене [33]. При  $pH = 7.4$  первичные амины остатков лизина и аргинина протонируются и взаимодействуют с отрицательно заряженными фосфатами ДНК. С увеличением ионной силы буфера концентрация контрионов увеличивается, ослабляя взаимодействие между ДНК-фосфатами и аминокислотными группами, приводя к высвобождению связанной ДНК.

Самосборка в физиологических условиях и термочувствительное поведение данных полимеров наряду с их биоразлагаемостью, биосовместимостью и чётко определённым составом в результате их индивидуальной конструкции делают их также привлекательными для контролируемой доставки лекарственных средств [34].

Добавление эластина в смесь желатина и ацетата целлюлозы изменяет структуру волокна, уменьшает скорость деградации каркаса, поддерживая прикрепление и пролиферацию фибробластов *in vitro* [35]. Пролиферации фибробластов и кератиноцитов способствует также смешивание эластина с коллагеном и полилактоном. Улучшенная гибкость благодаря эластину также способствует инфильтрации клеток и более ранней неоваскуляризации. И такие кожные заменители, как Matriderm и Glyaderm, имеют в своём составе эластин крупного рогатого скота, который повышает биомеханическую стабильность и эластичность ремоделированной ткани в обработанных ранах [30].

Биоматериалы на основе эластина были применены и для регенерации повреждённого миокарда, создания сердечных клапанов, биостентов для восстановления нормальной функции сердца или минимизирования различных повреждений [36, 37].

Также биоматериал, имеющий в составе эластин, в сосудистой трансплантологии проявил хорошие механические свойства как на разрыв, так и на сохранение шва, обеспечивая при этом эффективную циркуляцию крови, а также образование слоя эндотелиальных клеток [38].

Биоматериалы на основе эластина просты в хранении и относительно недороги в производстве. Однако несмотря на то, что эластин является естественным компонентом внеклеточного матрикса и обладает биосовме-

стимостью и соответствующей биodeградацией, для производства гидрогеля он используется не часто по причине способности к кальцификации [39, 40].

**Фибрин.** В естественном процессе восстановления повреждённых тканей также принимает активное участие фибрин – один из основных белков, участвующих в гемостазе. Фибриновые гели считаются альтернативой коллагену, так как клетки, выращенные в фибриновом геле, производят больше коллагена и эластина, чем клетки, культивированные в коллагеновом геле [41]. Фибриновые гели обладают такими преимуществами, как отличная биосовместимость и перестраиваемая пористость, обеспечивающие достаточную площадь поверхности и пространство для клеточной адгезии, пролиферации и регенерации внеклеточного матрикса.

В настоящее время фибриновые гидрогели широко используются в клиниках в качестве гемостатических герметиков, биологических клеев, а также различных перевязочных материалов [42].

Гидрогель на основе фибрина, фибриногена и аутологичной крови с тромбином используются для биологического уменьшения объёма лёгких – нового метода эндобронхиального лечения пациентов с тяжёлой эмфиземой, направленного на уменьшение объёма целевой доли лёгкого [43].

Хороших результатов удалось добиться благодаря присоединению к фибриновым гидрогелям синтетических материалов. Так, композит из фибрина и полимолочно-соглицеволевой кислоты обеспечивает медленное высвобождение лекарственных средств и, как следствие, способствует регенерации спинного мозга. Благодаря увеличению модуля упругости с помощью добавления полилактида происходит более ранняя регенерация костной и хрящевой ткани [44].

Гидрогели на основе фибрина также используют в инженерии сердечной ткани. Так, был разработан композитный материал на основе фибрина, состоящий из выровненных микронитей, равномерно распределённых по всему гидрогелю [45]. Однако часто основным препятствием для фибриновых гелей без добавления других агентов является низкая механическая прочность, но комбинирование гидрогелей со стабильными и твёрдыми материалами значительно улучшает физические свойства, позволяя преодолеть данные ограничения.

**Желатин.** Природным и недорогим полимером является желатин, обладающий биоразлагаемостью и имеющий минимальную иммуногенность, благодаря которым он остаётся одним из лучших материалов для тканевой инженерии. Также желатин используется в пищевой и фармацевтической промышленности, при изготовлении косметики и фотоплёнок в качестве стабилизатора, загустителя, эмульгатора и плёнокообразователя, механические свойства которых зависят от супрамолекулярной структуры. Производится полимер из кожи и костей крупного рогатого скота и некоторых видов рыб [46] путём гидратации коллагена, при этом желатин типа А обрабатывают кислотами (pH = 1–3), желатин типа В – щелочными растворами. В отличие от желатина типа В, в желатине типа А присутствует больше карбоновых групп, что де-

лает его более предпочтительным для создания каркасных материалов. Например, при добавлении желатина типа А к коллагеновым плёнкам повышались вязкость плёнок, прочность на растяжение и удлинение при разрыве, в то время как желатин типа В такими свойствами не обладает [47]. Наряду с этим стабильность желатина при высоких температурах и широком диапазоне pH позволяет присоединять на желатиновую основу синтетические и природные полимеры. Так, гидрогель на основе желатина с добавлением метакрилата способствует длительному выживанию клеток при трансплантации благодаря эффективной пролиферации, адгезии и миграции клеток в ишемической среде. Как результат в эксперименте данный гидрогель индуцировал восстановление кровотока и неоваскуляризацию в модели ишемии задних конечностей мыши [48]. Другая группа учёных соединила желатин с оксидом нанографена для улучшения механических и биомедицинских свойств. Изготовленный гидрогель обладал такими уникальными свойствами, как умеренная шероховатость, подходящий размер пор, термозависимая вязкоупругость и контролируемая биodeградация. Гидрогель продемонстрировал отличные взаимодействия с мезенхимальными стволовыми клетками костного мозга и хондроцитами крыс. Кроме того, исследование *in vivo* показало более эффективное формирование здорового гиалинового хряща после микроперелома [49].

Гидрогель на основе желатина с добавлением полиуретана с настраиваемыми механическими свойствами и скоростью деградации даёт возможность печатать такую сложную структуру, как конструкция в форме носа. Стабильность структуры гидрогеля поддерживалась двухступенчатым образованием через  $\text{Ca}^{2+}$ -хелатирование и термическое гелеобразование при температуре 37 °C без токсичного сшивающего реагента. Мезенхимальные стволовые клетки, инкубированные с гидрогелем желатин-полиуретан, показали хорошую жизнеспособность, высокие подвижность и коэффициент пролиферации [50]. Также благодаря гидрогелю, в состав которого входит желатин, повышается жизнеспособность клеток при криоконсервации [51].

Благодаря изоонкотическим свойствам растворы производных желатина используются и для быстрого восполнения объёма циркулирующей крови. Выводятся растворы желатина через выделительную систему в неизменённом виде. Растворы желатина, в отличие от других коллоидов, не изменяют коагуляцию, поэтому безопасны в случае кровоизлияния и тромбоцитопении [52]. Добавление желатина к альгинатному гидрогелю улучшает механические характеристики последнего, увеличивает время гелеобразования, коэффициент набухания, скорость деградации, а также однородность размеров пор [53].

В настоящее время активно исследуется потенциал желатина в качестве сосудистого каркасного материала. В отличие от коллагеновых волокон, желатиновые гидрогели обладают более высокой прочностью на растяжение (8–12 МПа), что даёт возможность использовать гели для регенерации сосудистой ткани [28].

Молекулы желатина могут принимать различные конформации в зависимости от температуры, раствори-

теля, pH; работы по созданию новых материалов на основе желатина ведутся до сих пор.

**Фиброин.** В качестве каркасного материала для регенерации тканей широко используется шелковый фиброин — белок, вырабатываемый шелкопрядами, пауками и скорпионами [54]. Полученный белок обрабатывают такими растворителями, как бромид лития, муравьиная кислота, ионные жидкости и тройная система растворителей  $\text{CaCl}_2$  – этанол – вода для удаления серицина, склеивающего шелковые волокна. Выделяют растворимый в воде шёлк I и нерастворимый шёлк II. Посредством процесса отжига шёлк I превращается в кристаллический шёлк II, при котором модуль Юнга и прочность на растяжение повышаются [55].

По сравнению с такими биоматериалами, как коллаген, фиброин шёлка обладает исключительной механической прочностью, ударной вязкостью и термической стабильностью [56]. Также не стоит забывать, что многие десятилетия фиброин шёлка применяется и в качестве шовного материала.

Благодаря хорошим механическим свойствам, низкой иммунной реакции, минимальной тромбогенности и соответствующей биodeградируемости фиброин шелка используется в сосудистой инженерии [28, 57], восстановлении кожи [56], костей [58, 59], нервов, связок и хрящей [60].

Гидрогели, сочетающие свойства шелка и эластина, используются для контролируемого высвобождения таких молекул, как витамин B12 и цитохром, а также ДНК [61].

Фиброин шелка широко применяется в технологии трёхмерной биопечати, где шёлк используется в качестве основы, полученной в процессе метакрилирования с использованием глицидилметакрилата. Механические и реологические свойства гидрогеля оказались уникальными в экспериментальных исследованиях и модулируются путём изменения содержания шелкового фиброина. Данный материал позволил создать сложные структуры органов, включая сердце, сосуды, мозг, трахею и ухо, с отличной структурной стабильностью и может применяться для тканевой и органной инженерии в зависимости от конкретных биологических требований.

**Декстран.** К природным материалам относятся и полисахариды, такие как декстран, альгинат, хитозан и гиалуроновая кислота. Декстран представляет собой нетоксичный гидрофильный гомополисахарид, состоящий из линейных остатков ( $\alpha$ -1,6-связанных d-глюкопиранозных) с низким процентом  $\alpha$ -1,2-,  $\alpha$ -1,3- и  $\alpha$ -1,4-связанных боковых цепей. В качестве бактериально полученного биополимера декстран может синтезироваться из сахарозы *Leuconostoc mesenteroides* с дектрансуразой или из мальтодекстринов с декстриназой. Эта полимерная цепь глюкозильных звеньев также может быть синтезирована с использованием дектрансуразы путём переноса D-глюкозильной единицы из сахарозы в молекулы-акцепторы [62].

Различные типы декстранов разного размера и структуры синтезируются в зависимости от дектрансуразы, продуцируемой штаммом, а растворимость их зависит от структуры разветвлённых связей. Например, декстраны с более чем 40%-м разветвлением по  $\alpha$ -1,3-

связям считаются нерастворимыми в воде, в то время как наличие 95 % линейных связей делает его водорастворимым и пригодным для биомедицинского и фармацевтического применения. Однако декстран подвержен ферментативной деградации декстраназой, которая существует в тканях млекопитающих, включая человека [63].

В отличие от других полисахаридов, имеющих функциональные группы, декстран содержит только гидроксильные группы, а новые производные могут быть созданы путём включения функциональных возможностей без ущерба для его основных свойств. Степень замещения производных декстрана относится к числу замещённых гидроксильных групп на единицу и обычно влияет на свойства его производных, следовательно, декстран может быть сконструирован с помощью химической модификации для различных целей. Так, данный полисахарид используется для уменьшения тромбоза сосудов посредством связывания с эритроцитами, тромбоцитами и эндотелием сосудов, повышая их электроотрицательность, снижая агрегацию эритроцитов и адгезивность тромбоцитов за счёт снижения фактора свёртывания VIII. Тромбоциты, покрытые декстраном, более равномерно распределяются в тромбе и связаны грубым фибрином, что упрощает тромболизис, при котором, ингибируя  $\alpha$ 2-антиплазмин, декстран активирует плазминоген. Наряду с этим более крупные декстраны, оставаясь в кровеносных сосудах, действуют как мощные осмотические агенты для устранения гиповолемии. Увеличение объёма вызывает гемодилюцию, которая улучшает кровоток и дополнительно увеличивает проходимость микроанастомозов [64]. Также декстран способен ингибировать адгезию лейкоцитов к эндотелию посредством ослабления высвобождения IL-8, не препятствуя активации эндотелиоцитов. В итоге реализуется противовоспалительное действие [65]. Благодаря способности захватывать активные формы кислорода и уменьшать избыточную активацию тромбоцитов декстран предотвращает ишемически-реперфузионное повреждение при трансплантации органов [66]. Растворимые комплексы декстран – гемоглобин, полученные диальдегидным методом и методом алкилирования, в экстренных ситуациях могут быть использованы для восполнения объёма циркулирующей крови. Химически модифицированный декстран с изменёнными гидрофильностью (гидрофобностью), чувствительностью к температуре, pH и ионной силе широко используется для доставки лекарственных средств [67].

Гидрогели могут включать различные функциональные возможности, защищая биологически активные молекулы от изменений. Для получения гидрогелей с различными физическими и биологическими свойствами, включая набухание, скорость деградации, механику, плотность сшивания, биосовместимость, в декстран вводили аллил изоцианата, интегрировали этиламин хлоруксусной кислоты и малеиновый ангидрид. В качестве сшивающего вещества был введён диакрилат полиэтиленгликоля [68]. Для улучшения инкапсуляции клеток путём сшивания производных глицидилметакрилата декстрана (Dex-GMA) и дитиотреитола (DTT) в физиологических условиях с использованием реакции добавления тиола-Майкла был соз-

дан гидрогель, механические свойства, процесс гелеобразования и степень набухания которого можно регулировать, изменяя pH фосфатного буферного раствора [69].

**Хитозан.** Одним из самых распространённых природных полисахаридов в мире после целлюлозы является хитин экзоскелетов клеточных стенок ракообразных, насекомых и грибов, использующийся для производства хитозана методом деацетилирования. Хитозан – биоактивный полимер с широким спектром применений благодаря таким функциональным свойствам, как антибактериальная активность, нетоксичность, простота модификации и биоразлагаемость [70]. Одним из преимуществ хитозана является способность образовывать плёнки, в процессе формирования которых порошки хитозана смешивают с раствором кислоты, выливают в ёмкость и высушивают при комнатной температуре, термостате. К недостаткам гидрогелей на основе хитозана относятся ограниченная растворимость в некоторых растворителях, а также плохие механические свойства, которые сводятся к минимуму благодаря химической или физической модификации [71].

Хитозан имеет широкий спектр применений в медицинских областях. Как декстран, он применяется в качестве контролируемой доставки лекарственных средств, тканевой инженерии, антикоагулянта крови, в качестве противомикробного агента и биоматериала для регенерации кости [72].

Для доставки лекарственных средств и других активных молекул хитозан обладает такими уникальными свойствами, как гелеобразование *in situ*, мукоадгезия, гидрофильный характер и усиление проницаемости. Также известно, что процесс контролируемого высвобождения лекарственных средств зависит от внешних параметров (температура, pH). Благодаря хорошей биосовместимости и сходству с внеклеточным матриксом гидрогели хитозана могут служить перспективными кандидатами для целенаправленной доставки клеток, защищая последние от иммунной реакции и способствуя улучшению клеточной жизнеспособности. Кроме того, благодаря обратимым связям гидрогелей встроенные клетки могут не только пролиферировать и мигрировать, но и корректировать свою морфологию.

Основываясь на термочувствительности, которая зависит от концентрации, молекулярной массы и степени деацетилирования хитозана, при использовании гидрогеля хитозан/ $\alpha$ β-глицерофосфат было установлено, что оптимальная молекулярная масса составляла 1360 кДа, температура гелеобразования – 37 °C, а процентное содержание деацетилированного хитозана – 75 %, в то время, как при изменении данных характеристик образования геля не происходило [73].

В качестве гемостатического препарата создали хитозановый гидрогель, модифицированный 3-(3,4-дигидроксифенил)-пропионовой кислотой и полиэтиленгликолем на основе себаценовой кислоты, модифицированным *p*-гидроксibenзальдегидом. Наряду с антибактериальными свойствами, цитосовместимостью и достаточной растяжимостью полученный гидрогель продемонстрировал быстрый гемостатический эффект,

и объём кровопотери из печени у мышей был снижен почти на 90 % по сравнению с контрольной группой [74].

**Гиалуроновая кислота.** Гиалуроновая кислота – полианионный природный полимер, представляющий собой линейный полисахарид, состоящий из глюкуроновой кислоты и N-ацетилглюкозамина. Это самая универсальная макромолекула, присутствующая в соединительной ткани всех позвоночных. Благодаря хорошим физико-химическим свойствам, препараты с гиалуроновой кислотой применяются в хирургии остеоартрита, глазной, пластической хирургии, тканевой инженерии и доставке лекарств [75]. При химической модификации гиалуроновая кислота может быть преобразована во многие физические формы – вязкоупругие растворы, гидрогели, волокна, макропористые и фибриллярные губки. Химические модификации направлены на три функциональные группы: карбоновую кислоту глюкуроновой кислоты, первичную и вторичную гидроксильные группы и N-ацетильную группу. Карбоксилаты были модифицированы реакциями, опосредованными карбодиимидами, этерификацией и амидированием; гидроксилы – этерификацией, сшиванием дивинилсульфона, этерификацией и сшиванием бис-эпоксидов.

Для образования гидрогелей на основе гиалуроновой кислоты применяют радикальную полимеризацию, включающую образование радикала с помощью источника инициирования (свет, температура, окислительно-восстановительная реакция), который вступает в реакцию с реакционной группой на макромере гиалуроновой кислоты с образованием кинетических цепей. Чаще всего используют фотоиницированную полимеризацию, преимуществом которой является временной и пространственный контроль [76].

Наиболее распространёнными реакционноспособными группами для использования при радикальной полимеризации являются акрилаты и метакрилаты, быстро вступающие в реакцию с радикалами. Одной из простейших и наиболее широко используемых реакций модификации гиалуроновой кислоты является реакция кислоты с метакриловым ангидридом с образованием метакрированной гиалуроновой кислоты, которая была успешно применена для герметизации разрывов роговицы [77]. Альтернативным методом модификации гиалуроновой кислоты является реакция глицидилметакрилата и гиалуроновой кислоты с образованием конъюгатов, при этом метакрилатирование происходит в течение длительного времени при комнатной температуре. Получение плотно сшитых гелей обеспечивает фотосшивка, с помощью которой также можно получить ряд сложных жидкостей – от текучих до вязкоупругих [78]. Подобные модификации позволяют получить стабильные и ферментативно разлагаемые гидрогели. Однако в некоторых случаях биodeградацию необходимо замедлить для ограничения клеточной миграции и контактов между клетками или для системы с индивидуальными временными свойствами. Для этого были синтезированы макромеры гиалуроновой кислоты, образующие гидрогели, которые являются как гидролитически, так и ферментативно разлагаемыми путём введения гидролитически разлагающихся сложных эфиров (молоч-

ная кислота, капролактон) между основной гиалуроновой кислоты и фотореактивными группами [79].

**Альгинат.** Не менее перспективными природными материалами считаются альгинаты – соли альгиновой кислоты. Альгиновая кислота – вязкое резиноподобное вещество, полисахарид, извлекаемый из красных, бурых, зелёных водорослей и бактериального источника. Альгинаты представляют собой неразветвленные полисахариды, состоящие из 1-4-связанной  $\beta$ -D-маннуронозой кислоты и её C-5-эпимера  $\alpha$ -L-гулурунозой кислоты.

Биосинтез альгината можно разделить на 4 стадии:

1. Синтез предшественника маннуронозой кислоты.
2. Перенос цитоплазматической мембраны и полимеризация в полиманнуроновою кислоту.
3. Периплазматический перенос и модификация.
4. Экспорт через внешнюю мембрану.

Модификация альгината, которая может осуществляться только на 3-й стадии, зависит от растворимости, реакционной способности и характеристик. Альгинаты могут быть растворены в водной, органической или смешанной среде, а степень растворимости может влиять на схему замещения производных. Сама модификация осуществляется в двух положениях еОН (C-2 и C-3) или в одном положении еCOOH (C-6). Разница в реакционной способности может быть легко использована для селективной модификации любого из двух типов [80]. Для улучшения физико-химических свойств применяют химическую модификацию, при которой повышается ионная сила геля, улучшается биodeградация, а также появляются новые свойства. При этом альгинат подвергают ацетилированию, фосфорилированию, сульфатированию, гидрофобной модификации, присоединению клеточных сигнальных молекул, ковалентному сшиванию и сополимеризации.

Для альгинатов характерны такие виды биологической активности, как антимикробное и гемостатическое действие, антиоксидантное и антирадиационное действие, гиполипидемический эффект, подавление активности факультативной флоры, а также замедление скорости всасывания глюкозы из тонкого кишечника. Альгинаты являются важным семейством полисахаридов для получения гидрогелей при умеренных pH и температурных условиях, подходящих для чувствительных биомолекул, таких как белки, нуклеиновые кислоты [80]. Кроме того, сложные моносахаридные составы и способность создавать контролируемые последовательности делают альгинаты перспективным материалом для применения в различных сферах деятельности. В настоящее время альгинаты используются в качестве перевязочных материалов для лечения ран [81], оказывают значимое влияние в прогрессировании муковисцидоза, но более важно использование альгинатной сшивки при изготовлении гидрогелей для инкапсуляции клеток и островков Лангерганса при лечении сахарного диабета. Так, для заживления ран был создан термочувствительный гидрогель альгинат натрия/полоксамер 407 (гидрофильное неионное поверхностно-активное вещество класса сополимеров)/плюроник F-127/поливиниловый спирт с добавлением амикацина. Данный гидрогель имел хорошую прочность на растяжение и механические свойства при сохранении эластич-

ности и гибкости, что объясняется достаточной сшивкой между компонентами гидрогеля. При микроскопическом исследовании выявлена шероховатость поверхности с достаточной величиной пор, наличие которых способствовало насыщению раны кислородом для ускорения процесса заживления и обеспечивало влажную среду для ускорения повторной эпителизации, образования грануляционной ткани, а также для более длительного высвобождения инкапсулированных лекарств [82]. Схожие результаты были получены другими исследователями, создавшими гидрогель альгинат натрия/ $H_2S$  с  $CaCl_2$  в качестве сшивающего агента. Размер пор при этом составлял приблизительно 50–90 мкм, что было подходящим для проникновения и миграции клеток; масса гидрогеля увеличилась более чем на 120 %. При этом было замечено, что кинетика высвобождения инкапсулированного вещества зависит от pH окружающей среды, и в кислой среде высвобождение происходит быстрее, чем в нейтральной [83].

Как и большинство гидрогелей на основе природных материалов, альгинатные гели применяются для контролируемой доставки лекарственных средств, так как обладают большим потенциалом в создании транспортных средств с адаптивным поведением и настраиваемыми свойствами. Для этого гидрогели были сшиты путём одновременной фотополимеризации винильных групп и фотодимеризации антрацена с добавлением доксорубина. Включение антрацена в гель приводит к обратимому контролю сшивания и переходу между состояниями гель/золь [84].

Потенциальным материалом для ремоделирования сосудов является гидрогель альгинат/полиакриламид, обладающий механической прочностью, устойчивостью к ферментативной деструкции и антикальцифицирующей способностью, а также может ингибировать адгезию, агрегацию и активацию тромбоцитов, способствовать адгезии и пролиферации эндотелиальных клеток. Кроме того, он способен стимулировать секрецию NO и PGI<sub>2</sub>, которые являются важными факторами, участвующими в ремоделировании и восстановлении сосудов [85].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На сегодняшний день полимеры природного происхождения всё чаще используются в качестве сырья для приготовления гидрогелей. Это обусловлено, прежде всего, отсутствием негативного воздействия на окружающую среду, а также биофункциональностью производных продуктов. Как правило, эти полимеры позволяют производить гидрогели, которые обладают желаемыми свойствами, такими как биосовместимость, биоразлагаемость и нецитотоксичность. Гидрогели на основе природных компонентов показывают достойные результаты в таких биомедицинских областях, как эстетическая медицина, тканевая инженерия, скрининг лекарственных средств, терапия онкологической патологии и др. Таким образом, природные материалы в основе гидрогелей занимают одно из ключевых мест и являются перспективными компонентами в усовершенствовании уже существующих и разработке новых композиций.

# Конфликт интересов

Авторы данной статьи заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Rehman WU, Asim M, Hussain S, Khan SA, Khan SB. Hydrogel: A promising material in pharmaceuticals. *Curr Pharm Des.* 2020; 26(45): 5892-5908. doi: 10.2174/1381612826666201118095523
2. El-Sherbiny IM, Yacoub MH. Hydrogel scaffolds for tissue engineering: Progress and challenges. *Glob Cardiol Sci Pract.* 2013; 3: 316-342. doi: 10.5339/gcsp.2013.38
3. Catoira MC, Fusaro L, Francesco DD, Ramella M, Boccafocchi F. Overview of natural hydrogels for regenerative medicine applications. *J Mater Sci Mater Med.* 2019; 30(10): 115. doi: 10.1007/s10856-019-6318-7
4. Mansour HM, Sohn M, Al-Ghananeem A, Deluca PP. Materials for pharmaceutical dosage forms: Molecular pharmaceuticals and controlled release drug delivery aspects. *Int J Mol Sci.* 2010; 11(9): 3298-3322. doi: 10.3390/ijms11093298
5. Shtilman MI. Biodegradation of polymers. *Journal of Siberian Federal University. Biology.* 2015; 8: 113-130. doi: 10.17516/1997-1389-2015-8-2-113-130
6. Liu H, Wang Y, Cui K, Guo Y, Zhang X, Qin J. Advances in hydrogels in organoids and organs-on-a-chip. *Adv Mater.* 2019; 31(50): e1902042. doi: 10.1002/adma.201902042
7. Lu L, Yuan S, Wang J, Shen Y, Deng S, Xie L, et al. The formation mechanism of hydrogels. *Curr Stem Cell Res Ther.* 2018; 13(7): 490-496. doi: 10.2174/1574888X12666170612102706
8. El-Sherbiny IM, Lins RJ, Abdel-Bary EM, Harding DRK. Preparation, characterization, swelling and in vitro drug release behaviour of poly[N-acryloylglycine-chitosan] interpolymeric pH and thermally-responsive hydrogels. *Eur Polym J.* 2005; 41: 2584-2591. doi: 10.1016/j.eurpolymj.2005.05.035
9. Sun J, Tan H. Alginate-based biomaterials for regenerative medicine applications. *Materials (Basel).* 2013; 6(4): 1285-1309. doi: 10.3390/ma6041285
10. Nakashima T, Takakura K, Komoto Y. Thromboresistance of graft-type copolymers with hydrophilic-hydrophobic microphase-separated structure. *J Biomed Mater Res.* 1977; 11: 787-798. doi: 10.1002/jbm.820110512
11. Ashfaq A, Clochard M-C, Coqueret X, Dispenza C, Driscoll MS, Ulański P, et al. Polymerization reactions and modifications of polymers by ionizing radiation. *Polymers (Basel).* 2020; 12(12): 2877. doi: 10.3390/polym12122877
12. Jabbari E, Nozari S. Swelling behavior of acrylic acid hydrogels prepared by  $\gamma$ -radiation crosslinking of polyacrylic acid in aqueous solution. *Eur Polymer J.* 2000; 36(12): 2685-2692. doi: 10.1016/s0014-3057(00)00044-6
13. Chen Y, Sheng W, Lin J, Fang C, Deng J, Zhang P, et al. Magnesium oxide nanoparticle coordinated phosphate-functionalized chitosan injectable hydrogel for osteogenesis and angiogenesis in bone regeneration. *ACS Appl Mater Interfaces.* 2022; 14(6): 7592-7608. doi: 10.1021/acsami.1c21260
14. Chen J, Huang T, Liu R, Wang C, Jiang H, Sun H. Congenital microtia patients: The genetically engineered exosomes released from porous gelatin methacryloyl hydrogel for downstream small RNA profiling, functional modulation of microtia chondrocytes and tissue-engineered ear cartilage regeneration. *J Nanobiotechnology.* 2022; 20(1): 164. doi: 10.1186/s12951-022-01352-6
15. Wei C, Tang P, Tang Y, Liu L, Lu X, Yang K, et al. Sponge-like macroporous hydrogel with antibacterial and ROS scavenging capabilities for diabetic wound regeneration. *Adv Healthc Mater.* 2022; 11(20): e2200717. doi: 10.1002/adhm.202200717
16. Lin K, Zhang D, Macedo MH, Cui W, Sarmiento B, Shen G. Advanced collagen-based biomaterials for regenerative biomedicine. *Adv Function Mater.* 2019; 29: 1804943. doi: 10.1002/adfm.201804943
17. Walimbe T, Panitch A. Best of both hydrogel worlds: harnessing bioactivity and tunability by incorporating glycosaminoglycans in collagen hydrogels. *Bioengineering (Basel).* 2020; 7(4): 156. doi: 10.3390/bioengineering7040156
18. Zeltz C, Gullberg D. The integrin-collagen connection – a glue for tissue repair? *J Cell Sci.* 2016; 129(4): 653-664. doi: 10.1242/jcs.180992
19. Gardner H. Integrin  $\alpha 1 \beta 1$ . *Adv Exp Med Biol.* 2014; 819: 21-39. doi: 10.1007/978-94-017-9153-3\_2
20. Madamanchi A, Santoro SA, Zutter MM.  $\alpha 2 \beta 1$  integrin. *Adv Exp Med Biol.* 2014; 819: 41-60. doi: 10.1007/978-94-017-9153-3\_3
21. Lian J, Mansel BW, Ingham B, Prabakar S, Williams MAK. Controlling chain flexibility in collagen networks to produce hydrogels with distinct properties. *Soft Mater.* 2017; 15: 145-152. doi: 10.1080/1539445x.2016.1268626
22. Kreger ST, Bell BJ, Bailey J, Stites E, Kuske J, Waisner B, et al. Polymerization and matrix physical properties as important design considerations for soluble collagen formulations. *Biopolymers.* 2010; 93(8): 690-707. doi: 10.1002/bip.21431
23. Antman-Passig M, Shefi O. Remote magnetic orientation of 3D collagen hydrogels for directed neuronal regeneration. *Nano Lett.* 2016; 16(4): 2567-2573. doi: 10.1021/acs.nanolett.6b00131
24. Vrana NE, Elsheikh A, Builles N, Damour O, Hasirci V. Effect of human corneal keratocytes and retinal pigment epithelial cells on the mechanical properties of micropatterned collagen films. *Biomaterials.* 2007; 28(29): 4303-4310. doi: 10.1016/j.biomaterials.2007.06.013
25. Feng Y, Borrelli M, Reichl S, Schrader S, Geerling G. Review of alternative carrier materials for ocular surface reconstruction. *Current Eye Research.* 2014; 39(6): 541-552. doi: 10.3109/02713683.2013.853803
26. Vázquez-Portalatí NN, Kilmer CE, Panitch A, Liu JC. Characterization of collagen type I and II blended hydrogels for articular cartilage tissue engineering. *Biomacromolecules.* 2016; 17(10): 3145-3152. doi: 10.1021/acs.biomac.6b00684
27. Winter WE, Flax SD, Harris NS. Coagulation testing in the core laboratory. *Lab Med.* 2017; 48(4): 295-313. doi: 10.1093/labmed/lmx050
28. Thottappillil N, Nair PD. Scaffolds in vascular regeneration: Current status. *Vasc Health Risk Manag.* 2015; 11: 79-91. doi: 10.2147/VHRM.S50536
29. Mithieux SM, Weiss AS. Elastin. *Adv Protein Chem.* 2005; 70: 437-461. doi: 10.1016/S0065-3233(05)70013-9
30. Audelo MLDP, Mendoza-Muñoz N, Escutia-Guadarrama L, Giraldo-Gomez D, González-Torres M, Florán B, et al. Recent advances in elastin-based biomaterial. *J Pharm Pharm Sci.* 2020; 23: 314-332. doi: 10.18433/jpps31254
31. Petersen W, Rahmanian-Schwarz A, Werner J-O, Schieferer J, Rothenberger J, Hübner G, et al. The use of collagen-based matrices in the treatment of full-thickness wounds. *Burns.* 2016; 42(6): 1257-1264. doi: 10.1016/j.burns.2016.03.017

32. Kawabata S, Kawai K, Somamoto S, Noda K, Matsuura Y, Nakamura Y, et al. The development of a novel wound healing material, silk-elastin sponge. *Journal of Biomaterials Science, Polymer Edition*. 2017; 28(18): 2143-2153. doi: 10.1080/09205063.2017.1382829
33. Megeed Z, Cappello J, Ghandehari H. Controlled release of plasmid DNA from a genetically engineered silk-elastin like hydrogel. *Pharm Res*. 2002; 19(7): 954-959. doi: 10.1023/a:1016406120288
34. Arias FJ, Santos M, Ibanez-Fonseca A, Pina MJ, Serrano S. Elastin-like recombinamers as smart drug delivery systems. *Curr Drug Targets*. 2018; 19(4): 360-379. doi: 10.2174/1389450117666160201114617
35. Khalili S, Khorasani SN, Razav SM, Hashemibeni B, Tamayol A. Nanofibrous scaffolds with biomimetic composition for skin regeneration. *Appl Biochem Biotechnol*. 2019; 187(4): 1193-1203. doi: 10.1007/s12010-018-2871-7
36. Torre IG, Alonso M, Rodriguez-Cabello J-C. Elastin-based materials: promising candidates for cardiac tissue regeneration. *Front Bioeng Biotechnol*. 2020; 8: 657. doi: 10.3389/fbioe.2020.00657
37. Crosby CO, Zoldan J. Mimicking the physical cues of the ECM in angiogenic biomaterials. *Regen Biomater*. 2019; 6(2): 61-73. doi: 10.1093/rb/rbz003
38. Fernández-Colino A, Wolf F, Rütten S, Schmitz-Rode T, Rodríguez-Cabello JC, Jockenhoevel S, et al. Small caliber compliant vascular grafts based on elastin-like recombinamers for *in situ* tissue engineering. *Front Bioeng Biotechnol*. 2019; 7: 340. doi: 10.3389/fbioe.2019.00340
39. Bobryshev YV. Calcification of elastic fibers in human atherosclerotic plaque. *Atherosclerosis*. 2005; 180(2): 293-303. doi: 10.1016/j.atherosclerosis.2005.01.024
40. Perrotta I, Russo E, Camastra C, Filice G, Mizio GD, Colosimo F, et al. New evidence for a critical role of elastin in calcification of native heart valves: Immunohistochemical and ultrastructural study with literature review. *Histopathology*. 2011; 59(3): 504-513. doi: 10.1111/j.1365-2559.2011.03977.x
41. Grassl ED, Oegema TR, Tranquillo RT. Fibrin as an alternative biopolymer to type-I collagen for the fabrication of a media equivalent. *J Biomed Mater Res*. 2002; 60(4): 607-612. doi: 10.1002/jbm.10107
42. Heher P, Mühleder S, Mittermayr R, Redl H, Slezak P. Fibrin-based delivery strategies for acute and chronic wound healing. *Adv Drug Deliv Rev*. 2018; 129: 134-147. doi: 10.1016/j.addr.2017.12.007
43. Gülşen A. Endoscopic lung volume reduction with autologous blood: What is the evidence? *Turk Thorac J*. 2021; 22(1): 67-74. doi: 10.5152/TurkThoracJ.2020.19118
44. Yu Z, Li H, Xia P, Kong W, Chang Y, Fu C, et al. Application of fibrin-based hydrogels for nerve protection and regeneration after spinal cord injury. *J Biol Eng*. 2020; 14: 22. doi: 10.1186/s13036-020-00244-3
45. Chrobak MO, Hansen KJ, Gershlak JR, Vratanos M, Kanelias M, Gaudette GR, et al. Design of a fibrin microthread-based composite layer for use in a cardiac patch. *ACS Biomater Sci Eng*. 2017; 3(7): 1394-1403. doi: 10.1021/acsbiomaterials.6b00547
46. Boran G, Regenstien JM. Fish gelatin. *Adv Food Nutr Res*. 2010; 60: 119-143. doi: 10.1016/S1043-4526(10)60005-8
47. Xiao J, Ma Y, Wang W, Zhang K, Tian X, Zhao K, et al. Incorporation of gelatin improves toughness of collagen films with a homo-hierarchical structure. *Food Chem*. 2021; 345: 128802. doi: 10.1016/j.foodchem.2020.128802
48. Choi YH, Kim S-H, Kim I-S, Kim KM, Kwon SK, Hwang NS. Gelatin-based micro-hydrogel carrying genetically engineered human endothelial cells for neovascularization. *Acta Biomater*. 2019; 95: 285-296. doi: 10.1016/j.actbio.2019.01.057
49. Satapathy MK, Manga YB, Ostrikov KK, Chiang W-H, Pandey A, Lekha R, et al. Microplasma cross-linked graphene oxide-gelatin hydrogel for cartilage reconstructive surgery. *ACS Appl Mater Interfaces*. 2020; 12(1): 86-95. doi: 10.1021/acsami.9b14073
50. Hsieh C-T, Hsu S-H. Double-network polyurethane-gelatin hydrogel with tunable modulus for high-resolution 3D bioprinting. *ACS Appl Mater Interfaces*. 2019; 11(36): 32746-32757. doi: 10.1021/acsami.9b10784
51. Ashe S, Behera S, Dash P, Nayak D, Nayak B. Gelatin carageenan sericin hydrogel composites improves cell viability of cryopreserved SaOS-2 cells. *Int J Biol Macromol*. 2020; 154: 606-620. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2020.03.039
52. Adukauskienė D, Mazeikiene S, Veikutiene A, Rimaitis K. Infusion solutions of gelatin derivate. *Medicina (Kaunas)*. 2009; 45(1): 77-84.
53. Morshedloo F, Khoshfetrat AB, Kazemi D, Ahmadian M. Gelatin improves peroxidase-mediated alginate hydrogel characteristics as a potential injectable hydrogel for soft tissue engineering applications. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2020; 108(7): 2950-2960. doi: 10.1002/jbm.b.34625
54. Kundu B, Rajkhowa R, Kundu SC, Wang X. Silk fibroin biomaterials for tissue regenerations. *Adv Drug Deliv Rev*. 2013; 65(4): 457-470. doi: 10.1016/j.addr.2012.09.043
55. Han F, Liu S, Liu X, Pei Y, Bai S, Zhao H, et al. Woven silk fabric-reinforced silk nanofibrous scaffolds for regenerating load-bearing soft tissues. *Acta Biomater*. 2014; 10(2): 921-930. doi: 10.1016/j.actbio.2013.09.026
56. Sultan MT, Lee OJ, Kim SH, Ju HW, Park CH. Silk fibroin in wound healing process. *Adv Exp Med Biol*. 2018; 1077: 115-126. doi: 10.1007/978-981-13-0947-2\_7
57. Wang D, Liu H, Fan Y. Silk fibroin for vascular regeneration. *Microsc Res Tech*. 2017; 80(3): 280-290. doi: 10.1002/jemt.22532
58. Vepari C, Kaplan DL. Silk as a biomaterial. *Prog Polym Sci*. 2007; 32: 991-1007. doi: 10.1016/j.progpolymsci.2007.05.013
59. Marolt D, Augst A, Freed LE, Vepari C, Fajardo R, Patel N, et al. Bone and cartilage tissue constructs grown using human bone marrow stromal cells, silk scaffolds and rotating bioreactors. *Biomaterials*. 2006; 27(6): 6138-6149. doi: 10.1016/j.biomaterials.2006.07.015
60. Liu HF, Fan HB, Wang Y, Toh SL, Goh JC. The interaction between a combined knitted silk scaffold and microporous silk sponge with human mesenchymal stem cells for ligament tissue engineering. *Biomaterials*. 2008; 29(6): 662-674. doi: 10.1016/j.biomaterials.2007.10.035
61. Megeed Z, Haider M, Li D, O'Malley Jr BW, Cappello J, Ghandehari H. *In vitro* and *in vivo* evaluation of recombinant silk-elastinlike hydrogels for cancer gene therapy. *J Control Release*. 2004; 94(2-3): 433-445. doi: 10.1016/j.jconrel.2003.10.027
62. Purama RK, Goswami P, Khan AT, Goyal A. Structural analysis and properties of dextran produced by *Leuconostoc mesenteroides* NRRL B-640. *Carbohydr Polym*. 2009; 76(1): 30-35. doi: 10.1016/j.carbpol.2008.09.018
63. Sun G, Mao JJ. Engineering dextran-based scaffolds for drug delivery and tissue repair. *Nanomedicine (Lond)*. 2012; 7(11): 1771-1784. doi: 10.2217/nnm.12.149
64. Askari M, Fisher C, Wenige FG, Bidic S, Lee WPA. Anticoagulation therapy in microsurgery: A review. *J Hand Surg*. 2006; 31(5): 836-846. doi: 10.1016/j.jhbsa.2006.02.023

65. Gombocz K, Beledi A, Alotti N, Kecskés G, Gábor V, Bogár L, et al. Influence of dextran-70 on systemic inflammatory response and myocardial ischaemia-reperfusion following cardiac operations. Randomized controlled trial. *Crit Care*. 2007; 11(4):R87. doi: 10.1186/cc6095
66. Steinbauer M, Harris AG, Messmer K. Effects of dextran on microvascular ischemia-reperfusion injury in striated muscle. *Am J Physiol*. 1997; 272(4 Pt 2): 1710-1716. doi: 10.1152/ajpheart.1997.272.4.H1710
67. Huang G, Huang H. Application of dextran as nanoscale drug carriers. *Nanomedicine*. 2018; 13(24): 3149-3158. doi: 10.2217/nnm-2018-0331
68. Sun G, Shen Y-I, Ho CC, Kusuma S, Gerecht S. Functional groups affect physical and biological properties of dextran-based hydrogels. *J Biomed Mater Res A*. 2010; 93(3): 1080-1090. doi: 10.1002/jbm.a.32604
69. Liu ZQ, Wei Z, Zhu XL, Huang GY, Xu F, Yang JH, et al. Dextran-based hydrogel formed by thiol-Michael addition reaction for 3D cell encapsulation. *Colloids Surf B Biointerfaces*. 2015; 128: 140-148. doi: 10.1016/j.colsurfb.2015.02.005
70. Muxika A, Etxabide A, Uranga J, Guerrero P, Caba K. Chitosan as a bioactive polymer: Processing, properties and applications. *Int J Biol Macromol*. 2017; 105(2): 1358-1368. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2017.07.087
71. Sapuła P, Bialik-Wąs K, Malarz K. Are natural compounds a promising alternative to synthetic cross-linking agents in the preparation of hydrogels? *Pharmaceutics*. 2023; 15(1): 253. doi: 10.3390/pharmaceutics15010253
72. Vunain E, Mishra AK, Mamba BB. Fundamentals of chitosan for biomedical applications. *Chitosan Based Biomaterials*. 2017; 1: 3-30. doi: 10.1016/b978-0-08-100230-8.00001-7
73. Zhou HY, Chen XG, Kong M, Liu CS, Cha DS, Kennedy JF. Effect of molecular weight and degree of chitosan deacetylation on the preparation and characteristics of chitosan thermosensitive hydrogel as a delivery system. *Carbohydrate Polymers*. 2008; 73(2): 265-273. doi: 10.1016/j.carbpol.2007.11.026
74. Song F, Kong Y, Shao C, Cheng Y, Lu J, Tao Y, et al. Chitosan-based multifunctional flexible hemostatic bio-hydrogel. *Acta Biomater*. 2021; 136: 170-183. doi: 10.1016/j.actbio.2021.09.056
75. Sudha PN, Rose MH. Beneficial effects of hyaluronic acid. *Adv Food Nutr Res*. 2014; 72: 137-176. doi: 10.1016/B978-0-12-800269-8.00009-9
76. Ifkovits JL, Burdick JA. Review: Photopolymerizable and degradable biomaterials for tissue engineering applications. *Tissue Eng*. 2007; 13(10): 2369-2385. doi: 10.1089/ten.2007.0093
77. Miki D, Dastgheib K, Kim T, Pfister-Serres A, Smeds KA, Inoue M, et al. A photopolymerized sealant for corneal lacerations. *Cornea*. 2002; 21(4): 393-399. doi: 10.1097/00003226-200205000-00012
78. Prata JE, Barth TA, Bencherif SA, Washburn NR. Complex fluids based on methacrylated hyaluronic acid. *Biomacromolecules*. 2010; 11(3): 769-775. doi: 10.1021/bm901373x
79. Sahoo S, Chung C, Khetan S, Burdick JA. Hydrolytically degradable hyaluronic acid hydrogels with controlled temporal structures. *Biomacromolecules*. 2008; 9(4): 1088-1092. doi: 10.1021/bm800051m
80. Pawar SN, Edgar KJ. Alginate derivatization: A review of chemistry, properties and applications. *Biomaterials*. 2012; 33(11): 3279-3305. doi: 10.1016/j.biomaterials.2012.01.007
81. Zhang M, Zhao X. Alginate hydrogel dressings for advanced wound management. *Int J Biol Macromol*. 2020; 162: 1414-1428. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2020.07.311
82. Abbasi AR, Sohail M, Minhas MU, Khaliq T, Kousar M, Khan S, et al. Bioinspired sodium alginate based thermosensitive hydrogel membranes for accelerated wound healing. *Int J Biol Macromol*. 2020; 155: 751-765. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2020.03.248
83. Nazarnezhada S, Abbaszadeh-Goudarzi G, Samadian H, Khaksari M, Ghatar JM, Khastar H, et al. Alginate hydrogel containing hydrogen sulfide as the functional wound dressing material: *In vitro* and *in vivo* study. *Int J Biol Macromol*. 2020; 164: 3323-3331. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2020.08.233
84. Batool SR, Nazeer MA, Ekin D, Sahin A, Kizilel S. Multi-functional alginate-based hydrogel with reversible crosslinking for controlled therapeutics delivery. *Int J Biol Macromol*. 2020; 150: 315-325. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2020.02.042
85. Lei X, Wu Y, Peng X, Zhao Y, Zhou X, Yu X. Research on alginate-polyacrylamide enhanced amnion hydrogel, a potential vascular substitute material. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*. 2020; 115: 111145. doi: 10.1016/j.msec.2020.111145

#### Сведения об авторах

**Дремина Наталья Николаевна** – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории клеточных технологий и регенеративной медицины, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: drema76@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2540-4525>

**Трухан Ирина Сергеевна** – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории клеточных технологий и регенеративной медицины, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: predel4@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0270-404X>

**Шурыгина Ирина Александровна** – доктор медицинских наук, профессор РАН, заместитель директора по научной работе, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: irinashurygina@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3980-050X>

#### Information about the authors

**Natalya N. Dremina** – Cand. Sc. (Biol.), Senior Research Officer at the Laboratory of Cell Technologies and Regenerative Medicine, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: drema76@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2540-4525>

**Irina S. Trukhan** – Cand. Sc. (Biol.), Senior Research Officer at the Laboratory of Cell Technologies and Regenerative Medicine, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: predel4@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0270-404X>

**Irina A. Shurygina** – Dr. Sc. (Med.), Professor of RAS, Deputy Director for Science, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: irinashurygina@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3980-050X>

Статья опубликована в рамках Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 25-летию Иркутского научного центра хирургии и травматологии.

# МИКРОБИОЛОГИЯ И ВИРУСОЛОГИЯ

## MICROBIOLOGY AND VIROLOGY

### АНТИМИКРОБНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ЙОДСОДЕРЖАЩИХ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

Невежина А.В.,  
Фадеева Т.В.

ФГБНУ «Иркутский научный центр  
хирургии и травматологии» (664003,  
г. Иркутск, ул. Борцов Революции, 1,  
Россия)

Автор, ответственный за переписку:  
**Невежина Анна Владимировна**,  
e-mail: n4nnna@yandex.ru

#### РЕЗЮМЕ

Несмотря на поиски и разработку новых антимикробных препаратов с антибиотическими или антисептическими свойствами, распространение полирезистентных штаммов микроорганизмов по-прежнему остаётся серьёзной проблемой в лечении и профилактике инфекционных заболеваний (раневые, послеоперационные и ожоговые инфекции, предоперационная обработка операционного и инъекционного поля пациента, гигиеническая обработка рук хирургов, медицинского персонала и т. д.). Настоящий обзор современных отечественных и зарубежных литературных источников посвящён анализу данных о перспективах применения веществ и материалов с йодом и йодидами в качестве антимикробных агентов. В современных условиях возрастающее количество научных работ посвящены изучению и разработке различных препаратов, обладающих характеристиками, специфичными для их применения. Антимикробные соединения с йодом могут быть применены к широкому спектру материалов, таких как текстиль, пластик, металлы, керамика, что позволяет этим материалам быть устойчивыми к микробному росту и росту биоплёнок. Обобщены литературные данные по высокой антимикробной активности йода как в нейтральных носителях, так и в синергии с уже обладающими подобными свойствами веществами. Такие комплексные препараты в значительной мере теряют токсичность, действуя пролонгировано с сохранением своих свойств. Основные механизмы противомикробного воздействия йода и соединений с йодом предопределяет их сильная окислительная способность. Обращено внимание на спектр активности препаратов йода. Наряду с антимикробным эффектом, они могут способствовать процессам регенерации. В целом инновационные препараты с йодом с антибактериальными и фунгицидными свойствами перспективны для медицинских и других целей.

**Ключевые слова:** йод, препараты йода, практическое использование, антимикробная активность, условно-патогенные микроорганизмы

Статья поступила: 02.06.2023  
Статья принята: 19.10.2023  
Статья опубликована: 05.12.2023

**Для цитирования:** Невежина А.В., Фадеева Т.В. Антимикробный потенциал йодсодержащих веществ и материалов. *Acta biomedica scientifica*. 2023; 8(5): 36-49. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.4

## ANTIMICROBIAL POTENTIAL OF IODINE-CONTAINING SUBSTANCES AND MATERIALS

**Nevezhina A.V.,  
Fadeeva T.V.**

Irkutsk Scientific Centre of Surgery  
and Traumatology (Bortsov  
Revolutsii str. 1, Irkutsk 664003,  
Russian Federation)

Corresponding author:  
**Anna V. Nevezhina,**  
e-mail: n4nnna@yandex.ru

### ABSTRACT

*Despite the search and development of new antimicrobial drugs with antibiotic or antiseptic properties, the spread of multidrug-resistant strains of microorganisms remains a serious problem in the treatment and prevention of infectious diseases (wound, postoperative and burn infections, preoperative preparation of the surgical and injection fields, hygienic disinfection of the hands of surgeons, medical personnel, etc.). This review of modern domestic and foreign literature sources is devoted to the analysis of data on the prospects of using antiseptics with iodine and iodides as antimicrobial agents. In modern conditions, there is an increasing number of scientific works devoted to the study and development of various drugs, distinguished by their diversity and their specific application. Antimicrobial iodine-containing compounds can be applied to a wide range of materials such as textile, plastics, metals, ceramics to make them resistant to microbial and biofilm growth. The article summarized the literature data on the high antimicrobial activity of iodine both in neutral carriers and in synergy with substances already possessing similar properties. Such complex preparations lose their toxicity to a large extent, having prolonged action with the preservation of their properties. The main mechanisms of antimicrobial action of iodine and iodine compounds are determined by their strong oxidizing ability. Attention is drawn to the spectrum of activity of iodine preparations. Along with the antimicrobial effect, they can promote regeneration processes. In general, innovative iodine preparations with antibacterial and fungicidal properties are promising for medical and other purposes.*

**Key words:** iodine, iodine preparations, practical use, antimicrobial activity, opportunistic microorganisms

Received: 02.06.2023  
Accepted: 19.10.2023  
Published: 05.12.2023

**For citation:** Nevezhina A.V., Fadeeva T.V. Antimicrobial potential of iodine-containing substances and materials. *Acta biomedica scientifica*. 2023; 8(5): 36-49. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.4

## ВВЕДЕНИЕ

Лечение заболеваний, причиной которых являются инфекции, в настоящее время осложняется разнообразием штаммов и возникновением устойчивости микробов к препаратам, таким как антисептики и антибиотики [1]. Так, например, некоторые микроорганизмы демонстрировали снижение чувствительности к хлоргексидину, триклозану, надуксусной кислоте, бензалкония хлориду, мупироцину, тетрациклину и др. [2–4]. В настоящее время рост устойчивости к противомикробным препаратам привёл к уменьшению числа вариантов лечения для пациентов и связанному с этим увеличению заболеваемости и смертности. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), устойчивость к противомикробным препаратам представляет собой глобальную угрозу здоровью и развитию человечества, а чрезмерное использование этих препаратов является основным фактором роста числа штаммов, резистентных к лекарственным средствам [5].

Причинами снижения чувствительности и устойчивости к антисептикам и антибиотикам являются естественные адаптивные механизмы, регулируемые хромосомной ДНК, а также внехромосомными элементами (плазмиды, транспозоны и др.), способными перемещаться внутри генома в пределах одной клетки или передаваться другим членам сообщества посредством горизонтального переноса гена. Существуют фенотипические и генетические механизмы устойчивости к противомикробным препаратам, при этом основными считаются ограничение транспорта лекарственного средства через клеточную стенку, модификация лекарственной мишени, дезактивация лекарственного средства и активное выведение лекарственного вещества системами оттока, а также образование биоплёнок [6].

Считается, что около 80 % хронических и рецидивирующих бактериальных инфекций в организме человека связаны с формированием инфекционными агентами биоплёночных структур [7]. Биоплёнки представляют собой микробные клетки в продуцируемом ими внеклеточном матриксе, состоящем из полисахаридов, внеклеточной ДНК и других компонентов. В сравнении с планктонными клетками, клетки в биоплёнке гораздо менее чувствительны к противомикробным препаратам, и это становится основной причиной неэффективного лечения. Развитие новых технологий в медицине приводит к расширению спектра создания и применения различных материалов, в том числе с противомикробными свойствами, антимикробных средств бактерицидного и бактериостатического действия местного и системного применения. В настоящее время среди современных антисептических агентов, являющихся неотъемлемой частью медицины, важное место занимают препараты йода.

Известно, что йод обладает антимикробной активностью в отношении широкого числа штаммов микроорганизмов. Благодаря распространённости в природе, выполнению разнообразных функций внутри большинства живых организмов, относительно низкой себестоимости

и экологической безопасности йод обладает высоким потенциалом для применения в качестве антимикробного агента. Микробная устойчивость к йоду до настоящего времени не выявлена. Так, недавно на примере *Staphylococcus aureus* было показано, что даже субингибирующие концентрации повидон-йода не приводят к появлению устойчивых к йоду штаммов бактерий [8]. Это обусловлено большим разнообразием мишеней микробных клеток, повреждающихся йодом. Было выявлено, что при концентрациях от 6 до 13 ppm доступного йода время эффективной дезинфекции популяций бактериальных клеток составляло от 3 до 15 с, хотя споры оказались более устойчивыми к йоду по сравнению с вегетативными клетками [9]. Однако элементный йод обладает токсичностью и летучестью, а также может разрушаться под действием ультрафиолетовых лучей, и это затрудняет его применение. К тому же, так как йод – активный окислитель, при контакте *in vivo* с тканями внутренней среды возможна его частичная инактивация белками. Поэтому до сих пор ведутся разработки безопасных материалов и препаратов, содержащих соединения йода, обладающих определёнными характеристиками, способствующими применению йода вне зависимости от окружающих факторов. Возможность получения стабильных форм с йодом расширяет его применение в качестве антисептика в различных сферах, включая медицину, ветеринарию, пищевую промышленность.

На основании вышеизложенного **целью** обзора является обоснование эффективности йода, соединений йода и йодсодержащих комплексов в отношении возбудителей инфекций и составление характеристики их антимикробной активности.

## ХАРАКТЕРИСТИКА ЙОДА

Йод наряду с хлором является галогеном, часто используемым для уничтожения микроорганизмов. Название происходит от греческого «*iodes*», что означает «фиолетовый». Йод широко, но в очень разных концентрациях распространён в природе. В основном он встречается в морской среде. Известно, что в природе йод участвует в метаболизме некоторых микроорганизмов. Бактерии могут окислять и метилировать йодид и, кроме того, накапливать йод [10]. В биологии человека йод регулирует обмен веществ, влияет на иммунную и антиоксидантную системы [11].

Галогены являются сильными окислителями, поскольку у них семь электронов на внешней оболочке; в качестве окислителей галогены принимают электрон, превращаясь в ион галогенида. Антимикробная эффективность галогенов основана как на их окислительной способности, так и на реакциях замещения. Однако галогены различаются по своему окислительному потенциалу и дезинфицирующей способности. Так, галоген с самой сильной окислительной способностью – это фтор, за ним следуют хлор, бром и йод [12]. Но среди этих галогенов йод является более стабильным элементом в окружающей среде.

Йод плохо растворим в воде; сообщается, что биологическое воздействие этого галогена связано с его относительной гидрофобностью [13]. Также сообщается, что йод липофилен, и это способствует его диффузии через клеточную мембрану микроорганизмов [14]. Водорастворимость йода может быть увеличена в присутствии иодид-ионов, где происходит образование полийодидов; для этого чаще всего в раствор добавляют калия йодид [15]. Хотя йод гораздо лучше растворим в спиртах, эти растворители слишком быстро проникают в ткани, вызывая избыток йода, что в свою очередь приводит к раздражению и другим нежелательным побочным эффектам [16]. Существует ряд исследований цитотоксичности йода и его комплексов на фибробласты, кератиноциты и другие клеточные линии [17].

Существуют данные о том, что соединения, содержащие хлор и йод, одинаково эффективны в уничтожении вегетативных клеток, но соединения хлора более эффективны в инактивации спор [9].

Во многих исследованиях неоднократно подтверждалось, что элементарный йод  $I_2$  является наиболее мощным противомикробным средством по сравнению с другими формами йода. За ним следуют гипойодистая кислота (HIO) [18] и катион йода  $H_2OI^+$ ; другие же формы растворённого в воде йода не обладают бактерицидной активностью [19].

## МЕХАНИЗМЫ АНТИМИКРОБНОЙ АКТИВНОСТИ ЙОДА

Будучи небольшой молекулой, йод может проникать через клеточную стенку микроорганизмов и реагировать с различными клеточными компонентами, такими как белки, нуклеиновые кислоты и липиды. Это приводит к денатурации белков, окислению нуклеиновых кислот и разрушению клеточных мембран, что в конечном итоге приводит к гибели клеток. Основными мишенями являются ароматические углеводороды, серосодержащие аминокислоты (цистеин, метионин) и ненасыщенные жирные кислоты [20]. Денатурация белков осуществляется путём окисления SH-групп в цистеине и метионине, а также предотвращается образование водородных связей между аминокислотными группами аргинина и гистидина и фенольными группами тирозина. Йод способен связываться с жирными кислотами по углерод-углеродным связям и с некоторыми нуклеотидами (аденин, цитозин и гуанин), изменяя таким образом структуру нуклеиновых кислот, вызывая разрывы цепей ДНК и мутации в генетическом материале [21]. Йод также способен ингибировать активность ферментов, участвующих в метаболических путях микробов. Эукариоты используют реакционную способность некоторых видов йода для противодействия инфекциям. У млекопитающих антимикробные формы йода могут вырабатываться в качестве побочных продуктов пероксидаз [11]. Это вызывает окислительный стресс и в конечном итоге приводит к гибели микробных клеток. В целом противомикробный механизм йода включает несколько неспецифиче-

ских путей, нацеленных на различные компоненты микробных клеток, что делает его эффективным и универсальным противомикробным средством.

## СПЕКТР АКТИВНОСТИ ПРЕПАРАТОВ ЙОДА

Из-за своих окислительных свойств йод является одним из немногих противомикробных препаратов, которые эффективны против бактерий, вирусов, грибов и простейших. Виды *Candida* являются устойчивыми ко многим противогрибковым агентам. Они способны продуцировать биоплёнку, что является важным фактором патогенеза кандидозных инфекций [22]. Было показано, что йод обладает сильной противогрибковой активностью против видов *Candida*, включая *Candida albicans*, а также ингибирует рост и образование их биоплёнок. Известно, что препараты йода вызывают в клетках *Candida* окислительный стресс. Однако существуют штаммы, которые менее подвержены окислительному стрессу. Так, в исследовании S. Cuellar-Rufino и соавт. среди штаммов *Candida glabrata* выявили мутантные штаммы, продуцирующие каталазу и супероксиддисмутазы 1 и 2, которые оказались более устойчивы к йоду [23]. Препараты йода также обладают фунгицидной активностью против других родов, в том числе *Aspergillus* [24].

Считается, что чем толще слой пептидогликана, тем более устойчивы бактерии к поверхностно-активным противомикробным препаратам [25]. По-видимому, препараты йода по-разному действуют на клеточную мембрану грамположительных и грамотрицательных бактерий за счёт особенностей их строения. Грамположительные бактерии лишены внешней мембраны, но это компенсируется построением более толстой клеточной стенки с пептидогликаном [25]. Пептидогликан состоит из полимеризованных гликанов, которые образуют линейные цепочки, сшитые короткими пептидами. Эти нити гликанов состоят из остатков  $\beta$ -1,4-связанного N-ацетилглюкозамина, чередующихся с остатками N-ацетилмураминовой кислоты [26]. Так как йод является высокореактивным окислителем, вероятно, он способен разрушать химические связи в пептидогликановом слое. Грамотрицательные бактерии в целом лучше защищены, поскольку их внешняя мембрана, выступающая в качестве барьера проницаемости для различных веществ, вероятно, может делать и проникновение йода менее эффективным [27]. Важным моментом является инактивация йодом насосов оттока, поскольку многие штаммы с множественной лекарственной устойчивостью имеют насосы для выведения токсичных соединений из периплазмы и цитоплазмы [28]. Йод может способствовать выработке активных форм кислорода [29], а в исследовании воздействия синглетного кислорода на грамположительные и грамотрицательные штаммы бактерий было выявлено, что грамотрицательный штамм *Escherichia coli* был менее чувствителен к окислительному стрессу за счёт внешней мембраны по сравнению с грамположительным штаммом *Enterococcus faecium* [30].

## АНТИСЕПТИЧЕСКИЕ ПРЕПАРАТЫ И МАТЕРИАЛЫ С ЙОДОМ

С момента обнаружения антисептических свойств йода было разработано множество различных по составу препаратов с йодом в качестве действующего вещества. И.В. Попов и соавт. разделяют историю создания этих антисептиков на два этапа: до середины XX века – простые; после середины XX века – сложные по составу йодсодержащие антисептики [31]. В своём обзоре авторы подчёркивают, что для применения в практике в настоящее время доступны и йодофоры, и йодсодержащие антисептики на основе ферментных систем, и их модификации.

Существующие препараты и средства с йодом разнообразны по форме, включая спиртовой 5%-й раствор йода, йодированные растворы, йодированные плёнки и повязки, мази и кремы, содержащие йод, а также по свойствам и областям применения (медицина, ветеринария, экология, пищевая промышленность). Распространённые комбинации с йодом, которые могут присутствовать в антисептиках, включают йод и спирт, водный раствор йода, йод и поливинилпирролидон, йод и поливиниловый спирт, йод и формальдегид, и др. Каждый из имеющихся на современном рынке антисептиков на основе йода имеет свои особенности и рекомендации по применению.

Антисептические препараты на основе молекулярного йода называют йодофорами. Они применяются при профилактике и в лечении инфекционных осложнений в медицине и ветеринарии. Наиболее распространённым из них уже более шестидесяти лет является повидон-йод. Этот йодофор остаётся высокоэффективным средством для лечения острых и хронических ран благодаря своему быстрому, мощному противомикробному действию как на планктонные клетки, так и на биоплёнки [32]. Свободный йод медленно высвобождается из комплекса, благодаря чему осуществляется постепенное высвобождение небольшого количества йода, которое не токсично для клеток тканей. Формы препаратов повидон-йода разнообразны, в различных концентрациях – от 9 % до 12 % – он встречается в виде раствора, спрея, мази и др. [19]. Сравнение 5%-го раствора повидон-йода с 1%-м *in vitro* показало большую результативность при более низкой концентрации [33]. Нативный повидон-йод является гидрофильным, имеет pH около 4,0 и может обладать раздражающим действием [33, 34]. Его антибактериальная активность наблюдается в диапазоне pH 2,5–7,0 [21]. По сравнению со многими другими антисептиками он имеет низкую цитотоксичность [35]. Однако существуют данные о том, что повидон-йод может оказывать цитотоксическое действие на клетки тканей человека и животных, негативно влияя на заживление ран в доклинических испытаниях, особенно на ранних стадиях [17]; также сообщается о повышении риска сенсibilизации [36]. Поэтому актуален поиск новых йодофоров, о чём говорит анализ литературы за последние годы.

Помимо повидон-йода, существуют множество соединений с йодом. Комплексообразование может способ-

ствовать контролируемому высвобождению (полимеры могут быть разработаны для медленного и стабильного высвобождения йода, что обеспечивает устойчивое противомикробное воздействие без цитотоксического эффекта), повышенной стабильности (так как йод может быть нестабильным и легко разлагаться, но при инкапсулировании в матрицу он может быть защищён от разложения и сохранять свою антимикробную активность в течение длительных периодов времени), улучшенной адгезии (способность адгезироваться на поверхностях, как кожа или водоочистный фильтр), снижению токсичности (за счёт сведения к минимуму контакта больших концентраций с клетками и тканями человека). Эти комплексы содержат в себе молекулярный йод, йодид-ионы, полимерные вещества. Зачастую комплексы с йодом создают гидрофобными, потому что они легче взаимодействуют с мембраной бактерий, состоящей из двойного липидного слоя. Также гидрофобный материал лучше адсорбирует белки, чем гидрофильный [37]. Немаловажным параметром для препарата является его поверхностный потенциал (дзета-потенциал), поскольку он влияет на способность прикрепляться к другим поверхностям, а также к клеткам.

Полимеры-носители йода могут быть природного (хитозан, хитин, альбумин, крахмал, гликоген, шёлк и др.) и синтетического происхождения (поливиниловый спирт, поливинилпирролидон, полиамиды и др.) [15]. Отдельным рядом стоят бинарные соединения йода с металлами, взаимно усиливающие бактерицидные свойства друг друга. Антибактериальная и фунгицидная активность некоторых веществ и материалов с йодом приведены в таблице 1.

Недавно были получены катионные акрилатные сополивидон-йодные наночастицы (CACPVI) [38]. Обладая положительным зарядом на своей поверхности, CACPVI проявили отличное антибактериальное воздействие на *E. coli*, поскольку молекулярный слой фосфолипидов на клеточной мембране грамотрицательных бактерий заряжен отрицательно, и немного в большей концентрации ингибировали *S. aureus*. Этот антибактериальный полимерный материал обладает долговременным действием и способен найти применение в создании покрытий, красителей и чернил для минимизации бактериальной инфекции.

Было показано, что йодофор на основе противомикробных резиновых нанокapsул транс-полиизопрена (TPI) не только обладает противомикробным действием, но и способствует заживлению ран [17]. Данный йодофор обладал свойствами амфифильности и биосовместимости, а также способностью стимулировать клеточную пролиферацию. В исследовании йодофор сравнивался с клиническим препаратом повидон-йода и продемонстрировал лучшую антибактериальную активность на *E. coli*.

Z. Edis et al. получили трийодидный комплекс  $[Na(12\text{-crown-4})_2]_3 I_3$  [14]. Трийодидный комплекс оказался бактерицидным средством широкого спектра действия против эталонных и клинических изолятов грамположительных (*Streptococcus pneumoniae*, *S. aureus*, *Enterococcus*

**ТАБЛИЦА 1**  
**ЙОДСОДЕРЖАЩИЕ ВЕЩЕСТВА И МАТЕРИАЛЫ**  
**И ИХ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЙ И ФУНГИЦИДНЫЙ**  
**ЭФФЕКТЫ**

**TABLE 1**  
**IODINE-CONTAINING SUBSTANCES AND MATERIALS**  
**AND THEIR ANTIBACTERIAL AND FUNGICIDAL EFFECTS**

Наименования веществ и материалов с йодом/йодидами	Исследуемая форма	Штаммы	Антибактериальный и фунгицидный эффекты	Ссылка
Катионные акрилатные сополивидон-йодные наночастицы (CACPVI)	Наночастицы размером около 200 нм	<i>E. coli</i> , <i>S. aureus</i>	Полностью ингибировал рост <i>E. coli</i> в концентрации 20,00 мкг × мл <sup>-1</sup> . Ингибировал рост <i>S. aureus</i> в концентрации 40,00 мкг × мл <sup>-1</sup> .	[38]
Каучуковые нанокапсулы транс-полиизопрена, легированные йодом в течение 9 ч (TPI NPs-I <sub>2</sub> -9h) и 24 ч (TPI NPs-I <sub>2</sub> -24h)	Сферические наночастицы каучука со средним диаметром ≈ 120 нм	<i>E. coli</i>	Концентрация йодида: TPI NPs-I <sub>2</sub> -9h – 1,5 мас. %; TPI NPs-I <sub>2</sub> -24h – 2,5 мас. %. МИК: TPI NPs-I <sub>2</sub> -9h – 2,5 мкг/мл; TPI NPs-I <sub>2</sub> -24h – 1,25 мкг/мл.	[17]
Трийодидный комплекс [Na (12-crown-4) <sub>2</sub> ] <sub>3</sub>	Липофильный комплекс в форме триклинных кристаллов	Эталонные и клинические штаммы видов <i>S. pneumoniae</i> , <i>S. aureus</i> , <i>S. pyogenes</i> , <i>E. faecalis</i> , <i>B. subtilis</i> , <i>P. aeruginosa</i> , <i>E. coli</i> , <i>K. pneumoniae</i> , <i>C. albicans</i>	Комплекс в концентрации 13,3 мг/мл показал ZOI: <i>S. aureus</i> – 43 мм, <i>S. pyogenes</i> – 34 мм, <i>E. faecalis</i> – 39 мм, <i>S. pneumoniae</i> – 28 мм. ZOI для <i>B. subtilis</i> – 15 мм. При концентрации 10 мг/мл ZOI составляла: <i>E. coli</i> – 23 мм, <i>P. aeruginosa</i> – 20 мм, <i>K. pneumoniae</i> – 15 мм. ZOI клинического образца <i>C. albicans</i> – 50 мм при концентрации 13,3 мг/мл. ZOI <i>C. albicans</i> WDCM 00054 – 40 мм при концентрации 10 мг/мл.	[14]
Йод-тиоцианатный комплекс (ITC) (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> / KI / KSCN)	Раствор H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /KI/KSCN в соотношении 1:1:1 с 1%-й конечной концентрацией компонентов	<i>E. coli</i> ATCC 25922, <i>P. aeruginosa</i> NCIMB 10421, <i>S. aureus</i> DSM 15676, <i>S. aureus</i> BH1CC	МИК/МБК (мкг × мл <sup>-1</sup> ): <i>E. coli</i> – 15,6/15,6; <i>P. aeruginosa</i> – 31,3/31,3; <i>S. aureus</i> – 7,8/7,8; <i>S. aureus</i> – 15,6/15,6	[39]
Гемостатические макропористые полимерные пены из полиэтиленгликоля, обогащённые йодом в виде трийодидов	Полимерная пена с макропористой структурой	<i>E. coli</i> ATCC 35695, <i>S. aureus</i> ATCC 11987, <i>K. pneumoniae</i> ATCC 13883, <i>P. aeruginosa</i> ATCC 27853	ZOI для <i>E. coli</i> составила 14 ± 1 и 22 ± 2,7 мм; для <i>K. pneumoniae</i> – 9,2 ± 0,3 и 19,33 ± 3,2 мм; для <i>S. aureus</i> – 12,8 ± 0,3 и 27,8 ± 2,5 мм с KFoam-0,1 и KFoam-1,0 соответственно; для <i>P. aeruginosa</i> – 14,7 ± 2,1 с KFoam-1,0.	[40]

**Примечание.** CACPVI – катионные акрилатные сополивидон-йодные наночастицы; TPI – транс-полиизопрен; МИК – минимальная ингибирующая концентрация; [Na(12-crown-4)<sub>2</sub>]<sub>3</sub> – сэндвич-комплекс из двух молекул 12-crown-4, окружающих один ион натрия; ZOI – зона ингибирования; ИТС – йод-тиоцианатный комплекс; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/KSCN – пероксид водорода в комбинации с тиоцианатом калия; МБК – минимальная бактерицидная концентрация; KFoam-0,1, KFoam-1,0 – образцы полимерной пены с каолином, пропитанные растворами йода в этаноле в 0,1%-м и 1,0%-м массовом соотношении соответственно.

*faecalis*, *Streptococcus pyogenes*, *Bacillus subtilis*), грамотрицательных бактерий (*Proteus mirabilis*, *Klebsiella pneumoniae*, *E. coli*, *Pseudomonas aeruginosa*) и *C. albicans*. Хотя размер и молекулярная масса препятствуют прохождению этого соединения через мембрану бактериальной клетки, [Na(12-crown-4)<sub>2</sub>]<sub>3</sub> притягивается к ней через электростатические взаимодействия. Это соединение гидрофобно и липофильно, что, предположительно, усиливало антимикробную активность. Однако сильная галогенная связь между ионами трийодида препятствовала высвобождению свободного молекулярного йода. С другой стороны, благодаря этому явлению, со-

единение [Na(12-crown-4)<sub>2</sub>]<sub>3</sub> остаётся стабильным в течение длительного времени.

L. Tonoyan et al. сообщили о синтезе биоцидного комплекса, который образуется в результате реакции между ионно-окисляемыми солями йодидом и тиоцианатом в присутствии перекиси водорода в качестве источника окисления [39]. Йод-тиоцианатный комплекс (ITC) способен включать в себя большее количество молекулярного йода, чем повидон-йод. К ИТС была протестирована чувствительность штаммов *E. coli* ATCC 25922, *P. aeruginosa* NCIMB 10421, *S. aureus* DSM 15676 и *S. aureus* MRSA BH1CC, их моновидовых биоплёнок, а также двухвидовой био-

плёнки штаммов *S. aureus* DSM 15676 и *Streptococcus uberis*. ИТС проявил антимикробную активность по отношению ко всем тестируемым штаммам и биоплёнкам. Минимальные бактерицидные концентрации и минимальные концентрации для уничтожения биоплёнки находились в диапазоне 7,8–31,3 и 31,3–250 мкг × мл<sup>-1</sup> соответственно. В отношении биоплёнки *P. aeruginosa* ИТС был оценен авторами как наименее эффективный, поскольку для полного уничтожения было недостаточно концентрации 125 мкг × мл<sup>-1</sup>, однако было отмечено существенное снижение количества клеток. Минимальная концентрация эрадикации смешанной биоплёнки составила 250 мкг × мл<sup>-1</sup>. Данный комплекс может найти применение в качестве противомикробного средства и для дезинфекции поверхностей. Необходимы дальнейшие исследования биосовместимости.

Гемостатические макропористые полимерные пены, разработанные J.G. Lundin и соавт., оказались способны к плавному продолжительному высвобождению йода за счёт высокой нагрузки йодом, тогда как низкая нагрузка приводила к его резкому высвобождению [40]. Содержащийся в комплексе каолин служил гемостатиком и влиял на содержание йода и скорость его высвобождения. В комплексе с йодом эти полимеры активны против *E. coli*, *K. pneumoniae*, *P. aeruginosa* и *S. aureus*. Эта разработка может быть применена в качестве перевязочного материала для ран.

Оценка антимикробной активности полиазолидинаммония, модифицированного гидрат-ионами йода (ПААГ-М) показала антибиоплёночную активность в отношении типового штамма *E. coli* ATCC 25922 и клинического *E. coli* FimH [41]. Более высокая чувствительность наблюдалась у *E. coli*, несущей ген вирулентности *FimH*. Ранее комплекс оценивали в отношении референс-штаммов и клинических изолятов бактерий, микроскопических грибов, а также РНК-содержащих вирусов [42]. Установлено, что препарат обладает эффективным бактерицидным действием в отношении штаммов грамположительных (*S. aureus* 209P, *Bacillus cereus* 8035) и грамотрицательных бактерий (*E. coli* 113 – 13, *P. aeruginosa* ATCC 27853), причём грамположительные бактерии оказались более чувствительными к данному комплексу [43]. Эти результаты позволяют рекомендовать ПААГ-М для использования обработки изделий медицинского назначения с целью предотвращения инфекций, в том числе связанных с присутствием микробных биоплёнок.

Ещё в прошлом веке K.G. Kristinsson и соавт. предположили, что комплекс йода с биологически активной полимерной матрицей, например, с хитозаном, обладает лучшей биосовместимостью с кожными тканями человека по сравнению с аддуктами йода с синтетическими полимерами [44]. Некоторые йодсодержащие вещества и материалы на основе органических полимеров представлены в таблице 2. Однако нативная мембрана из хитозана показала ряд проблем, таких как низкая пористость, слабая механическая прочность и неустойчивость в течение длительного времени, а также низкая гидрофильность [45].

Y. Tang и соавт. успешно получили стабильный йодистый комплекс с хитозаном (CTS) [46]. Результаты йодирования показали, что комплекс CTS – CTS – I<sub>2</sub> проявил сильную антибактериальную активность в отношении двух бактерий – *E. coli* и *S. aureus*. Результаты показали, что комплекс может иметь потенциальное применение в биомедицинских областях, таких как доставка лекарств и перевязка ран.

Недавно была проведена обработка хитозаном волокнутого материала полиакрилонитрила, модифицированного гидроксилламинном и йодом (ПАН-ГА-I<sub>2</sub>) для улучшения физико-механических свойств и водопоглощающей способности этих материалов. Это привело к увеличению прочности и повышению гидрофильности материала [47].

R. Sharma и соавт. была изготовлена и оценена на антибактериальные свойства нанокompозитная плёнка, состоящая из поликремниевой кислоты, геллана и йода [48]. Геллановая камедь представляет собой внеклеточный линейный анионный гетерополисахарид, получаемый путём ферментации микроорганизмом *Sphingomonas paucimobilis*. Такой носитель представляет собой интерес, так как является биосовместимым, биоразлагаемым и мукоадгезивным по своей природе. Этот комплекс проявил антибактериальную активность в большей степени для *S. aureus*, чем для *E. coli*. Предполагается, что в будущем он получит применение в фармацевтике. Для дальнейшего изучения их превращения в подходящую лекарственную форму ожидаются исследования на моделях *in vivo*.

С.Г. Шарипова и соавт. исследовали возможность стабилизации комплекса йода с хитозаном с помощью добавления в него геллановой камеди. Поскольку константа устойчивости возросла на порядок, авторы пришли к заключению, что присутствие в системе геллановой камеди способствует стабилизации комплекса [49].

Оксид графена давно зарекомендовал себя в качестве носителя антибактериальных агентов. Он представляет собой сверхбольшую органическую молекулу, содержащую двумерную углеродную сетку. Частицы оксида графена обладают высокой гидрофильностью. Они образуют стабильные водные дисперсии в широком диапазоне концентраций, а также стабильные дисперсии в ряде органических растворителей. Тонкие плёнки оксида графена обладают высокой оптической прозрачностью [50]. Новый нанокompозит на основе восстановленного крахмалом оксида графена с полийодидом проявил одинаково хорошее бактерицидное влияние в отношении патогенных грамотрицательной *E. coli* и грамположительной *S. aureus* бактерий [51]. Этот наноматериал может быть использован для упаковки пищевых продуктов.

Исследовано влияние многостенных углеродных нанотрубок (МУНТ), функционализированных йодом (15, 10 и 5 мас. %), на вид *E. coli* и опухолевые клетки аденокарциномы молочной железы MCF-7. При модификации 15 и 10 мас. % йода МУНТ приобрели значительную противомикробную активность, и выживаемость *E. coli* при концентрациях 0,1 и 0,01 г/л составила менее 2 %,

в то время как для МУНТ без йода показатель составил 7 и 30 % соответственно. Уменьшение количества йода до 5 % незначительно снижало биоцидный эффект. Сравнение влияния йода в составе МУНТ и чистого йода показало, что цитотоксический эффект чистого йода был намного выше, чем у МУНТ, содержащих йод в тех же количествах [52].

А.А. Зубенко и соавт. предложили в качестве носителя йода, устраняющего его токсическое воздействие, активированный уголь и изучили влияние этого комплекса в отношении видов *E. coli* и *S. aureus*. Результаты показали, что данный препарат с 14,5 % содержанием йода обладал бактериостатической активностью, сопоставимой с активностью других препаратов (Йодиол и калия йодид) [53].

В последнее время разработка пористых материалов, адсорбирующих йод, стала популярным направлением, так как они могут обеспечить как его хранение, так и последующее высвобождение. Триазины представляют собой класс гетероциклических соединений. Пористые органические полимеры на основе триазина ( $I_2@NRPOP$ ) с йодом могут быть перспективны в качестве антибактериальных средств для восстановления окружающей среды и системы доставки лекарства [54]. Эти полимеры способны обратно улавливать пары йода и адсорбировать их. Загруженные йодом полимеры проявляли хорошую антибактериальную активность против *Micrococcus luteus*, *E. coli* и *P. aeruginosa* в одинаковой степени.

Недавно был описан способ получения нанокompозита, содержащего йод в природном полимере – арабиногалактане – в концентрации 13,97 % [55]. Наиболее эффективен нанокompозит против штамма *E. coli* ATCC 25922, а наименее – против *P. aeruginosa* ATCC 27853 и БЛРС-продуцирующего тест-микроорганизма *K. pneumoniae* ATCC 700603. Оценка ингибирующего и фунгицидного действия нанокompозита показала его противогрибковую активность против *C. albicans*. Данный водорастворимый композитный материал повышенной стабильности наряду с известными галогенсодержащими соединениями, традиционно применяющимися в медицине, также имеет перспективу использования в медицинской практике и в разработке инновационных отечественных противомикробных препаратов.

В другой работе были использованы водные дисперсии йода (18 %) включённые в матрицу арабиногалактана в шести концентрациях (0,1, 0,01, 0,001, 0,0001, 0,00001 и 0,000001 г исходного вещества в 1 мл суспензии) [56]. Антимикробный эффект наночастиц изучали с использованием пяти культур *E. coli* с различными биохимическими свойствами (*E. coli* с нормальной ферментативной активностью (НФА) – 3 аутоштамма; *E. coli* со слабой ферментативной активностью (СФА) – 1 штамм; *E. coli* с гемолитической активностью – 1 штамм). При анализе чувствительности штаммов кишечной палочки к наночастицам йод-арабиногалактана антибактериальная активность наблюдалась лишь в концентрации 0,1 г исходного вещества в 1 мл суспензии в отношении всех исследуемых

штаммов и к двум штаммам *E. coli* НФА и СФА в концентрации 0,01 г/мл. Авторы предполагают, что размер наночастиц, несовместимость матрицы арабиногалактана с йодом либо резистентность исследуемых штаммов могли стать причиной низкой эффективности комплекса в данном исследовании.

Благодаря своей биологической активности и безопасности пектин может выступать в роли полимерного носителя. Изучены межмолекулярные взаимодействия йода с низкометоксигированным яблочным пектином, модифицированным фармакофорами. Были получены стабильные йодсодержащие комплексы на основе фармакофорсодержащих низкометоксигированных пектинов, обладающие антибактериальной активностью и пролонгированным высвобождением йода [57].

В.И. Костин и соавт. уменьшили токсичность йода за счёт комплексообразования с пектинами амаранта. В результате были получены комплексы йода, йода-йодида калия с пектином амаранта в соотношении 1:6 (одна молекула йода на шесть моносахаридных фрагментов). В ходе работы обнаружено, что йод с пектинами амаранта образует несколько типов стабильных комплексов. Установлено, что полученные комплексы пектина с йодом превосходят по своей эффективности по бактериостатическому действию йодиол и другие препараты йода [58].

А.Н. Sabitov и соавт. синтезировали новое противомикробное соединение в системе триптофан – йод – йодид натрия – вода. Тест на цитотоксичность на культуре клеток MDCK и определение мутагенной активности комплекса на клетках линии L5178Y подтвердили безопасность данного соединения. Комплекс проявил бактерицидную активность в отношении как чувствительных, так и мультирезистентных штаммов бактерий в диапазоне 125–250 мкг/мл. Тест был проведён на *S. aureus* ATCC 6538-P; *S. aureus* ATCC BAA-39; *E. coli* ATCC 8739; *E. coli* ATCC BAA-196; *P. aeruginosa* ATCC 9027; *P. aeruginosa* TA2. Благодаря низкой цитотоксичности и противомикробной активности этот комплекс может быть использован в качестве противомикробного вещества [59].

В последние годы расширились исследования в области антимикробной активности металлоорганических соединений. Некоторые йодсодержащие вещества и материалы на основе металлов и их антибактериальный эффект представлены в таблице 3. А.Н. Au-Duong и др. разработали обогащённый йодом цеолитный имидазолатный каркас-8 (ZIF-8), который оказался эффективным бактерицидом [60]. Результат наблюдался при pH = 6,0 в течение 3 минут, однако при pH > 7,0 не удалось обнаружить заметной антимикробной активности. Грамотрицательный штамм *E. coli*, грамположительные *Staphylococcus epidermidis* и *S. aureus* были уничтожены при концентрации 0,2 г/л. Предполагается, что это перспективное защитное соединение для покрытия поверхностей с целью предотвращения образования бактериальной биоплёнки.

Микрогранулы MOF UiO-66, содержащие инкапсулированные золотые наностержни, покрытые оболочкой из диоксида кремния ( $AuNR@SiO_2@UiO-66$ ), разра-

ТАБЛИЦА 2

**ЙОДСОДЕРЖАЩИЕ ВЕЩЕСТВА И МАТЕРИАЛЫ  
НА ОСНОВЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРОВ  
И ИХ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЙ И ФУНГИЦИДНЫЙ  
ЭФФЕКТЫ**

TABLE 2

**IODINE-CONTAINING SUBSTANCES  
AND MATERIALS BASED ON ORGANIC POLYMERS  
AND THEIR ANTIBACTERIAL AND FUNGICIDAL EFFECT**

Наименования веществ и материалов с йодом/йодидами	Исследуемая форма	Штаммы	Антибактериальный и фунгицидный эффекты	Ссылка
Нанокompозитная плёнка геллана с поликремниевой кислотой, обогащённая йодом	Плёнка толщиной 0,75 ± 0,02 мм	<i>E. coli</i> MTCC 1652, <i>S. aureus</i> MTCC 7443	ZOI – 15 ± 1 и 17,3 ± 1 мм в отношении штаммов <i>E. coli</i> и <i>S. aureus</i> соответственно.	[48]
Нанокompозит на основе оксида графена, восстановленного крахмалом, и полийодида (SRGO-PI)	Тонкие листы SRGO-PI в несколько слоёв с небольшой складчатостью	<i>E. coli</i> KCTC 2571, <i>S. aureus</i> KCTC 3881	Значения полумаксимальной ингибирующей концентрации (IC50) – 0,45 и 0,41 мг/мл для <i>E. coli</i> и <i>S. aureus</i> соответственно. МИК и МБК – 2,5 и 5 мг/мл соответственно как для <i>E. coli</i> , так и для <i>S. aureus</i> .	[51]
Пористые полимеры на основе триазина с йодом (I <sub>2</sub> @ NRPOP-1 и I <sub>2</sub> @ NRPOP-2)	Пористые полимеры NRPOP-1 и NRPOP-2 состоят из агломерированных сфер, имеющих различные размеры и разную плотность пор	<i>E. coli</i> (155065A), <i>P. aeruginosa</i> (155250A), <i>M. luteus</i> (155155A)	Значения ZOI: при контакте с NRPOP-1 для <i>E. coli</i> – 0,9 ± 0,1 мм; для <i>P. aeruginosa</i> – 1,8 ± 0,1 мм; для <i>M. luteus</i> – 2,7 ± 0,2 мм. При контакте с NRPOP-2 для <i>E. coli</i> – 0,9 ± 0,1 мм; для <i>P. aeruginosa</i> – 1,8 ± 0,1 мм; для <i>M. luteus</i> – 2,0 ± 0,1 мм.	[54]
Йодсодержащий композит арабиногалактана	Наночастицы размером от 26 до 200 нм	<i>E. coli</i> ATCC 25922, <i>K. pneumoniae</i> ATCC 700603, <i>P. aeruginosa</i> ATCC 27853, <i>S. aureus</i> ATCC 25923, <i>E. faecalis</i> ATCC 29212, <i>C. albicans</i> ATCC	Значения МИК/МБК и МФК: для <i>E. coli</i> – 0,62/1,25 мг/мл; для <i>P. aeruginosa</i> – 5/5 мг/мл; для <i>K. pneumoniae</i> – 5/5 мг/мл; для <i>S. aureus</i> – 1,25/5; для <i>E. faecalis</i> – 2,5/5 мг/мл; для <i>C. albicans</i> – 1,25/1,25 мг/мл.	[55]

**Примечание.** ZOI – зона ингибирования; SRGO-PI – нанокompозит на основе восстановленного крахмалом оксида графена с полийодидом; IC50 – полумаксимальная ингибирующая концентрация; МИК – минимальная ингибирующая концентрация; МБК – минимальная бактерицидная концентрация; NRPOP – пористый органический полимер основе триазина; МФК – минимальная фунгицидная концентрация.

ботанные X. Nan и соавт., адсорбируют и накапливают йод в очень высоких концентрациях и могут выделять его двумя способами: медленно и пассивно в низкой концентрации или – при воздействии ближним инфракрасным светом – быстро и активно в высоких концентрациях [16]. Концентрация йода в микрогранулах составила 0,9 мг(I<sub>2</sub>) × мг<sup>-1</sup>. Диаметры зон ингибирования роста были больше против *S. aureus*, чем против *E. coli*. Зоны ингибирования при облучении имели больший диаметр, чем при отсутствии облучения. В сравнении с повидон-йодом, ингибирование роста бактерий данной композитной плёнкой было выше при аналогичных концентрациях йода. Результаты показывают перспективность этого композитного материала, предназначенного для предотвращения внутрибольничных и других микробных инфекций, включая покрытия для медицинских инструментов или больничных поверхностей.

Йод может использоваться в качестве антимикробного компонента в протезных материалах. Недавно сообщалось, что титанат кальция и сплавы титаната каль-

ция были успешно загружены йодом и медленно высвобождали йод в течение 90 дней [61]. Материал с содержанием йода 8,6 % был проверен по стандарту ISO 22196 и проявил высокую антибактериальную активность в отношении *S. aureus* (MRSA), *S. aureus*, *E. coli* и *S. epidermidis*, которая сохранялась в течение нескольких месяцев. Ожидается, что йодсодержащий Ti и его сплавы будут особенно полезны для ортопедических и зубных имплантатов, однако необходимы исследования *in vivo*.

Имплантаты с йодной поддержкой показывают себя многообещающими в профилактике и лечении инфекций даже при наличии больших костных дефектов. Об этом сообщается в обзорной статье K. Ong и соавт. [62]. В ней приводятся примеры успешной демонстрации антибактериального действия Ti-имплантов с йодной поддержкой в исследовании бедренной кости кролика. При применении Ti-имплантов с йодной поддержкой наблюдалось меньше признаков инфекции *S. aureus* и *E. coli*, а также признаков воспаления. Здесь же описаны примеры эффективности Ti-имплантов с йодной поддерж-

кой при ведении пациентов с остеомиелитом позвоночника, злокачественной опухолью кости или пирогенным артритом. Во всех случаях на момент последнего наблюдения не было признаков инфекции.

Помимо полимеров, йод может образовывать противомикробные соединения с такими металлами, как серебро, медь и цинк [63–65]. Эти соединения обладают повышенной антимикробной активностью по сравнению с йодом или металлом по отдельности. Так, к примеру, было разработано комплексное соединение на основе серебра и йода. В опыте использовали тест-культуры следующих микроорганизмов: *E. coli* ATCC 25922, *Salmonella enterica* subsp. *enterica* ATCC BAA-2162, *S. pneumoniae* ATCC 49619, *S. aureus* ATCC 6538. В результате установлена антибактериальная активность комплексного соединения в 50%-й концентрации в отношении всех тестовых бактериальных культур [66].

Особенность наночастиц йодида меди, разработанных А. Pramanik и соавт., заключается в их способности

продуцировать активные формы кислорода [64]. Среди протестированных бактерий *E. coli* DH5a был более чувствителен, а *B. subtilis* – более устойчив к наночастицам CuI. Повреждение мембраны является основным механизмом бактерицидной активности этих наночастиц. Потенциально они могут быть использованы в антибактериальной терапии.

Синтезированный М. Montazeri и соавт. комплекс йодида цинка с основаниями Шиффа обладает антимикробной активностью против *E. coli* ATCC 25922, *P. aeruginosa* ATCC 9027, *S. aureus* ATCC 6538, *B. subtilis* ATCC 6633, *C. albicans* и *Aspergillus niger* [65].

В последнее время набирает популярность «зелёный» синтез, ключевым фактором которого является уменьшение токсического воздействия на окружающую среду. Для «зелёного» синтеза используют бактерии, грибы, дрожжи, водоросли или растения, которые способны за счёт своих метаболических процессов изменять свойства наночастиц. Биосинтезированные

**ТАБЛИЦА 3**  
**ЙОДСОДЕРЖАЩИЕ ВЕЩЕСТВА И МАТЕРИАЛЫ**  
**НА ОСНОВЕ МЕТАЛЛОВ И ИХ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЙ**  
**ЭФФЕКТ**

**TABLE 3**  
**IODINE-CONTAINING SUBSTANCES AND MATERIALS**  
**BASED ON METALS AND THEIR ANTIBACTERIAL EFFECT**

Наименования веществ и материалов с йодом/йодидами	Исследуемая форма	Штаммы	Антибактериальный эффект	Ссылка
Наночастицы йодида меди	Наночастицы со средним размером 8 нм	<i>B. subtilis</i> ATCC 6633, <i>S. aureus</i> ATCC 29737, <i>E. coli</i> ATCC 10536, <i>Shigella dysenteriae</i> ATCC 12039, <i>E. coli</i> DH5a (K12), <i>E. coli</i> (EC 505970)	Значения МИК/МБК: для <i>E. coli</i> DH5a – 0,066/0,083 мг/мл; для <i>E. coli</i> – 0,1/0,11 мг/мл; для <i>S. aureus</i> – 0,1/0,15 мг/мл; для <i>E. coli</i> (EC 505970) – 0,1/0,11 мг/мл; для <i>S. dysenteriae</i> – 0,1/0,11 мг/мл; для <i>B. subtilis</i> – 0,15/0,18 мг/мл.	[64]
Цеолитный имидазолатный каркас-8, обогащённый йодом (ZIF-8@I)	Наночастицы ZIF-8@I размером около 530 ± 105 нм. ZIF-8 имеет форму ромбического додекаэдра	<i>E. coli</i> , <i>S. aureus</i> , <i>K. pneumoniae</i> и <i>P. aeruginosa</i>	Исследуемые штаммы были уничтожены при концентрации 0,2 г/л и pH = 6 в течение 3 минут.	[60]
Микрогранулы MOF-композигов, пассивно выделяющие йод	Композитные микрогранулы MOF UiO-66, содержащие инкапсулированные золотые наностержни, покрытые оболочкой из диоксида кремния, легированные йодом	<i>E. coli</i> , <i>S. aureus</i>	Концентрация йода в AuNR@SiO <sub>2</sub> @UiO-66 составляла 0,9 мг(I <sub>2</sub> )×мг <sup>-1</sup> . ZOI для роста <i>S. aureus</i> – 31–33 мм; для роста <i>E. coli</i> – 24–26 мм.	[16]
Титанат кальция и сплавы титаната кальция с йодом	Нанослой, состоящий из титаната кальция и рутила, толщиной около 1 мкм с 0,7–10,5 % йода на поверхности	<i>S. aureus</i> MRSA, <i>S. aureus</i> ATCC 6538P, <i>S. epidermidis</i> ATCC 49134, <i>E. coli</i> IFO 3972	Комплексы, обогащённые 8,6% йода, проявляли антибактериальную активность (степень снижения > 99 %) против всех штаммов; снижение MRSA на 97,3 % наблюдалось после замачивания в PBS в течение 6 месяцев.	[61]

**Примечание.** МИК/МБК – минимальная ингибирующая концентрация/минимальная бактерицидная концентрация; ZIF-8@I – цеолитный имидазолатный каркас-8, обогащённый йодом; MOF UiO-66 – металлоорганический каркас (UiO – Universitetet of Oslo) на основе циркония; ZOI – зона ингибирования; MRSA – метициллин-резистентный золотистый стафилококк; PBS – фосфатно-буферный физиологический раствор.

М. Kannan и соавт. наночастицы йодида серебра проявили полную дезактивацию биоплёнки в концентрации 50 мг/мл [63]. Наночастицы со средним диаметром 21 нм ингибировали рост грамотрицательных бактерий, таких как *E. coli*, *Vibrio cholerae*, *Salmonella typhi* и *P. aeruginosa*, при концентрации наночастиц 75 мг/мл или выше. Изучение механизмов показало, что за антибактериальную активность ответственны свободные радикалы и окислительный стресс.

Силикон активно используется в медицинских целях. Поскольку микробные клетки адгезируются на поверхности силиконовых материалов и образуют биоплёнку, методы придания силиконовым материалам антимикробной активности пользуются большим спросом. Недавно был разработан метод антибактериальной обработки силиконовых мембран двухэтапным процессом погружения в растворы йода и нитрата серебра [67]. На поверхности силиконовой мембраны присутствовали частицы йодистого серебра размером от нескольких нанометров до нескольких десятков нанометров. Антибактериальная активность против *E. coli* NBRC 3301, *S. aureus* NBRC 13276 оставалась высокой даже после 10-кратной обработки кислотой (pH = 2).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Во времена расцвета антибиотикотерапии современными противомикробными препаратами йодсодержащие антисептические средства ввиду своей повышенной токсичности стали менее востребованными. Однако в связи с развившейся со временем проблемой высокой резистентности к антибиотикам подход к использованию препаратов, в которых активно действующими веществами являются йод и йодиды, был пересмотрен. Многочисленные данные свидетельствуют о том, что разработано множество различных по составу безопасных йодистых препаратов без существующих прежде недостатков, которые могут быть использованы в качестве высокоактивных антимикробных средств.

Поскольку йод эффективен и не вызывает резистентности, он идеально подходит для лечения возбудителей многих инфекций, в том числе образующих биоплёнку. Йодсодержащие соединения представляют большой интерес из-за обладания специфическими параметрами, антибактериальной и противогрибковой активности, и низкой цитотоксичностью в различных областях применения.

Рассмотренные в этом обзоре литературные данные представляют перспективность использования комплексов с йодом, способствующих профилактике и лечению инфекционных осложнений и заболеваний в обширном ряду медицинских специальностей, снижению риска передачи инфекции, предотвращению роста микроорганизмов (лечение и профилактика раневых инфекций и послеоперационных осложнений в хирургии, травматологии, стоматологии, дерматологии, ожогов в комбустиологии; профилактика суперинфицирования при нозокомиальных инфекциях, дезинфекция операцион-

ных и инъекционных полей пациентов при подготовке к оперативным вмешательствам и инвазивным исследованиям (биопсии, пункции, инъекции); гигиеническая обработка рук хирургов и медицинского персонала и др.), повышению прочности и долговечности материалов.

Также является перспективным использование комплексов йода в создании новых антимикробных препаратов и материалов, которые в будущем могут применяться для контроля микробной активности и предотвращения развития инфекций.

## Конфликт интересов

Авторы данной статьи заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Breijyeh Z, Jubeh B, Karaman R. Resistance of Gram-negative bacteria to current antibacterial agents and approaches to resolve it. *Molecules*. 2020; 25(6): 1340. doi: 10.3390/molecules25061340
2. Ardila CM, Bedoya-García JA. Bacterial resistance to antiseptics used in dentistry: A systematic scoping review of randomized clinical trials. *Int J Dent Hyg*. 2023; 21(1): 141-148. doi: 10.1111/idx.12629
3. Rozman U, Pušnik M, Kmetec S, Duh D, Šostar Turk S. Reduced susceptibility and increased resistance of bacteria against disinfectants: A systematic review. *Microorganisms*. 2021; 9(12): 2550. doi: 10.3390/microorganisms9122550
4. Sum S, Park HM, Oh JY. High-level mupirocin resistance in Gram-positive bacteria isolated from diseased companion animals. *J Vet Sci*. 2020; 21(3): 40. doi: 10.4142/jvs.2020.21.e40
5. World Health Organization. *Antimicrobial resistance*. 2021. URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance> [date of access: 15.05.2023].
6. Imran M, Jha SK, Hasan N, Insaf A, Shrestha J, Shrestha J, et al. Overcoming multidrug resistance of antibiotics via nanodelivery systems. *Pharmaceutics*. 2022; 14(3): 586. doi: 10.3390/pharmaceutics14030586
7. Sharma D, Misba L, Khan AU. Antibiotics versus biofilm: an emerging battleground in microbial communities. *Antimicrob Resist Infect Control*. 2019; 8: 76. doi: 10.1186/s13756-019-0533-3
8. Barakat NA, Rasmy SA, Hosny AEDMS, Mona T. Kashef MT. Effect of povidone-iodine and propanol-based mectronium ethyl sulphate on antimicrobial resistance and virulence in *Staphylococcus aureus*. *Antimicrob Resist Infect Control*. 2022; 11: 139. doi: 10.1186/s13756-022-01178-9
9. Odlaug TE. Antimicrobial activity of halogens. *J Food Protect*. 1981; 44(8): 608-613. doi: 10.4315/0362-028X-44.8.608
10. Amachi S. Microbial contribution to global iodine cycling: Volatilization, accumulation, reduction, oxidation, and sorption of iodine. *Microbes Environ*. 2008; 23(4): 269-276. doi: 10.1264/jsm.2008.08548
11. Espino-Vázquez AN, Rojas-Castro FC, Fajardo-Yamamoto LM. Implications and practical applications of the chemical speciation of iodine in the biological context. *Future Pharmacol*. 2022; 2(4): 377-414. doi: 10.3390/futurepharmacol2040026
12. Greenwood NN, Earnshaw A. *The halogens: Fluorine, chlorine, bromine, iodine and astatine. Chemistry of the elements*.

Butterworth-Heinemann; 1997: 789-887. doi: 10.1016/b978-0-7506-3365-9.50023-7

13. Molchanova N, Nielsen JE, Sørensen KB, Prabhala BK, Hansen PR, Lund R, et al. Halogenation as a tool to tune antimicrobial activity of peptoids. *Sci Rep*. 2020; 10(1): 14805. doi: 10.1038/s41598-020-71771-8

14. Edis Z, Haj Bloukh S, Abu Sara H, Bhakhoa H, Rhyman L, Ramasami P. "Smart" triiodide compounds: Does halogen bonding influence antimicrobial activities? *Pathogens*. 2019; 8(4): 182. doi: 10.3390/pathogens8040182

15. Dattilo S, Spitaleri F, Aleo D, Saita MG, Patti A. Solid-state preparation and characterization of 2-hydroxypropylcyclodextrins-iodine complexes as stable iodophors. *Biomolecules*. 2023; 13(3): 474. doi: 10.3390/biom13030474

16. Han X, Boix G, Balcerzak M, Moriones OH, Cano-Sarabia M, Cortés P, et al. Antibacterial films based on MOF composites that release iodine passively or upon triggering by near-infrared light. *Adv Funct Mater*. 2022; 32(19): 2112902. doi: 10.1002/adfm.202112902

17. Li R, Wang Z, Lian X, Hu X, Wang Y. Antimicrobial rubber nanocapsule-based iodophor promotes wound healing. *Chin Chem Soc*. 2020; 2(2): 245-256. doi: 10.31635/ccschem.020.201900101

18. Artasensi A, Mazzotta S, Fumagalli L. Back to basics: Choosing the appropriate surface disinfectant. *Antibiotics*. 2021; 10: 613. doi: 10.3390/antibiotics10060613

19. Cooper RA. Iodine revisited. *Int Wound J*. 2007; 4(2): 124-137. doi: 10.1111/j.1742-481X.2007.00314.x

20. Kaiho T (ed.). *Physical properties of iodine. Iodine chemistry and applications*. John Wiley & Sons, Inc; 2015. doi: 10.1002/9781118909911

21. Makhayeva DN, Irmukhametova GS, Khutoryanskiy VV. Polymeric iodophors: Preparation, properties, and biomedical applications. *Rev J Chem*. 2020; 10(1): 40-57. doi: 10.1134/S2079978020010033

22. Еноктаева О.В., Николенко М.В., Трушников Д.Ю., Барышникова Н.В., Соловьева С.В. Механизм формирования биопленок грибов рода *Candida* при кандидозной инфекции (обзор литературы). Проблемы медицинской микологии. 2021; 23(4): 3-8. [Enoktaeva OV, Nikolenko MV, Trushnikov DYU, Baryshnikova NV, Solovieva SV. Fungal biofilms formation mechanism of the genus *Candida* fungi in candida infection (literature review). *Problems in Medical Mycology*. 2021; 23(4): 3-8. (In Russ.)]. doi: 10.24412/1999-6780-2021-4-3-8

23. Cuellar-Rufino S, Arroyo-Xochihua O, Salazar-Luna A, Arroyo-Helguera O. Iodine induces toxicity against *Candida albicans* and *Candida glabrata* through oxidative stress. *Iranian Journal of Microbiology*. 2022; 14(2): 260-267. doi: 10.18502/ijm.v14i2.9195

24. Sidahmed MS, Nimir AHH. Effect of peptone on the antifungal activity of povidone iodine. *Int J Curr Microbiol Appl Sci*. 2020; 9(12): 1798-1802. doi: 10.20546/ijcmas.2020.912.213

25. Karaman R, Jubeh B, Breijyeh Z. Resistance of Gram-positive bacteria to current antibacterial agents and overcoming approaches. *Molecules*. 2020; 25(12): 2888. doi: 10.3390/molecules25122888

26. Szymanski CM. Bacterial glycosylation, it's complicated. *Front Mol Biosci*. 2022; 9: 1015771. doi: 10.3389/fmolb.2022.1015771

27. Nikaido H. Molecular basis of bacterial outer membrane permeability revisited. *Microbiol Mol Biol Rev*. 2003; 67(4): 93-656. doi: 10.1128/MMBR.67.4.593-656.2003

28. Edis Z, Raheja R, Bloukh SH, Bhandare RR, Sara HA, Reiss GJ. Antimicrobial hexaaquacopper (II) complexes with novel

polyiodide chains. *Polymers*. 2021; 13(7): 1005. doi: 10.3390/polym13071005

29. Liu J, Mao C, Dong L, Kang P, Ding C, Zheng T, et al. Excessive iodine promotes pyroptosis of thyroid follicular epithelial cells in Hashimoto's thyroiditis through the ROS-NF- $\kappa$ B-NLRP3 pathway. *Front Endocrinol*. 2019; 10: 778. doi: 10.3389/fendo.2019.00778

30. Valduga G, Bertoloni G, Reddi E, Jori G. Effect of extracellularly generated singlet oxygen on gram-positive and gram-negative bacteria. *J Photochem Photobiol B Biol*. 1993; 21(1): 81-86. doi: 10.1016/1011-1344(93)80168-9

31. Попов И.В., Сафроненко А.В., Мазанко М.С., Тягливый А.С., Головин С.Н., Попов И.В., и др. История применения йодсодержащих веществ в асептике и антисептике. Ветеринарная патология. 2021; 4: 76-83. [Popov IV, Safronenko AV, Mazanko MS, Tyaglivy AS, Golovin SN, Popov IV, et al. History of the application of iodine-containing substances in asepsis and antiseptics. *Russian Journal of Veterinary Pathology*. 2021; 4: 76-83. doi: 10.25690/VETPAT.2021.10.92.001

32. Barreto R, Barrois B, Lambert J, Malhotra-Kumar S, Santos-Fernandes V, Monstrey S. Addressing the challenges in antiseptics: focus on povidone iodine. *Int J Antimicrob Agents*. 2020; 56(3): 106064. doi: 10.1016/j.ijantimicag.2020.106064

33. Ferguson AW, Scott JA, McGavigan J, Elton RA, McLean J, Schmidt U, et al. Comparison of 5% povidone-iodine solution against 1% povidone-iodine solution in preoperative cataract surgery antiseptics: A prospective randomised double blind study. *Br J Ophthalmol*. 2003; 87(2): 163-167. doi: 10.1136/bjo.87.2.163

34. Thakur SS, Bai A, Chan D, Lu J, Lu M, Su A, et al. Ex vivo evaluation of the influence of pH on the ophthalmic safety, antibacterial efficacy and storage stability of povidone-iodine. *Clin Experim Optometry*. 2021; 104(2): 162-166. doi: 10.1111/cxo.13100

35. Борисов И.В. Повидон-йод – новые возможности знакомого препарата (обзор литературы). Раны и раневые инфекции. Журнал имени профессора Б.М. Костюченко. 2021; 8(3): 14-20. [Borisov IV. Povidone iodine – new possibilities of a familiar dressing (literature review). *Wounds and Wound Infections. The prof. B.M. Kostyuchenok Journal*. 2021; 8(3): 14-20. (In Russ.)].

36. Морозов А.М., Сепреев А.Н., Морозова А.Д., Рачек А.М., Куркова В.В., Семенова С.М., и др. О возможности применения самоклеящихся хирургических пленок. Вестник современной клинической медицины. 2022; 15(4): 86-93. [Morozov AM, Sergeev AN, Morozova AD, Rachech AM, Kurkova VV, Semenova SM, et al. On the possibility of use of adhesive surgical drapes. *Bulletin of Contemporary Clinical Medicine*. 2022; 15(4): 86-93. (In Russ.)]. doi: 10.20969/VSKM.2022.15(4).86-93

37. García-Álvarez R, Vallet-Regí M. Hard and soft protein corona of nanomaterials: Analysis and relevance. *Nanomaterials*. 2021; 11(4): 888. doi: 10.3390/nano11040888

38. Li X, Wang B, Liang T, Wang R, Song P, He Y. Synthesis of cationic acrylate copolyvidone-iodine nanoparticles with double active centers and their antibacterial application. *Nanoscale*. 2020; 12(42): 21940-21950. doi: 10.1039/d0nr05462c

39. Tonoyan L, Fleming GTA, McCay PH, Friel R, O'Flaherty V. Antibacterial potential of an antimicrobial agent inspired by peroxidase-catalyzed systems. *Front Microbiol*. 2017; 8: 680. doi: 10.3389/fmicb.2017.00680

40. Lundin JG, McGann CL, Weise NK, Estrella LA, Balow RB, Streifel BC, et al. Iodine binding and release from antimicrobial

hemostatic polymer foams. *React Funct Polym.* 2019; 135: 44-51. doi: 10.1016/j.reactfunctpolym.2018.12.009

41. Nechaeva OV, Tikhomirova EI, Zayarsky DA, Bepalova NV, Glinskaya EV, Shurshalova NF, et al. Anti-biofilm activity of polyazolidinammonium modified with iodine hydrate ions against microbial biofilms of uropathogenic coliform bacteria. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine.* 2017; 162(6): 781-783. doi: 10.1007/s10517-017-3712-3

42. Нечаева О.В., Тихомирова Е.И., Заярский Д.А., Вакараева М.М. Антимикробная активность полиазолидинаммония, модифицированного гидрат-ионами йода. Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2015; 92(3): 88-92. [Nechaeva OV, Tikhomirova EI, Zayarsky DA, Vakaraeva MM. Antimicrobial activity of polyazolidinammonium modified with hydrate-ions of iodine. *Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology.* 2015; 92(3): 88-92. (In Russ.)].

43. Верховский Р.А., Нечаева О.В., Тихомирова Е.И. Оценка действия полимерного соединения на процесс формирования микробных биопленок штаммами *Pseudomonas aeruginosa*. Бактериология. 2018; 3(1): 63-66. [Verkhovsky RA, Nechaeva OV, Tikhomirova EI. Evaluation of the action of polymer connection on the process of formation of microbial biofiles by *Pseudomonas aeruginosa*. *Bacteriology.* 2018; 3(1): 63-66. doi: 10.20953/2500-1027-2018-1-63-66 (In Russ.)].

44. Kristinsson KG, Jansen B, Treitz U, Schumacher-Perdreau F, Peters G, Pulverer G. Antimicrobial activity of polymers coated with iodine-complexed polyvinylpyrrolidone. *J Biomater Appl.* 1991; 5(3): 173-184. doi: 10.1177/088532829100500303

45. Khoerunnisa F, Rahmah W, Seng Ooi B, Dwihermiati E, Nashrah N, Fatimah S, et al. Chitosan/PEG/MWCNT/Iodine composite membrane with enhanced antibacterial properties for dye wastewater treatment. *J Environ Chem Eng.* 2020; 8(2): 103686. doi: 10.1016/j.jece.2020.103686

46. Tang Y, Xie L, Sai M, Xu N, Ding D. Preparation and antibacterial activity of quaternized chitosan with iodine. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl.* 2015; 48: 1-4. doi: 10.1016/j.msec.2014.11.019

47. Мирзахидова М.М., Гафурова Д.А. Композиционные материалы на основе йодсодержащих полимеров. *Universum: Технические науки.* 2022; 7(100): 17-20. [Mirzakhidova MM, Gafurova DA. Composite materials based on iodine-containing polymers. *Universum: Technical Sciences.* 2022; 7(100): 17-20. (In Russ.)].

48. Sharma R, Pahwa R, Ahuja M. Iodine-loaded poly(silicic acid) gellan nanocomposite mucoadhesive film for antibacterial application. *J Appl Polymer Sci.* 2020; 38(2): 49679. doi: 10.1002/app.49679

49. Шарипова С.Г., Понамарев Е.Е., Ершова Н.Р., Мударисова Р.Х., Кулиш Е.И. Имобилизация йода на хитозановой матрице. Вестник Башкирского университета. 2010; 15(4): 1122-1123. [Sharipova SG, Ponamarev EE, Ershova NR, Mudarisova RH, Kulish EI. Immobilization of iodine on a chitosan matrix. *Bulletin of Bashkir University.* 2010; 15(4): 1122-1123. (In Russ.)].

50. Dideikin AT, Vul' AY. Graphene oxide and derivatives: The place in graphene family. *Front. Phys.* 2019; 6: 149. doi: 10.3389/fphy.2018.00149

51. Narayanan KB, Park GT, Han SS. Antibacterial properties of starch-reduced graphene oxide-polyiodide nanocomposite. *Food Chem.* 2021; 342: 128385. doi: 10.1016/j.foodchem.2020.128385

52. Belova VV, Zakharova OV, Stolyarov RA, Gusev AA, Vasyukova IA, Baranchikov PA, et al. Antibacterial and cytotoxic effects

of Multi-walled carbon nanotubes functionalized with iodine. *Nanobiotechnology Reports.* 2022; 17: 184-192. doi: 10.1134/S2635167622020033

53. Зубенко А.А., Фетисов Л.Н., Кононенко К.Н., Святогорова А.Е., Андрос Н.О. Антимикробная активность йода адсорбированного на активированном угле. Ветеринария Северного Кавказа. 2022; 3: 27-33. [Zubenko AA, Fetisov LN, Kononenko KN, Svyatogorova AE, Andros NO. Antimicrobial activity of iodine adsorbed on activated carbon. *Veterinariya Severnogo Kavkaza.* 2022; 3: 27-33. (In Russ.)].

54. Mohan A, Al-Sayah MH, Ahmed A, El-Kadri MO. Triazine-based porous organic polymers for reversible capture of iodine and utilization in antibacterial application. *Sci Rep.* 2022; 12(1): 2638. doi: 10.1038/s41598-022-06671-0

55. Танцырев А.П., Фадеева Т.В., Невежина А.В., Шурыгина И.А., Титова Ю.Ю., Иванов А.В., и др. Способ получения йод-содержащих композитов арабиногалактана с антимикробными и противогрибковыми свойствами: Патент 2795219 Рос. Федерация; МПК А61К 33/18 (2006.01), А61К 47/36 (2006.01), А61Р 31/00 (2006.01). № 2022120048; заявл. 21.07.2022; опубл. 02.05.2023. Бюл. № 13. [Tantsyrev AP, Fadeeva TV, Nevezhina AV, Shurygina IA, Titova YuYu, Ivanov AV, et al. Method for obtaining iodine-containing arabinogalactan composites with antimicrobial and antifungal properties: Patent No. 2795219 of the Russian Federation. 2023; (3). (In Russ.)].

56. Стрекаловская Е.И., Звягинцева Н.Д., Танцырев А.П., Буковская Н.Е., Балханова Т.И. Сравнительная характеристика антибактериального действия наночастиц йода и теллура на грамотрицательные микроорганизмы (на примере *Escherichia coli*) в качестве перспективной альтернативы антимикробным препаратам. Материалы VII Пушчинской конференции «Биохимия, физиология и биосферная роль микроорганизмов», школы-конференции для молодых ученых, аспирантов и студентов «Генетические технологии в микробиологии и микробное разнообразие». М.: ГЕОС; 2021: 91-93. [Strekalovskaya EI, Zvyagintseva ND, Tantsyrev AP, Bukovskaya NE, Balkhanova TI. Comparative characteristics of the antibacterial effect of iodine and tellurium nanoparticles on gram-negative microorganisms (using the example of *Escherichia coli*) as a promising alternative to antimicrobial drugs. *Materialy VII Pushchinskoy konferentsii "Biokhimiya, fiziologiya i biosfernaya rol' mikroorganizmov", shkoly-konferentsii dlya molodykh uchenykh, aspirantov i studentov "Geneticheskie tekhnologii v mikrobiologii i mikrobnoe raznoobrazie"*. Moscow: GEOS; 2021: 91-93. (In Russ.)]. doi: 10.34756/GEOS.2021.17.37922

57. Мударисова Р.Х., Сагитова А.Ф., Куковинец О.С., Колесов С.В. Межмолекулярные взаимодействия йода с низкометоксильрованным яблочным пектином, модифицированным фармакофорами. Высокомолекулярные соединения. 2023; 65(1): 28-36. [Mudarisova RK, Sagitova AF, Kukovinets OS, Kolesov SV. Intermolecular interactions of iodine with low methoxylated apple pectin modified with pharmacophores. *Polymer Science.* 2023; 65(1): 28-36. (In Russ.)].

58. Костин В.И., Михеева Л.А., Чернооккая Е.В. Использование пектина из амаранта для получения комплексных соединений меди и йода. Нетрадиционные природные ресурсы, инновационные технологии и продукты: Сборник научных трудов. 2012; 20: 173-176. [Kostin VI, Mikheeva LA, Chernookaya EV. The use of pectin from amaranth to obtain complex compounds

of copper and iodine. *Netraditsionnye prirodnye resursy, innovatsionnye tekhnologii i produkty: Sbornik nauchnykh trudov*. 2012; 20: 173-176. (In Russ.).

59. Sabitov AN, Turganbay S, Jumagazyeva AB. Structure and properties of the di-((2s)-2-amino-3-(1h-indol-3-yl)propionate) dihydrotetraiodide. *Chemical Journal of Kazakhstan*. 2021; 2(74): 87-103. doi: 10.51580/2021-1/2710-1185.31

60. Au-Duong AN, Lee CK. Iodine-loaded metal organic framework as growth-triggered antimicrobial agent. *Mat Sci Engineer C Mat Biol Appl*. 2017; 76: 477-482. doi: 10.1016/j.msec.2017.03.114

61. Yamaguchi S, Le PTM, Shintani SA, Takadama H, Ito M, Ferraris S, Spriano S. Iodine-loaded calcium titanate for bone repair with sustainable antibacterial activity prepared by solution and heat treatment. *Nanomaterials*. 2021; 11(9): 2199. doi: 10.3390/nano11092199

62. Ong K, Yun M, White J. New biomaterials for orthopedic implants. *Orthop Res Rev*. 2015; 7: 107-130. doi: 10.2147/ORR. S63437

63. Kannan M, Rajarathinam K, Venkatesan S, Dheeba B, Maniraj A. Nanostructures for antimicrobial therapy. *Silver Iodide Nanoparticles as an Antibiofilm Agent – A Case Study on Gram-Nega-*

*tive Biofilm-Forming Bacteria*. Elsevier; 2017: 435-456. doi: 10.1016/B978-0-323-46152-8.00019-6

64. Pramanik A, Laha D, Bhattacharya D, Pramanik P, Karmakar P. A novel study of antibacterial activity of copper iodide nanoparticle mediated by DNA and membrane damage. *Colloids Surf B Biointerfaces*. 2012; 96: 50-55. doi: 10.1016/j.colsurfb.2012.03.021

65. Montazerzohori M, Khadem Z, Masoudiasl A, Naghiha R, Ghanbari S, Doert Th. A zinc iodide complex with two-dimensional supra-molecular network: new antimicrobial four coordinated zinc complexes. *Journal of the Iranian Chemical Society*. 2016; 13: 779-791. doi: 10.1007/s13738-015-0791-9

66. Красочко П.А., Шиёнок М.А., Понаськов М.А. Антибактериальная активность комплексного соединения на основе серебра и йода. Ученые записки УО ВГАВМ. 2020; 56(1): 61-64. [Krasochko PA, Shiyonok MA, Ponaskov MA. Antibacterial activity of a complex compound based on silver and iodine. *Uchenye zapiski UO VGAVM*. 2020; 56(1): 61-64. (In Russ.)].

67. Aoki S, Yamakawa K, Kubo K, Takeshita J, Takeuchi M, Nobuoka Y, et al. Antibacterial properties of silicone membranes after a simple two-step immersion process in iodine and silver nitrate solutions. *Biocontrol Sci*. 2018; 23(3): 97-105. doi: 10.4265/bio.23.97

#### Сведения об авторах

**Невежина Анна Владимировна** – младший научный сотрудник лаборатории клеточных технологий и регенеративной медицины, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: n4nnna@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1551-5440>

**Фадеева Татьяна Владимировна** – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории клеточных технологий и регенеративной медицины, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: fadeeva05@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4681-905X>

#### Information about the authors

**Anna V. Nevezhina** – Junior Research Officer at the Laboratory of Cell Technologies and Regenerative Medicine, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: n4nnna@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1551-5440>

**Tatiana V. Fadeeva** – Dr. Sc. (Biol.), Leading Research Officer at the Laboratory of Cell Technologies and Regenerative Medicine, Irkutsk Scientific Center of Surgery and Traumatology, e-mail: fadeeva05@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4681-905X>

Статья опубликована в рамках Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 25-летию Иркутского научного центра хирургии и травматологии.

# МОРФОЛОГИЯ, ФИЗИОЛОГИЯ И ПАТОФИЗИОЛОГИЯ MORPHOLOGY, PHYSIOLOGY AND PATHOPHYSIOLOGY

## МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ МНОЖЕСТВЕННОГО ПОРАЖЕНИЯ ОКОЛОЩИТОВИДНЫХ ЖЕЛЕЗ ПРИ ПЕРВИЧНОМ ГИПЕРПАРАТИРЕОЗЕ

Ильичева Е.А.<sup>1</sup>,  
Каня О.В.<sup>2</sup>,  
Рожанская Е.В.<sup>2</sup>,  
Берсенов Г.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБНУ «Иркутский научный центр  
хирургии и травматологии» (664003,  
г. Иркутск, ул. Борцов Революции, 1,  
Россия)

<sup>2</sup> ГБУЗ «Иркутское областное  
патологоанатомическое бюро»  
(664049, г. Иркутск, Юбилейный, 100,  
Россия)

Автор, ответственный за переписку:  
Берсенов Глеб Александрович,  
e-mail: glbersenev17@gmail.com

### РЕЗЮМЕ

**Обоснование.** Специфических морфологических признаков множественного поражения околощитовидных желез (ОЩЖ) при первичном гиперпаратиреозе (ПГПТ) нет.

**Цель исследования.** Изучить структуру морфологического субстрата первичного, вторичного и третичного гиперпаратиреоза и оценить эффективность морфологических критериев в диагностике множественного поражения околощитовидных желез при первичном гиперпаратиреозе.

**Методы.** В исследование включены 69 пациентов, из которых основную группу составили 18 пациентов с ПГПТ и множественным поражением ОЩЖ ( $n_{\text{препаратов}} = 31$ ), группу сравнения – 51 пациент ( $n_{\text{препаратов}} = 104$ ). Группа сравнения была разделена на 3 подгруппы: 1) с ПГПТ и солитарным поражением ОЩЖ – 26 пациентов ( $n_{\text{препаратов}} = 26$ ); 2) с вторичным гиперпаратиреозом (ВГПТ) – 15 пациентов ( $n_{\text{препаратов}} = 48$ ); 3) с третичным гиперпаратиреозом (ТГПТ) – 10 пациентов ( $n_{\text{препаратов}} = 30$ ).

**Результаты.** Морфологическая структура групп сравнения однородна: 1-я группа представлена аденомой ОЩЖ (26 (100 %)), 2-я и 3-я группы – гиперплазией (48 (100 %) и 30 (100 %) соответственно). Большинство препаратов ОЩЖ основной группы представлены гиперплазией (25 (80 %)), а в 1/5 случаев – аденомами (6 (19,4 %)). Для множественного поражения ОЩЖ при ПГПТ было характерно преобладание частоты выявления отсутствия капсулы и ободка неизменённой ткани, а также наличие адипоцитов ( $p_{\chi^2} < 0,01$ ). Структурные компоненты морфологического строения ОЩЖ позволяют выявить изменения, характерные для множественного поражения ОЩЖ при ПГПТ, с диагностической эффективностью 76,5–90,3 %.

**Заключение.** Множественное поражение ОЩЖ при любом клиническом варианте гиперпаратиреоза характеризуется высокой частотой преобладания гиперплазии – 80 % при ПГПТ и 100 % при ВГПТ и ТГПТ. В качестве морфологических критериев множественного поражения ОЩЖ при ПГПТ установлены: наличие адипоцитов в паренхиме железы (диагностическая эффективность (ДЭ) – 90 %); отсутствие капсулы (ДЭ = 78 %) и ободка неизменённой ткани железы (ДЭ = 76 %).

**Ключевые слова:** патоморфологическая оценка, множественное поражение околощитовидных желез, гиперпаратиреоз

Статья поступила: 22.06.2023

Статья принята: 27.09.2023

Статья опубликована: 05.12.2023

**Для цитирования:** Ильичева Е.А., Каня О.В., Рожанская Е.В., Берсенов Г.А. Морфологические критерии множественного поражения околощитовидных желез при первичном гиперпаратиреозе. *Acta biomedica scientifica*. 2023; 8(5): 50-59. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.5

# MORPHOLOGICAL CRITERIA FOR SPORADIC MULTIPLE PARATHYROID GLAND DISEASE

Ilyicheva E.A.<sup>1</sup>,  
Kanya O.V.<sup>2</sup>,  
Rozhanskaya E.V.<sup>2</sup>,  
Bersenev G.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Irkutsk Scientific Centre  
of Surgery and Traumatology  
(Bortsov Revolyutsii str. 1, Irkutsk 664003,  
Russian Federation)

<sup>2</sup> Irkutsk Regional Pathoanatomical Bureau  
(Yubileyniy 100, Irkutsk 664079,  
Russian Federation)

Corresponding author:  
**Gleb A. Bersenev**,  
e-mail: glbersenev17@gmail.com

## ABSTRACT

**Background.** There are no specific morphological signs for sporadic multiglandular disease (MGD) in primary hyperparathyroidism (PHPT).

**The aim of the study.** To study the structure of the morphological substrate of primary, secondary and tertiary hyperparathyroidism and to assess the effectiveness of morphological criteria in the diagnosis of sporadic multiglandular disease in primary hyperparathyroidism.

**Methods.** The study included 69 patients; 18 patients with PHPT and sporadic multiglandular disease ( $n_{\text{preparation}} = 31$ ) formed the main group, 51 patients ( $n_{\text{preparations}} = 104$ ) – the comparison group. The comparison group was divided into 3 subgroups: 1) patients with PHPT and solitary parathyroid gland (PTG) lesions – 26 patients ( $n_{\text{preparations}} = 26$ ); 2) patients with secondary hyperparathyroidism (SHPT) – 15 patients ( $n_{\text{preparations}} = 48$ ); 3) patients with tertiary hyperparathyroidism (TGPT) – 10 patients ( $n_{\text{preparations}} = 30$ ).

**Results.** The morphological structure of the comparison groups is homogeneous: group 1 is represented by parathyroid adenoma (26 (100 %)), groups 2 and 3 – by hyperplasia (48 (100 %) and 30 (100 %), respectively). Most of the PTG specimens of the main group are represented by hyperplasia (25 (80 %)), and in 1/5 cases – by adenomas (6 (19.4 %)). Sporadic multiglandular disease in PHPT was characterized by a predominant frequency of detecting the absence of a capsule and a rim of unchanged tissue, as well as the presence of adipocytes ( $p_{\chi^2} < 0.01$ ). Components of the PTG morphological structure make it possible to identify changes specific to the sporadic multiglandular disease in PHPT, with a diagnostic efficiency of 76.5–90.3 %.

**Conclusion.** Sporadic multiglandular disease in any clinical variant of hyperparathyroidism is characterized by a high prevalence of hyperplasia – 80 % in PHPT and 100 % in SHPT and TGPT. The following morphological criteria for sporadic multiglandular disease in PHPT have been established: the presence of adipocytes in the PTG parenchyma (diagnostic efficiency (DE) – 90 %); absence of a capsule (DE = 78 %) and a rim of unchanged gland tissue (DE = 76 %).

**Key words:** pathological assessment, sporadic multiglandular disease, hyperparathyroidism

Received: 22.06.2023  
Accepted: 27.09.2023  
Published: 05.12.2023

**For citation:** Ilyicheva E.A., Kanya O.V., Rozhanskaya E.V., Bersenev G.A. Morphological criteria for sporadic multiple parathyroid gland disease. *Acta biomedica scientifica*. 2023; 8(5): 50-59. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.5

## ОБОСНОВАНИЕ

Первичный гиперпаратиреоз (ПГПТ) – это распространённое эндокринологическое заболевание, причиной которого в 80–85 % случаев является аденома одной околощитовидной железы (ОЩЖ) (солитарное поражение ОЩЖ), в 20–25 % – поражение большего числа ОЩЖ (гиперплазия всех желез или двойные аденомы – множественное поражение ОЩЖ), и менее 1 % составляет рак ОЩЖ [1, 2].

Реальную частоту множественного поражения ОЩЖ при ПГПТ оценить сложно, поскольку выявляемость зависит от хирургического подхода конкретной клиники (селективное удаление одной ОЩЖ под контролем интраоперационного мониторинга интактного паратиреоидного гормона или рутинная двусторонняя ревизия шеи), насторожённости и опыта оперирующего хирурга, а также от опыта патологоанатома для дифференцировки патоморфологических основ гиперпаратиреоза от нормальной ткани ОЩЖ [3].

Специфических морфологических признаков множественного поражения ОЩЖ при ПГПТ нет, гистологическое исследование сводится к определению субстрата – аденома или гиперплазия.

Сложность дифференцировки аденомы ОЩЖ от гиперплазии заключается в их незначительных морфологических различиях. Отличительными особенностями гиперплазии от аденомы являются отсутствие капсулы и ободка неизменной ткани ОЩЖ, гетерогенный клеточный состав с наличием адипоцитов и диффузный характер пролиферативного процесса с ростом всех клеточных элементов [4–7].

Сообщается, что использование окраски суданом III для определения жировых клеток помогает различить патоморфологические основы гиперпаратиреоза. Для нормального морфологического строения ОЩЖ и для гиперплазии характерно присутствие в главных клетках жировых капель, а в гиперфункционалирующих клетках аденомы их мало или они отсутствуют [8].

Считается, что аденома является моноклональной истинной опухолью, в то время как для гиперплазии характерен поликлональный рост, развивающийся под действием внешних факторов [9, 10]. Именно поэтому при гиперплазии происходит синхронное увеличение всех ОЩЖ [4]. Выявление после селективной паратиреоидэктомии гиперплазии несёт высокий риск персистенции или рецидива гиперпаратиреоза [11].

## ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучить структуру морфологического субстрата первичного, вторичного и третичного гиперпаратиреоза и оценить эффективность морфологических критериев в диагностике множественного поражения околощитовидных желез при первичном гиперпаратиреозе.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведено одноцентровое проспективное исследование сплошной выборки из 100 наблюдений пациентов, оперированных по поводу ПГПТ, вторичного гиперпаратиреоза (ВГПТ), находящихся на заместительной почечной терапии (ЗПТ), гемодиализе (ГД), и по поводу третичного гиперпаратиреоза (ТГПТ), находящихся на ЗПТ после трансплантации почки (ТП), в торакальном хирургическом отделении ГБУЗ «Иркутская область» (ИОКБ) в 2020–2021 гг. Критерий включения – наличие показаний к хирургическому лечению при установленном диагнозе ПГПТ, ВГПТ и ТГПТ. Критерии исключения – возраст моложе 40 лет у лиц с диагнозом ПГПТ и множественным поражением ОЩЖ, а также подозрение на наследственный характер ПГПТ.

В соответствии с критериями в исследование включены 69 пациентов, из которых основную группу составили 18 пациентов с ПГПТ и множественным поражением ОЩЖ ( $n_{\text{препаратов}} = 31$ ), группу сравнения – 51 пациент ( $n_{\text{препаратов}} = 104$ ). Группа сравнения была разделена на 3 подгруппы: 1) пациенты с ПГПТ и солитарным поражением ОЩЖ – 26 пациентов ( $n_{\text{препаратов}} = 26$ ); 2) пациенты с ВГПТ – 15 пациентов ( $n_{\text{препаратов}} = 48$ ); 3) пациенты с ТГПТ – 10 пациентов ( $n_{\text{препаратов}} = 30$ ). Контрольная группа – 5 препаратов неизменной ткани ОЩЖ, взятой в результате интраоперационной биопсии интактной ОЩЖ у пациентов с солитарным поражением ОЩЖ при ПГПТ, признанные патологоанатомом нормальной тканью ОЩЖ.

Множественным поражением околощитовидных желез при ПГПТ считали удаление более одной патологически изменённой ОЩЖ или выявление персистенции после удаления хотя бы одной патологически изменённой ОЩЖ.

Объектом исследования были препараты ОЩЖ, полученные в результате операции. Стандартное морфологическое исследование окрашенных гематоксилин-эозином препаратов проводили методом световой микроскопии в 10 полях зрения. В рамках данного этапа оценена эффективность морфологических критериев в диагностике множественного поражения околощитовидных желез при ПГПТ.

Первым шагом все препараты тканей ОЩЖ распределяли в зависимости от патоморфологических изменений на три группы: аденома, гиперплазия и нормальное строение ОЩЖ. Критерии аденомы: наличие ободка неизменной ткани железы, клетки которого находятся в неактивной фазе (светлые главные), и капсулы, которая окружает единый опухолевый узел с гомогенным клеточным составом паренхимы, представленный одним типом клеток; отсутствие в паренхиме адипоцитов. Критерии гиперплазии: отсутствие ободка неизменной ткани и капсулы; гетерогенность клеточного состава паренхимы и присутствие в ней адипоцитов; формирование узлов клеток с чёткими соединительнотканными границами. Вторым шагом для уточнения характера гиперплазии выделяли три типа: диффузная, диффузно-узловая и узловая [12]. Диффузный тип гиперплазии характеризуется равномерным увеличением количества клеток всей паренхимы железы с сохранением нормального дольчатого строения. При диф-

фузно-узловым типе гиперплазии нарушается дольчатая структура паренхимы железы с формированием множества инкапсулированных узлов клеток. Узловой («псевдо-аденома», согласно авторам) тип гиперплазии представлен единым крупным узлом равномерно пролиферирующих паренхиматозных клеток, напоминающим аденому при ПГПТ и преобладающим над остальной диффузно гиперплазированной тканью ОЩЖ.

Основываясь на литературных данных о патологической морфологии ОЩЖ, использовали следующие структурные компоненты для оценки закономерности морфологических изменений ОЩЖ при различных видах гиперпаратиреоза (табл. 1).

Статистический анализ данных проводили с помощью пакета программ Statistica 10.0 for Windows (StatSoft Inc., США; лицензия № AXAR402G263414FA-V). Категориальные представлены в виде числа наблюдений и частоты в процентах с указанием 95%-го доверительного интервала. Определение статистической значимости проведено по критериям Пирсона ( $\chi^2$ ), точному критерию Фишера. Различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

**ТАБЛИЦА 1**  
**СТРУКТУРНЫЕ КОМПОНЕНТЫ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ОКОЛОЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ**

Отделы ОЩЖ	Компоненты	Оценка
Строма	Капсула	Наличие/отсутствие
	Ободок неизменённой ткани	Наличие/отсутствие
Паренхима	Однородность клеточного состава	Да/нет
	Преобладающий тип клеток	<ul style="list-style-type: none"> <li>главные активные (тёмные)</li> <li>главные неактивные (светлые)</li> </ul>
	Наличие адипоцитов	Да/нет
	Наличие узлов клеток с чёткими соединительнотканными границами	Да/нет

**ТАБЛИЦА 2**  
**СТРУКТУРА МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ОКОЛОЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ В ОСНОВНОЙ ГРУППЕ И ГРУППАХ СРАВНЕНИЯ**

Группы исследования	Морфологическая характеристика	
	Морфологическая основа	Количество препаратов, n (%)
Основная группа: $n_{\text{пациентов}} = 18$ (100) $n_{\text{препаратов}} = 31$ (100)	Гиперплазия	25 (80,6)
	Аденома	6 (19,4)
Группа сравнения 1: $n_{\text{пациентов}} = 26$ (100) $n_{\text{препаратов}} = 31$ (100)	Аденома	26 (100)
	Биопсия: нормальное строение	5 (100)
Группа сравнения 2: $n_{\text{пациентов}} = 15$ (100) $n_{\text{препаратов}} = 48$ (100)	Гиперплазия	48 (100)
Группа сравнения 3: $n_{\text{пациентов}} = 10$ (100) $n_{\text{препаратов}} = 30$ (100)	Гиперплазия	30 (100)

Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании. Исследование одобрено комитетом по биомедицинской этике ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии» (протокол № 9 от 09.11.2012).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

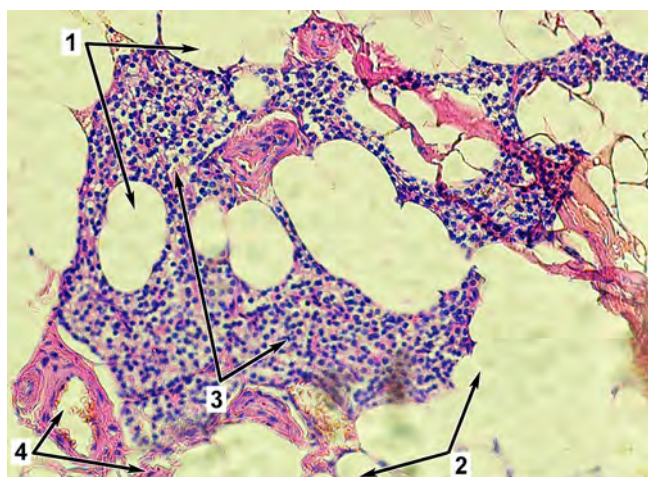
В таблице 2 представлена структура морфологических изменений ОЩЖ в основной группе и группах сравнения.

Из таблицы 2 видно, что морфологическая картина групп сравнения была однородна: 1-я группа представлена аденомой ОЩЖ, 2-я и 3-я группы – гиперплазией. Большинство препаратов ОЩЖ основной группы были представлены гиперплазией, а в 1/5 случаев – аденомами. Из 61 препарата ОЩЖ пациентов с ПГПТ в 25 из 31 препарата (80,6 (62,5–92,5) %) основной группы и в 0 из 30 препаратов (0 (0–11,5) %) группы сравнения 1 была гиперплазия ( $p < 0,01$ ; критерий  $\chi^2$ ).

На рисунке 1 представлена микрофотография нормального морфологического строения ОЩЖ.

**TABLE 1**  
**STRUCTURAL COMPONENTS OF THE PARATHYROID GLAND MORPHOLOGY**

**TABLE 2**  
**STRUCTURE OF MORPHOLOGICAL CHANGES IN PARATHYROID GLANDS IN THE MAIN GROUP AND THE COMPARISON GROUPS**



**РИС. 1.**  
Микрофотография. Нормальное морфологическое строение ткани ОЩЖ. Окраска гематоксилн-эозином, ув.  $\times 20$ . 1 – адипоциты; 2 – соединительнотканная капсула; 3 – главные светлые клетки; 4 – сосуд

**FIG. 1.**  
Microphotograph. Normal morphological structure of parathyroid gland tissue. Hematoxylin-eosin staining, magnification  $\times 20$ . 1 – adipocytes; 2 – connective tissue capsule; 3 – main light cells; 4 – vessel

Для нормального морфологического строения было характерно расположение ткани ОЩЖ в окружении адипоцитов жировой ткани. От последней железа отделялась едва заметной тонкой соединительнотканной капсулой, которая отдавала в глубину стромы тяжи, формируя дольчатую структуру. Основной клеточный состав стромы – неактивные (светлые) главные клетки со светлой прозрачной цитоплазмой и чёткими ядрами, сгруппированные в виде долек, между которыми располагаются адипоциты и сосуды.

На основании выбранных структурных параметров (см. табл. 1) проведён анализ частоты выявления компонентов стромы и паренхимы препаратов в аденоме и гиперплазии (табл. 3).

Согласно данным таблицы 3, частота выявления отсутствия капсулы и ободка неизменённой ткани статистически значимо преобладала в гиперплазии в сравнении с аденомой ( $p < 0,01$ ). Статистической значимости частоты преобладающего типа клеток при сравнении аденом и гиперплазий не выявлено ( $p > 0,05$ ). Частота обнаружения адипоцитов статистически значимо преобладала в гиперплазии в сравнении с аденомами ( $p < 0,01$ ). Таким образом, структурные компоненты стромы и паренхимы ОЩЖ как классические патоморфологические критерии достаточно точно позволили отличить аденому от гиперплазий.

**ТАБЛИЦА 3**  
**ЧАСТОТА ВЫЯВЛЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ СТРОМЫ И ПАРЕНХИМЫ ПРЕПАРАТОВ ОКОЛОЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПАТОМОРФОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ,  $n$  (%), [95% ДИ]**

**TABLE 3**  
**THE FREQUENCY OF DETECTION OF THE COMPONENTS OF STROMA AND PARENCHYMA OF PARATHYROID GLANDS PREPARATIONS DEPENDING ON THE PATHOMORPHOLOGICAL BASIS,  $n$  (%), [95% CI]**

Компоненты ОЩЖ		Патоморфологическая основа		
		Аденома, $n = 32$ (100 %)	Гиперплазия, $n = 103$ (100 %)	$P_{\chi^2}$
Строма	Капсула	Да 26 (81,2) [63,5–92,7]	Да 14 (13,6) [7,6–21,7]	< 0,01
	Нет	Нет 6 (18,8) [7,2–36,4]	Нет 89 (86,4) [78,2–92,3]	
	Ободок неизменённой ткани	Да 23 (71,8) [53,2–86,2]	Да –	< 0,01
	Нет	Нет 9 (28,2) [13,7–46,7]	Нет 103 (100) [96,4–100,0]	
Паренхима	Преобладающий тип клеток	Главные активные (тёмные) 27 (84,3) [67,2–94,7]	Главные активные (тёмные) 78 (75,7) [66,2–83,6]	> 0,05
		Главные неактивные (светлые) 5 (15,6) [5,2–32,7]	Главные неактивные (светлые) 25 (24,3) [16,3–33,7]	
	Наличие адипоцитов	Да –	Да 103 (100) [96,4–100,0]	< 0,01
	Нет	Нет 32 (100) [89,1–100,0]	Нет –	
	Наличие узлов клеток с чёткими границами	Да –	Да 62 (60,1) [50,0–69,7]	< 0,01
	Нет	Нет 32 (100) [89,1–100,0]	Нет 41 (39,8) [30,2–49,9]	

ТАБЛИЦА 4

ЧАСТОТА ВЫЯВЛЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ СТРОМЫ И ПАРЕНХИМЫ ПРЕПАРАТОВ ОКОЛОЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ ОСНОВНОЙ И ГРУПП СРАВНЕНИЯ,  $n$  (%), [95% ДИ]

TABLE 4

THE FREQUENCY OF DETECTION OF THE COMPONENTS OF STROMA AND PARENCHYMA OF PARATHYROID GLANDS PREPARATIONS OF THE MAIN AND COMPARISON GROUPS,  $n$  (%), [95% CI]

Компоненты ОЩЖ		Основная группа, 31 (100 %)	Группа сравнения 1, 26 (100 %)	Группа сравнения 2, 48 (100 %)	Группа сравнения 3, 30 (100%)
Строма	Капсула	6 (19,3) [7,4–37,4]	<b>20 (76,9)</b> <b>[56,3–91,0]</b>	6 (12,5) [4,7–25,2]	14 (46,6) [28,3–65,6]
		<b>25 (80,4)</b> <b>[62,5–92,5]</b>	6 (23,1) [8,9–43,6]	<b>42 (87,5)</b> <b>[74,7–95,2]</b>	<b>16 (53,4)</b> <b>[34,3–71,66]</b>
	Ободок неизмененной ткани	5 (16,1) [5,4–33,7]	<b>18 (69,2)</b> <b>[48,2–85,6]</b>	–	–
		<b>26 (83,9)</b> <b>[66,2–94,5]</b>	8 (30,8) [14,3–51,1]	<b>48 (100)</b> <b>[92,6–100,0]</b>	<b>30 (100)</b> <b>[88,4–100,0]</b>
Паренхима	Преобладающий тип клеток	30 (96,7) [83,3–99,9]	21 (80,7) [60,6–93,4]	36 (75) [60,4–86,3]	18 (60) [40,6–77,3]
		1 (3,3) [0,1–16,7]	5 (19,3) [6,5–39,3]	12 (25) [13,6–39,6]	12 (40) [22,6–59,4]
	Наличие адипоцитов	25 (80,4) [62,5–92,5]	–	48 (100) [92,6–100,0]	30 (100) [88,4–100,0]
		6 (19,3) [7,4–37,4]	<b>26 (100)</b> <b>[86,7–100,0]</b>	–	–
	Наличие узлов клеток с чёткими границами	1 (3,3) [0,1–16,7]	–	<b>35 (72,9)</b> <b>[58,1–84,7]</b>	<b>26 (86,6)</b> <b>[69,2–96,2]</b>
		30 (96,7) [83,3–99,9]	26 (100) <b>[86,7–100,0]</b>	13 (27,1) [15,2–41,8]	4 (13,4) [3,7–30,7]

Примечание. Жирным шрифтом выделены статистически значимые результаты по критерию  $\chi^2$  (точный критерий Фишера),  $p < 0,05$ .

В таблице 4 представлена частота выявления компонентов стромы и паренхимы ОЩЖ в основной группе и в группах сравнения.

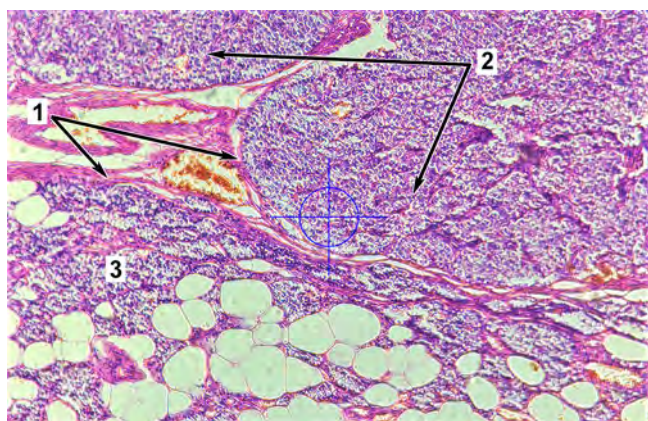
Согласно данным таблицы 4, частота выявления отсутствия капсулы в препаратах операционного материала статистически значимо преобладала в основной группе и в группах сравнения 2 и 3 в сравнении с группой сравнения 1 ( $p < 0,01$ ). При этом частота обнаружения капсулы статистически значимо преобладала в группе сравнения 3 в сравнении с основной группой и группой сравнения 2 ( $p < 0,05$ ). Отсутствие капсулы позволяет отличить патологию ОЩЖ при множественном поражении у пациентов с ПГПТ и ВГПТ, находящихся на ЗПТ ГД, от солитарного поражения при ПГПТ и множественного поражения при ТГПТ у пациентов, находящихся на ЗПТ ТП.

На рисунке 2 представлена микрофотография морфологического строения аденомы ОЩЖ.

Частота выявления отсутствия ободка статистически значимо преобладала в основной группе и группах сравнения 2 и 3 в сравнении с группой сравне-

ния 1 ( $p < 0,01$ ). Кроме того, частота выявления отсутствия капсулы статистически значимо преобладала в группах сравнения 2 и 3 в сравнении с основной группой ( $p < 0,01$ ). Подобно капсуле, обнаружение отсутствия ободка неизменённой ткани ОЩЖ позволяет отличить патологию железы при множественном поражении, у пациентов с ПГПТ и ВГПТ, находящихся на ЗПТ ГД, от солитарного поражения при ПГПТ и множественного поражения при ТГПТ у пациентов, находящихся на ЗПТ ТП.

Частота преобладания главных активных клеток ОЩЖ статистически значимо превалировала в основной группе в сравнении со всеми группами сравнения (1, 2 и 3) ( $p < 0,05$ ). В противовес этому статистически значимой частоты преобладания активных или неактивных главных ОЩЖ при сравнении групп сравнения 1, 2 и 3 между собой не выявлено ( $p > 0,05$ ). В нашей выборке оказалось, что преобладание главных активных клеток позволяет отличить патологию железы при множественном поражении ОЩЖ у пациентов с ПГПТ от других видов гиперпаратиреоза.



**РИС. 2.**

Микрофотография. Морфологическое строение аденомы ОЩЖ на границе аденомы и «ободок» нормальной ткани ОЩЖ. Окраска гематоксилин-эозином; ув.  $\times 10$ . 1 – соединительнотканная капсула; 2 – паренхима аденомы, представлена гомогенным клеточным составом с преобладанием активных (тёмных) главных клеток и отсутствием адипоцитов; 3 – строма «островка» неизменённой ткани железы

**FIG. 2.**

Microphotograph. Morphological structure of parathyroid adenoma at the border of adenoma and the "rim" of normal parathyroid tissue. Hematoxylin-eosin staining, magnification  $\times 10$ . 1 – connective tissue capsule; 2 – parenchyma of the adenoma, represented by a homogeneous cellular composition with a predominance of active (dark) main cells and the absence of adipocytes; 3 – stroma of the "island" of unchanged parathyroid tissue

Частота обнаружения адипоцитов в паренхиме желез статистически значимо преобладала в основной группе в сравнении с группой сравнения 1 ( $p < 0,01$ ). Кроме того, частота выявления адипоцитов в паренхиме ОЩЖ статистически значимо преобладала в группах сравнения 2 и 3 в сравнении с группой сравнения 1 ( $p < 0,01$ ). Обнаружение адипоцитов в паренхиме желез позволяет отличить патологию множественного поражения ОЩЖ при любом виде гиперпаратиреоза от солитарного при ПГПТ.

Частота выявления в паренхиме желез узлов клеток статистически значимо преобладала как в группе сравнения 2, так и в группе сравнения 3 в сравнении как с основной группой, так и с группой сравнения 1 ( $p < 0,01$ ). Однако статистически значимого преобладания узлов клеток в группе сравнения 2 в сравнении с группой сравнения 3 не выявлено ( $p > 0,05$ ). Формирование узлов клеток оказалось характерным для множественного поражения при ВГПТ и ТГПТ и отличает его от патологии при ПГПТ.

В таблице 5 представлена частота выявления типов гиперплазий в основной группе и в группах сравнения 2 и 3.

Согласно данным таблицы 5, частота выявления диффузной гиперплазии статистически значимо преобладала в основной группе в сравнении с группами сравнения 2 и 3 ( $p < 0,01$ ). Статистически значимого преобладания частоты выявления диффузной гиперплазии в группе сравнения 2 в сравнении с группой сравнения 3 не выявлено ( $p > 0,05$ ).

**ТАБЛИЦА 5**

**ЧАСТОТА ВЫЯВЛЕНИЯ ТИПОВ ГИПЕРПЛАЗИЙ В ОСНОВНОЙ ГРУППЕ И ГРУППАХ СРАВНЕНИЯ 2 И 3,  $n$  (%), [95% ДИ]**

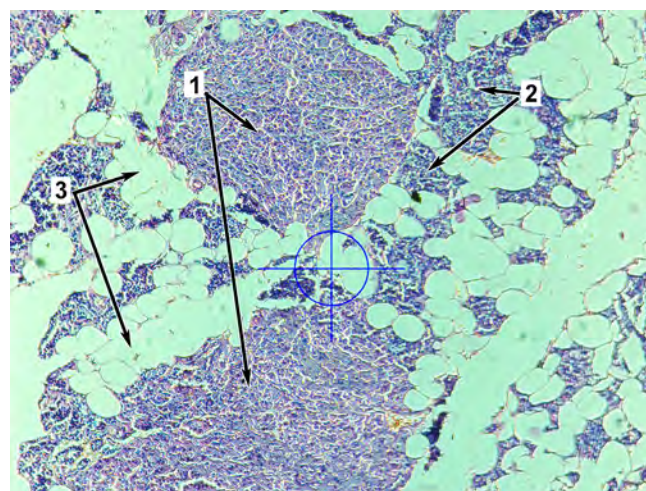
**TABLE 5**

**THE FREQUENCY OF DETECTION OF DIFFERENT TYPES OF HYPERPLASIA IN THE MAIN GROUP AND IN THE COMPARISON GROUPS 2 AND 3,  $n$  (%), [95% CI]**

Группы исследования	Тип гиперплазии	Количество
Основная группа 25 (100) [86,2–100,0]	Диффузная	<b>21 (84,0)</b> [63,9–95,4]
	Диффузно-узловая	4 (16,0) [4,5–36,0]
Группа сравнения 2 48 (100) [92,6–100,0]	Диффузная	13 (27,0) [15,2–41,8]
	Диффузно-узловая	<b>29 (60,4)</b> [45,2–74,2]
	Узловая	6 (12,6) [4,7–25,2]
Группа сравнения 3 30 (100) [88,4–100,0]	Диффузная	4 (13,4) [3,7–30,7]
	Диффузно-узловая	12 (40,0) [22,6–59,4]
	Узловая	<b>14 (46,6)</b> [28,3–65,6]

**Примечание.** Жирным шрифтом выделены статистически значимые результаты по критерию  $\chi^2$  (точный критерий Фишера),  $p < 0,05$ .

На рисунке 3 представлена микрофотография морфологического строения гиперплазии ОЩЖ (диффузная гиперплазия).



**РИС. 3.**

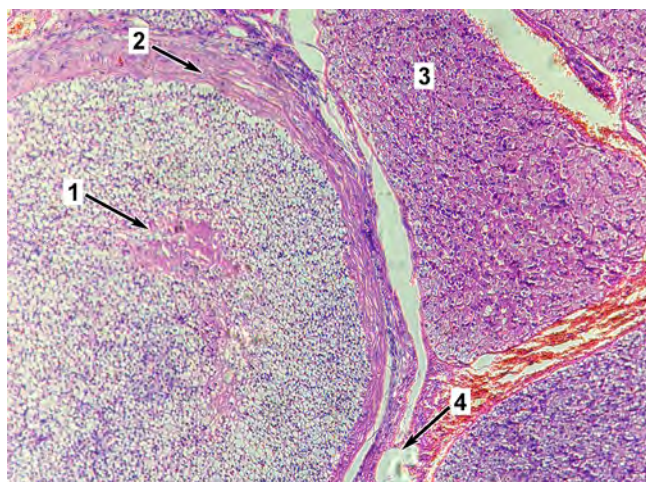
Микрофотография. Диффузная гиперплазия ОЩЖ. Окраска гематоксилин-эозином, ув.  $\times 10$ . 1 – главные тёмные клетки; 2 – главные светлые клетки; 3 – адипоциты

**FIG. 3.**

Microphotograph. Diffuse hyperplasia of the parathyroid gland. Hematoxylin-eosin staining, magnification  $\times 10$ . 1 – main dark cells; 2 – main light cells; 3 – adipocytes

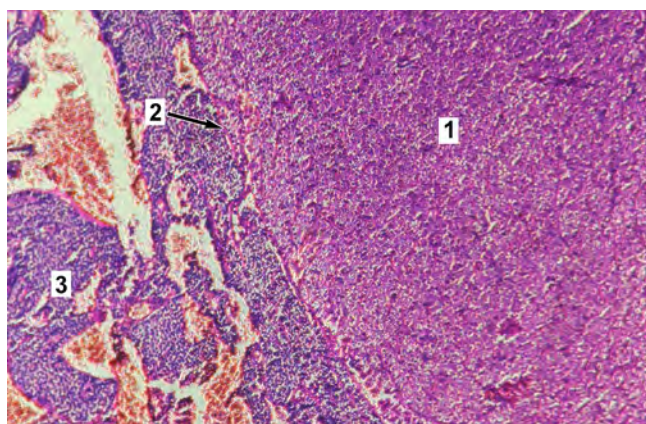
Частота выявления диффузно-узловой гиперплазии статистически значимо преобладала в группе сравнения 2 в сравнении с основной ( $p < 0,01$ ). Статистически значимого преобладания частоты выявления диффузно-узловой гиперплазии в группе сравнения 2 в сравнении с группой сравнения 3 не выявлено ( $p > 0,05$ ).

На рисунке 4 представлена микрофотография морфологического строения гиперплазии ОЩЖ с формированием узлов (диффузно-узловая гиперплазия).



**РИС. 4.**  
Микрофотография. Диффузно-узловая гиперплазия ОЩЖ. Окраска гематоксилин-эозином, ув.  $\times 10$ . 1 – узел из главных светлых клеток; 2 – соединительнотканная граница; 3 – основная паренхима из тёмных гладких клеток; 4 – адипоциты

**FIG. 4.**  
Microphotograph. Diffuse-nodular hyperplasia of the parathyroid gland. Hematoxylin-eosin staining, magnification  $\times 10$ . 1 – node of the main light cells; 2 – connective tissue border; 3 – the main parenchyma of dark smooth cells; 4 – adipocytes



**РИС. 5.**  
Микрофотография. Узловая гиперплазия ОЩЖ. Окраска гематоксилин-эозином, ув.  $\times 10$ . 1 – участок узловой гиперплазии из главных светлых клеток; 2 – соединительнотканная граница; 3 – основная паренхима из тёмных гладких клеток

**FIG. 5.**  
Microphotograph. Nodular hyperplasia of the parathyroid gland. Hematoxylin-eosin staining, magnification  $\times 10$ . 1 – area of nodular hyperplasia from the main light cells; 2 – connective tissue border; 3 – main parenchyma of dark smooth cells

Частота выявления узловой гиперплазии статистически значимо преобладала в группе сравнения 3 в сравнении с основной группой и группой сравнения 2 ( $p < 0,01$ ).

На рисунке 5 представлена микрофотография морфологического строения гиперплазии ОЩЖ с формированием узлов (узловая гиперплазия).

При сопоставлении данных гистологического исследования и исходов операции получены результаты диагностики морфологических признаков множественного поражения ОЩЖ при ПГПТ с использованием выбранных структурных критериев (табл. 6).

На основании сравнения данных гистологического исследования и результатов операции (табл. 6) произведён расчёт операционных характеристик структурных компонентов морфологического строения железы в диагностике патологии множественного поражения ОЩЖ при ПГПТ (табл. 7).

Из таблицы 7 видно, что структурные компоненты морфологического строения ОЩЖ позволяют выявить изменения, характерные для множественного поражения ОЩЖ при ПГПТ с диагностической эффективностью 57,9–90,3 %.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Таким образом, в нашей выборке у большинства пациентов, страдающих ПГПТ с множественным поражением ОЩЖ, морфологическим субстратом была гиперплазия и у 1/5 – аденомы.

Ранее нами проведён ретроспективный анализ историй болезней 62 пациентов, страдающих ПГПТ с солитарным и множественным поражением ОЩЖ (44 и 18 больных соответственно), с оценкой исходов хирургического лечения и морфологии ОЩЖ [13]. Установлено, что множественное поражение ОЩЖ являлось основной причиной персистенции заболевания (16 %) [13]. Структура морфологического субстрата была неоднородна: при солитарном поражении ОЩЖ – 52,2 % аденом и 40,9 % гиперплазий, при множественном – 22,1 % аденом, 72,2 % гиперплазий [13, 14]. Из 18 пациентов основной группы персистенция наблюдалась у 8 из 14 (57 %) с морфологическим субстратом гиперплазии ОЩЖ и у 2 из 4 (50 %) с аденомой ( $p_{\chi^2} > 0,05$ ) [13, 14]. Неоднородность морфологической структуры и отсутствие её влияния на исход хирургического лечения при ПГПТ с солитарным и множественным поражением ОЩЖ продиктовано проведением данного исследования.

Был поставлен вопрос: существуют ли патоморфологические особенности множественного поражения ОЩЖ и может ли рутинная микроскопия различить их?

В нашей выборке у пациентов, страдающих ПГПТ, с множественным поражением ОЩЖ установлена неоднородность морфологической структуры с частотой преобладания гиперплазии 80 (62–92) %, соотношением гиперплазии и аденомы 4:1. При других клинических вариантах гиперпаратиреоза морфологическая структура была однородна: при ПГПТ с солитарным поражением ОЩЖ – аденома (100 (86–100) %), при ВГПТ и ТГПТ – гиперплазия (100 (92–100) % и 100 (88–100) % соответственно).

ТАБЛИЦА 6

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ МНОЖЕСТВЕННОГО ПОРАЖЕНИЯ ОЩЖ ПРИ ПГПТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЫБРАННЫХ СТРУКТУРНЫХ КРИТЕРИЕВ

Результаты	Истинно положительные	Ложно-положительные	Ложно-отрицательные	Истинно отрицательные
Отсутствие капсулы	25	6	6	20
Отсутствие ободка неизменённой ткани	26	8	5	18
Преобладание главных активных клеток	30	21	1	5
Наличие адипоцитов	25	0	6	26

TABLE 6

RESULTS OF STUDY OF MORPHOLOGICAL SIGNS OF MULTIGLAND PARATHYROID DISEASE IN PRIMARY HYPERPARATHYROIDISM USING SELECTED STRUCTURAL CRITERIA

ТАБЛИЦА 7

ОПЕРАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТРУКТУРНЫХ КОМПОНЕНТОВ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ЖЕЛЕЗЫ В ДИАГНОСТИКЕ ПАТОЛОГИИ МНОЖЕСТВЕННОГО ПОРАЖЕНИЯ ОЩЖ ПРИ ПГПТ, % (95% ДИ)

Характеристики	ДЧ	ДС	ДЭ	ПЦПР	ПЦОР
Отсутствие капсулы	80,6 (62,5–92,5)	76,9 (56,3–91,0)	78,7 (66,5–81,6)	80,6 (62,5–92,5)	76,9 (56,3–91,0)
Отсутствие ободка неизменённой ткани	83,8 (66,2–94,5)	69,2 (48,2–85,6)	76,5 (69,4–80,9)	76,4 (58,8–89,2)	78,2 (56,3–92,5)
Преобладание главных активных клеток	96,7 (83,3–99,9)	19,2 (6,5–35,3)	57,9 (42,5–64,2)	58,8 (44,1–72,4)	83,3 (35,8–99,5)
Наличие адипоцитов	80,6 (62,5–92,5)	100,0 (86,7–100,0)	90,3 (87,5–99,9)	100,0 (86,7–100,0)	81,2 (63,5–92,7)

TABLE 7

OPERATIONAL CHARACTERISTICS OF THE COMPONENTS OF THE MORPHOLOGICAL STRUCTURE OF THE PARATHYROID GLAND IN THE DIAGNOSIS OF MULTIGLANDULAR PARATHYROID DISEASE, % (95% CI)

**Примечание.** ДЧ – диагностическая чувствительность; ДС – диагностическая специфичность; ДЭ – диагностическая эффективность; ПЦПР – прогностическая ценность положительного результата; ПЦОР – прогностическая ценность отрицательного результата.

Известные в литературе морфологические структурные критерии различия гиперплазии и аденомы ОЩЖ [4–7] позволили установить, что для множественного поражения желез при ПГПТ в сравнении с солитарным было характерно преобладание частоты отсутствия капсулы и ободка неизменённой ткани, наличия адипоцитов в паренхиме и главных активных (тёмных) клеток. Диагностическая эффективность этих критериев в выявлении множественного поражения околощитовидных желез при ПГПТ составила 57–90 %. Наибольшая эффективность установлена у следующих критериев: наличие адипоцитов (90 %), отсутствие капсулы (78 %) и ободка неизменённой ткани железы (76 %).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Множественное поражение околощитовидных желез при любом клиническом варианте гиперпаратиреоза характеризуется высокой частотой преобладания морфологического субстрата в виде гиперплазии – 80 % (62–92 %) при первичном и 100 % (92–100 % и 88–100 % соответственно) при вторичном и третичном гиперпаратиреозе. В качестве морфологических критериев множественного поражения ОЩЖ при первичном гиперпаратиреозе установлены: наличие адипоцитов в паренхиме железы (ДЭ = 90 %), отсутствие капсулы (ДЭ = 78 %) и ободка неизменённой ткани железы (ДЭ = 76 %).

## Источник финансирования

Исследование и публикация статьи осуществляются в соответствии с планом научно-исследовательской работы (НИР) ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии» № 063 «Биомедицинские технологии профилактики и лечения органной недостаточности в реконструктивной и восстановительной хирургии» (сроки выполнения 2013–2021 гг.), а также НИР «Персонализированный подход к профилактике и коррекции полиорганной дисфункции в лечении хирургических заболеваний» (сроки выполнения 2022–2026 гг.).

## Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Мокрышева Н.Г., Еремкина А.К., Мирная С.С. Крупинова Ю.А., Воронкова И.А., Ким И.В., и др. Клинические рекомендации по первичному гиперпаратиреозу, краткая версия. Проблемы эндокринологии. 2021; 67(4): 94–124. [Mokrysheva NG, Eremkina AK, Mirnaya SS, Krupinova JA, Voronkova IA, Kim IV, et al. The clinical practice guidelines for primary hyperparathyroidism, short version.

*Problems of Endocrinology*. 2021; 67(4): 94-124. (In Russ.)). doi: 10.14341/probl12801

2. Bilezikian JP, Bandeira L, Khan A, Cusano NE. Hyperparathyroidism. *Lancet*. 2018; 391(10116): 168-178. doi: 10.1016/S0140-6736(17)31430-7

3. Barczyński M, Bränström R, Dionigi G, Mihai R. Sporadic multiple parathyroid gland disease – A consensus report of the European Society of Endocrine Surgeons (ESES). *Langenbeck's Arch Surg*. 2015; 400: 887-905. doi: 10.1007/s00423-015-1348-1

4. Голохвастов Н.Н. Критерии морфологической диагностики аденомы и гиперплазии околощитовидных желез при первичном гиперпаратиреозе. СПб.; 1995. [Golokhvastov NN. *Criteria for morphological diagnosis of adenoma and hyperplasia of the parathyroid glands in primary hyperparathyroidism*. Saint Petersburg; 1995. (In Russ.)].

5. Казанцева И.А., Калинин А.П., Богатырев О.П. Принципы клинико-морфологического исследования околощитовидных желез при гиперпаратиреозе. Информационное письмо. М.; 1997: 3-15. [Kazantseva IA, Kalinin AP, Bogatyrev OP. *Principles of clinical and morphological examination of the parathyroid glands in hyperparathyroidism*. Informational letter. Moscow; 1997: 3-15. (In Russ.)].

6. Hemmer S. *Cytogenetic and molecular genetic alterations in thyroid and parathyroid tumors*. Helsinki; 2002.

7. Shakeel S, Mubarak M. Proliferative lesions of parathyroid glands: An update for practicing pathologists. *J Coll Physicians and Surg Pak*. 2016; 26(1): 51-59.

8. Chen KT. Fat stain in hyperparathyroidism. *Am J Surg Pathol*. 1982; 6(2): 191-192.

9. Corrado KR, Andrade SC, Bellizzi J, D'Souza-Li L, Arnold A. Polyclonality of parathyroid tumors in neonatal severe hyperparathyroidism. *J Bone Miner Res*. 2015; 30(10): 1797-1802. doi: 10.1002/jbmr.2516

10. Stojadinovic A, Hoos A, Nissan A, Dudas ME, Cordon-Cardo C, Shaha AR, et al. Parathyroid neoplasms: Clinical, histopathological, and tissue microarray-based molecular analysis. *Hum Pathol*. 2003;34(1):54-64. doi: 10.1053/hupa.2003.55

11. Palmieri S, Eller-Vainicher C, Cairolì E, Morelli V, Zhukouskaya VV, Verga U, et al. Hypercalciuria may persist after successful parathyroid surgery and it is associated with parathyroid hyperplasia. *J Clin Endocrinol Metab*. 2015;100(7):2734-2742. doi: 10.1210/jc.2014-4548

12. Tominaga Y, Tanaka Y, Sato K, Nagasaka T, Takagi H. Histopathology, pathophysiology, and indications for surgical treatment of renal hyperparathyroidism. *Semin Surg Oncol*. 1997; 13(2): 78-86. doi: 10.1002/(sici)1098-2388(199703/04)13:2<78::aid-ssu3>3.0.co;2-z

13. Берсенов Г.А., Алдаранов Г.Ю., Рой Т.А., Лебедева Д.В. Сравнительная характеристика морфологических проявлений первичного и вторичного гиперпаратиреоза. Сборник тезисов XV Международной (XXIV Всероссийской) Пироговской научной медицинской конференции студентов и молодых ученых. М.; 2020: 140. [Bersenev GA, Aldaranov GYu, Roy TA, Lebedeva DV. Comparative characteristics of the morphological manifestations of primary and secondary hyperparathyroidism. *Sbornik tezisev XV Mezhdunarodnoy (XXIV Vserossiyskoy) Pirogovskoy nauchnoy meditsinskoy konferentsii studentov i molodykh uchenykh*. Moscow; 2020: 140. (In Russ.)]

14. Ильичева Е.А., Берсенов Г.А., Жаркая А.В., Булгаков Д.А., Махутов В.Н. Результаты хирургического лечения гиперпаратиреоза с множественным поражением околощитовидных желез. *Acta biomedica scientifica*. 2020; 5(4): 90-97. [Ilyicheva EA, Bersenev GA, Zharkaya AV, Bulgatov DA, Makhutov VN. Multiglandular parathyroid disease: The results of surgical treatment. *Acta biomedica scientifica*. 2020; 5(4): 90-97. (In Russ.)]. doi: 10.29413/ABS.2020-5.4.13

#### Сведения об авторах

**Ильичева Елена Алексеевна** – доктор медицинских наук, профессор, заведующая научным отделом клинической хирургии, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: lena\_isi@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2081-8665>

**Каня Олег Витославович** – кандидат медицинских наук, начальник, ГБУЗ «Иркутское областное патологоанатомическое бюро», e-mail: ole1587@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9279-9475>

**Рожанская Елена Вячеславовна** – врач-патологоанатом, ГБУЗ «Иркутское областное патологоанатомическое бюро», e-mail: rozha1974@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-4907-3875>

**Берсенов Глеб Александрович** – аспирант научного отдела клинической хирургии, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: glbersenev17@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6887-8325>

#### Information about the authors

**Elena A. Ilyicheva** – Dr. Sc. (Med.), Professor, Head of the Research Department of Clinical Surgery, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: lena\_isi@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2081-8665>

**Oleg V. Kanya** – Cand. Sc. (Med.), Head, Irkutsk Regional Pathoanatomical Bureau, e-mail: ole1587@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9279-9475>

**Elena V. Rozhanskaya** – Anatomical Pathologist, Irkutsk Regional Pathoanatomical Bureau, e-mail: rozha1974@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-4907-3875>

**Gleb A. Bersenev** – Postgraduate at the Research Department of Clinical Surgery, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: glbersenev17@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6887-8325>

Статья опубликована в рамках Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 25-летию Иркутского научного центра хирургии и травматологии.

## НЕВРОЛОГИЯ И НЕЙРОХИРУРГИЯ NEUROLOGY AND NEUROSURGERY

### КОМПЛЕКСНАЯ НЕЙРОВИЗУАЛИЗАЦИОННАЯ ОЦЕНКА ПРОКСИМАЛЬНОГО СЕГМЕНТА ПОСЛЕ РИГИДНОЙ ФИКСАЦИИ И ДИНАМИЧЕСКОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ У ПАЦИЕНТОВ С ДЕГЕНЕРАТИВНЫМ ЗАБОЛЕВАНИЕМ ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА

Кривошеин А.Е.<sup>1,2</sup>,  
Колесов С.В.<sup>3</sup>,  
Калинин А.А.<sup>4,5</sup>,  
Конев В.П.<sup>1</sup>,  
Казьмин А.И.<sup>3</sup>,  
Московский С.Н.<sup>1</sup>,  
Бывальцев В.А.<sup>4,5,6</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Минздрава России (644099, г. Омск, ул. Ленина, 12, Россия)

<sup>2</sup> БУЗОО «Клинический медико-хирургический центр Министерства здравоохранения Омской области» (644007, г. Омск, ул. Булатова, 105, Россия)

<sup>3</sup> ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова» Минздрава России (127299, г. Москва, ул. Приорова, 10, Россия)

<sup>4</sup> ЧУЗ «Клиническая больница «РЖД-Медицина» (664005, г. Иркутск, ул. Боткина, 10, Россия)

<sup>5</sup> ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России (664003, г. Иркутск, ул. Красного Восстания, 1, Россия)

<sup>6</sup> Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования – филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России (664049, г. Иркутск, Юбилейный, 100, Россия)

Автор, ответственный за переписку:  
**Бывальцев Вадим Анатольевич**,  
e-mail: byval75vadim@yandex.ru

Статья поступила: 07.03.2023

Статья принята: 14.11.2023

Статья опубликована: 05.12.2023

#### РЕЗЮМЕ

**Введение.** Развитие синдрома смежного уровня и, как следствие, дегенеративное заболевание смежного сегмента в настоящее время являются самыми частыми осложнениями декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств с развитием сегментарной нестабильности.

**Цель исследования.** Провести комплексную нейровизуализационную оценку проксимального смежного сегмента после ригидной фиксации и динамической стабилизации при дегенеративной патологии поясничного отдела позвоночника.

**Материалы и методы.** Проведено проспективное мультицентровое исследование результатов хирургического лечения 274 пациентов с дегенеративно-дистрофическими заболеваниями поясничного отдела позвоночника, которым выполнено моносегментарное декомпрессивно-стабилизирующее вмешательство с применением методики TLIF (transforaminal lumbar interbody fusion) и открытой транспедикулярной ригидной фиксации, а также открытой гемиламинэктомии со стабилизацией оперированных сегментов стержнями из нитинола. Исследование включало рентгенографию, диффузионно-взвешенные магнитно-резонансную томографию и компьютерную томографию (в двухэнергетическом режиме) межпозвонковых дисков (МПД) и изолированной фасеточной дегенерации верхнего смежного уровня.

**Результаты и обсуждение.** При сочетании исходной дегенерации проксимального сегмента в виде дегенерации дугоотростчатых суставов с плотностью хрящевой пластинки  $163,5 \pm 14,2$  НУ, наружной фасетки  $709,35 \pm 13,6$  НУ, внутренней фасетки  $578,1 \pm 12,1$  НУ, дегенерации МПД III, IV степени по C.W. Pfirrmann и измеряемого коэффициента диффузии менее  $1300 \text{ мм}^2/\text{с}$  имеются высокие риски развития дегенеративного заболевания смежного сегмента, что регламентирует использование моносегментарной динамической фиксации с использованием стержней из нитинола, или проведение превентивной ригидной фиксации смежного сегмента.

**Заключение.** Использование комплексной нейровизуализации в предоперационном периоде позволяет проводить прогнозирование результатов хирургического лечения, своевременно принимать профилактические меры по профилактике дегенеративных заболеваний смежного сегмента и осуществлять динамическое наблюдение за процессами в структурах позвоночно-двигательного сегмента.

**Ключевые слова:** дегенеративные заболевания поясничного отдела позвоночника, ригидная фиксация, динамическая фиксация, смежный сегмент, межпозвонковый диск, дугоотростчатый сустав

**Для цитирования:** Кривошеин А.Е., Колесов С.В., Калинин А.А., Конев В.П., Казьмин А.И., Московский С.Н., Бывальцев В.А. Комплексная нейровизуализационная оценка проксимального сегмента после ригидной фиксации и динамической стабилизации у пациентов с дегенеративным заболеванием поясничного отдела. *Acta biomedica scientifica*. 2023; 8(5): 60-72. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.6

# COMPLEX NEUROIMAGING ASSESSMENT OF THE PROXIMAL SEGMENT AFTER RIGID FIXATION AND DYNAMIC STABILIZATION IN PATIENTS WITH DEGENERATIVE LUMBAR DISEASE

Krivoschein A.E.<sup>1,2</sup>,  
Kolesov S.V.<sup>3</sup>,  
Kalinin A.A.<sup>4,5</sup>,  
Konev V.P.<sup>1</sup>,  
Kazmin A.I.<sup>3</sup>,  
Moskovskiy S.N.<sup>1</sup>,  
Byvaltsev V.A.<sup>4,5,6</sup>

<sup>1</sup> Omsk State Medical University (Lenina str. 12, Omsk 644099, Russian Federation)

<sup>2</sup> Clinical Medical and Surgical Center of the Ministry of Health of the Omsk region (Bulatova str. 105, Omsk 644007, Russian Federation)

<sup>3</sup> National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorov (Priorova str. 10, Moscow 127299, Russian Federation)

<sup>4</sup> Clinical Hospital "Russian Railways-Medicine" (Botkina str. 10, 664005 Irkutsk, Russian Federation)

<sup>5</sup> Irkutsk State Medical University (Krasnogo Vosstaniya str. 1, Irkutsk 664003, Russian Federation)

<sup>6</sup> Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education – Branch Campus of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education (Yubileyniy 100, Irkutsk 664049, Russian Federation)

## ABSTRACT

**Background.** The development of the adjacent level syndrome and, as a consequence, adjacent segment degenerative disease are currently the most common complications of decompression and stabilization surgery with the development of segmental instability.

**The aim of the study.** To conduct a comprehensive neuroimaging assessment of the proximal adjacent segment after rigid fixation and dynamic stabilization in degenerative lumbar disease.

**Materials and methods.** We conducted a prospective multicenter study of the results of surgical treatment of 274 patients with degenerative-dystrophic diseases of the lumbar spine, who underwent monosegmental decompression and stabilization surgery using the TLIF (transforaminal lumbar interbody fusion) technique and open transpedicular rigid fixation, as well as open hemilaminectomy with stabilization of the operated segments with nitinol rods. The study included radiography, diffusion-weighted magnetic resonance imaging and computed tomography (dual-energy mode) of intervertebral discs and isolated facet degeneration of the upper adjacent level.

**Results and discussion.** Combination of the initial proximal segment degeneration in the form of facet joints degeneration (density of cartilaginous plate –  $163.5 \pm 14.2$  HU, density of external facet –  $709.35 \pm 13.6$  HU, density of internal facet –  $578.1 \pm 12.1$  HU), Pfirrmann III, IV grade degeneration of intervertebral disc and a measured diffusion coefficient of less than  $1300 \text{ mm}^2/\text{s}$  cause high risks of developing adjacent segment degenerative disease, which regulates the use of monosegmental dynamic fixation with nitinol rods, or preventive rigid fixation of the adjacent segment.

**Conclusion.** Using complex neuroimaging in the preoperative period makes it possible to predict the results of surgical treatment, take timely measures to prevent degenerative diseases of the adjacent segment, and to carry out dynamic monitoring of processes in the structures of the spinal motion segment.

**Key words:** degenerative diseases of the lumbar spine, rigid fixation, dynamic fixation, adjacent segment, intervertebral disc, facet joint

Corresponding author:

Vadim A. Byvaltsev,

e-mail: byval75vadim@yandex.ru

Received: 07.03.2023

Accepted: 14.11.2023

Published: 05.12.2023

**For citation:** Krivoschein A.E., Kolesov S.V., Kalinin A.A., Konev V.P., Kazmin A.I., Moskovskiy S.N., Byvaltsev V.A. Complex neuroimaging study of the proximal segment after rigid fixation and dynamic stabilization in patients with degenerative lumbar disease. *Acta biomechanica scientifica*. 2023; 8(5): 60-72. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.6

## ВВЕДЕНИЕ

Поясничный стеноз позвоночника является наиболее распространённым показанием к операции в спинальной хирургии. Основным методом хирургического лечения такой патологии является использование декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств, которые позволяют купировать неврологическую симптоматику [1, 2]. В то же время оперативное лечение не останавливает прогрессирование заболевания, а лишь направлено на устранение его клинических проявлений. Ряд специалистов отмечают, что после хирургического вмешательства в отдалённом периоде наблюдается снижение качества жизни пациентов вследствие рецидивирования дегенеративной патологии [3–5].

Развитие синдрома смежного уровня и, как следствие, дегенеративное заболевание смежного сегмента (ДЗСС) в настоящее время являются самыми частыми осложнениями декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств с развитием сегментарной нестабильности [6]. По литературным данным, развитие ДЗСС через 10 лет после задней ригидной стабилизации отмечается у 6,7–80,0 % пациентов, у 24 % из которых возникает необходимость ревизионных операций; при этом в подавляющем большинстве случаев затрагивается верхний (проксимальный) смежный сегмент [7–10]. С целью нивелирования прогрессирования дегенеративного каскада и сохранения физиологических параметров биомеханики смежных сегментов в клиническую практику спинальных хирургов были внедрены динамические стабилизирующие системы [11, 12], позволяющие предупредить развитие ДЗСС.

Параллельно с совершенствованием имплантатов для декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств на позвоночнике с целью предотвращения развития неблагоприятных клинических исходов и рисков проведения повторных хирургических вмешательств необходима детальная предоперационная оценка не только поражённого, но и смежных сегментов [6]. Современная предоперационная нейровизуализация должна включать стандартную и функциональную рентгенографию, магнитно-резонансную томографию (МРТ), мультиспиральную компьютерную томографию (МСКТ) [13–15], которые позволяют осуществлять правильное планирование хирургической стратегии и оценивать динамику патологических процессов после оперативного вмешательства [16].

Одним из информативных способов оценки микроструктурного состояния межпозвонкового диска (МПД) для определения возможной тактики хирургического лечения является применение методики диффузионно-взвешенной (ДВ) МРТ с подсчётом значений измеряемого коэффициента диффузии (ИКД) [17]. Установлено, что значение ИКД смежного сегмента менее  $1300 \text{ мм}^2/\text{с}$  статистически значимо ассоциируется с развитием ДЗСС [18].

Вторым из основных параметров оценки прилежащего позвоночно-двигательного сегмента (ПДС) является оценка состояния дугоотросчатых суставов (ДС). Установлена взаимосвязь между морфологическими

и рентгенологическими изменениями в ДС по результатам двухэнергетической компьютерной томографии (ДЭКТ) [19, 20]. Полученные цифровые показатели плотности элементов ДС [21] в комбинации с показателями ИКД для МПД позволяют проводить комплексную оценку поражённого и смежных сегментов при планировании хирургического лечения пациентов с дегенеративной патологией поясничного отдела позвоночника, а также для послеоперационного контроля.

Данный научный проект направлен на изучение динамики дегенеративных изменений в МПД и ДС проксимального смежного сегмента после выполнения декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств с использованием различных систем фиксации в контексте рисков развития ДЗСС.

## ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Провести комплексную нейровизуализационную оценку проксимального смежного сегмента после ригидной фиксации и динамической стабилизации при дегенеративной патологии поясничного отдела позвоночника.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В период с января 2017 по январь 2022 г. в трёх клиниках: отделение травматологии № 2 (вертебрологии) БУ-ЗОО «Клинический медико-хирургический центр Министерства здравоохранения Омской области» (г. Омск), отделение патологии позвоночника ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова» Минздрава России (г. Москва), Центре нейрохирургии ЧУЗ «Клиническая больница «РЖД-Медицина» (г. Иркутск), – проведено проспективное мультицентровое исследование по единому утверждённому протоколу. Исследование выполнено в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2000 г. и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утверждёнными Приказом Минздрава России от 19.06.2003 № 266. Исследование одобрено этическим комитетом ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Минздрава России (протокол № 4 от 12.12.2016).

В исследование включены медицинские карты 274 пациентов, которым выполнены декомпрессивно-стабилизирующие вмешательства с использованием ригидной и динамической фиксации в период с января 2017 по январь 2018 г. Информированное согласие было получено от каждого пациента перед обследованием. Выделено две основных группы: в I группе ( $n = 139$ ) проведено моносегментарное декомпрессивно-стабилизирующее вмешательство с применением открытого срединного доступа с двухсторонним скелетированием параспинальной мускулатуры, фасетэктомией, декомпрессией невралных структур, выполнением методи-

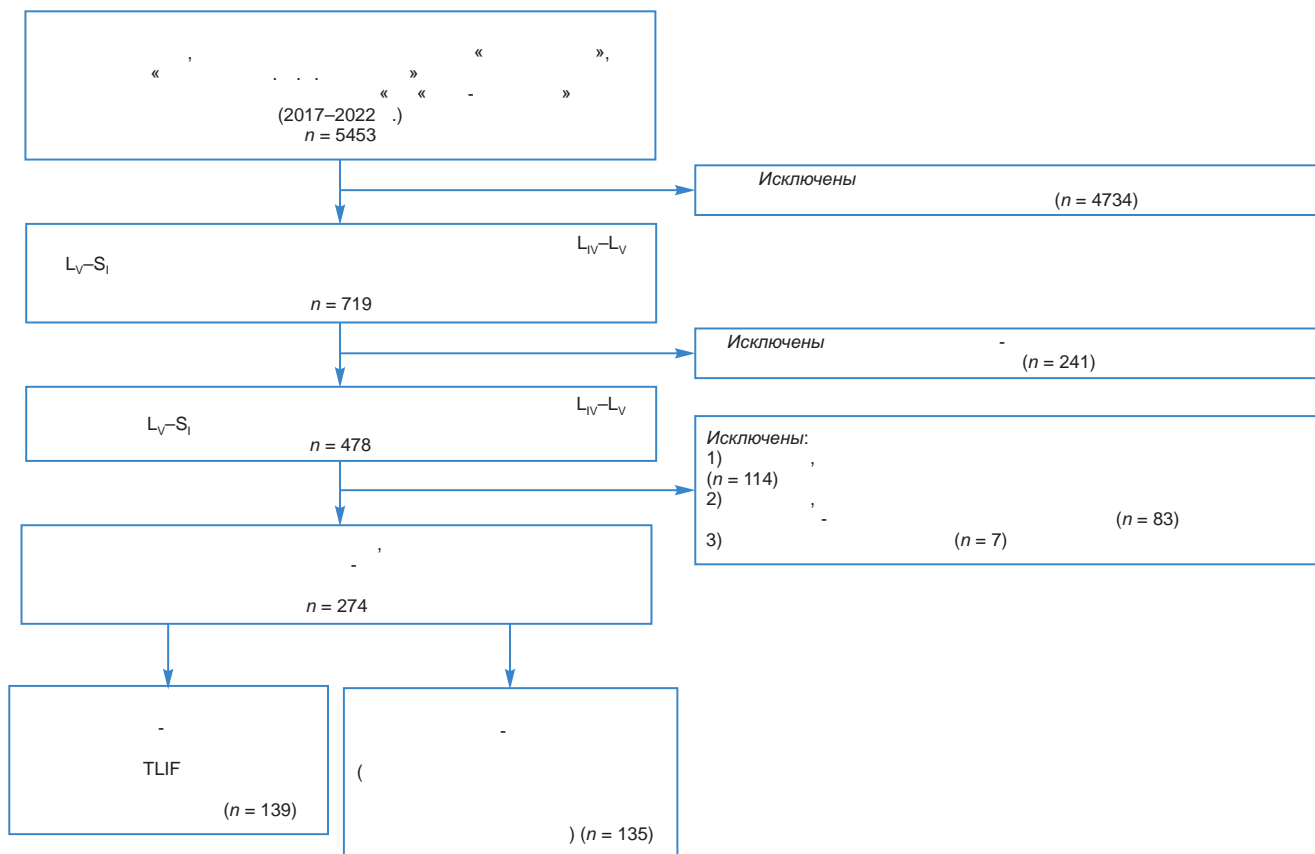
ки TLIF (transforaminal lumbar interbody fusion) и открытой транспедикулярной ригидной фиксации; во II группе ( $n = 135$ ) выполнено моноsegmentарное декомпрессивно-стабилизирующее вмешательство с применением открытого срединного доступа с двухсторонним скелетированием параспинальной мускулатуры, гемиламинэктомией и декомпрессией невральных структур, со стабилизацией оперированных сегментов стержнями из нитинола.

Критериями включения являлись моноsegmentарное поражение ПДС на уровне  $L_{IV}-L_V$ ,  $L_V-S_I$  с клиническими проявлениями компрессионной радикулопатии, высокий уровень segmentарной трансляции в зоне пораженного сегмента, отсутствие клинико-рентгенологических признаков синдрома проксимального уровня.

Критериями исключения являлись бисegmentарное поражение ПДС с клиническими проявлениями компрессионной радикулопатии; ранее перенесённые оперативные вмешательства на пояснично-крестцовом отделе позвоночника; наличие травм позвоночника в анамнезе; подтверждённый опухолевый процесс; инфекционные поражения позвоночного столба; спондилолистез и наличие остеопороза (Т-критерий ниже  $-2,5$  SD). Дизайн исследования с причинами исключения из него представлен на рисунке 1.

Клинические параметры оценивали по визуально-аналоговой шкале (ВАШ) боли для спины и нижних конечностей, индексу Освестри (ODI, Oswestry Disability Index) и анкете SF-36 (Short Form 36).

Цифровые изображения оценивались с помощью системы архивирования и передачи изображений и программного обеспечения MultiVox DICOM Viewer (Гамма-мед, Россия). Измерения проводились тремя независимыми экспертами – врачами-рентгенологами, от которых была полностью скрыта вся информация, включая возраст, имя пациентов и время изображения, для предотвращения субъективной ошибки интерпретации. С целью межэкспертной согласованности для анализа были приняты средние значения измерений между тремя наблюдателями. Segmentарную трансляцию измеряли по данным боковой рентгенограммы поясничного отдела позвоночника; для измерения проводили перпендикулярную линию от заднего края нижней концевой пластины верхнего позвонка до линии верхней концевой пластины нижнего позвонка; длину между двумя линиями определяли как segmentарную трансляцию – критерий нестабильности сегмента. Исследование состояния смежных сегментов (МПД) производилось с использованием МРТ в T2-режиме с применением классификаций C.W. Pfirrmann и анализом диффузионно-взвешенных изображений. Оценка состояния изолированной дегенерации ДС проксимального смежного уровня проводилась при помощи МСКТ в двухэнергетическом режиме (ДЭКТ) с определением количественных рентгено-морфометрических параметров ДС (оптическая плотность наружной и внутренней фасетки, области хрящевой пластинки) по Хаунсфилду (HU, Hounsfield unit).



**РИС. 1.**  
Флоу-чарт пациентов, включённых в исследование

**FIG. 1.**  
Flowchart of patients included in the study

Оценка клинических результатов и комплекса инструментальных параметров проводилась до операции и через 6, 12, 36, 60 месяцев после хирургического лечения.

Статистическая обработка полученных данных проводилась методами вариационной статистики с использованием стандартных пакетов Microsoft Excel 2016 (Microsoft Corp., США), Statistica 12.0 (StatSoft Inc., США), BioStat (AnalystSoft, США). Также с помощью стандартного управления в MS Excel проводили выборку значений середины таблицы для вывода на диаграмму в стиле символа бесконечности. Благодаря сравнительной диаграмме выявлены преимущества и недостатки каждого способа фиксации. При создании базы данных использовался редактор электронных таблиц Microsoft Excel 2016 (Microsoft Corp., США). В случае отличного от нормального типа распределения использовались непараметрические критерии: межгрупповой анализ с использованием критерия Манна – Уитни ( $p_{M-U}$ ), внутригрупповой – с использованием критерия Вилкоксона ( $p_W$ ). Статистическое измерение связи (силы и направления) между признаками проводилось с помощью вычисления коэффициента корреляции рангов Спирмена ( $r_s$ ) с последующей оценкой диагностической значимости (бинарные логистические ряды, Z-тест). Расчёт объёма выборки проводился по формуле Лера для мощности 80 % и двухстороннего уровня статистической значимости  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ

При изучении изменения болевого синдрома в поясничном отделе позвоночника и нижних конечностях отмечена положительная динамика ( $p_W < 0,05$ ) в обеих группах исследуемых пациентов (рис. 2).

Сравнительная оценка функционального состояния по ODI и SF-36 выявила сопоставимый уровень

дооперационных параметров в исследуемых группах ( $p_{M-U} > 0,05$ ). В сроки 6, 12, 36 и 60 месяцев после оперативного лечения во II группе верифицирован лучший функциональный статус ( $p_{M-U} < 0,05$ ) по сравнению с I группой (рис. 3, 4).

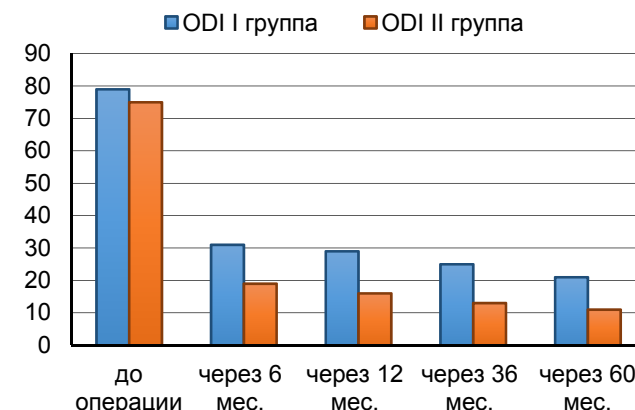


РИС. 3.

Динамика функционального состояния по ODI (0–100 %) в исследуемых группах пациентов

FIG. 3.

Dynamics of the functional state according to Oswestry Disability Index (0–100 %) in the studied groups of patients

Оценки степени дегенеративных изменений МПД проксимального ПДС представлена в таблице 1.

При анализе выявлено статистически значимое изменение степени дегенерации в I группе ( $p_W = 0,03$ ), при этом во II группе значительных дегенеративных изменений в отдалённом послеоперационном периоде не зарегистрировано ( $p_W = 0,47$ ) (табл. 1).

При сравнении результатов ДВ-МРТ в исследуемых группах выявлено статистически значимое прогрессиру-

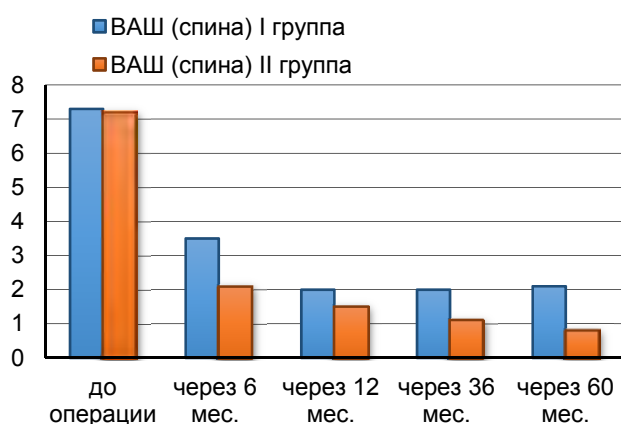


РИС. 2.

Динамика болевого синдрома (по ВАШ (0–10 см)) в поясничном отделе позвоночника и в нижних конечностях в исследуемых группах пациентов

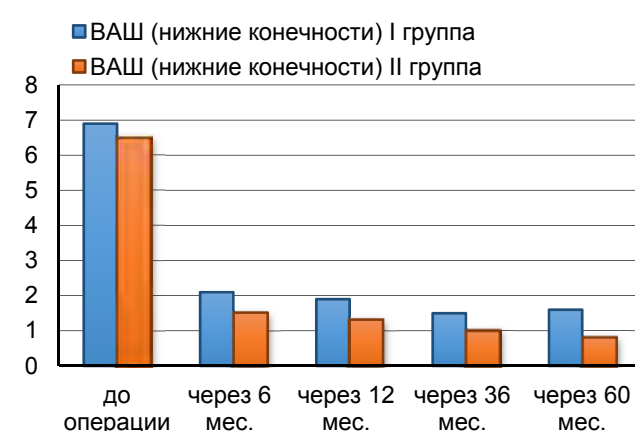
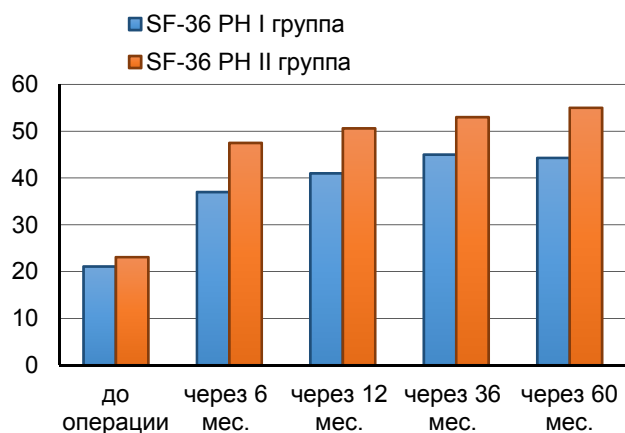


FIG. 2.

Dynamics of pain syndrome (according to visual analogue scale (0–10 cm)) in the lumbar spine and lower extremities in the studied groups of patients

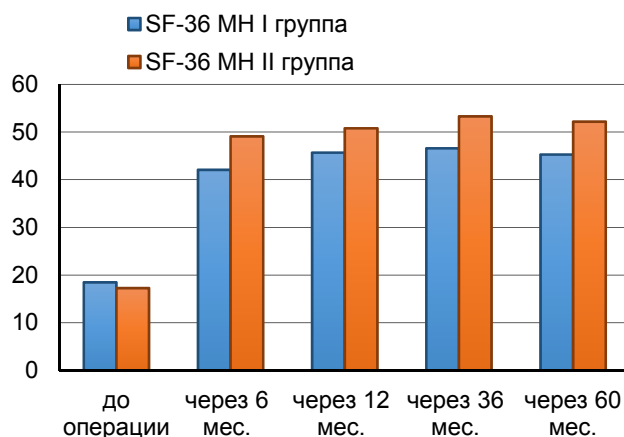
вание дегенерации МПД в I группе ( $p_W = 0,01$ ), при этом во II группе значительных дегенеративных изменений проксимального сегмента в отдалённом послеоперационном периоде не отмечено ( $p_W = 0,73$ ) (табл. 2).

После проведённого хирургического лечения в I группе в 24,1 % случаев выявлено прогрессирующее дегенерации проксимального МПД. В сроки от 12 до 60 месяцев после операции у 29 пациентов потребо-



**РИС. 4.**

Динамика функционального состояния по SF-36 в исследуемых группах пациентов: PH – физический компонент здоровья (physical health); MH – психологический компонент здоровья (mental health)



**FIG. 4.**

Dynamics of the functional state according to SF-36 questionnaire in the studied groups of patients: PH – Physical Health; MH – Mental Health

**ТАБЛИЦА 1**

**ДЕГЕНЕРАТИВНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОКСИМАЛЬНОГО МЕЖПОЗВОНКОВОГО ДИСКА У ПАЦИЕНТОВ ИССЛЕДУЕМЫХ ГРУПП**

Признак		I группа (n = 139)		II группа (n = 135)	
		до операции	через 60 месяцев	до операции	через 60 месяцев
Степень дегенерации диска по C.W. Pfirrmann, n (%)	I	–	–	–	–
	II	68 (47,3)	32 (22,1)	69(50,1)	62 (45,3)
	III	71 (52,7)	96 (68,8)	66(49,9)	73 (54,7)
	IV	–	11 (9,1)	–	–
	V	–	–	–	–

**TABLE 1**

**DEGENERATIVE CHANGES OF PROXIMAL INTERVERTEBRAL DISC IN PATIENTS OF THE STUDIED GROUPS**

**ТАБЛИЦА 2**

**РЕЗУЛЬТАТЫ ДИФфуЗИОННО-ВЗВЕШЕННОЙ МРТ ПРОКСИМАЛЬНОГО МЕЖПОЗВОНКОВОГО ДИСКА У ПАЦИЕНТОВ ИССЛЕДУЕМЫХ ГРУПП**

Признак	I группа (n = 139)		II группа (n = 135)	
	до операции	через 60 месяцев	до операции	через 60 месяцев
Измеряемый коэффициент диффузии (мм <sup>2</sup> /с, Me (25; 75))	1422 (1366; 1471)	1118 (1017; 1293)	1438 (1367; 1492)	1412 (1338; 1482)

**TABLE 2**

**RESULTS OF DIFFUSION-WEIGHTED MAGNETIC RESONANCE IMAGING OF PROXIMAL INTERVERTEBRAL DISC IN PATIENTS OF THE STUDIED GROUPS**

вались ревизионные вмешательства с продлением ригидной фиксации.

Во II группе дегенерация смежного проксимального МПД отмечена в 5,8 % случаев ( $p_{M-U} = 0,01$ ). Ревизионное вмешательство с продлением динамической стабилизации выполнено у 2 пациентов в сроки 36 и 60 месяцев после первичного вмешательства. Частота встречаемости ДЗСС у пациентов I группы составила 20,1 %, во II группе – 2,0 % ( $p_{M-U} = 0,002$ ).

При анализе выраженности дегенерации ДС по результатам ДЭКТ до операции зарегистрирована сопоставимая оптическая плотность элементов ДС между группами ( $p_{M-U} < 0,05$ ).

Через 60 месяцев отмечено прогрессирование дегенеративных процессов в ДС: в I группе плотность хрящевой пластинки увеличивалась на 13,4 % от дооперационных показателей, плотность наружной фасетки – на 15,1 %, плотность внутренней фасетки – на 15,6 %. Во II группе плотность хрящевой пластинки увеличивалась на 3,7 % от дооперационных показателей, плотность наружной фасетки – на 4,1 %, плотность внутренней фасетки – на 2,2 % ( $p_{M-U} < 0,05$ ) (табл. 3).

При сравнительном анализе по 5-балльной системе с расчётом риска и положительного результата стратегии по предложенным моделям оперативных вмешательств использовали тепловую карту для визуальной детализации степени дегенеративных процессов в ДС (рис. 5, 6). Каждый риск описан числом критериев, таких как оптическая плотность наружной и внутренней фасетки, области хрящевой пластинки по Хаунсфилду. Значение каждого из критериев риска ранжировали по вероятности наступления риска.

Так, при использовании традиционного способа с моносегментарной ригидной фиксацией (I группа) зарегистрировано прогрессирование дегенеративных процессов в элементах ДС, что может служить фактором риска развития ДЗСС в 75 % случаев. В то же время при использовании динамической стабилизации (II группа) степень дегенеративных изменений составила 50 % (рис. 6), что свидетельствовало о правильном распределении биомеханической нагрузки на верхний смежный сегмент.

Клинические примеры (рис. 7, 8) демонстрируют динамику дегенеративных процессов в МПД и ДС проксимального сегмента у пациентов I и II групп по данным ДВ-MPT и ДЭКТ до операции и через 60 месяцев после хирургического вмешательства.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Неудовлетворительные исходы после выполнения ригидных декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств в большинстве случаев связаны с нарушением естественной биомеханики элементов смежных сегментов [22]. Это стимулирует исследователей и клиницистов, с одной стороны, анализировать возможные факторы риска развития ДЗСС, с другой – использовать устройства, которые сохраняют нормальные параметры биомеханики оперированных и смежных сегментов [23, 24]. ДЗСС затрагивает ДС и МПД, являющиеся важными структурными элементами ПДС. Комплексная дооперационная нейровизуализация анатомических структур позвоночных сегментов позволяет прогнозировать отдалённые клинические результаты и своевременно принимать профилактические меры по предотвращению развития ДЗСС [16, 25].

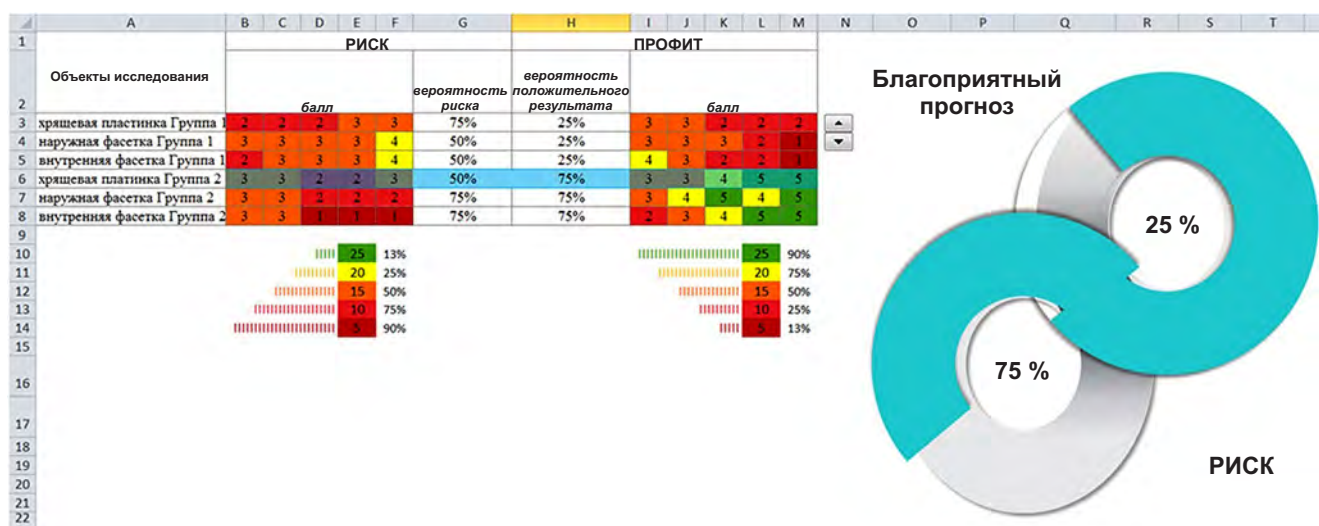
Так, J. Anandjiwala и соавт. [26] в своём проспективном исследовании выявили высокую частоту встречаемости признаков дегенерации смежных сегментов/ДЗСС у респондентов с исходной дегенерацией смежных МПД III степени по классификации C.W. Pfirrmann. Сходные данные получены в исследовании в работе J. Liang и соавт. [27], в которой чётко делается акцент на исходной дегенерации МПД III степени по C.W. Pfirrmann, что является одним из наиболее точных индикаторов развития ДЗСС.

Исходная дегенерация ДС также имеет важное значение в стабильности смежных ПДС; так, в работе A.M. Wu и соавт. [28] установлено, что исходная дегенерация ДС III степени по A. Fujiwara тоже является предиктором развития нестабильности в сегменте. Аналогич-

**ТАБЛИЦА 3**  
**ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОТНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ**  
**ДУГООТРОСЧАТЫХ СУСТАВОВ ВЕРХНЕГО СМЕЖНОГО**  
**УРОВНЯ У ПАЦИЕНТОВ ИССЛЕДУЕМЫХ ГРУПП**

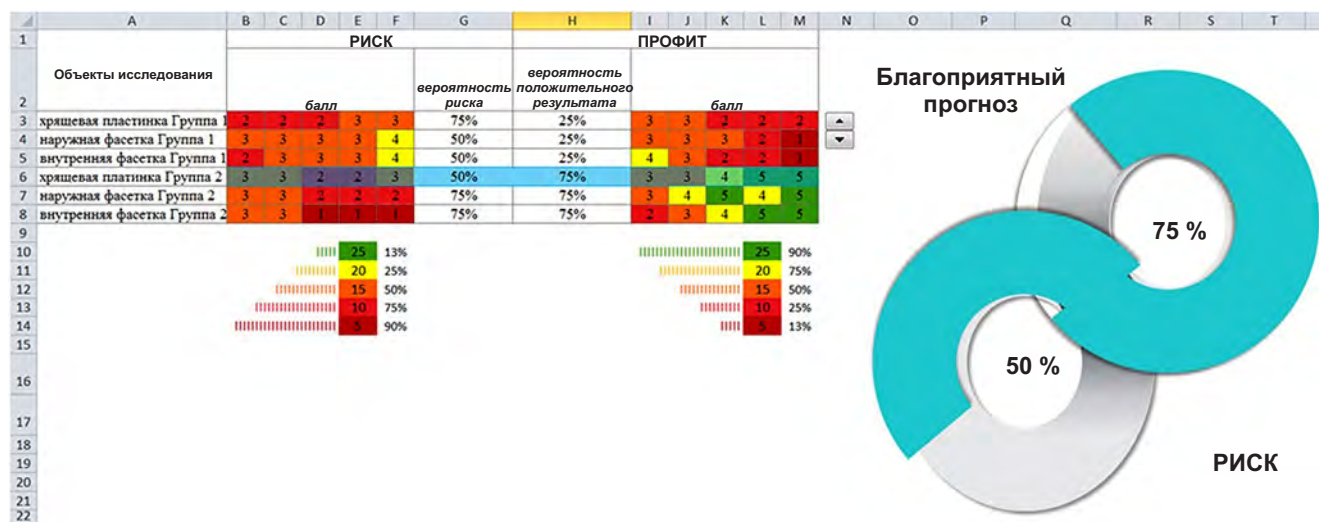
Признаки	I группа (n = 139)		II группа (n = 135)	
	до операции	через 60 месяцев	до операции	через 60 месяцев
Плотность хрящевой пластинки, HU	164,8 ± 14,2	221,2 ± 10,5	161,7 ± 15,8	171,2 ± 3,9
Плотность наружной фасетки, HU	713,65 ± 13,6	1035,3 ± 21,6	702,43 ± 12,3	730,9 ± 4,8
Плотность внутренней фасетки, HU	582,1 ± 15,1	899,9 ± 9,2	575,5 ± 11,6	586,2 ± 4,1

**TABLE 3**  
**DENSITY INDICATORS OF THE ELEMENTS OF FACET**  
**JOINT OF THE UPPER ADJACENT LEVEL IN PATIENTS**  
**OF THE STUDIED GROUPS**



**РИС. 5.**  
Сравнительный анализ состояния дугоотростчатых суставов с оценкой рисков прогрессирования дегенерации и положительных результатов лечения после ригидной фиксации (группа I)

**FIG. 5.**  
Comparative analysis of the state of facet joint with an assessment of the risks of degeneration progression and positive treatment results after rigid fixation (group I)



**РИС. 6.**  
Сравнительный анализ состояния дугоотростчатых суставов с оценкой рисков прогрессирования дегенерации и положительных результатов лечения после динамической стабилизации (II группа)

**FIG. 6.**  
Comparative analysis of the state of facet joint with an assessment of the risks of degeneration progression and positive treatment results after dynamic stabilization (group II)

ные результаты получены в работе S.V. Hadlow и соавт. [29] и A. Fujiwara и соавт. [30]. Авторы сообщают о недостаточной оценке хирургами степени исходной дегенерации смежного ПДС, а в частности, его динамических структур. Настоящее работа полностью подтверждает результаты ранее проведённых клинко-инструментальных исследований, а использование чувствительных методов нейровизуализации, таких как ДВ-МРТ и ДЭКТ, позволяет проводить оценку дегенеративных процессов на всех этапах лечения.

Проведённое исследование наглядно показало, что у пациентов, перенёсших заднюю траспедикулярную

фиксацию с использованием стержней из нитинола, получены лучшие отдалённые клинические результаты; данные результаты коррелируют с результатами ранее проведённых работ в направлении эффективности использования штанг и нитинола в сравнении с ригидной фиксацией [31, 32]. Так, во II группе респондентов прогрессирование дегенеративных процессов в МПД составило 5,8 %, и только в 2 % случаев регистрировали ДЗСС. В I группе зарегистрировано прогрессирование дегенеративных изменений ДС в виде увеличения оптической плотности хрящевой пластинки на 13,4 %, плотности наружной фасетки – на 15,1 %, плотности внутренней фа-



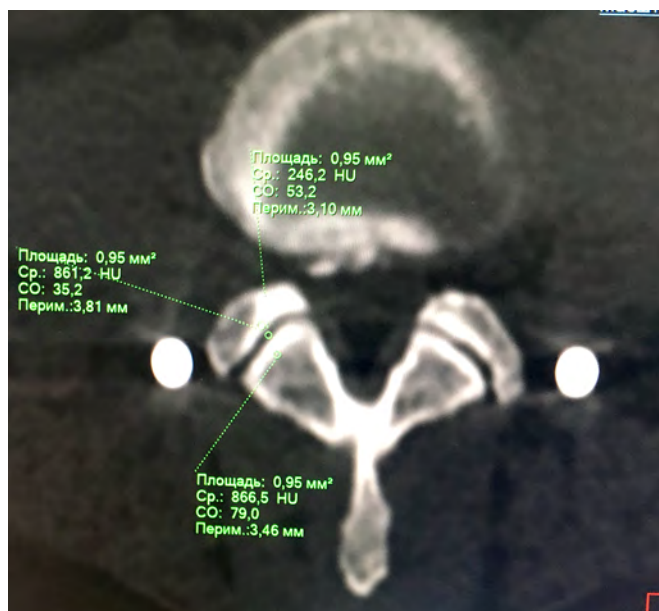
**а**



**б**



**в**



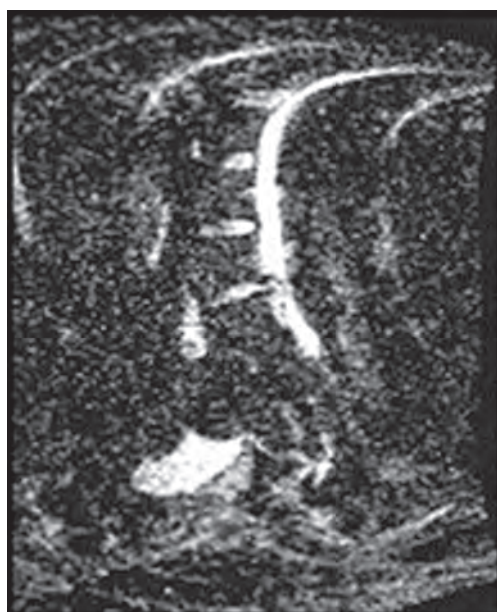
**г**

**РИС. 7.**

Пациент С., 32 года. Дегенеративное заболевание поясничного отдела позвоночника в сегменте  $L_V-S_I$ : **а** – диффузионно-взвешенная МРТ (ИКД:  $L_V-S_I$  – 1102 мм<sup>2</sup>/с;  $L_{IV}-L_V$  – 1415 мм<sup>2</sup>/с); **б** – аксиальная проекция КТ дугоотростчатого сустава (плотность хрящевой пластинки – 193,5 HU, наружной фасетки – 660,8 HU, внутренней фасетки – 603,3 HU); **в** – сагиттальная проекция диффузионно-взвешенной МРТ после оперативного вмешательства по методике TLIF и открытой транспедикулярной ригидной фиксации (ИКД:  $L_{IV}-L_V$  – 1175 мм<sup>2</sup>/с, отрицательная динамика); **г** – аксиальная проекция КТ дугоотростчатого сустава после оперативного вмешательства по методике TLIF и открытой транспедикулярной ригидной фиксации (плотность хрящевой пластинки – 246,2 HU, наружной фасетки – 861,2 HU, внутренней фасетки – 886,6 HU; отрицательная динамика увеличения плотности элементов дугоотростчатого сустава сегмента  $L_{IV}-L_V$ )

**FIG. 7.**

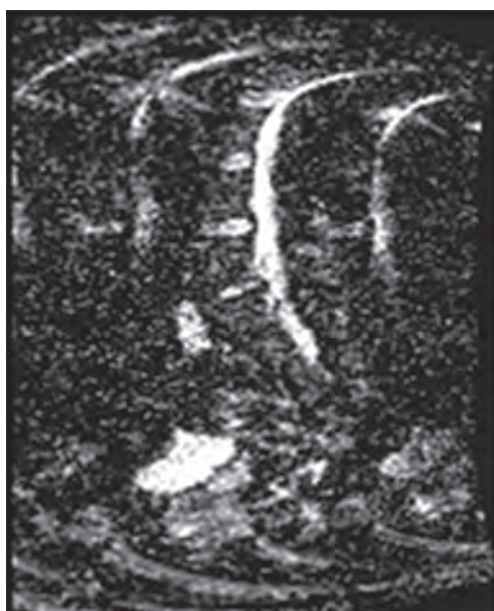
Patient S., 32 years old. Degenerative diseases of the lumbar spine in the  $L_V-S_I$  segment: **а** – diffusion-weighted magnetic resonance imaging (measured diffusion coefficient:  $L_V-S_I$  – 1102 мм<sup>2</sup>/sec,  $L_{IV}-L_V$  – 1415 мм<sup>2</sup>/sec); **б** – axial projection of computed tomography of facet joint (cartilaginous plate density – 193.5 HU, outer facet density – 660.8 HU, inner facet density – 603.3 HU); **в** – sagittal projection of diffusion-weighted magnetic resonance imaging after TLIF surgery and open transpedicular rigid fixation (measured diffusion coefficient:  $L_{IV}-L_V$  – 1175 мм<sup>2</sup>/sec, negative dynamics); **г** – axial projection of computed tomography of facet joint after surgical intervention using TLIF technique and open transpedicular rigid fixation (cartilaginous plate density – 246.2 HU, outer facet density – 861.2 HU, inner facet density – 886.6 HU; negative dynamics of an increase in the density of facet joint elements of  $L_{IV}-L_V$  segment)



**а**



**б**



**в**



**г**

**РИС. 8.**

Пациент Н., 36 лет. Дегенеративное заболевание поясничного отдела позвоночника в сегменте  $L_V-S_I$ : **а** – диффузионно-взвешенная МРТ (ИКД:  $L_V-S_I$  – 1141  $\text{мм}^2/\text{с}$ ,  $L_{IV}-L_V$  – 1424  $\text{мм}^2/\text{с}$ ); **б** – аксиальная проекция двухэнергетической КТ дугоотростчатого сустава (плотность хрящевой пластинки – 177,5 HU, наружной фасетки – 639,5 HU, внутренней фасетки – 630,8 HU); **в** – сагиттальная проекция диффузионно-взвешенной МРТ после декомпрессии со стабилизацией операционного сегмента стержнями из нитинола (ИКД:  $L_{IV}-L_V$  – 1395  $\text{мм}^2/\text{с}$ , без прогрессирования дегенерации смежного уровня по ИКД); **г** – аксиальная проекция двухэнергетической КТ дугоотростчатого сустава после декомпрессии со стабилизацией операционного сегмента стержнями из нитинола (плотность хрящевой пластинки – 192,0 HU, наружной фасетки – 693,2 HU, внутренней фасетки – 632,0 HU; незначительное прогрессирование дегенеративных процессов в элементах дугоотростчатого сустава сегмента  $L_{IV}-L_V$ )

**FIG. 8.**

Patient N., 36 years old. Degenerative disease of the lumbar spine in the  $L_V-S_I$  segment: **а** – diffusion-weighted magnetic resonance imaging (measured diffusion coefficient:  $L_V-S_I$  – 1141  $\text{мм}^2/\text{с}$ ,  $L_{IV}-L_V$  – 1424  $\text{мм}^2/\text{с}$ ); **б** – axial projection of computed tomography of facet joint (cartilaginous plate density – 177.5 HU, outer facet density – 639.5 HU, inner facet density – 630.8 HU); **в** – sagittal projection of diffusion-weighted magnetic resonance imaging after decompression with stabilization of the operative segment with nitinol rods (measured diffusion coefficient:  $L_{IV}-L_V$  – 1395  $\text{мм}^2/\text{с}$ , no progression of adjacent level degeneration according to measured diffusion coefficient); **г** – axial projection of computed tomography of facet joint after decompression with stabilization of the operative segment with nitinol rods (cartilaginous plate density – 192.0 HU, outer facet density – 693.2 HU, inner facet density – 632.0 HU; slight progression of degenerative processes in the facet joint elements of  $L_{IV}-L_V$  segment)

сетки – на 15,6 %. Во II группе выявлены незначительные изменения в виде увеличения оптической плотности: хрящевой пластинки – на 5,7 %, наружной фасетки – на 7,8 %, внутренней фасетки – на 4,2 %.

Таким образом, при сочетании исходной дегенерации проксимального сегмента в виде дегенерации ДС с плотностью хрящевой пластинки  $163,5 \pm 14,2$  НУ, наружной фасетки –  $709,35 \pm 13,6$  НУ, внутренней фасетки –  $578,1 \pm 12,1$  НУ, дегенерации МПД III, IV степени по С.W. Pfirrmann и ИКД менее  $1300 \text{ мм}^2/\text{с}$  имеются высокие риски развития ДЗСС, что регламентирует использование моносегментарной динамической фиксации с использованием стержней из нитинола или проведение превентивной ригидной фиксации смежного сегмента. Это позволит уменьшить число ранних и поздних ревизионных вмешательств, что согласуется с ранее проведёнными экспериментальными исследованиями [33].

Проведение комплексной нейровизуализации в предоперационном периоде при планировании декомпрессионно-стабилизирующих вмешательств позволяет оценить состояние проксимального МПД и ДС как основных предикторов развития ДЗСС, а также проводить прогнозирование отдалённых клинических результатов и своевременно принимать профилактические меры.

#### Ограничения исследования

Следует отметить, что проведённое исследование имеет определённые ограничения. Во-первых, исследование имеет малую однородную выборку без процедуры рандомизации, что может выступать причиной систематической ошибки. Во-вторых, в наблюдении не учитывались параметры фасеточного угла смежного сегмента, аномалия тропизма ДС, постоперационная жировая дегенерация параспинальных мышц и параметры позвоночно-тазового баланса, влияющие на риск развития ДЗСС после выполнения оперативных вмешательств на поясничном отделе позвоночного столба. В-третьих, в работе изучен только один способ профилактики ДЗСС с использованием штанг из нитинола без сравнения с другими видами стабилизации.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённое исследование показало, что сочетание исходной дегенерации проксимального сегмента в виде дегенерации ДС с плотностью хрящевой пластинки  $163,5 \pm 14,2$  НУ, наружной фасетки  $709,35 \pm 13,6$  НУ, внутренней фасетки  $578,1 \pm 12,1$  НУ и ИКД проксимального МПД менее  $1300 \text{ мм}^2/\text{с}$  повышает риски развития ДЗСС у пациентов с использованием ригидной фиксации на 24 %, тогда как у пациентов с использованием динамической фиксации риски развития составляют 1,2 %, так как сохраняются биомеханические параметры стабилизированного сегмента и таким образом происходит адекватное распределение на смежные сегменты.

Использование комплексной нейровизуализации в предоперационном периоде позволяет проводить прогнозирование результатов хирургического лечения, своевременно принимать профилактические меры

по профилактике ДЗСС и осуществлять динамическое наблюдение за процессами в структурах ПДС.

#### Конфликт интересов

Авторы настоящего исследования заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Byvaltsev VA, Kalinin AA, Hernandez PA, Shepelev VV, Pestryakov YY, Aliyev MA, et al. Molecular and genetic mechanisms of spinal stenosis formation: Systematic review. *Int J Mol Sci*. 2022; 23(21): 13479. doi: 10.3390/ijms232113479
2. Коновалов Н.А., Назаренко А.Г., Асютин Д.С., Зеленков П.В., Оноприенко Р.А., Королишин В.А., и др. Современные методы лечения дегенеративных заболеваний межпозвонкового диска. Обзор литературы. *Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко*. 2016; 80(4): 102-108. [Konovalov NA, Nazarenko AG, Asiutin DS, Zelenkov PV, Onoprienko RA, Korolishin VA, et al. Modern treatments for degenerative disc diseases of the lumbosacral spine. A literature review. *Zhurnal Voprosy Neurokhirurgii Imeni N.N. Burdenko*. 2016; 80(4): 102-108. (In Russ.)]. doi: 10.17116/neiro2016804102-108
3. Blumenthal S, Gill K. Complications of the Wiltse pedicle screw fixation system. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1993; 18(13): 1867-1871. doi: 10.1097/00007632-199310000-00024
4. Du Bois M, Szpalski M, Donceel P. A decade's experience in lumbar spine surgery in Belgium: Sickness fund beneficiaries 2000-2009. *Eur Spine J*. 2012; 21(12): 2693-2703. doi: 10.1007/s00586-012-2381-1
5. Басанкин И.В., Порханов В.А., Тахмязян К.К., Гюльзатян А.А., Малахов С.Б., Калугин Л.Ю., и др. Транспедикулярное эндоскопическое удаление грыж поясничного отдела позвоночника с высокой степенью миграции. *Нейрохирургия*. 2020; 22(3): 42-50. [Basankin IV, Porkhanov VA, Takhmazyan KK, Giulzatyan AA, Malakhov SB, Kalugin LYU, et al. Transpedicular endoscopic removal of highly migrated disc herniations of lumbar spine. *Russian Journal of Neurosurgery*. 2020; 22(3): 42-50. (In Russ.)]. doi: 10.17650/1683-3295-2020-22-3-42-50
6. Масевнин С.В., Пташников Д.А., Михайлов Д.А., Смекаленков О.А., Заборовский Н.С., Лапаева О.А., и др. Роль основных факторов риска в раннем развитии синдрома смежного уровня у пациентов после спондилодеза поясничного отдела позвоночника. *Хирургия позвоночника*. 2016; 13(3): 60-67. [Masevnin SV, Ptashnikov DA, Mikhailov DA, Smekalenkov OA, Zaborovsky NS, Lapaeva OA, et al. The role of the main risk factors in the early adjacent segment disease development in patients after lumbar fusion. *Russian Journal of Spine Surgery*. 2016; 13(3): 60-67. (In Russ.)]. doi: 10.14531/ss2016.3.60-67
7. Kuchta J, Sobottke R, Eysel P, Simons P. Two year results of interspinous spacer (X-STOP) implantation of 175 patients with neurologic intermittent claudication due to lumbar spinal stenosis. *Eur Spine J*. 2009; 18(6): 823-829. doi: 10.1007/s00586-009-0967-z
8. Lawrence BD, Wang J, Arnold PM, Hermsmeyer J, Norvell DC, Brodke DS. Predicting the risk of adjacent segment pathology after

lumbar fusion: A systematic review. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2012; 37(Suppl 22): S123-S132. doi: 10.1097/BRS.0b013e31826d60d8

9. Szpalski M, Gunzburg R, Mayer M. Spine arthroplasty: A historical review. *Eur Spine J*. 2002; 11(2): S65-S84. doi: 10.1007/s00586-002-0474-y

10. Wang H, Ma L, Yang D, Wang T, Liu S, Yang S, et al. Incidence and risk factors of adjacent segment disease following posterior decompression and instrumented fusion for degenerative lumbar disorders. *Medicine*. 2017; 96(5): 6032. doi: 10.1097/MD.00000000000006032

11. Prud'homme M, Barrios C, Rouch P, Charles YP, Steib JP, Skalli W. Clinical outcomes and complications after pedicle-anchored dynamic or hybrid lumbar spine stabilization: A systematic literature review. *J Spinal Disord Tech*. 2015; 28(8): E439-E448. doi: 10.1097/BSD.0000000000000092

12. Cai XY, Sun MS, Huang YP, Liu ZX, Liu CJ, Du CF, et al. Biomechanical effect of L4-L5 intervertebral disc degeneration on the lower lumbar spine: A finite element study. *Orthop Surg*. 2020; 12(3): 917-930. doi: 10.1111/os.12703

13. Senegas J. Mechanical supplementation by non-rigid fixation in degenerative intervertebral lumbar segments: The Wallis system. *Eur Spine J*. 2002; 11(Suppl 2): 164-169. doi: 10.1007/s00586-002-0423-9

14. Афаунов А.А., Басанкин И.В., Кузьменко А.В., Шаповалов В.К., Муханов М.Л. Предоперационное планирование при хирургическом лечении больных с поясничным спинальным стенозом дегенеративной этиологии. *Инновационная медицина Кубани*. 2020; 17(1): 6-15. [Afaunov AA, Basankin IV, Kuzmenko AV, Shapovalov VK, Mukhanov ML. Pre-operative planning in surgical treatment of patients with lumbar spinal stenosis of degenerative etiology. *Innovative Medicine of Kuban*. 2020; (1): 6-15. (In Russ.)]. doi: 10.35401/2500-0268-2020-17-1-6-15

15. Ghasemi AA. Adjacent segment degeneration after posterior lumbar fusion: An analysis of possible risk factors. *Clin Neurol Neurosurg*. 2016; (143): 15-18. doi: 10.1016/j.clineuro.2016.02.004

16. Yun YI, Jeon I, Kim SW, Yu D. Risk factors for adjacent segment disease requiring reoperation after posterior lumbar interbody fusion with screw fixation: Focus on paraspinal muscle, facet joint, and disc degeneration. *Acta Neurochir (Wien)*. 2022; 164(3): 913-922. doi: 10.1007/s00701-021-05073-x

17. Belykh E, Kalinin AA, Patel AA, Miller EJ, Bohl MA, Stepanov IA, et al. Apparent diffusion coefficient maps in the assessment of surgical patients with lumbar spine degeneration. *PLoS One*. 2017; 12(8): e0183697. doi: 10.1371/journal.pone.0183697

18. Byvaltsev VA, Kalinin AA, Shepelev VV, Pestryakov YY, Aliyev MA, Riew KD. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion (TLIF) compared with open TLIF for acute cauda equina syndrome: A retrospective single-center study with long-term follow-up. *World Neurosurg*. 2022; 166: e781-e789. doi: 10.1016/j.wneu.2022.07.148

19. Кривошеин А.Е., Конев В.П., Колесов С.В., Московский С.Н., Игнатьев Ю.Т., Никитенко С.А., и др. Морфологические и рентгенологические параметры фасеточных суставов в зависимости от степени дегенерации межпозвоночных дисков. *Гений ортопедии*. 2020; 26(4): 565-570. [Krivoshein AE, Konev VP, Kolesov SV, Moskovsky SN, Ignatiev YuT, Nikitenko SA, et al. Morphological and radiographic parameters of facet joints and their dependence on the grade of intervertebral disc degeneration.

*Genij Ortopedii*. 2020; 26(4): 565-570. (In Russ.)]. doi: 10.18019/1028-4427-2020-26-4-565-570

20. Терновой С.К., Серова Н.С., Абрамов А.С., Терновой К.С. Методика функциональной мультиспиральной компьютерной томографии шейного отдела позвоночника. *REJR*. 2016; 6(4): 38-43. [Ternovoy SK, Serova NS, Abramov AS, Ternovoy KS. Functional multislice computed tomography in the diagnosis of cervical spine vertebral-motor segment instability. *REJR*. 2016; 6(4): 38-43. (In Russ.)]. doi: 10.21569/2222-7415-2016-6-4-38-43

21. Кривошеин А.Е., Конев В.П., Колесов С.В., Московский С.Н. Сравнительный анализ рентгенологических параметров фасеточных суставов при хирургическом лечении пациентов с дегенеративными заболеваниями поясничного отдела позвоночника. *Инновационная медицина Кубани*. 2021; (1): 14-20. [Krivoshein AY, Konev VP, Kolesov SV, Moskovsky SN. Comparative analysis of radiologic aspects of facet joints in surgical treatment of patients with degenerative diseases of the lumbar spine. *Innovative Medicine of Kuban*. 2021; (1): 14-20. (In Russ.)]. doi: 10.35401/2500-0268-2021-21-1-14-20

22. Ebrahimkhani M, Arjmand N, Shirazi-Adl A. Biomechanical effects of lumbar fusion surgery on adjacent segments using musculoskeletal models of the intact, degenerated and fused spine. *Sci Rep*. 2021; 11: 17892. doi: 10.1038/s41598-021-97288-2

23. Bowers C, Amini A, Dailey AT, Schmidt MH. Dynamic interspinous process stabilization: Review of complications associated with the X-STOP device. *Neurosurg Focus*. 2010; 28(6): E8. doi: 10.3171/2010.3.FOCUS1047

24. Gomleksiz C, Sasani M, Okenoglu T, Ozer AF. A short history of posterior dynamic stabilization. *Adv Orthop*. 2012; 2012: 629-698. doi: 10.1155/2012/629698

25. Byvaltsev VA, Kalinin AA, Shepelev VV, Pestryakov YY, Jubaeva BA. Minimally invasive decompression alone versus fusion surgery for acute lumbar disk herniation combined incomplete cauda equina syndrome. *Clin Neurol Neurosurg*. 2023; 225: 107589. doi: 10.1016/j.clineuro.2023.107589

26. Anandjiwala J, Seo JY, Ha KY, Oh IS, Shin DC. Adjacent segment degeneration after instrumented posterolateral lumbar fusion: A prospective cohort study with a minimum five-year follow-up. *Eur Spine J*. 2011; 20(11): 1951-1960. doi: 10.1007/s00586-011-1917-0

27. Liang J, Dong Y, Zhao H. Risk factors for predicting symptomatic adjacent segment degeneration requiring surgery in patients after posterior lumbar fusion. *J Orthop Surg Res*. 2014; (9): 97. doi: 10.1186/s13018-014-0097-0

28. Wu AM, Zhou Y, Li QL, Wu XL, Jin YL, Luo P, et al. Interspinous spacer versus traditional decompressive surgery for lumbar spinal stenosis: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2014; 9(5): e97142. doi: 10.1371/journal.pone.0097142

29. Hadlow SV, Fagan AB, Hillier TM, Fraser RD. The Graf ligamentoplasty procedure. Comparison with posterolateral fusion in the management of low back pain. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1998; 23(10): 1172-1179. doi: 10.1097/00007632-199805150-00020

30. Fujiwara A, Lim TH, An HS, Tanaka N, Jeon CH, Andersson GB, et al. The effect of disc degeneration and facet joint osteoarthritis on the segmental flexibility of the lumbar spine. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2000; 25(23): 3036-3044. doi: 10.1097/00007632-200012010-00011

31. Колесов С.В., Казьмин А.И., Швец В.В., Гуца А.О., Полторако Е.Н., Басанкин И.В., и др. Сравнение эффективности приме-

нения стержней из нитинола и титановых стержней при хирургическом лечении дегенеративных заболеваний позвоночника с фиксацией пояснично-крестцового отдела. *Травматология и ортопедия России*. 2019; 25(2): 59-70. [Kolesov SV, Kazmin AI, Shvets VV, Gushcha AO, Poltorako EN, Basankin IV, et al. Comparison of nitinol and titanium nails effectiveness for lumbosacral spine fixation in surgical treatment of degenerative spine diseases. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2019; 25(2): 59-70. (In Russ.)]. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-59-70

32. Левченко С.К., Древалъ О.Н., Ильин А.А., Коллеров М.Ю., Рынков И.П., Басков А.В. Экспериментально-анатомическое

исследование функциональной транспедикулярной стабилизации позвоночника. *Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко*. 2011; 1: 20-26. [Levchenko SK, Dreval' ON, Ilyin AA, Kollerov MYu, Rynkov IP, Baskov AV. Experimental anatomical study of transpedicular stabilization of the spine. *Zhurnal Voprosy Neurokhirurgii Imeni N.N. Burdenko*. 2011; 75(1): 20-26. (In Russ.)].

33. Yamasaki K, Hoshino M, Omori K, Igarashi H, Nemoto Y, Tsuruta T, et al. Risk factors of adjacent segment disease after transforaminal inter-body fusion for degenerative lumbar disease. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2017; 42(2): E86-E92. doi: 10.1097/BRS.0000000000001728

#### Сведения об авторах

**Кривошеин Артем Евгеньевич** – кандидат медицинских наук, доцент кафедры травматологии и ортопедии, ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Минздрава России; научный руководитель отделения травматологии № 2, БУЗОО «Клинический медико-хирургический центр Министерства здравоохранения Омской области», e-mail: artem.vertebra@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1883-6784>

**Колесов Сергей Васильевич** – доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделением патологии позвоночника № 7, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова» Минздрава России, e-mail: dr-kolesov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9657-8584>

**Калинин Андрей Андреевич** – кандидат медицинских наук, доцент, врач-нейрохирург Центра нейрохирургии, ЧУЗ «Клиническая больница «РЖД-Медицина»; доцент кафедры нейрохирургии и инновационной медицины, ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России, e-mail: andrei\_doc\_v@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6059-4344>

**Конеv Владимир Павлович** – доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры судебной медицины и правоведения, ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Минздрава России, e-mail: vpkonev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5549-6897>

**Казмин Аркадий Иванович** – кандидат медицинских наук, врач отделения патологии позвоночника № 7, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова» Минздрава России, e-mail: kazmin.cito@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2330-0172>

**Московский Сергей Николаевич** – кандидат медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой судебной медицины и правоведения, ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Минздрава России, e-mail: Moscow-5@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8867-595X>

**Бывальцев Вадим Анатольевич** – доктор медицинских наук, профессор, руководитель Центра нейрохирургии, ЧУЗ «Клиническая больница «РЖД-Медицина»; заведующий кафедрой нейрохирургии и инновационной медицины, ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России; профессор кафедры травматологии, ортопедии и нейрохирургии, Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования – филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, e-mail: byval75vadim@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4349-7101>

#### Information about the authors

**Artem E. Krivoshein** – Cand. Sc. (Med.), Associate Professor at the Department of Traumatology and Orthopedics, Omsk State Medical University; Research Supervisor of the Department of Traumatology No. 2, Clinical Medical and Surgical Center of the Ministry of Health of the Omsk region, e-mail: artem.vertebra@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1883-6784>

**Sergey V. Kolesov** – Dr. Sc. (Med.), Professor, Head of the Department of Spinal Pathology No. 7, National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorov, e-mail: dr-kolesov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9657-8584>

**Andrei A. Kalinin** – Cand. Sc. (Med.), Docent, Neurosurgeon at the Center for Neurosurgery, Clinical Hospital "Russian Railways-Medicine"; Associate Professor at the Department of Neurosurgery and Innovative Medicine, Irkutsk State Medical University, e-mail: andrei\_doc\_v@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6059-4344>

**Vladimir P. Konev** – Dr. Sc. (Med.), Professor, Professor at the Department of Forensic Medicine and Law Science Omsk State Medical University, e-mail: vpkonev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5549-6897>

**Arkadii I. Kazmin** – Cand. Sc. (Med.), Physician at the Department of Spinal Pathology No. 7, National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorov, e-mail: kazmin.cito@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2330-0172>

**Sergey N. Moskovskiy** – Cand. Sc. (Med.), Docent, Head of the Department of Forensic Medicine and Law Science, Omsk State Medical University, e-mail: Moscow-5@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8867-595X>

**Vadim A. Byvaltsev** – Dr. Sc. (Med.), Professor, Head of the Center for Neurosurgery, Clinical Hospital "Russian Railways-Medicine"; Head of the Department of Neurosurgery and Innovative Medicine, Irkutsk State Medical University; Professor at the Department of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery, Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education – Branch Campus of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, e-mail: byval75vadim@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4349-7101>

# ОПЫТ ОДНО- И ДВУХСТОРОННЕЙ ТРАНСПЕДИКУЛЯРНОЙ ФИКСАЦИИ ПРИ ДЕГЕНЕРАТИВНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА

Сороковиков В.А.<sup>1,2</sup>,  
Потапов В.Э.<sup>1</sup>,  
Животенко А.П.<sup>1</sup>,  
Горбунов А.В.<sup>1</sup>,  
Скляренко О.В.<sup>1</sup>,  
Ларионов С.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии» (664003, г. Иркутск, ул. Борцов Революции, 1, Россия)

<sup>2</sup> Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования – филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России (664049, г. Иркутск, Юбилейный, 100, Россия)

Автор ответственный за переписку:  
Потапов Виталий Энгельсович,  
e-mail: pva454@yandex.ru

## РЕЗЮМЕ

**Цель исследования.** Изучить эффективность использования моносегментарных фиксирующих систем при операциях, сопровождающихся резекцией части дугоотростчатого сустава у пациентов заднебоковыми и фораминальными грыжами на поясничном отделе позвоночника.

**Материалы и методы.** В исследовании участвовали 40 пациентов с дегенеративно-дистрофическими заболеваниями поясничного отдела позвоночника, которым выполнены резекция медиальной фасетки и удаление задне-боковой или фораминальной грыжи диска. Среди них 10 пациентам проведена моноклатеральная одноуровневая фиксация транспедикулярными винтами с межтеловым спондилодезом титановым кейджем (ОТПФ-кейдж), а другим 10 – односторонняя моносегментарная транспедикулярная фиксация (ОТПФ). Оставшимся 20 пациентам выполнена двусторонняя транспедикулярная фиксация (ДТПФ). Проводилась оценка величины интраоперационной кровопотери, длительности операции и времени госпитализации, а также частота периоперационных осложнений в группах. Оценка боли по визуально-аналоговой шкале (ВАШ), степень ограничения жизнедеятельности на основании индекса Освестри и показателя Макнаб оценивались до и через 6 и 12 месяцев после операции.

**Результаты.** Интраоперационная кровопотеря в группах с ОТПФ-кейджем и ОТПФ была меньше, чем в группе с ДТПФ, так же, как и продолжительность операции; различия были статистически значимыми ( $p < 0,05$ ). Показатели ВАШ, индекс качества жизни Освестри в исследуемых группах свидетельствовали об эффективности технологии.

**Обсуждение.** Односторонние декомпрессиивно-стабилизирующие вмешательства у пациентов с заднебоковыми и фораминальными грыжами поясничного отдела позвоночника позволяют уменьшить продолжительность операции, объём кровопотери и выраженность болевого синдрома в послеоперационном периоде за счёт адекватной декомпрессии нервно-сосудистых образований позвоночного канала и стабилизации позвоночно-двигательного сегмента, что предотвращает рецидив заболевания и обеспечивает раннюю реабилитацию пациентов.

**Вывод.** Односторонняя транспедикулярная фиксация допустима и безопасна при поясничных дегенеративных заболеваниях, способствует улучшению качества жизни пациентов.

**Ключевые слова:** односторонняя транспедикулярная фиксация, поясничные дегенеративные заболевания, оценка по ВАШ, индекс Освестри

**Для цитирования:** Сороковиков В.А., Потапов В.Э., Животенко А.П., Горбунов А.В., Скляренко О.В., Ларионов С.Н. Опыт одно- и двухсторонней транспедикулярной фиксации при дегенеративных заболеваниях поясничного отдела позвоночника. *Acta biomedica scientifica*. 2023; 8(5): 73-80. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.7

Статья поступила: 24.04.2023

Статья принята: 04.10.2023

Статья опубликована: 05.12.2023

## EXPERIENCE OF UNILATERAL AND BILATERAL TRANSPEDICULAR FIXATION IN DEGENERATIVE DISEASES OF THE LUMBAR SPINE

Sorokovikov V.A.<sup>1,2</sup>,  
Potapov V.E.<sup>1</sup>,  
Zhivotenko A.P.<sup>1</sup>,  
Gorbunov A.V.<sup>1</sup>,  
Sklyarenko O.V.<sup>1</sup>,  
Larionov S.N.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology (Bortsov Revolyutsii str. 1, Irkutsk 664003, Russian Federation)

<sup>2</sup> Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education – Branch Campus of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education (Yubileyniy 100, Irkutsk 664049, Russian Federation)

Corresponding author:  
**Vitaly E. Potapov**,  
e-mail: pva454@yandex.ru

### ABSTRACT

**The aim.** To study the effectiveness of using monosegmental fixation systems in surgeries involving resection of part of the facet joint in patients with posterolateral and foraminal hernias in the lumbar spine.

**Materials and methods.** The study included 40 patients with degenerative diseases of the lumbar spine who underwent medial facet resection and the removal of posterolateral or foraminal disc hernia. Among them, 10 patients underwent unilateral single-level transpedicular fixation with interbody fusion using titanium cage (UTPF cage group), and the other 10 patients underwent unilateral monosegmental transpedicular fixation (UTPF group). The remaining 20 patients underwent bilateral transpedicular fixation (BTPF group). The amount of intraoperative blood loss, duration of surgery and length of hospital stay, as well as the frequency of perioperative complications in the groups were assessed. Visual analogue scale (VAS) pain score, Oswestry index and McNab score were assessed before and 6 and 12 months after surgery.

**Results.** Intraoperative blood loss in the UTPF cage and UTPF groups was less than in the BTPF group, as was the duration of surgery; the differences were statistically significant ( $p < 0.05$ ). Indicators of VAS score and Oswestry Quality of Life Index in the studied groups indicated the effectiveness of the technology.

**Discussion.** Unilateral decompressive and stabilizing surgeries in patients with posterolateral and foraminal hernias of the lumbar spine can reduce the duration of the surgery, the volume of blood loss and the severity of pain in the postoperative period due to adequate decompression of the neurovascular formations of the spinal canal and stabilization of the spinal motion segment, which prevents the relapse of the disease and provides early rehabilitation of patients.

**Conclusion.** Unilateral transpedicular fixation is acceptable and safe for lumbar degenerative diseases and improves the quality of life of the patients.

**Key words:** unilateral transpedicular fixation, lumbar degenerative diseases, VAS score, Oswestry index

Received: 24.04.2023  
Accepted: 04.10.2023  
Published: 05.12.2023

**For citation:** Sorokovikov V.A., Potapov V.E., Zhivotenko A.P., Gorbunov A.V., Sklyarenko O.V., Larionov S.N. Experience of unilateral and bilateral transpedicular fixation in degenerative diseases of the lumbar spine. *Acta biomedica scientifica*. 2023; 8(5): 73-80. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.7

## ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия в лечении дегенеративно-дистрофических заболеваний позвоночника наблюдается значимый прогресс, обусловленный разработкой обоснованной тактики и введением в хирургическую практику новых инструментальных технологий. Тем не менее, трудности в лечении таких пациентов сохраняются, так как клинические проявления вызваны не только компрессией нервных структур позвоночного канала, но и формированием нестабильности как в повреждённом, так и в смежных позвоночно-двигательных сегментах [1–3].

Краеугольным компонентом патологии дегенеративных заболеваний позвоночника выступают изменения межпозвонковых дисков и дугоотростчатых суставов и, как следствие, развитие сегментарной нестабильности [4, 5], что в ряде случаев трактуется как «дискогенная нестабильность» [6, 7]. Нарушение биомеханики позвоночного столба сопровождается не только линейным, но и угловым смещением позвонков и, как следствие, повреждением фиброзного кольца, связочного аппарата, а иногда и образованием грыжи диска и развитием корешкового и рефлекторно-тонического синдромов [8, 9]. Закономерен как исход изменений в позвоночно-двигательных сегментах в несостоятельность переднего и заднего опорных комплексов, так и развитие изменений трабекулярных структур позвонка, дегенерации дисковой ткани поражённого сегмента.

Дискэктомия является одной из распространённых методик хирургического лечения грыжевых образований при дегенеративно-дистрофических заболеваниях позвоночника. Однако удаление грыжи диска при резекции части дугоотростчатого сустава без фиксации позвоночно-двигательного сегмента сопровождается рецидивом боли и неудовлетворительными результатами лечения как вследствие сегментарной нестабильности, так и вследствие рецидива грыжи в 7–18 % случаев [10–13].

Анализ данных современной литературы с метаанализом результатов лечения свидетельствует об эффективности ригидной транспедикулярной фиксации, как и межтелового спондилодеза, для стабилизации позвоночного столба [14–17]. В то же время эти хирургические технологии имеют и такие недостатки, как выключение из биомеханики позвоночно-двигательного сегмента с развитием синдрома «смежного уровня», что может быть уменьшено за счёт односторонней транспедикулярной стабилизации [18–20]. Следует также обратить внимание на высокие риски инструментальной фиксации позвоночника у пациентов с анкилозирующим спондилитом, спондилоартрозом, остеопорозом. Хирургические вмешательства с массивной травмой паравerteбральных тканей также являются предикторами, ухудшающими исходы лечения, являющимися причиной рецидива боли и длительной продолжительности восстановительного лечения [21–23]. В отечественной литературе практически не освещены аспекты использования односторонних моносегментарных фиксаций, тогда как за рубежом технология широко распространена [18, 19].

## ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучить эффективность использования одно- и двухсторонних моносегментарных фиксирующих систем при операциях с резекцией части дугоотростчатого сустава у пациентов заднебоковыми и фораминальными грыжами в поясничном отделе позвоночника.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В клинике ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии» (ИНЦХТ) прооперировано 40 пациентов с дегенеративно-дистрофической патологией позвоночника. Среди них 10 пациентам после устранения компрессии корешка при резекции медиальной фасетки проведена односторонняя фиксация транспедикулярными винтами с межтеловым спондилодезом титановым кейджем (ОТПФ-кейджем), а другим 10 пациентам выполнена лишь односторонняя моносегментарная транспедикулярная фиксация (ОТПФ). Двусторонняя транспедикулярная фиксация (ДТПФ) выполнена 20 пациентам. В клинической картине заболевания у пациентов преобладал болевой радикулярный синдром в сочетании с вертеброгенным мышечно-тоническим синдромом. Всем больным проведено клинско-неврологическое, нейрофизиологическое, интроскопическое предоперационное обследование. Показаниями для операции служили неэффективность консервативного лечения, стойкий болевой корешковый синдром. В большинстве случаев межпозвонковая грыжа располагалась на уровне  $L_{IV}-L_V$  – у 26 (65 %), у 10 (25 %) – на уровне  $L_V-S_I$ , у 4 (10 %) – на уровне  $L_{II}-L_{III}$ . По полу и возрасту пациенты распределились следующим образом: женщин – 16 (40 %), мужчин – 24 (60 %); среди них 30 (75 %) пациентов трудоспособного возраста, от 38 до 65 лет. В группах пациенты не отличались по полу, возрасту, индексу массы тела (ИМТ), степени дегенерации межпозвонкового диска (МПД) (по классификации C.W. Pfirrmann). Данные представлены в таблице 1.

Технология удаления межпозвонковой грыжи диска осуществлялась по общепринятой методике с резекцией медиальной фасетки и фораминомиемией. Резекция части дугоотростчатого сустава позволила выделить спинномозговой корешок, произвести его смещение без грубых травматических воздействий с последующим удалением грыжи. С целью стабилизации позвоночно-двигательного сегмента односторонняя транспедикулярная фиксация была выполнена 20 пациентам. Среди них монолатеральная фиксация транспедикулярными винтами с межтеловым спондилодезом титановым кейджем осуществлена 10 пациентам (рис. 1).

**Критерии включения:** наличие заднебоковой или фораминальной грыжи с компрессией корешка; неэффективность консервативного лечения более 3 месяцев.

**Критерии исключения:** ожирение 2–3-й степени ( $ИМТ > 35 \text{ кг/м}^2$ ); спондилолистез II степени и выше; поясничный дегенеративный сколиоз; инфекционный процесс в фазе обострения; остеопороз. Соматические и клинические проявления в группах не имели стати-

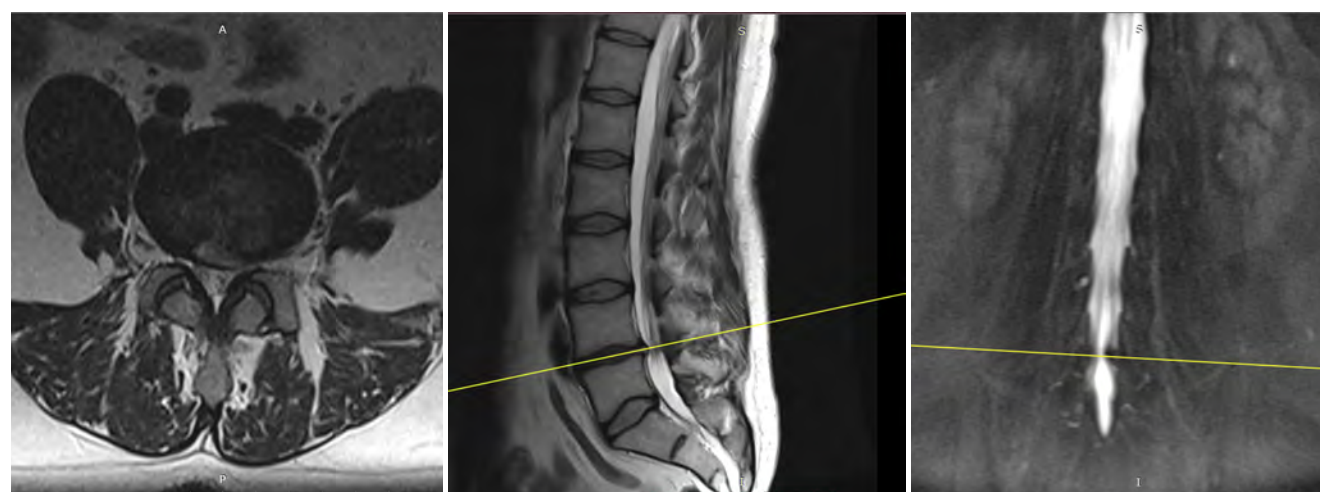
стически значимых различий и были сопоставимы. Пациенты подписали информированное согласие. Иссле-

дование разрешено этическим комитетом ИНЦХТ (протокол заседания № 9 от 08.12.2021).

**ТАБЛИЦА 1**  
**ХАРАКТЕРИСТИКА ГРУПП**

Показатели		ОТПФ-кейдж (n = 10)	ОТПФ (n = 10)	ДТПФ (n = 20)
Пол: муж./жен.		7 / 3	6 / 4	– / 8
Возраст		49,22 ± 4,8	50,18 ± 2,8	50,33 ± 4,5
ИМТ		29,1 ± 5,58	30,1 ± 3,23	30,5 ± 3,33
Степени дегенерации МПД (классификация C.W. Pfirrmann)	II степень	3	2	7
	III степень	7	8	11
	IV степень			2

**TABLE 1**  
**CHARACTERISTICS OF GROUPS**



**a**



**б**

**РИС. 1.**

**a** – магнитно-резонансная томография,  $T_2$ -взвешенное изображение, аксиальный и сагиттальный срезы: спондилоартроз, левосторонняя грыжа диска  $L_{IV}$ – $L_V$ ; **б** – мультиспиральная компьютерная томография поясничного отдела: наличие транспедикулярной фиксации  $L_{IV}$ – $L_V$  слева, межтеловой кейдж

**FIG. 1.**

**a** – MRI,  $T_2$ -weighted image, axial and sagittal sections: spondylarthrosis, left-sided  $L_{IV}$ – $L_V$  disc herniation; **б** – MSCT of the lumbar spine: transpedicular fixation of  $L_{IV}$ – $L_V$  on the left, interbody cage

Оценка результатов и удовлетворённость пациентов исходами лечения осуществлялась на основании визуально-аналоговой шкалы (ВАШ) боли, шкалы Макнаб и русской версии индекса Освестри [24].

Статистическая обработка проведена с использованием программы SPSS Statistics 10 (IBM Corp., США). Данные представлены в виде среднего значения и стандартного отклонения, а различия между группами проанализированы с использованием критерия Пирсона  $\chi^2$ . Статистическая значимость была определена как  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Оценка результатов хирургического лечения осуществлялась на основании регресса болевого вертеброгенного синдрома и неврологической симптоматики, восстановления статико-динамической функции позвоночника, показателей травматичности операции (продолжительность, величина кровопотери), удовлетворенности пациентов исходами. Данные представлены в таблице 2.

В результате анализа хирургического лечения было выявлено, что интраоперационная кровопотеря в группах с ОТПФ-кейджом и ОТПФ меньше, чем в группе с ДТПФ, так же, как и продолжительность операции.

Регресс болевого синдрома и улучшение качества жизни в послеоперационном периоде отмечены у всех пациентов при снижении оценки по ВАШ с  $8,39 \pm 0,3$  до  $2,39 \pm 0,3$  см ( $\chi^2 = 0,059$ ;  $p < 0,05$ ), а индекса Освестри – с  $66 \pm 0,35$  до  $31,7 \pm 0,28$  ( $\chi^2 = 0,018$ ;  $p < 0,05$ ). Купирование неврологической симптоматики (аллодиния, парестезии, слабость разгибателей стопы) отмечено у 38 пациентов. Все пациенты были активизированы на следующий день после операции с обязательной фиксацией поясничного отдела жёстким ортопедическим корсетом. Сроки послеоперационной реабилитации у пациентов составили от 1,5 до 2 месяцев, причём у мужчин они были меньше. За исключением 1 случая, все пациенты сохранили трудоспособность. В период 12-месячного наблюдения после операции имел место 1 случай усиления боли в поясничном отделе позвоночника на фоне прогрессирования дегенеративных изменений на смежном уровне при двусторонней транспедикулярной стабилизации. Пациент был вынужден изменить место работы. По данным контрольной мультиспиральной компьютерной томографии, несостоятельности имплантатов не выявлено. Таким образом, отличный и хороший результаты после дискэктомии при задне-боковых и фораминальных грыжах диска с одноуровневой транспедикулярной фиксацией достигнуты у всех пациентов при наблюдении в течение 12 месяцев.

ТАБЛИЦА 2  
РЕЗУЛЬТАТЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ

TABLE 2  
THE RESULTS OF SURGICAL TREATMENT

Показатели		ОТПФ-кейдж (n = 10)	ОТПФ (n = 10)	ДТПФ (n = 20)	p
Время операции (мин)		60 ± 1,9	56 ± 1,4	75 ± 1,7	$p < 0,05$
Кровопотеря (мл)		59,22 ± 2,8	57,18 ± 1,8	75,33 ± 2,5	$p < 0,05$
ВАШ	до операции	8,35 ± 0,3	8,39 ± 0,2	8,45 ± 0,4	$p > 0,05$
	при выписке из стационара	2,45 ± 0,3	2,35 ± 0,4	2,37 ± 0,4	
	через 6 мес.	1,23 ± 0,33	1,22 ± 0,36	1,41 ± 0,26	$p > 0,05$
	через 12 мес.	0,90 ± 0,11	0,82 ± 0,15	0,92 ± 0,20	
Индекс Освестри	до операции	66,3 ± 0,15	67,1 ± 0,25	64,6 ± 0,65	
	при выписке из стационара	31,7 ± 0,15	30,7 ± 0,15	32,7 ± 0,55	$p > 0,05$
	через 6 мес.	18,1 ± 0,25	17,7 ± 0,15	19,7 ± 0,15	
	через 12 мес.	9,16 ± 1,26	9,26 ± 1,45	12,26 ± 1,35	
Оценка по шкале Макнаб при выписке из стационара	отлично	10	9	18	
	хорошо	–	1	2	$p > 0,05$
	удовлетворительно	–	–	–	
Оценка по шкале Макнаб через 6 мес. после выписки	отлично	10	9	18	
	хорошо	–	1	2	$p > 0,05$
	удовлетворительно	–	–	–	
Оценка по шкале Макнаб через 12 мес. после выписки	отлично	10	9	17	
	хорошо	–	1	2	$p > 0,05$
	удовлетворительно	–	–	1	

## ОБСУЖДЕНИЕ

Задние доступы к структурам позвоночного канала при дискэтомии с последующей монолатеральной инструментальной стабилизацией позвоночного сегмента, как и классические технологии транспедикулярной фиксации, способствуют фиксации повреждённого позвоночно-двигательного сегмента, но в то же время позволяют избежать излишней травматизации мягких тканей [25–28]. Известно, что на этапе декомпрессии невралных образований позвоночного канала у пациентов с задне-боковыми и фораминальными межпозвоноковыми грыжами для невролиза и мобилизации корешкового нерва целесообразно выполнять резекцию части дуготростчатого сустава, что предопределяет нестабильность сегмента. Другими рисками микрохирургического удаления грыжи диска являются её рецидив в сформированный дефект фиброзного кольца, повышенная нагрузка на дуготростчатые суставы и экзациация болевого синдрома [29]. Профилактика рецидива грыжи диска может быть достигнута за счёт использования кейджа или протеза фиброзного кольца межпозвоночного диска Barricaid [30], тогда как стабилизация опорных структур позвоночно-двигательного сегмента (ПДС) достигается односторонней одноуровневой транспедикулярной фиксацией в сочетании с межтеловым кейджем или без неё [31–33].

Совершенствование технологии оперативного лечения дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника позволяет сформулировать основные положения, нивелирующие риски развития рецидива заболевания. Во-первых, оперативное лечение компрессионных форм дегенеративного поражения позвоночника должно обеспечить полноценную декомпрессию нервно-сосудистых образований позвоночного канала. Во-вторых, фиксация повреждённого позвоночно-двигательного сегмента предотвращает рецидив заболевания, обеспечивает раннюю реабилитацию пациентов. Эти положения связаны как с современными технологиями хирургии позвоночника, так и с применением микрохирургической техники.

Наш опыт, как и данные литературы о применении одно- и двухсторонних одноуровневых фиксирующих систем у пациентов с заднебоковыми и фораминальными грыжами поясничного отдела позвоночника, свидетельствуют об их эффективности. Снижение травматичности и продолжительности операции, объёма кровопотери – основные предикторы эффективности использования односторонних моносегментарных систем [26, 27].

Результаты исследования позволяют предположить, что для профилактики рецидива грыжи и нестабильности ПДС могут быть использованы технологии как односторонней, так и двусторонней фиксации, однако снижение травматичности вмешательства свидетельствует в пользу монолатеральных систем. Проблема нуждается в дальнейшем подробном и мультицентровом изучении и накоплении клинических данных как в зарубежной, так и в отечественной практике.

## ВЫВОДЫ

Современные хирургические технологии при операциях с резекцией части дуготростчатого сустава у пациентов с заднебоковыми и фораминальными грыжами в поясничном отделе позвоночника позволяют осуществить адекватную декомпрессию невралных структур позвоночного канала и стабилизацию ПДС.

Односторонняя моносегментарная инструментальная фиксация – эффективная технология, позволяющая достигнуть консолидации, обеспечить раннюю активизацию и социальную адаптацию пациентов.

### Источник финансирования

Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

### Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Wang Y, Huang K. Research progress of diagnosing methodology for lumbar segmental instability: A narrative review. *Medicine (Baltimore)*. 2022; 101(1): e28534. doi: 10.1097/MD.00000000000028534
2. Евсюков А.В., Климов В.С., Лопарев Е.А. Результаты повторных вмешательств после инструментальной фиксации позвоночника при дегенеративно-дистрофическом заболевании поясничного отдела позвоночника. *Нейрохирургия*. 2017; (4): 65-73. [Evsyukov AV, Klimov VS, Loparev EA. Results of repeated surgical interventions after instrumental fixation of vertebral column in patients with degenerative-dystrophic disease of lumbar spine. *Russian Journal of Neurosurgery*. 2017; (4): 65-73. (In Russ.)].
3. Яриков А.В., Смирнов И.И., Перльмуттер О.А., Фраерман А.П., Калинин А.А., Соснин А.Г., и др. Стеноз позвоночного канала поясничного отдела позвоночника. *Клиническая практика*. 2020; 11(3): 50-60. [Yarikov AV, Smirnov II, Perlmutter OA, Fraerman AP, Kalinkin AA, Sosnin AG, et al. Stenosis of the vertebral canal of the lumbar spine. *Journal of Clinical Practice*. 2020; 11(3): 50-60. (In Russ.)]. doi: 10.17816/clinpract34032
4. Varlotta GP, Lefkowitz TR, Schweitzer M, Errico TJ, Spivak J, Bendo JA, et al. The lumbar facet joint: A review of current knowledge: Part 1: Anatomy, biomechanics, and grading. *Skeletal Radiol*. 2011; 40(1): 13-23. doi: 10.1007/s00256-010-0983-4
5. Varlotta GP, Lefkowitz TR, Schweitzer M, Errico TJ, Spivak J, Bendo JA, et al. The lumbar facet joint: A review of current knowledge: Part II: Diagnosis and management. *Skeletal Radiol*. 2011; 40(2): 149-157. doi: 10.1007/s00256-010-0984-3
6. Сороковиков В.А. Формирование синдрома нестабильности позвоночно-двигательного сегмента и патогенетически обоснованные способы его коррекции: автореф. дис. докт. мед. наук. Иркутск; 2003. [Sorokovikov VA. Formation of spinal motion segment instability syndrome and pathogenetically substantiated methods for its correction: Abstract of the Dissertation of Dr. Sc. (Med.). Irkutsk; 2003. (In Russ.)].

7. Фраерман А.П., Яриков А.В., Котельников А.О., Смирнов И.И., Леонов В.А., Хомченков М.В., и др. Сегментарная нестабильность в поясничном отделе позвоночника при дегенеративно-дистрофических заболеваниях. *Наука и инновации в медицине*. 2020; 5(3): 164-169. [Fraerman AP, Yarikov AV, Kotelnikov AO, Smirnov II, Leonov V.A., Khomchenkov MV, et al. Lumbar spine segmental instability in degenerative spine conditions. *Science and Innovations in Medicine*. 2020; 5(3): 164-169. (In Russ.)]. doi: 10.35693/2500-1388-2020-5-3-164-169
8. Никитин А.С., Гринь А.А. Диагностика нестабильности при дегенеративной болезни пояснично-крестцового отдела позвоночника. *Нейрохирургия*. 2017; (3): 102-111. [Nikitin AS, Grin' AA. Diagnostics of instability at patients with degenerative disease of lumbar and sacral spine. *Russian Journal of Neurosurgery*. 2017; (3): 102-111. (In Russ.)].
9. Крутько А.В., Байков Е.С., Коновалов Н.А., Назаренко А.Г. Сегментарная нестабильность позвоночника: нерешенные вопросы. *Хирургия позвоночника*. 2017; 14(3): 74-83. [Krutko AV, Baikov ES, Kononov NA, Nazarenko AG. Segmental spinal instability: Unsolved problems. *Russian Journal of Spine Surgery*. 2017; 14(3): 74-83. (In Russ.)]. doi: 10.14531/ss2017.3.74-83
10. Kim SK, Kang SS, Hong YH, Park SW, Lee SC. Clinical comparison of unilateral biportal endoscopic technique versus open microdiscectomy for single-level lumbar discectomy: A multicenter, retrospective analysis. *J Orthop Surg Res*. 2018; 13(1): 22. doi: 10.1186/s13018-018-0725-1
11. Qin R, Liu B, Hao J, Zhou P, Yao Y, Zhang F, et al. Percutaneous endoscopic lumbar discectomy versus posterior open lumbar microdiscectomy for the treatment of symptomatic lumbar disc herniation: A systemic review and meta-analysis. *World Neurosurg*. 2018; 120: 352-362. doi: 10.1016/j.wneu.2018.08.236
12. Zhang J, Liu TF, Shan H, Wan ZY, Wang Z, Viswanath O, et al. Decompression using minimally invasive surgery for lumbar spinal stenosis associated with degenerative spondylolisthesis: A review. *Pain Ther*. 2021; 10: 941-959. doi: 10.1007/s40122-021-00293-6
13. Thomé C, Klassen PD, Bouma GJ, Kuršumović A, Fandino J, Barth M, et al.; Annular Closure RCT Study Group. Annular closure in lumbar microdiscectomy for prevention of reherniation: A randomized clinical trial. *Spine J*. 2018; 18(12): 2278-2287. doi: 10.1016/j.spinee.2018.05.003
14. Шнякин П.Г., Ботов А.В., Амелченко А.А. Хирургические методы лечения рецидива болевого синдрома при дегенеративной патологии поясничного отдела позвоночника. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. 2018; 12(3): 61-68. [Shnyakin PG, Botov AV, Amelchenko AA. Surgical methods of treatment of back pain syndrome recurrence in the degenerative pathology of the lumbar spine. *Annals of Clinical and Experimental Neurology*. 2018; 12(3): 61-68. (In Russ.)]. doi: 10.25692/ACEN.2018.3.8
15. Масевнин С.В., Пташников Д.А., Михайлов Д.А., Смекаленков О.А., Заборовский Н.С., Лапаева О.А., и др. Роль основных факторов риска в раннем развитии синдрома смежного уровня у пациентов после спондилодеза поясничного отдела позвоночника. *Хирургия позвоночника*. 2016; 13(3): 60-67. [Masevnnin SV, Ptashnikov DA, Mikhailov DA, Smekalenkov OA, Zaborovsky NS, Lapaeva OA, et al. The role of the main risk factors in the early adjacent segment disease development in patients after lumbar fusion. *Russian Journal of Spine Surgery*. 2016; 13(3): 60-67. (In Russ.)]. doi: 10.14531/ss2016.3.60-67
16. Животенко А.П., Потапов В.Э., Кошкарёва З.В., Соколовых В.А. Клинический случай хирургического лечения смежного сегмента позвоночника при спондилодезе. *Acta biomedica scientifica*. 2020; 5(5): 53-59. [Zhivotenko AP, Potapov VE, Koshkareva ZV, Sokolovich VA. A clinical case of surgical treatment of the adjacent segment of the spine during fusion. *Acta biomedica scientifica*. 2020; 5(5): 53-59. (In Russ.)]. doi: 10.29413/ABS.2020-5.5.7
17. Макиров С.К., Юз А.А., Джахаф М.Т., Гусев С.С. Современные возможности задней динамической стабилизации позвоночника в профилактике синдрома смежного уровня: обзор литературы. *Хирургия позвоночника*. 2015; 12(1): 46-62. [Makirov SK, Yuz AA, Jahaf MT, Gusev SS. Modern opportunities of posterior dynamic stabilization of the spine to prevent adjacent segment syndrome: Review of the literature. *Russian Journal of Spine Surgery*. 2015; 12(1): 46-62. (In Russ.)]. doi: 10.14531/ss2015.1.46-62
18. Lu P, Pan T, Dai T, Chen G, Shi KQ. Is unilateral pedicle screw fixation superior than bilateral pedicle screw fixation for lumbar degenerative diseases: A meta-analysis. *J Orthop Surg Res*. 2018; 13(1): 296. doi: 10.1186/s13018-018-1004-x
19. Fujii K, Yamazaki M, Kang JD, Risbud MV, Cho SK, Qureshi SA, et al. Discogenic back pain: Literature review of definition, diagnosis, and treatment. *JBMR Plus*. 2019; 3(5): e10180. doi: 10.1002/jbm4.10180
20. Irmola TM, Häkkinen A, Järvenpää S, Marttinen I, Vihtonen K, Neva M. Reoperation rates following instrumented lumbar spine fusion. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2018; 43(4): 295-301. doi: 10.1097/BRS.0000000000002291
21. Афаунов А.А., Басанкин И.В., Кузьменко А.В., Шаповалов В.К. Анализ причин ревизионных операций при хирургическом лечении больных с поясничными стенозами дегенеративной этиологии. *Хирургия позвоночника*. 2014; 1: 86-93. [Afaunov AA, Basankin IV, Kuzmenko AV, Shapovalov VK. Analysis of reasons for revision surgery in patients treated for degenerative lumbar spinal stenosis. *Russian Journal of Spine Surgery*. 2014; 1: 86-93. (In Russ.)].
22. Климов В.С., Евсюков А.В., Халепа Р.В., Рябых С.О., Амелина Е.В., Маркин С.П., и др. Анализ структуры ревизионных вмешательств у пациентов пожилого и старческого возраста с дегенеративной патологией поясничного отдела позвоночника. *Нейрохирургия*. 2021; 23(1): 47-61. [Klimov VS, Evsyukov AV, Khalepa RV, Ryabykh SO, Amelina EV, Markin SP, et al. Analysis of the structure of revision interventions in elderly and senile patients with degenerative pathology of the lumbar spine. *Russian Journal of Neurosurgery*. 2021; 23(1): 47-61. (In Russ.)]. doi: 10.17650/1683-3295-2021-23-1-47-61
23. De Kunder SL, Rijkers K, Caelers IJMH, de Bie RA, Koehler PJ, van Santbrink H. Lumbar interbody fusion: A historical overview and a future perspective. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2018; 43(16): 1161-1168. doi: 10.1097/BRS.0000000000002534
24. Бахтадзе М.А., Болотов Д.А., Кузьминов К.О. Индекс ограничения жизнедеятельности из-за боли в нижней части спины (опросник Освестри): оценка надежности и валидности русской версии. *Мануальная терапия*. 2016; 4(64): 24-33. [Bakhtadze MA, Bolotov DA, Kuzminov KO. Oswestry disability index: A study of reliability and validity of the Russian version. *The Manual Therapy Journal*. 2016; 4(64): 24-33. (In Russ.)].
25. Сампиев М.Т., Сычеников Б.А., Скабцов Н.В., Лягин А.С., Рынков И.П. Малоинвазивные методы оперативного лечения грыжи поясничного отдела позвоночника. *Русский медицинский журнал. ПМЖ. Медицинское обозрение*. 2019; 3(7): 21-27. [Sampiev MT, Sychenikov BA, Skabcovs NV, Lyagin AS, Rynkov IP. Minimally invasive surgical techniques for herniated disks in the lumbar spine. *Russian Medical Inquiry*. 2019; 3(7): 21-27. (In Russ.)].

26. Liu H, Xu Y, Yang SD, Wang T, Wang H, Liu FY, et al. Unilateral versus bilateral pedicle screw fixation with posterior lumbar interbody fusion for lumbar degenerative diseases: A meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2017; 96(21): e6882. doi: 10.1097/MD.0000000000006882
27. Li H, Wang Z, Zhao J, Wu S, Sun H, Hu L, et al. Effects of unilateral and bilateral pedicle screw fixation on symptoms and quality of life of patients with lumbar degenerative diseases. *Am J Transl Res*. 2021; 13(5): 5216-5223.
28. Muthu S, Chellamuthu G. How safe is unilateral pedicle screw fixation in lumbar fusion surgery for management of 2-level lumbar degenerative disorders compared with bilateral pedicle screw fixation? Meta-analysis of randomized controlled trials. *World Neurosurg*. 2020; 140: 357-368. doi: 10.1016/j.wneu.2020.05.078
29. Kim CH, Chung CK, Park CS, Choi B, Kim MJ, Park BJ. Re-operation rate after surgery for lumbar herniated intervertebral disc disease: Nationwide Cohort Study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013; 38(7): 581-590. doi: 10.1097/BRS.0b013e318274f9a7
30. Kurzbuch AR, Tuleasca C, Fournier JY. Lumbar discectomy with annulus fibrosus closure: A retrospective series of 53 consecutive patients. *Neurochirurgie*. 2022; 68(4): 393-397. doi: 10.1016/j.neuchi.2021.12.009
31. Xin Z, Li W. Unilateral versus bilateral pedicle screw fixation in short-segment lumbar spinal fusion: A meta-analysis of randomised controlled trials. *Int Orthop*. 2016; 40(2): 355-364. doi: 10.1007/s00264-015-2842-3
32. Godinho MI, Carvalho V, Matos MT, Fernandes PR, Castro APG. Computational modeling of lumbar disc degeneration before and after spinal fusion. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2021; 90: 105490. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2021.105490
33. Zhao Y, Yang S, Ding W. Unilateral versus bilateral pedicle screw fixation in lumbar fusion: A systematic review of overlapping meta-analyses. *PLoS One*. 2019; 14(12): e0226848. doi: 10.1371/journal.pone.0226848

#### Сведения об авторах

**Сороковиков Владимир Алексеевич** – доктор медицинских наук, профессор, директор, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии»; заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и нейрохирургии, Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования – филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, e-mail: [vasorokovikov@mail.ru](mailto:vasorokovikov@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-9008-6383>

**Потапов Виталий Энгельсович** – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник научно-клинического отдела нейрохирургии, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: [pva454@yandex.ru](mailto:pva454@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0001-9167-637X>

**Животенко Александр Петрович** – младший научный сотрудник научно-клинического отдела нейрохирургии, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: [sivotenko1976@mail.ru](mailto:sivotenko1976@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-4032-8575>

**Горбунов Анатолий Владимирович** – врач-нейрохирург нейрохирургического отделения, младший научный сотрудник научно-клинического отдела нейрохирургии, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии»; e-mail: [a.v.gorbunov58@mail.ru](mailto:a.v.gorbunov58@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-1352-0502>

**Склярёнок Оксана Васильевна** – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник научно-клинического отдела нейрохирургии, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии»; e-mail: [oxanasklyarenko@mail.ru](mailto:oxanasklyarenko@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0003-1077-7369>

**Ларионов Сергей Николаевич** – доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник, заведующий научно-клиническим отделом нейрохирургии, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии»; e-mail: [snlar@mail.ru](mailto:snlar@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0001-9189-3323>

#### Information about the authors

**Vladimir A. Sorokovikov** – Dr. Sc. (Med.), Professor, Director, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology; Head of the Department of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery, Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education – Branch Campus of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, e-mail: [vasorokovikov@mail.ru](mailto:vasorokovikov@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-9008-6383>

**Vitaly E. Potapov** – Cand. Sc. (Med.), Senior Research Officer at the Clinical Research Department of Neurosurgery, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: [pva454@yandex.ru](mailto:pva454@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0001-9167-637X>

**Aleksandr P. Zhivotenko** – Research Officer at the Research Clinical Department of Neurosurgery, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: [sivoten-ko1976@mail.ru](mailto:sivoten-ko1976@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-4032-8575>

**Anatoly V. Gorbunov** – Neurosurgeon at the Neurosurgical Department, Research Officer at the Clinical Research Department of Neurosurgery, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: [a.v.gorbunov58@mail.ru](mailto:a.v.gorbunov58@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-1352-0502>

**Oksana V. Sklyarenko** – Cand. Sc. (Med.), Senior Research Officer at the Clinical Research Department of Neurosurgery, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: [oxanasklyarenko@mail.ru](mailto:oxanasklyarenko@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0003-1077-7369>

**Sergey N. Larionov** – Dr. Sc. (Med.), Leading Research Officer, Head of the Clinical Research Department of Neurosurgery, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: [snlar@mail.ru](mailto:snlar@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0001-9189-3323>

#### Вклад авторов

Сороковиков В.А. – научное редактирование и утверждение рукописи для публикации.

Потапов В.Э. – поисково-аналитическая работа, лечение и обследование пациентов, проведение хирургической процедуры.

Животенко А.П. – поисково-аналитическая работа, написание текста статьи.

Горбунов А.В. – лечение и обследование пациентов, проведение хирургической процедуры.

Склярёнок О.В. – динамическое наблюдение и контроль за пациентами после хирургического вмешательства.

Ларионов С.Н. – обсуждение результатов исследования, написание текста статьи.

Статья опубликована в рамках Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 25-летию Иркутского научного центра хирургии и травматологии.

## ОНКОЛОГИЯ ONCOLOGY

### ДИФFUЗНАЯ КРУПНОКЛЕТОЧНАЯ В-КЛЕТОЧНАЯ ЛИМФОМА ЯИЧКА. КЛИНИЧЕСКАЯ ЛЕКЦИЯ И НАБЛЮДЕНИЕ ИЗ ПРАКТИКИ

Леявин К.Б.<sup>1</sup>,  
Тараненко А.В.<sup>1</sup>,  
Брюханов В.Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования – филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России (664049, г. Иркутск, Юбилейный, 100, Россия)

<sup>2</sup> Центр магнитно-резонансной томографии «МРТ-Лидер» (664007, г. Иркутск, ул. Карла Либкнехта, 9, Россия)

Автор, ответственный за переписку:  
Леявин Кирилл Борисович,  
e-mail: Lelyavink@rambler.ru

#### РЕЗЮМЕ

Лимфома представляет собой гетерогенную группу злокачественных новообразований лимфоцитов, которые могут вовлекать лимфатическую ткань, костный мозг или экстранодальные локализации. В лекции приводится краткий обзор современного состояния проблемы диагностики и лечения первичной лимфомы яичка. Первичная лимфома яичка (ПЛЯ) является редкой лимфоидной злокачественной опухолью. ПЛЯ, хотя и встречается редко, представляет собой наиболее распространенный вид опухоли яичка у мужчин старше 60 лет. Наиболее часто встречающимся гистологическим типом является диффузная крупноклеточная В-клеточная лимфома. На сегодняшний день нет хорошо задокументированных этиологических факторов или факторов риска ПЛЯ. В отличие от других распространенных новообразований яичка, не наблюдалось статистически значимой связи ПЛЯ с крипторхизмом, травмой, хроническим орхитом или бесплодием. Ультразвуковое исследование, как правило, является методом визуализации первой линии, используемым для характеристики поражений яичка. ПЛЯ проявляется в виде гипозоногенного образования, которое может иметь вид как одиночного крупного образования, так и множественных мелких образований, занимающих большую часть паренхимы яичка или полностью её замещающих. Системное лечение, включая орхиэктомию, химиотерапию, лучевую терапию и интраатекальную профилактику, необходимо для всех пациентов с ПЛЯ. Помимо достижения полной ремиссии, целью лечения ПЛЯ является предотвращение рецидивов в контралатеральное яичко и центральную нервную систему. Представленный материал дополнен собственным наблюдением и иллюстративным материалом. Персональные медицинские данные публикуются с письменного согласия пациента. В нашем случае возраст пациента составил 38 лет, что не попадает в указанную возрастную группу для первичной лимфомы яичка. На наш взгляд, публикация данного клинического случая и анализа научной литературы по данной теме является актуальной.

**Ключевые слова:** диффузная крупноклеточная В-клеточная лимфома, первичная лимфома яичка, неходжкинская лимфома

Статья поступила: 15.06.2023

Статья принята: 08.11.2023

Статья опубликована: 05.12.2023

**Для цитирования:** Леявин К.Б., Тараненко А.В., Брюханов В.Г. Диффузная крупноклеточная В-клеточная лимфома яичка. Клиническая лекция и наблюдение из практики. *Acta biomedica scientifica*. 2023; 8(5): 81-91. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.8

## TESTICULAR DIFFUSE LARGE B-CELL LYMPHOMA. CLINICAL LECTURE AND CASE REPORT

Lelyavin K.B.<sup>1</sup>,  
Taranenko A.V.<sup>1</sup>,  
Bryukhanov V.G.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Irkutsk State Medical Academy  
of Postgraduate Education – Branch  
Campus of the Russian Medical Academy  
of Continuing Professional Education  
(Yubileyniy 100, Irkutsk 664049,  
Russian Federation)

<sup>2</sup> Center for Magnetic Resonance Imaging  
"MRT-Lider" (Karla Liebknehta str. 9, Irkutsk  
664007, Russian Federation)

Corresponding author:  
**Kirill B. Lelyavin,**  
e-mail: lelyavink@rambler.ru

### ABSTRACT

*Lymphoma is a heterogeneous group of lymphocyte malignancies that may involve lymphatic tissue, bone marrow, or extranodal sites. The lecture provides a brief overview of the current state of the problem of diagnosis and treatment of primary testicular lymphoma. Primary testicular lymphoma (PTL) is a rare lymphoid malignancy. Though it is rare, PTL is the most common type of testicular tumor in men over 60 years of age. The most common histological type is diffuse large B-cell lymphoma. To date, there are no well-documented etiological or risk factors for PTL. In contrast to other common testicular neoplasms, there was no statistically significant association of PTL with cryptorchidism, trauma, chronic orchitis, or infertility. Ultrasound is generally the first-line imaging method used to characterize testicular lesions. PTL manifests itself in the form of a hypoechoic formation, which can take the form of either a single large formation or multiple small formations that occupy most of the testicular parenchyma or completely replace it. Systemic treatment, including orchiectomy, chemotherapy, radiation therapy, and intrathecal prophylaxis, is necessary for all patients with PTL. In addition to achieving complete remission, the goal of PTL treatment is to prevent recurrences in the contralateral testis and central nervous system. The presented information is supplemented by our own observation and images. Personal medical data is published with the written consent of the patient. In our case, the patient's age was 38 years, which does not fall into the specified age group for primary testicular lymphoma. In our opinion, the publication of this clinical case and analysis of scientific literature on this topic are relevant.*

**Key words:** diffuse large B-cell lymphoma, primary testicular lymphoma, non-Hodgkin lymphoma

Received: 15.06.2023  
Accepted: 08.11.2023  
Published: 05.12.2023

**For citation:** Lelyavin K.B., Taranenko A.V., Bryukhanov V.G. Testicular diffuse large B-cell lymphoma. Clinical lecture and case report. *Acta biomedica scientifica*. 2023; 8(5): 81-91. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.8

Первичная лимфома яичка (ПЛЯ) является одной из наиболее редких и агрессивных форм лимфоопролиферативных неоплазий с первичным опухолевым ростом преимущественно из внекостномозговой лимфоидной ткани, характеризующаяся непрерывным процессом рецидивирования и имеющая плохой прогноз. Наиболее распространённым гистотипом ПЛЯ является диффузная крупноклеточная В-клеточная лимфома (ДКВКЛ) [1]. Частым клиническим симптомом ПЛЯ является односторонний безболезненный отёк яичка, развивающийся в течение нескольких недель, месяцев и даже лет.

Лимфоопролиферативные неоплазии представляют гетерогенную группу заболеваний, имеющие общие звенья патогенеза, которые подразделяют на ходжкинские и неходжкинские лимфомы. Для ходжкинских лимфом характерно наличие специфических изменений (гранулём с крупными многоядерными клетками Березовского – Штернберга) в лимфатических узлах на фоне первичного внекостномозгового опухолевого поражения лимфатической системы; к неходжкинским лимфомам относят все остальные первичные внекостномозговые опухоли лимфатической системы, которые разделяют на Т- и В-клеточные группы и ряд подгрупп [2]. Первичная тестикулярная ДКВКЛ исходно возникает только в яичке, она не связана с лимфомой в другом месте и лейкемией. Поражение яичка на фоне системной лимфомы/лейкемии трактуется как вторичная лимфома яичка. Поскольку ПЛЯ встречается редко, попытки прояснить ее клинические характеристики, прогностические исходы в основном опираются на отчёты о клинических случаях и анализе небольшой когорты пациентов, и, к сожалению, данные должным образом не проанализированы на уровне большой популяции.

## ИСТОРИЧЕСКАЯ И ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКАЯ СПРАВКА

В научной литературе первое упоминание о первичной лимфоме яичка появилось в 1856 г. в практическом трактате о болезнях яичка, семенного канатика и мошонки, написанном британским хирургом Томасом Близардом Кёрлингом (Thomas Blizard Curling; 1811–1888), который прославился своим умением лечить болезни яичек [3]. Позже ПЛЯ описал в своей статье, опубликованной в 1877 г. во французском Бюллетене общества патологии, М. Malassez [4].

Неходжкинские лимфомы (НХЛ) относятся к наиболее часто диагностируемым гематологическим злокачественным опухолям во всём мире, составляя почти 3 % всех диагнозов рака, встречаются преимущественно у белых мужчин европейского и латиноамериканского происхождения старше 65 лет [5]. По данным Международного агентства по изучению рака, в 2015 г. во всём мире было диагностировано около 414 772 новых случаев НХЛ [5]. Пятилетняя выживаемость при НХЛ составляет 72,0 %, а при лимфоме Ходжкина – 86,6 %. По прогнозам, в 2023 г. от лимфомы умрёт почти 21 000 человек, что составляет 3,5 % всех смертей от рака. Средний возраст

пациентов на момент установления диагноза для пациентов с НХЛ составляет 67 лет, а средний возраст на момент смерти – 76 лет, при этом лимфоме Ходжкина чаще всего удаётся обнаружить в возрасте от 20 до 34 лет, а из-за более высокой выживаемости среди пациентов молодого возраста средний возраст смерти составляет 68 лет [6]. Система классификации Всемирной организации здравоохранения определяет более 90 различных подтипов [7]. НХЛ могут возникать практически в каждом органе [8]. Дальнейшая классификация отдельных подтипов лимфомы выходит за рамки этой статьи, однако в конечном итоге каждый из них определяется морфологией, иммунофенотипом, генетическими, молекулярными и клиническими особенностями.

Первичная лимфома яичка является крайне редкой формой экстранодальной НХЛ, составляя 3–9 % злокачественных новообразований яичка и 1–2 % НХЛ, а также имеет тенденцию гематогенным путём рецидивировать в центральную нервную систему, кожу, лёгкие, плевру, кольцо Вальдейера, мягкие ткани и глаза, иногда скрывая первичную локализацию очага [9]. ПЛЯ является наиболее распространённым типом экстранодальных лимфом, поражающих мочеполовую систему; на её долю приходится 3,04 % (лимфома почки – 0,22 %, мочевого пузыря – 0,18 %, предстательной железы – 0,01 %) [9]. Истинная заболеваемость ПЛЯ по-прежнему точно неизвестна. Зарубежные источники подтверждают редкость ПЛЯ с ежегодной заболеваемостью от 0,09 до 0,26 на 100 000 человек [10]. При среднем возрасте постановки диагноза от 66 до 68 лет ПЛЯ является наиболее частым злокачественным новообразованием у мужчин старше 60 лет с постепенно увеличивающимся риском развития заболевания с возрастом и частым двусторонним поражением органа (8–38 %) [10]. Диффузная крупноклеточная В-клеточная лимфома является наиболее распространённым подтипом лимфомы, в том числе и тестикулярной локализации, на долю которой приходится от 30 до 40 % всех новых диагнозов НХЛ. ДКВКЛ включает В-клеточные лимфомы средней и высокой степени злокачественности с различным молекулярным фоном, клиническим течением и ответной реакцией на лечение. До трети ДКВКЛ имеют экстранодальную локализацию, чаще всего это желудочно-кишечный тракт, кожа и мягкие ткани, кости и органы мочеполовой системы [10]. С первичным поражением яичка в научной литературе описаны единичные случаи (лимфома Беркитта, лимфобластная лимфома, плазмоцитома, Т-клеточная лимфома) других вариантов лимфом [11]. До 90 % ДКВКЛ диагностируются на первой и второй стадии [12].

Тестикулярная ДКВКЛ часто инфильтрирует эпидимис, семенной канатик и забрюшинные лимфатические узлы. Помимо склонности к поражению контралатерального яичка, процесс может распространяться на центральную нервную систему (ЦНС), а также в другие экстранодальные участки: кожу, лёгкие, почки, надпочечники, желудочно-кишечный тракт и др. [13]. Рецидив ДКВКЛ яичка в ЦНС возникает у 5 % пациентов [14]. У 25 % пациентов с ДКВКЛ имеется вторичное распространение в сердце [15, 16].

## ПАТОГЕНЕЗ, МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕСТИКУЛЯРНОЙ ДИФFUЗНОЙ КРУПНОКЛЕТОЧНОЙ В-КЛЕТОЧНОЙ ЛИМФОМЫ И ФАКТОРЫ РИСКА

Этиология ПЛЯ в настоящее время точно не определена и остаётся малоизученной. До сих пор ведутся дискуссии о факторах, способствующих развитию данного заболевания. Определённое значение имеет генетическая предрасположенность, также увеличивают риск образования лимфомы инфекционные и воспалительные факторы.

Родственники первой степени родства у пациентов с НХЛ и лимфомой Ходжкина имеют повышенный риск развития лимфомы – соответственно в 1,7 и 3,1 раза. Семейный анамнез определённого подтипа лимфомы связан с развитием того же самого подтипа [6]. Существует три основных механизма, посредством которых инфекция увеличивает риск лимфомы: прямая трансформация лимфоцитов, иммуносупрессия и хроническая антигенная стимуляция [6]. Ревматоидный артрит, системная красная волчанка, синдром Шёгрена, дерматомиозит и целиакия (глютеновая болезнь) являются воспалительными состояниями, которые повышают риск развития лимфомы из-за специфических для заболевания причин и постоянного приёма иммунодепрессантов [6]. Модифицируемые факторы риска включают употребление табака и ожирение (индекс массы тела – 30 кг/м<sup>2</sup> или выше). Имплантаты и длительное воздействие пестицидов также связаны с НХЛ [6]. ВИЧ-инфекция является признанным фактором риска агрессивных и первичных экстра-нодальных лимфом и единственным хорошо описанным этиологическим фактором тестикулярной ДКВКЛ.

Тестикулярная ДКВКЛ представляет собой злокачественное новообразование В-клеток, при котором нарушаются нормальное развитие и дифференцировка В-клеток. Использование цитогенетики, флуоресцентной гибридизации *in situ* и сравнительной геномной гибридизации массивов показало, что генетические изменения в первичной тестикулярной ДКВКЛ часто включают сложные аномалии, такие как транслокация, трисомия, амплификация и делеция. Наиболее часто наблюдаются аномалии 3q27 и делеция 6q; последняя может быть единственной цитогенетической аномалией [17].

Важную роль в патогенезе ПЛЯ и прогнозе заболевания играет микроокружение ДКВКЛ [18]. В последние десятилетия было показано, что нейтрофилы способствуют прогрессированию опухоли, в том числе и ПЛЯ [19]. Было выявлено несколько механизмов, свидетельствующих о роли нейтрофилов в высокой вероятности прогрессирования. Один из них – это секреция различных цитокинов, таких как интерлейкин-2, интерлейкин-10, и высокое содержание незрелых клеток [20]. В то же время повышенное количество нейтрофилов связано с мощными противоопухолевыми эффекторными клетками, особенно у пациентов с лимфомами [21]. Т-лимфоциты, в основном состоящие из CD4<sup>+</sup>- и CD8<sup>+</sup>-Т-клеток, играют важную роль в клеточно-опосредованном иммунитете. Небольшое количество проникающих в опухоль

CD4<sup>+</sup>- и CD8<sup>+</sup>-Т-клеток показало в научных исследованиях связь с плохим прогнозом у пациентов с ПЛЯ (повышенный риск прогрессирования и смерти) [22].

Первичная тестикулярная ДКВКЛ развивается в иммунопривилегированном участке за гемато-тестикулярным барьером и имеет молекулярный профиль, очень похожий на первичную лимфому ЦНС, включая мутации MYD88<sup>L265P</sup> (70–80 %), CD79B и CDKN2A (88 %), а также изменения в локусах PD-1/PD-2 (50 %) [23]. В большинстве клинических случаев встречается фенотип ABC и геномный подтип MCD [24].

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) определяет ДКВКЛ как опухоль из крупных и средних В-лимфоцитов с размерами ядра, сопоставимыми или превышающими размер нормального макрофага или в два раза превышающими размер нормального лимфоцита. К особенностям ДКВКЛ относят диффузный рост опухолевых клеток с инфильтрацией лимфатических узлов и/или нелимфатических органов и тканей крупными лимфоидными В-клетками. Морфологически ДКВКЛ характеризуется диффузной инфильтрацией клеток среднего и крупного размера с крупными ядрышками и обильной цитоплазмой, которые разрушают и стирают основную архитектуру поражённой лимфатической ткани. Клетки, как правило, экспрессируют пан-В-клеточные антигены (CD19, CD20, CD22, CD79a и CD45). Большинство клеток также экспрессируют поверхностный иммуноглобулин. Примерно в 14 % случаев лимфом экспрессируется CD30, что может свидетельствовать о благоприятном прогнозе [25].

## КЛИНИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ

ПЛЯ не имеет специфических клинических признаков. Наиболее частым клиническим симптомом ПЛЯ является одно- или двухсторонний отёк яичка (мошонки), развивающийся в течение длительного времени (несколько недель, месяцев и даже лет), как правило, безболезненный [13]. У 35 % пациентов с ПЛЯ наблюдается двусторонний отёк яичек [13]. В 40 % случаев ПЛЯ связана с развитием гидроцеле, а урологи являются первыми консультантами, к которым обращаются пациенты. В некоторых случаях ПЛЯ может начинать проявляться с появления резкой боли в яичке. В дополнение к увеличению размеров яичка могут присоединиться системные проявления, такие как лихорадка, анорексия, ночная потливость и потеря веса, что встречается у 25–41 % пациентов [13]. В ходе заболевания часто развивается местное распространение процесса на придатки яичек, семенной канатик и кожу мошонки, регионарные забрюшинные лимфатические узлы [13].

## ДИАГНОСТИКА И ЛЕЧЕНИЕ

Наиболее широко используемым методом визуализации новообразований яичка продолжает оставаться ультразвуковое исследование (УЗИ). Как правило, тестикулярная ДКВКЛ характеризуется локальной или диффузной «гиперваскуляризацией» на цветном доплеровском

УЗИ. Было высказано предположение, что, если при цветной доплерографии мошонки у пациентов с жалобами на безболезненный отёк мошонки выявляется гиперваскуляризация, то в качестве дифференциального диагноза следует рассматривать лимфому/лейкемию яичка [26]. Средний размер ПЛЯ при первичном УЗИ составляет 5,0 см (межквартильный интервал 4,1–7,1 см) [13].

Поскольку ПЛЯ представляют собой подтип диффузной крупноклеточной В-клеточной лимфомы, которая является фтордезоксиглюкозо-зависимой, для определения степени поражения следует использовать позитронно-эмиссионную томографию – компьютерную томографию (ПЭТ-КТ). Биопсия костного мозга необходима только при ДКВКЛ, в случаях выявления дискордантной гистологической картины и при отрицательных результатах ПЭТ-КТ. К сожалению, возможности ПЭТ-КТ не позволяют обнаружить поражение ЦНС, так как она естественным образом поглощает фтордезоксиглюкозу, поэтому для исключения поражения ЦНС рекомендовано проведение магнитно-резонансной томографии головного мозга и люмбальной пункции с последующим проведением цитологии и проточной цитометрии [27]. Поражение ЦНС (мозговых оболочек, эпидурального пространства и паренхимы головного мозга) при тестикулярной ДКВКЛ почти всегда приводит к неблагоприятным исходам со средней выживаемостью после постановки диагноза поражения ЦНС всего 2–5 месяцев [27].

Помимо достижения полной ремиссии, лечение первичной тестикулярной ДКВКЛ направлено, прежде всего, на достижение как местного, так и системного контроля над заболеванием, а также на предотвращение возможного рецидива в контралатеральное яичко и ЦНС. Из-за редкости заболевания рандомизированные исследования III фазы не проводились, а международно признанный стандарт лечения тестикулярной ДКВКЛ основан на данных ретроспективного анализа серии случаев и исследований II фазы [28].

В настоящее время на момент постановки диагноза пациенту с первичной ДКВКЛ следует предложить мультимодальный подход к лечению, включающий хирургическое вмешательство в объёме одно- или двухсторонней орхофуникулэктомии, комбинированную химиотерапию на основе антрациклинов, профилактическую интратекальную химиотерапию и кранио-мошоночное облучение. Орхиэктомия является основным и обязательным первоначальным методом лечения и диагностики у всех пациентов независимо от стадии онкологического процесса, обеспечивая морфологическую верификацию диагноза, с последующим проведением цитологического, гистологического, иммуногистохимического и кариологического исследований удалённого яичка. Кроме того, следует помнить, что сохранение гемато-тестикулярного барьера не позволяет воздействовать на опухоль яичка химиотерапевтическими препаратами, а опухолевые клетки яичка могут также экспрессировать высокие уровни лекарственно-устойчивых белков, что также способствует развитию резистентности при проведении химиотерапии.

Тестикулярная ДКВКЛ является чрезвычайно агрессивным злокачественным новообразованием с низким

уровнем общей выживаемости и выживаемости без прогрессирования: 5-летняя выживаемость без прогрессирования и 5-летняя общая выживаемость составляют 35,4 % (95%-й доверительный интервал (95% ДИ): 14,8–56,0 %) и 53,4 % (95% ДИ: 30,1–76,7 %) соответственно [13]. Прогноз для ДКВКЛ яичка неблагоприятный, особенно если диссеминация заболевания проявляется в течение первого года после постановки диагноза [29]. Повышения уровня выживаемости (общей – до 85 %, без прогрессирования – до 74 %) удаётся достичь у пациентов с местной/ограниченной стадией первичной ДКВКЛ яичка при использовании антрациклинсодержащей химиотерапии в сочетании с ритуксимабом, профилактической контралатеральной лучевой терапии мошонки и профилактической интратекальной химиотерапии [30]. Несмотря на то, что существуют исследования, которые не продемонстрировали улучшение выживаемости у пациентов с тестикулярной ДКВКЛ [31], тем не менее, несколько исследований подтвердили, что добавление к химиотерапии ритуксимаба (375 мг/м<sup>2</sup>) по схемам R-CHOP (циклофосфамид 750 мг/м<sup>2</sup>, доксорубин 50 мг/м<sup>2</sup>, винкристин 1,4 мг/м<sup>2</sup>, преднизолон 100 мг) приводит к значительному снижению количества рецидивов в ЦНС при ПЛЯ [32, 33]. Местная/ограниченная стадия (I и II) процесса в соответствии с международной классификацией Анн-Арбор (1971), выполнение химиотерапии после орхиэктомии, а также низкий показатель международного прогностического индекса (менее 2) являются независимыми факторами, коррелирующими с увеличением выживаемости пациентов с тестикулярной ДКВКЛ [13].

Если не проводится контралатеральное облучение яичка, риск развития рецидива ПЛЯ составляет 42 % в течение 15 лет [34]. Многочисленные научные исследования убедительно продемонстрировали, что отсутствие профилактического контралатерального облучения является плохим предиктором прогноза [35, 36]. Следует ли проводить профилактическую контралатеральную орхиэктомию, ещё предстоит изучить.

Использование химиотерапии, содержащей высокие дозы метотрексата, позволяет снизить риск рецидива в ЦНС [37]. Однако высокие дозы метотрексата являются ресурсоёмкой терапией со значительной токсичностью, поэтому её следует назначать только пациентам с высоким риском рецидива поражения ЦНС. Ритуксимаб позволяет улучшить выживаемость, но не снижает частоту рецидивов в ЦНС [37].

С целью формирования опыта и структурирования медицинских знаний у специалистов, занимающихся лечением пациентов урологического профиля, представляем клиническое наблюдение – случай первичной тестикулярной ДКВКЛ, которую лечили в соответствии с рекомендациями SCARE (Surgical CAse REport) 2020 г. [38].

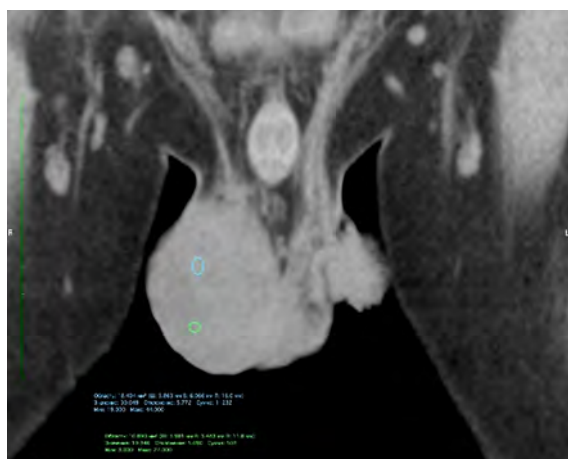
В нашу клинику 09.09.2022 обратился пациент Т. 1984 года рождения (38 лет) с основной жалобой на безболезненное увеличение правого яичка в объёме. Считает себя больным в течение года, когда обнаружил изменение размеров мошонки справа; проходил лечение у уролога по месту жительства с подозрением на орхоэпидидимит, принимал антибиотики. Эффекта от прово-

димого лечения не отмечал, правое яичко продолжало увеличиваться в размерах.

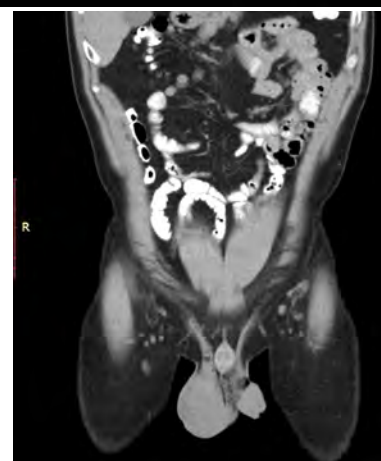
При первичном осмотре кожа наружных половых органов не изменена, бледно-розового цвета, морщинистая, без патологических включений (рис. 1). Мошонка асимметрична по форме, справа увеличена в размерах, при поверхностной пальпации органов мошонки справа определяется безболезненное плотное эластичное образование размером 4 × 6 см. При глубокой пальпации яичек справа яичко увеличено в размерах, овоидной формы, по консистенции плотноэластическое, гладкое, свободной жидкости не определяется. Слева яичко эластичное, мягкоэластичной консистенции, гладкое. Придаток яичка с двух сторон расположен симметрично, мягкий по консистенции, не имеет дополнительных включений. Элементы семенного канатика пальпируются в виде круглого плотного свободно смещаемого тяжа, патологические включения не пальпируются. Вены семенного канатика не расширены. При осмотре и пальпации полового члена, паховой области, нижней части живота и промежности особенностей не выявлено.



**РИС. 1.**  
Пациент Т. Внешний вид наружных половых органов  
**FIG. 1.**  
Patient T. Appearance of the external genitalia



**РИС. 2.**  
Пациент Т. Первичная диффузная крупноклеточная В-клеточная лимфома яичка. Компьютерная томография с контрастным усилением: увеличенное в размерах правое яичко (56 × 43 мм)

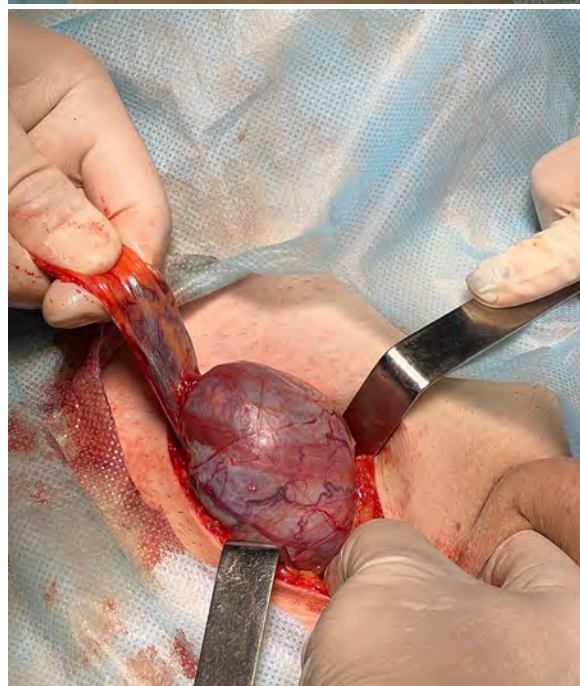
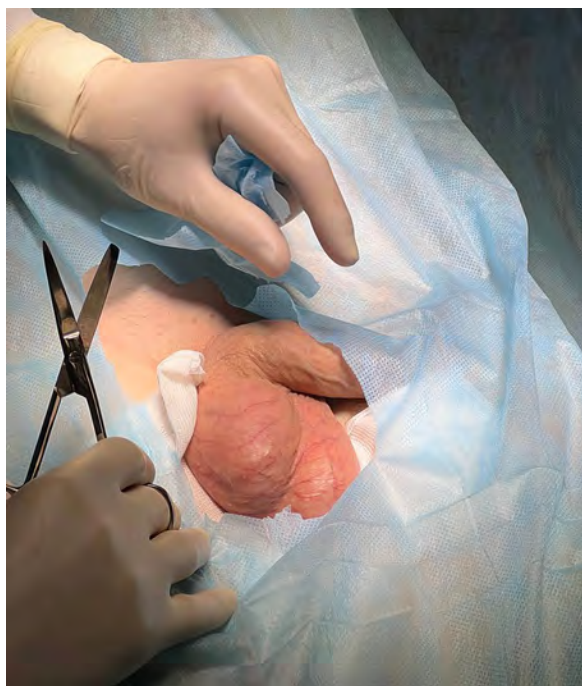


**FIG. 2.**  
Patient T. Primary testicular diffuse large B-cell lymphoma. Contrast-enhanced computed tomography: enlarged right testis (56 × 43 mm)

На приёме уролога выполнено ультразвуковое исследование органов мошонки: обнаружено объёмное гипоэхогенное образование правого яичка, занимающее  $\frac{3}{4}$  органа. Размер правого яичка – 36,7 см<sup>3</sup>, с чёткими контурами. В доплеровском режиме отмечается диффузная гиперваскуляризация правого яичка. В контралатеральном яичке изменений не выявлено. Лабораторные показатели, включая тестикулярные онкомаркеры, были в пределах референтных значений. При эндоскопическом исследовании верхних и нижних отделов желудочно-кишечного тракта патологии не выявлено.

13.10.2022 проведено ультразвуковое исследование вен нижних конечностей: патологии не выявлено.

12.10.2022 проведена нативная высокоразрешающая мультиспиральная компьютерная томография органов грудной клетки, брюшной полости и малого таза с первичной коллимацией 64 × 0,6 мм, толщиной реформирования срезов 1,0–5,0 мм и последующим трёхмерным анализом изображений (рис. 2). В зоне сканирования правое яичко увеличено в размере (56 × 43 мм), неоднородной структуры (до 14–33 ед. Н.). Других патологических данных не установлено. На основании выше



**РИС. 3.**  
Пациент Т. Интраоперационные снимки: правосторонняя радикальная паховая орхофунгулэктомия

**FIG. 3.**  
Patient T. Intraoperative images: right-side radical inguinal orchiofuniculectomy

изложенного был поставлен предварительный диагноз: Злокачественное новообразование правого яичка 1а кл. гр. (C62.2).

27.10.2022 первым этапом пациенту была выполнена радикальная правосторонняя орхофуникулэктомия с высокой перевязкой семенной вены под общей анестезией (рис. 3).

Макроскопически удалённая опухоль правого яичка представляла собой твёрдую, гомогенную серо-белую массу с дольчатым видом, замещающую полностью яичко, не спаянную с окружающими тканями (рис. 4). С момента первичного обращения за медицинской помощью и верификации диагноза прошло 12 месяцев.

По результатам гистологического исследования 15.11.2022 в микропрепаратах удалённой опухоли правого яичка установлен диффузный рост неходжкинской лимфомы из клеток крупных и средних размеров. Опухоль правого яичка образована крупными лимфоидными клетками, диаметр которых превышал размер малого лимфоцита в 4–5 раз, с диффузным характером роста. Морфологически преобладающей клеточной популяцией были центробласты, характеризующиеся везикулярной структурой хроматина, 2–4 ядрышками, расположенными у ядерной мембраны и умеренно развитой амфотильной цитоплазмой (рис. 5).

Дополнительно проведено (17.11.2022) иммуногистохимическое исследование опухоли правого яичка на иммуногистостейнере Bond-maX (Leica Microsystems, Германия) с использованием панели антител Novocastra/Leica к CD20 (клон L26), CD3 (клон LN10), CD10 (клон 56C6),

CD5 (клон 4C7), Cyclin D1 (D1-GM), CD23 (клон 1B12), bcl-6 (клон LN22), MUM1 (клон MuM1p) и Ki-67 (клон MM1). Иммунофенотип лимфомы был представлен экспрессией пан-В-клеточного антигена CD20, а также CD23, bcl-6 и MUM1 и отсутствием экспрессии остальных вышеперечисленных антигенов. Пролиферативная активность опухоли по экспрессии Ki-67 составляла около 80 %. Клетки опухоли характеризовались следующим иммунофенотипом: CD20+, CD3–, CD10–, CD5–, cyclin D1–, CD23+, bcl-6+, MUM1+ и Ki-67+ (около 80 %). С учётом гистологической картины и полученных результатов иммуногистохимического исследования новообразование правого яичка классифицировано как диффузная крупноклеточная В-клеточная лимфома из клеток негерминогенного происхождения (активированных клеток).

Послеоперационный период (3-и сутки) был осложнён нижнедолевой инфаркт-пневмонией слева S 7/8/ДН0 (по шкале Clavien – Dindo 1), с клиническими проявлениями (подтверждена на основании лабораторных и инструментальных исследований), в результате острого флелотромбоза подколенной-берцового сегмента слева и периферической левосторонней тромбоэмболии лёгочной артерии. Консервативное лечение получал в отделении сосудистой хирургии, выписан с улучшением в удовлетворительном состоянии для продолжения лечения основного заболевания.

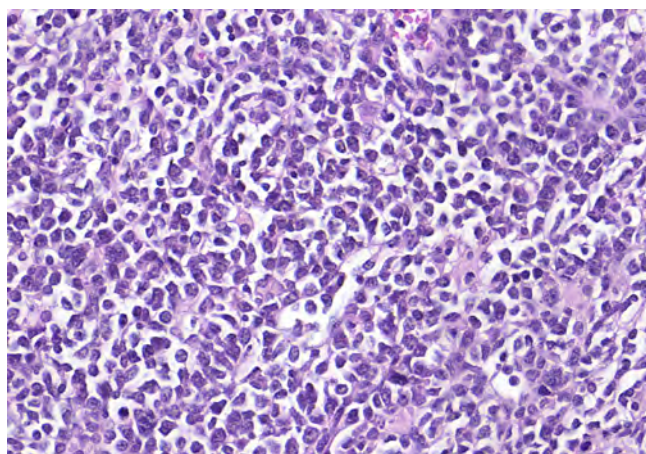
Диагноз основной: диффузная В-клеточная крупноклеточная лимфома, non-GCB тип, с поражением правого яичка (C83.3). IE стадия. Состояние после орхофуникулэктомии справа; паллиативная химиотерапия (1 курс



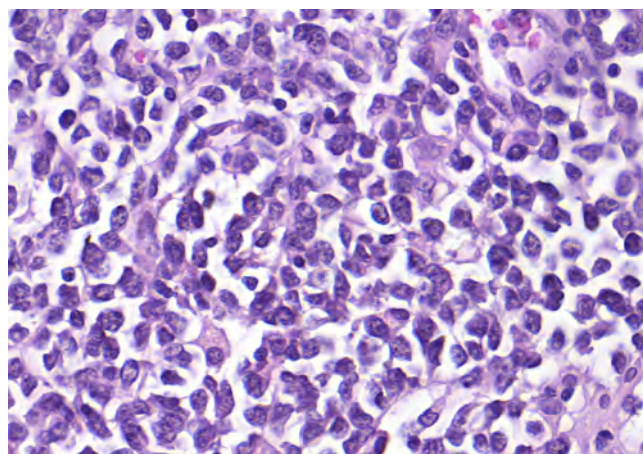
**РИС. 4.**  
Пациент Т. Первичная диффузная крупноклеточная В-клеточная лимфома яичка: макроскопический препарат



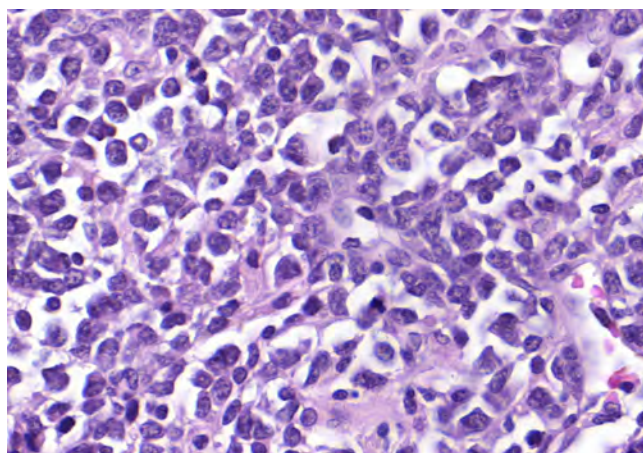
**FIG. 4.**  
Patient T. Primary testicular diffuse large B-cell lymphoma: gross morphology



**a**



**б**



**в**

**РИС. 5.**

Пациент Т. Первичная диффузная крупноклеточная В-клеточная лимфома яичка. Гистологическое исследование: изображение демонстрирует опухоль яичка, состоящую из диффузных слоев и дискретных атипичных клеток среднего и крупного размера с бледно-эозинофильной или прозрачной цитоплазмой. Преобладающей клеточной популяцией являются центробласты, характеризующиеся везикулярной структурой хроматина, 2–4 ядрышками, расположенными у ядерной мембраны и умеренно развитой амфотропной цитоплазмой. Окраска гематоксилином и эозином; ув.  $\times 200$  (**a**),  $\times 400$  (**б, в**)

**FIG. 5.**

Patient T. Primary testicular diffuse large B-cell lymphoma. Histology: the image demonstrates testicular tumor consisting of diffuse layers and discrete atypical cells of medium to large size with pale eosinophilic or clear cytoplasm. The predominant cell population is centroblasts, characterized by a vesicular chromatin structure, 2–4 nucleoli located at the nuclear membrane and moderately developed amphophilic cytoplasm. Hematoxylin and eosin staining; magnification  $\times 200$  (**a**),  $\times 400$  (**б, в**)

по схеме R-CHOP), II клиническая группа. Морфологическое заключение: диффузная В-клеточная крупноклеточная лимфома, non-GCB тип, CD20+, CD23+, bcl-6+, MUM1+, индекс пролиферативной активности Ki-67 = 80 %. Состояние после правосторонней радикальной паховой орхофуникулэктомии. Осложнение: острый флеботромбоз подколенно-берцового сегмента слева (I80.2). Периферическая левосторонняя тромбоэмболия лёгочной артерии (I26.9). Левосторонняя нижнедолевая инфаркт пневмония S 7/8/ДН0 (J18.8).

Вторым этапом после радикально удалённого первичного очага запланирована системная химиотерапия по схеме R-CHOP. В течение 3 месяцев после установления диагноза инвазии в другие локализации не наблюдалось.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Первичная тестикулярная ДКВКЛ является уникальной формой агрессивных В-клеточных лимфом с характерным генетическим профилем. Представленный клинический случай первичной тестикулярной ДКВКЛ убедительно демонстрирует, что опухоль встречается не только у мужчин после 60 лет, но и более раннем возрасте; указывает на важность патоморфологической диагностики и использования дополнительных иммуногистохимических методов исследования для постановки точного диагноза и проведения дифференциальной диагностики. В то же время физикальная оценка наружных половых органов продолжает оставаться важней-

шим этапом диагностики урологических заболеваний. Ввиду отсутствия стандартизированных протоколов ведения пациентов с первичной лимфомой яичка необходимо продолжать анализ и обсуждение данных клинических случаев в повседневной урологической практике.

Эволюция лечения первичной тестикулярной ДКВКЛ за последнее десятилетие является прекрасным примером успешных трансляционных исследований, благодаря которым более глубокое понимание патогенеза заболевания способствовало разработке наиболее эффективных методов лечения. Однако рецидив в центральную нервную систему остаётся серьёзной проблемой, и будущие исследования должны быть сосредоточены на определении наилучшей стратегии лечения для уменьшения риска его возникновения.

### Конфликт интересов

Авторы данной статьи заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Menter T, Ernst M, Drachneris J, Dirnhofner S, Barghorn A, Went P, et al. Phenotype profiling of primary testicular diffuse large B-cell lymphomas. *Hematol Oncol*. 2014; 32: 72-81. doi: 10.1002/hon.2090
2. Казакевич В.И., Митина Л.А., Скрепцова Н.С., Востров А.Н., Майорова М.В., Прозорова Э.В., и др. Ультразвуковое исследование при лимфоме с поражением малого таза. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2015; 45: 75-76. [Kazakevich VI, Mitina LA, Skreptsova NS, Vostrov AN, Mayorova MV, Prozorova EV, et al. Ultrasound examination in lymphoma with pelvic involvement. *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2015; 45: 75-76. (In Russ.)].
3. Curling TB. *A practical treatise on the diseases of testis and of the spermatic cord and scrotum*. Philadelphia; 1856.
4. Malassez M. Lymphadenome du testicule, rapport sur la candidature de M. Letulle, interne des hospitaux au titre de member adjoint. *Bull Soc Anta (Paris)*. 1877; 52: 176-178.
5. Thandra KC, Barsouk A, Saginala K, Padala SA, Barsouk A, Rawla P. Epidemiology of non-Hodgkin's lymphoma. *Med Sci (Basel)*. 2021; 9(1): 5. doi: 10.3390/medsci9010005
6. Lewis WD, Lilly S, Jones KL. Lymphoma: Diagnosis and treatment. *Am Fam Physician*. 2020; 101(1): 34-41.
7. Swerdlow SH, Campo E, Pileri SA, Harris NL, Stein H, Siebert R, et al. The 2016 revision of the World Health Organization classification of lymphoid neoplasms. *Blood*. 2016; 127(20): 2375-2390. doi: 10.1182/blood-2016-01-643569
8. Palumbo C, Mazzone E, Mistretta FA, Knipper S, Tian Z, Perrotte P, et al. Primary lymphomas of the genitourinary tract: A population-based study. *Asian J Urol*. 2020; 7(4): 332-339. doi: 10.1016/j.ajur.2019.11.002
9. Ma RZ, Tian L, Tao LY, He HY, Li M, Lu M, et al. The survival and prognostic factors of primary testicular lymphoma: Two-decade single-center experience. *Asian J Androl*. 2018; 20(6): 615-620. doi: 10.4103/aja.aja\_73\_18
10. Shahab N, Doll DC. Testicular lymphoma. *Semin Oncol*. 1999; 26: 259-269.
11. Тумян Г.С., Ковригина А.М., Тимофеева О.Л., Пробатова Н.А., Шолохова Е.Н., Тупицын Н.Н., и др. Особенности клинического течения и прогноз больных неходжкинской лимфомой с первичной локализацией в яичке. *Современная онкология*. 2006; 8(4): 22-26. [Tumyan GS, Kovrigina AM, Timofeeva OL, Probatova NA, Sholokhova EN, Tupitsyn NN, et al. Features of the clinical course and prognosis of patients with non-Hodgkin lymphoma with primary localization in the testicle. *Journal of Modern Oncology*. 2006; 8(4): 22-26. (In Russ.)].
12. Ahmad SS, Idris SF, Follows GA, Williams MV. Primary testicular lymphoma. *Clin Oncol (R Coll Radiol)*. 2012; 24(5): 358-365. doi: 10.1016/j.clon.2012.02.005
13. Chen B, Cao DH, Lai L, Guo JB, Chen ZY, Huang Y, et al. Adult primary testicular lymphoma: clinical features and survival in a series of patients treated at a high-volume institution in China. *BMC Cancer*. 2020; 20(1): 220. doi: 10.1186/s12885-020-6711-0
14. Lemma SA, Kuusisto M, Haapasaari KM, Sormunen R, Lehtinen T, Kilaavuniemi T, et al. Integrin alpha 10, CD44, PTEN, cadherin-11 and lactoferrin expressions are potential biomarkers for selecting patients in need of central nervous system prophylaxis in diffuse large B-cell lymphoma. *Carcinogenesis*. 2017; 38(8): 812-820. doi: 10.1093/carcin/bgx061
15. Roberts WC, Glancy DL, Devita VT. Heart in malignant lymphoma (Hodgkin's disease, lymphosarcoma, reticulum cell sarcoma and mycosis fungoides): A study of 196 autopsy cases. *Am J Cardiol*. 1968; 22: 85-107. doi: 10.1016/0002-9149(68)90250-6
16. Yaseen Z, Kazzazi F, Ioannides K, Velmurugan S, Zegocki K, Li C. A case at crossroads-urological presentation, cardiac complication and haematological diagnosis: Should imaging be pursued prior to orchidectomy at all costs? *J Surg Case Rep*. 2021; 2021(5): rjab177. doi: 10.1093/jscr/rjab177
17. Horne MJ, Adeniran AJ. Primary diffuse large B-cell lymphoma of the testis. *Arch Pathol Lab Med*. 2011; 135(10): 1363-1367. doi: 10.5858/arpa.2010-0158-RS
18. Scott DW, Gascoyne RD. The tumor microenvironment in B cell lymphomas. *Nat Rev Cancer*. 2014; 14(8): 517-534. doi: 10.1038/nrc3774
19. Moses K, Brandau S. Human neutrophils: Their role in cancer and relation to myeloid-derived suppressor cells. *Semin Immunol*. 2016; 28: 187-196. doi: 10.1016/j.smim.2016.03.018
20. Salazar-Onfray F, Lopez MN, Mendoza-Naranjo A. Paradoxical effects of cytokines in tumor immune surveillance and tumor immune escape. *Cytokine Growth Factor Rev*. 2007; 18: 171-182. doi: 10.1016/j.cytogfr.2007.01.015
21. Brandau S, Dumitru CA, Lang S. Protumor and antitumor functions of neutrophil granulocytes. *Semin Immunopathol*. 2013; 35: 163-176. doi: 10.1007/s00281-012-0344-6
22. Leivonen SK, Pollari M, Brück O, Pellinen T, Autio M, Karjalainen-Lindsberg ML, et al. T-cell inflamed tumor microenvironment predicts favorable prognosis in primary testicular lymphoma. *Haematologica*. 2019; 104(2): 338-346. doi: 10.3324/haematol.2018.200105
23. Oishi N, Kondo T, Nakazawa T, Mochizuki K, Tanioka F, Oyama T, et al. High prevalence of the MYD88 mutation in testicular lymphoma: Immunohistochemical and genetic analyses. *Pathol Int*. 2015; 65(10): 528-535. doi: 10.1111/pin.12336
24. Schmitz R, Wright GW, Huang DW, Johnson CA, Phelan JD, Wang JQ, et al. Genetics and pathogenesis of diffuse large B-cell

lymphoma. *N Engl J Med.* 2018; 378(15): 1396-1407. doi: 10.1056/NEJMoa1801445

25. Liu Y, Barta SK. Diffuse large B-cell lymphoma: 2019 update on diagnosis, risk stratification, and treatment. *Am J Hematol.* 2019; 94(5): 604-616. doi: 10.1002/ajh.25460

26. Mazzu D, Jeffrey RB Jr, Ralls PW. Lymphoma and leukemia involving the testicles: Findings on gray-scale and color Doppler sonography. *AJR Am J Roentgenol.* 1995; 164: 645-647. doi: 10.2214/ajr.164.3.7863887

27. Benevolo G, Stacchini A, Spina M, Ferreri AJ, Arras M, et al. Final results of a multicenter trial addressing role of CSF flow cytometric analysis in NHL patients at high risk for CNS dissemination. *Blood.* 2012; 120: 3222-3228. doi: 10.1182/blood-2012-04-423095

28. Pollari M, Leivonen SK, Leppä S. Testicular diffuse large B-cell lymphoma-clinical, molecular, and immunological features. *Cancers (Basel).* 2021; 13(16): 4049. doi: 10.3390/cancers13164049

29. Ballen KK, Hasserjian RP. Case records of the Massachusetts General Hospital. Weekly clinicopathological exercises. Case 15-2004. A 31-year-old man with bilateral testicular enlargement. *N Engl J Med.* 2004; 350(20): 2081-2087. doi: 10.1056/NEJMcp049003

30. Vitolo U, Chiappella A, Ferreri AJ, Martelli M, Baldi I, Balzarotti M, et al. First-line treatment for primary testicular diffuse large B-cell lymphoma with rituximab-CHOP, CNS prophylaxis, and contralateral testis irradiation: Final results of an international phase II trial. *J Clin Oncol.* 2011; 29(20): 2766-2772. doi: 10.1200/JCO.2010.31.4187

31. Gundrum JD, Mathiason MA, Moore DB, Go RS. Primary testicular diffuse large B-cell lymphoma: A population-based study on the incidence, natural history, and survival comparison with primary nodal counterpart before and after the introduction of rituximab. *J Clin Oncol.* 2009; 27(31): 5227-5232. doi: 10.1200/JCO.2009.22.5896

32. Boehme V, Zeynalova S, Kloess M, Loeffler M, Kaiser U, Pfreundschuh M, et al. Incidence and risk factors of central nervous

system recurrence in aggressive lymphoma—a survey of 1693 patients treated in protocols of the German high-grade non-Hodgkin's lymphoma study group (DSHNHL). *Ann Oncol.* 2007; 18(1): 149-157. doi: 10.1093/annonc/mdl327

33. Villa D, Connors JM, Shenker TN, Gascoyne RD, Sehn LH, Savage KJ. Incidence and risk factors for central nervous system relapse in patients with diffuse large B-cell lymphoma: The impact of the addition of rituximab to CHOP chemotherapy. *Ann Oncol.* 2010; 21(5): 1046-1052. doi: 10.1093/annonc/mdp432

34. Zucca E, Conconi A, Mughal TI, Sarris AH, Seymour JF, Vitolo U, et al. Patterns of outcome and prognostic factors in primary large-cell lymphoma of the testis in a survey by the International Extranodal Lymphoma Study Group. *J Clin Oncol.* 2003; 21(1): 20-27. doi: 10.1200/JCO.2003.11.141

35. Gundrum JD, Mathiason MA, Moore DB, Ronald SG. Primary testicular diffuse large B-cell lymphoma: A population-based study on the incidence, natural history, and survival comparison with primary nodal counterpart before and after the introduction of rituximab. *J Clin Oncol.* 2009; 27: 5227-5232. doi: 10.1200/JCO.2009.22.5896

36. Mazloom A, Fowler N, Medeiros LJ, Iyengar P, Horace P, et al. Outcome of patients with diffuse large B-cell lymphoma of the testis by era of treatment: The M.D. Anderson Cancer Center experience. *Leuk Lymphoma.* 2010; 51: 1217-1224. doi: 10.3109/10428191003793358

37. Holte H, Leppä S, Björkholm M, Fluge O, Jyrkiö S, Delabie J, et al. Dose-densified chemioimmunotherapy followed by systemic central nervous system prophylaxis for younger high-risk diffuse large B-cell/follicular grade 3 lymphoma patients: Results of a phase II Nordic Lymphoma Group study. *Ann. Oncol.* 2013; 24: 1385-1392. doi: 10.1093/annonc/mds621

38. Agha RA, Franchi T, Sohrabi C, Mathew G, Kerwan A. The SCARE 2020 guideline: Updating consensus Surgical CAse REport (SCARE) guidelines. *Int J Surg.* 2020; 84: 226-230. doi: 10.1016/j.ijsu.2020.10.034

#### Сведения об авторах

**Лелявин Кирилл Борисович** – доктор медицинских наук, доцент кафедры скорой медицинской помощи и медицины катастроф, Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования – филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, e-mail: LelyavinK@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9278-9739>

**Тараненко Андрей Валентинович** – кандидат медицинских наук, ассистент кафедры онкологии, Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования – филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, e-mail: docandrtar@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6248-5774>

**Брюханов Владимир Геннадьевич** – врач лучевой диагностики, Центр магнитно-резонансной томографии «МРТ-Лидер», e-mail: vbr72@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0008-2045-3206>

#### Information about the authors

**Kirill B. Lelyavin** – Dr. Sc. (Med.), Associate Professor at the Department of Emergency Medical Services and Disaster Medicine, Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education – Branch Campus of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, e-mail: LelyavinK@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9278-9739>

**Andrey V. Taranenko** – Cand. Sc. (Med.), Teaching Assistant at the Department of Oncology, Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education – Branch Campus of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, e-mail: docandrtar@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6248-5774>

**Vladimir G. Bryukhanov** – Radiologist, Center for Magnetic Resonance Imaging “MRT-Lider”, e-mail: vbr72@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0008-2045-3206>

Статья опубликована в рамках Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 25-летию Иркутского научного центра хирургии и травматологии.

## ТРАВМАТОЛОГИЯ TRAUMATOLOGY

### ВЕРТИКАЛИЗАЦИЯ ПАЦИЕНТОВ И ОСЕВАЯ НАГРУЗКА НА НИЖНИЕ КОНЕЧНОСТИ ПОСЛЕ ОПЕРАТИВНОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С НЕСТАБИЛЬНЫМИ ПОВРЕЖДЕНИЯМИ ТАЗОВОГО КОЛЬЦА (КРАТКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

**Мелкоступов А.А.,  
Комогорцев И.Е.,  
Виноградов В.Г.,  
Ангарская Е.Г.**

ФГБОУ ВО «Иркутский государственный  
медицинский университет»  
Минздрава России (664003, г. Иркутск,  
ул. Красного Восстания, 1, Россия)

Автор, ответственный за переписку:  
**Мелкоступов Алексей Анатольевич,**  
e-mail: traumairk@yandex.ru

#### РЕЗЮМЕ

*В статье выполнен теоретический обзор научных публикаций, посвящённых вопросам реабилитации пациентов с нестабильными повреждениями тазового кольца, рассмотрены особенности его повреждения исходя из специфики травматического повреждения, частоты встречаемости и серьёзности последствий. Подчёркивается, что длительный болевой синдром при повреждениях тазового кольца и длительность реабилитационного периода негативно влияют на физическое и психоэмоциональное состояние пациента. При этом повреждения тазового кольца наиболее актуальны среди трудоспособного населения, а последствия их достаточно серьёзны, вплоть до инвалидизации и летального исхода. Следовательно, возможность оптимизации мероприятий по реабилитации пациентов с нестабильными повреждениями, направленных на восстановление функций опорно-двигательного аппарата в статике и при ходьбе, является в настоящее время одной из актуальных задач теоретической и практической травматологии. В качестве основных реабилитационных мероприятий рассматриваются возможности вертикализации пациентов и применения осевой нагрузки на нижние конечности в послеоперационном периоде. Отмечено, что в случае решения вопроса осевой нагрузки при нестабильном повреждении тазового кольца величина такой нагрузки и сроки начала её применения должны определяться индивидуально, в зависимости от физического состояния пациента, особенностей травмы и наличия сопутствующих повреждений. Лечение при нестабильных повреждениях тазового кольца, как правило, проводится в большинстве случаев посредством использования различных методов оперативного лечения и восстановления анатомии таза. По результатам выполненного теоретического исследования необходимо констатировать, что, несмотря на очевидную значимость послеоперационного лечения, адекватная организация которого во многом определяет конечный его результат, выявлено, что материала для изучения данного вопроса недостаточно вследствие специфических подходов к вертикализации и осевой нагрузке на нижние конечности в зависимости от типа повреждения тазового кольца с учётом индивидуальных характеристик травмы у конкретного пациента.*

**Ключевые слова:** травма таза, повреждение тазового кольца, перелом костей таза, вертикализация пациентов, осевая нагрузка на нижние конечности

**Для цитирования:** Мелкоступов А.А., Комогорцев И.Е., Виноградов В.Г., Ангарская Е.Г. Вертикализация пациентов и осевая нагрузка на нижние конечности после оперативного лечения пациентов с нестабильными повреждениями тазового кольца (краткий обзор литературы). *Acta biomedica scientifica*. 2023; 8(5): 92-99. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.9

Статья поступила: 12.02.2023

Статья принята: 09.11.2023

Статья опубликована: 05.12.2023

## VERTICALIZATION OF PATIENTS AND AXIAL LOAD ON THE LOWER LIMBS AFTER SURGICAL TREATMENT OF UNSTABLE PELVIC RING INJURIES (BRIEF REVIEW OF THE LITERATURE)

**Melkostupov A.A.,  
Komogortsev I.E.,  
Vinogradov V.G.,  
Angarskaya E.G.**

Irkutsk State Medical University  
(Krasnogo Vosstaniya str. 1, Irkutsk 664003,  
Russian Federation)

Corresponding author:  
**Alexey A. Melkostupov,**  
e-mail: traumairk@yandex.ru

### ABSTRACT

*The article provides a theoretical review of scientific publications devoted to the rehabilitation of patients with unstable pelvic ring injuries; the features of pelvic ring damage are considered based on the specifics of the traumatic injury, the frequency of occurrence and the severity of the consequences. It is emphasized that prolonged pain syndrome due to pelvic ring injuries and the duration of the rehabilitation period negatively affect the physical and psycho-emotional state of a patient. At the same time, pelvic ring injuries are most relevant among the working population, and their consequences are quite serious, including disability and death. Consequently, the possibility of optimizing rehabilitation measures for patients with unstable injuries, aimed at restoring the functions of the musculoskeletal system in static conditions and while walking, is currently one of the urgent tasks of theoretical and practical traumatology. The possibilities of verticalization of patients and the use of axial load on the lower limbs in the postoperative period are considered as the main rehabilitation measures. It is noted that in the case of resolving the issue of axial load in case of unstable pelvic ring injury, the intensity of such load and the timing of the start of its use should be determined individually, depending on the physical condition of a patient, the characteristics of the injury and the presence of concomitant injuries. Treatment for unstable pelvic ring injuries most commonly is carried out in most cases through the use of various methods of surgical treatment and restoration of the pelvic anatomy. Based on the results of the theoretical study, it is necessary to state that, despite the obvious significance of postoperative treatment, the adequate organization of which largely determines its final result, it was revealed that the material for studying this issue is insufficient due to specific approaches to verticalization and axial load on the lower limbs, depending on type of pelvic ring injury, taking into account the individual characteristics of the injury in a particular patient.*

**Key words:** pelvic trauma, pelvic ring injury, pelvic bones fracture, verticalization of patients, axial load on the lower limbs

Received: 12.02.2023  
Accepted: 09.11.2023  
Published: 05.12.2023

**For citation:** Melkostupov A.A., Komogortsev I.E., Vinogradov V.G., Angarskaya E.G. Verticalization of patients and axial load on the lower limbs after surgical treatment of unstable injuries of the pelvic ring (brief review of the literature). *Acta biomechanica scientifica*. 2023; 8(5): 92-99. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.9

## НЕСТАБИЛЬНЫЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ ТАЗОВОГО КОЛЬЦА: ОСОБЕННОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ, РОЛЬ РЕАБИЛИТАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

За последние десятилетия увеличилась частота повреждений тазового кольца среди населения по всему миру, что определяется увеличением ритма жизни современного человека, способствующим повышению риска возникновения случаев травматизма. Как следствие, актуальным стал и вопрос предотвращения посттравматических повреждений таза, являющихся причиной последующей инвалидности [1–3].

Основной причиной повреждений тазового кольца, в том числе нестабильных, как правило, выступает высокоэнергетическая травма, разнообразие и тяжесть которой увеличились со значительным прогрессом в науке и технике. На сегодня главным фактором возникновения нестабильных повреждений тазового кольца выступают дорожно-транспортные происшествия, катастрофа (падение с высоты) и воздействия приложения высокой силы различных механизмов [4, 5].

Анатомически таз представляет собой комплекс из двух подвздошных, двух седалищных и двух лонных костей и крестца – все названные анатомические образования образуют так называемое тазовое кольцо. Классификации переломов костей таза базируются на этих анатомических и биомеханических особенностях [6].

Первое описание повреждений тазового кольца было предложено выдающимся французским хирургом J.F. Malgaigne ещё в позапрошлом веке, и за прошедшие почти три столетия было предложено около полусотни всевозможных и разнообразных классификаций [7].

В нашей стране наиболее известна классификация А.В. Каплана, основанная на целостности тазового кольца [8]. Эта классификация достаточно точно показывает специфику данного вида травмы, однако учитывает целостность только костных компонентов тазового кольца, не отражая повреждения капсульно-связочного аппарата и возникающую в связи с этим нестабильность.

В 1961 г. G. Pennal и S. Sutherland предложили классификацию повреждений тазового кольца [9, 10], основанную на направлениях механической силы, воздействующей на тазовое кольцо: фронтальная (наружная ротация), боковая компрессия (внутренняя ротация) и вертикальный сдвиг. В связи с тем, что данная классификация не учитывала нестабильность тазового кольца, это не позволяло рекомендовать какие-либо методы её лечения [11].

В дальнейшем изучение биомеханики на основе подхода G. Pennal и S. Sutherland привело к разработке классификации повреждений таза M. Tile [12], учитывающей возрастающую степень нестабильности (частичную и полную) тазового кольца [13]. Ассоциация по изучению внутренней фиксации (АО, Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen), более известная в России как Ассоциация АО, усовершенствовала классификацию M. Tile [14], а стабильность дорсального костно-лигаментарного комплекса являлась основным критерием классификации.

Согласно классификации M. Tile АО/ASIF (Association for the Study of Internal Fixation), повреждения тазового кольца подразделяются на стабильные (тип А) и нестабильные (типы В и С). Нестабильные повреждения таза представляют собой повреждение тазового кольца, провоцирующего подвижность костей. Они возникают в большинстве случаев в результате высокоэнергетических травм, главным образом вследствие дорожно-транспортного происшествия (64,37 %), падения со значительной высоты (25,32 %) либо вследствие спортивных травм (около 2 %) [15, 16]. Такие переломы зачастую сопровождаются сопутствующими опасными для жизни травмами [17, 18]. Повреждения тазового кольца типа В представляют собой открытые и боковые компрессионные переломы. При этом наблюдается частичное разрушение элементов заднего тазового кольца, включая переломы крестца и повреждения крестцово-подвздошного комплекса, когда тазовое кольцо вертикально стабильно, а ротационно неустойчиво.

При нестабильных повреждениях тазового кольца типа С происходит полное разрушение заднего полукольца и смещение костных отломков в трёх плоскостях, что приводит к ротационной и вертикальной нестабильности, сопровождающейся высокой летальностью в остром периоде травмы и инвалидностью в отдалённом периоде [19, 20]. При нестабильном повреждении тазового кольца могут присутствовать сразу два или более перелома, при этом отломки костей таза смещаются, что вызывает риск повреждения внутренних органов, провоцируя возможность кровотечений [21], вплоть до летального исхода. Оптимальная тактика реабилитации пациентов при переломах тазовых костей и повреждениях капсульно-связочного аппарата наряду с лечением определяет эффективность осуществляемых мероприятий, позволяя снизить сроки лечения и восстановительного периода, ускорить восстановление функции суставов нижних конечностей и минимизировать риск инвалидизации пациента [22, 23].

Лечение пациентов с нестабильными повреждениями тазового кольца является одной из актуальных и не решённых до настоящего времени проблем современной травматологии. Повреждения тазового кольца характеризуются значительным болевым синдромом и являются причиной длительного снижения физической активности пациента как на бытовом уровне, так и в отношении его социальной адаптации, включая снижение уровня качества жизни и психологического здоровья вследствие длительного периода иммобилизации и реабилитации, а также в результате развития возможных осложнений [24]. Обеспечение создания опороспособности на нижние конечности и сохранение движений в нижних конечностях при повреждениях тазового кольца должны сопровождаться стабильной фиксацией с сохранением адекватной репозиции [25, 26], что должно обеспечивать раннюю активизацию пациента [27–29]. Само по себе применение консервативных методов, достаточно технически простых в исполнении, подразумевающее длительную иммобилизацию пациентов при повреждениях тазового кольца, не позволяет до-

биться ранней активизации и вертикализации, что делает эти методы неэффективными для лечения данных видов травм [30]. Однако активная хирургическая тактика при повреждениях тазового кольца, имеющая определённые технические трудности, сопровождается значительной кровопотерей и чрезмерной операционной агрессией [4, 30].

Тяжесть повреждений тазового кольца, их разнообразие, неудовлетворительные результаты консервативных методов лечения и оперативных вмешательств требуют дальнейшего углублённого изучения данного вопроса [31–33]. При этом закономерно актуализируются вопросы лечения пациентов с повреждениями тазового кольца на всех этапах: предоперационном, непосредственно операционном и в послеоперационном периоде [34].

### **ОСОБЕННОСТИ ВЕРТИКАЛИЗАЦИИ ПАЦИЕНТОВ И СПЕЦИФИКА ОСЕВОЙ НАГРУЗКИ В ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОМ ПЕРИОДЕ ПРИ НЕСТАБИЛЬНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЯХ ТАЗОВОГО КОЛЬЦА: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА**

В настоящее время остаётся актуальным иммобилизационный синдром, сопровождающий пациентов с повреждениями тазового кольца, который является совокупностью полиорганных расстройств, связанных с нефизиологическим ограничением двигательной активности и длительным горизонтальным положением пациентов. Это состояние может приводить к мышечно-скелетным, респираторным, эндокринно-метаболическим, кардиоваскулярным расстройствам.

Вертикализация как ведущий метод профилактики и терапии иммобилизационного синдрома [35] при повреждениях тазового кольца позволяет восстановить (сохранить) адекватную афферентацию от мышечно-суставных рецепторов, сохранить активность рефлекторных реакций и автоматизмов, обусловленных позно-тоническими механизмами, в частности, обеспечить сохранение рефлекторного механизма опорожнения мочевого пузыря и кишечника и в конечном итоге позволяет значительно сократить период восстановления и минимизировать развитие возможных осложнений [36, 37].

Значение вертикализации как механизма ранней активизации пациентов после выполнения хирургических манипуляций, смысл которых заключается в стабильной фиксации и адекватной репозиции отломков при повреждениях тазового кольца, заключается в поддержании или восстановлении максимально возможного значения гравитационного градиента – наибольшего угла подъёма больного, не приводящего к развитию признаков ортостатической недостаточности [38], т. е. суть которого заключается в способности поддержания витальных параметров стабильными в любом положении тела по отношению к гравитационному полю Земли, что обеспечивается сложным рефлекторным стереотипом.

Цель вертикализации – это достижение наибольшего значения гравитационного градиента (более 80°), что является обязательным условием поддержания функционирования пациента в реабилитационном процессе. Вертикализация является единственным способом преодоления иммобилизационного синдрома – комплекса полиорганных нарушений, связанных с нефизиологическим ограничением двигательной и когнитивной активности пациента [39]. Частота вертикализации в отношении способов преодоления гравитационного градиента значительна, что позволяет максимально оптимизировать нормальное функционирование организма пациента.

Эффективное лечение в случае нестабильных повреждений тазового кольца при повреждениях типов В и С по классификации АО/ASIF для обеспечения достижения восстановления анатомии таза проводится различными хирургическими методами посредством внешней фиксации аппаратами накостного остеосинтеза или их сочетания. Внешняя фиксация тазового кольца является малоинвазивным методом остеосинтеза и осуществляется при помощи различных аппаратов, разработке которых посвящены многочисленные исследования. Они могут быть различных конструкций и модификаций, применяться как в качестве временного, так и в качестве окончательного метода остеосинтеза [40]. В том случае, когда состояние пациента является нестабильным или критическим, манипуляции ограничиваются фиксацией тазового кольца при помощи аппаратов внешней фиксации в минимальном объёме. Тем не менее, предложенные сегодня модификации аппаратов внешней фиксации, к сожалению, не могут достаточно стабильно осуществить фиксацию заднего отдела таза [41–44], что является главным условием для обеспечения надёжной фиксации тазового кольца и, следовательно, благополучного лечения данного повреждения [45].

В стабильном состоянии пациента возможно использование накостных и погружных фиксаторов [24, 46, 47]. Ряд авторов считают «золотым стандартом» применение оперативного метода открытой репозиции и внутренней фиксации (ORIF, open reduction and internal fixation) при повреждениях тазового кольца [48, 49]. Открытая техника позволяет осуществить хорошую репозицию и жёсткую фиксацию, но является сложной, травматичной и сопровождается интраоперационной кровопотерей [4, 50]. Выполнение данных видов манипуляций требует использования дорогостоящих фиксаторов, которые есть в наличии не во всех медицинских учреждениях. Также детальное планирование этих видов оперативных вмешательств происходит с использованием трёхмерной реконструкции переломов таза, которое влечёт за собой сложность организации материально-технического обеспечения, что ограничивает использование метода ORIF при повреждениях тазового кольца во многих лечебных учреждениях [29, 51].

Однако независимо от метода оперативного лечения ранняя хирургическая фиксация в случае нестабильных повреждений тазового кольца позволяет на-

чать мероприятия по реабилитации пациентов посредством вертикализации и ранней осевой нагрузки в максимально короткие сроки. Это снижает частоту гипостатических осложнений, связанных с продолжительным постельным режимом и гиподинамией: пролежни, декомпенсации сопутствующих заболеваний, пневмонии, гипотрофии мышц, контрактуры суставов, флеботромбозы и тромбоэмболии.

Ранняя вертикализация и осевая нагрузка на нижние конечности может уменьшить летальность в случае политравмы, а также улучшить функциональные результаты. Кроме того, минимальная хирургическая инвазивность данных манипуляций, начатая ранняя реабилитация позволяют сократить вероятность возможных осложнений и продолжительность стационарного лечения [52, 53]. Все эти положительные факторы лечебного процесса позволяют значительно сократить материально-технические и экономические затраты для медицинских учреждений.

В данное время в России и в мире нет достоверных исследований, которые могли бы показать зависимость ранней вертикализации и ранней осевой нагрузки на нижние конечности от выбора метода оперативного лечения повреждений тазового кольца. Также нет общепризнанного алгоритма лечения пациентов с данными повреждениями.

В среднем вертикализация пациентов в послеоперационном периоде осуществляется через 2–3 месяца в зависимости от вида повреждения и проведенного лечения. Вертикализация разрешается после рентгенологического контроля, позволяющего оценить состояние консолидации, стояние чрескостных элементов и костных отломков, а последующая осевая нагрузка на нижние конечности проводится по мере уменьшения болевого синдрома. Длительность и особенности обучения определяются индивидуально и зависят от возраста, физического состояния пациента, вида травмы таза, а также от особенностей выполненного оперативного вмешательства. На начальных этапах необходимо добиться максимальной мобильности пациента под контролем лечащего врача и инструктора лечебной физкультуры, используя различные реабилитационные устройства, в том числе средства опоры (ходунки, костыли и т. д.). При использовании костылей необходимо избежать развития «костыльного пареза» [24], возникающего при длительном давлении костылей на лучевой нерв или часть плечевого сплетения.

При нестабильном повреждении тазового кольца необходимо определить сроки начала и величину осевой нагрузки. В отношении определения величины осевой нагрузки исходят из способности пациентом выполнить однократный подъём конечности против силы тяжести или однократное повторение задания [39]. С одной стороны, величина осевой нагрузки должна быть достаточно высокой для достижения её эффективности, с другой – необходимо избежать повторной травматизации. Определение дозирования осевой нагрузки в послеоперационном периоде осуществляют по результатам рентгенологического исследования или компьютерной томо-

графии костей таза с помощью специальных компьютерных программ, что является в настоящее время одним из основных вопросов реабилитации пациентов с нестабильными повреждениями тазового кольца [54, 55].

На этапе вертикализации пациента необходимо осуществлять его обучение особенностям самообслуживания. Проводятся физиотерапевтическое лечение, лечебная физкультура, направленная на постепенное увеличение физической нагрузки на опорно-двигательную систему. После консолидации переломов костей и капсульно-связочного аппарата таза реализуются мероприятия, направленные на полное физическое восстановление пациента или воздействие на стойкие остаточные явления (применение специального ортеза для стабилизации таза, санаторно-курортное лечение) [56].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Возможность восстановления функций опорно-двигательного аппарата в статике и при ходьбе после лечения нестабильных повреждений тазового кольца в максимально короткие сроки является определяющей в тактике выбора реабилитационных мероприятий. Послеоперационный период во многом определяет конечный результат выполненного лечения, оказывает влияние на возможные последствия и качество жизни пациента. Осевую нагрузку на нижние конечности и вертикализацию целесообразно осуществлять непосредственно после устранения болевого синдрома с учётом физиологических характеристик состояния пациента и особенностей возможных полиорганных повреждений. Исходя из выполненного теоретического исследования, необходимо констатировать недостаточную изученность вопросов, касающихся вертикализации и осевой нагрузки на нижние конечности в зависимости от типа повреждения тазового кольца, что требует дальнейших исследований.

### Конфликт интересов

Авторы данной статьи сообщают об отсутствии конфликта интересов.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Жиленко В.Ю., Свешников П.Г., Есин Д.Ю., Медведчиков А.Е., Буров Е.В., Ярин Г.Ю. Опыт восстановления целостности тазового кольца у пациента с сочетанной травмой. *Современные проблемы науки и образования*. 2017; (5). [Zhilenko VYu, Sveshnikov PG, Esin DYU, Medvedchikov AE, Burov EV, Yarin GYu. Experience in restoring the integrity of the pelvic ring in a patient with associated trauma. *Modern Problems of Science and Education*. 2017; (5). (In Russ.)]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=27112> [дата доступа: 07.01.2023].
2. Mostafa AM, Kyriacou H, Chimutengwende-Gordon M, Khan WS. An overview of the key principles and guidelines in the management of pelvic fractures. *Journal of Perioperative Practice*. 2020; 31(9): 341-348. doi: 10.1177/1750458920947358

3. Габриелян А.Р., Литвина Е.А., Шагинян Г.Г. Выбор оптимальной тактики лечения пациентов с сочетанной тяжелой черепно-мозговой травмой и переломами костей таза. *Материалы IX Всероссийского съезда нейрохирургов*. 2021: 86-86. [Gabrielyan AR, Litvina EA, Shaginyan GG. Choosing optimal treatment tactics for patients with combined severe traumatic brain injury and pelvic fractures. *Materialy IX Vserossiyskogo syezda neyrokhirurgov*. 2021: 86-86. (In Russ.)].
4. Соколов В.А. *Множественные и сочетанные травмы*. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2006. [Sokolov VA. *Multiple and combined injuries*. Moscow: GEOTAR-Media; 2006. (In Russ.)].
5. Агаджанян В.В., Федоров Ю.С., Пронских А.А., Ткачев А.Д. Вопросы организации лечения больных с тяжелыми травмами в регионе Кузбасса. Диагностика и лечение политравм. *Актуальные проблемы здравоохранения Сибири: Материалы Всероссийской конференции*. Ленинск-Кузнецкий; 1999: 16-17. [Agadzhanian VV, Fedorov YuS, Pronskikh AA, Tkachev AD. Issues of organizing treatment of patients with severe injuries in the Kuzbass region. Diagnosis and treatment of polytrauma. *Aktualnye problemy zdravookhraneniya Sibiri: Materialy Vserossiyskoy konferentsii*. Leningk-Kuznetskiy; 1999: 16-17. (In Russ.)].
6. Борозда И.В. Систематизация знаний по биомеханике тазового кольца. *Дальневосточный медицинский журнал*. 2009; (2): 129-132. [Borozda IV. Systematization of knowledge on the pelvic ring biomechanics. *Far Eastern Medical Journal*. 2009; (2): 129-132. (In Russ.)].
7. Берчер М. Переломы таза и вертлужной впадины. Прошлое, настоящее и будущее. *MargoAnterior*. 2009; (2): 4-6. [Bercher M. Fractures of the pelvis and acetabulum. Past, present and future. *MargoAnterior*. 2009; (2): 4-6. (In Russ.)].
8. Каплан А.В. *Повреждения костей и суставов*. М.: Медицина; 1979. [Kaplan AV. *Bones and joints injuries*. Moscow: Meditsina; 1979. (In Russ.)].
9. Pennal GF, Sutherland GO. *Fractures of the pelvic*. Park Ridge, IL: American Academy of Orthopedic Surgeons; 1961.
10. Pennal GF, Tile M, Waddell J. Pelvic disruption: Assessment and classification. *Clin Orthop Relat Res*. 1980; (151): 12-21.
11. Smith WR, Ziran BH, Morgan SJ. *Fractures of the pelvis and acetabulum*. New York: Informa Healthcare USA Inc.; 2007.
12. Tile M. Acute pelvic fractures: I. Causation and classification. *J Am Acad Orthop Surg*. 1996; (4): 143-151.
13. Tile M, Halfet DL, Kellam JF. *Fractures of the pelvis and acetabulum*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2003.
14. *Универсальная классификация переломов*. М.; 1996. [Universal classification of fractures. Moscow; 1996. (In Russ.)].
15. Сырги Г.А., Кустуров В.И., Капрош Н.Ф., Кустурова А.В., Унгуреан В.С. Травма таза – современные аспекты проблемы (обзор литературы). *Научный взгляд в будущее*. 2021; 1(21): 77-86. [Sirghi GA, Kusturov VI, Capros NF, Kusturova AV, Ungurean VS. Pelvic fracture – modern aspects of the problem (review literature). *Scientific Look into the Future*. 2021; 1(21): 77-86. (In Russ.)]. doi: 10.30888/2415-7538.2021-21-01-015
16. Arvieux C, Thony F, Broux C, Ageron F-X, Rencurel E, Abba J, et al. Current management of severe pelvic and perineal trauma. *J Visc Surg*. 2012; 149(4): 227-238. doi: 10.1016/j.jvisc-surg.2012.06.004
17. Graf KW. Unstable pelvic fractures. *Medscape*. 2022; URL: <https://emedicine.medscape.com/article/1247426-overview#a1> [date of access: 23.01.2023].
18. Grewal S, Mir HR. Assessment of instability in type B pelvic ring fractures. *Clin Orthop Trauma*. 2020; 11(6): 1009-1015. doi: 10.1016/j.jcot.2020.10.004
19. Хабибьянов Р.Я., Малеев М.В. Лечение нестабильных переломов костей таза (тип В по принятой международной системе АО/ASIF). *Sciences of Europe*. 2022; 107(107): 69-75. [Khabibyanov RYa, Maleev MV. Treatment of unstable pelvic fractures (type B according to the accepted international AO/ASIF system). *Sciences of Europe*. 2022; 107(107): 69-75. (In Russ.)]. doi: 10.5281/zenodo.7479748
20. Milenković S, Mitković M. Pelvic ring injuries. *Acta facultatis medicae naissensis*. 2020; 37(1): 23-33. doi: 10.5937/afmna2001023M
21. Борозда И.В., Ганжуров Н.А., Николаев Р.В. Кровопотеря при переломах таза. *Амурский медицинский журнал*. 2019; 2(26): 50-60. [Borozda IV, Ganzhurov NA, Nikolaev RV. Blood loss in pelvic fractures. *Amur Medical Journal*. 2019; 2(26): 50-60. (In Russ.)].
22. Закиров Р.И., Ахтямов И.Ф. Современное состояние проблемы нестабильных переломов заднего полукольца таза (обзор литературы). *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2022; 2(48): 89-94. [Zakirov RI, Akhtyamov IF. Current state of the problem of unstable fractures of the posterior half-ring of the pelvis (literature review). *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2022; 2(48): 89-94. (In Russ.)]. doi: 10.17238/2226-2016-2022-2-89-94
23. Fakler JKM. Classification of pelvic ring injuries. *Mobile Health Knowledge*. 2022. URL: <https://www.mhealthknowledge.org/acetabular-fractures/classification-of-pelvic-ring-injuries.html>. [date of access: 20.01.2023]
24. Raikin S, Froimson MI. Bilateral brachial plexus compressive neuropathy (crutch palsy). *J Orthop Trauma*. 1997; 11(2): 136-138. doi: 10.1097/00005131-199702000-00014
25. Файн А.М., Ваза А.Ю., Гнететский С.Ф., Бондарев В.Б. Остеосинтез повреждений переднего полукольца таза оригинальной J-образной пластиной. *Евразийский союз ученых*. 2021; (4): 21-27. [Fain AM, Vaza AU, Gnetetskiy SF, Bondarev VB. Novel J-plate for anterior pelvic ring injuries osteosynthesis. *Eurasian Union of Scientists*. 2021; (4): 21-27. (In Russ.)].
26. Иванов П.А., Заднепровский Н.Н., Неведров А.В., Каленский В.О. Современные возможности лечения переломов тазового кольца у пациентов с политравмой. *Вектор развития высоких медицинских технологий на госпитальном этапе: Материалы научно-практической конференции*. 2019; 66-67. [Ivanov PA, Zadneprovsky NN, Nevedrov AV, Kalensky VO. Modern treatment options for pelvic ring fractures in patients with polytrauma. *Vektor razvitiya vysokikh meditsinskikh tekhnologiy na gospiyal'nom etape: Materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. 2019; 66-67. (In Russ.)].
27. Лазарев А.Ф., Солод Э.И., Гудушаури Я.Г., Калинин Е.И., Коновалов В.В., Марычев И.Н. Проблемы оперативного лечения застарелых повреждений переднего отдела тазового кольца. *Практическая медицина*. 2021; 19(3): 47-54. [Lazarev AF, Solod EI, Gudushauri YaG, Kalinin EI, Konovalov VV, Marychev IN. Problems of surgical treatment of the anterior pelvic ring chronic injuries. *Practical medicine*. 2021; 19(3): 47-54. (In Russ.)].
28. Ruedi TP, Buckley RE, Moran CG. *AO principles of fracture management*. New York; 2007.
29. Tile M. Pelvic ring fractures: Should they be fixed? *Bone Joint Surg Br*. 1988; 70(1): 1-12.

30. Smith WR, Ziran BH, Morgan SJ. *Fractures of the pelvis and acetabulum*. New York: Informa Healthcare USA Inc.; 2007.
31. Ушаков С.А., Лукин С.Ю., Истокский К.Н., Никольский А.В., Митрейкин Ю.В. Лечение травмы таза, осложненной повреждениями урогенитального тракта. *Гений ортопедии*. 2011; (1): 140-144. [Ushakov SA, Lukin SYu, Istoksky KN, Nikolsky AV, Mitreykin YuV. Treatment of pelvic trauma complicated by urogenital tract injuries. *Genij Ortopedii*. 2011; (1): 140-144. (In Russ.)].
32. Загородний Н.В., Колесник А.И., Лазарев А.Ф., Соллод Э.И., Очкуренко А.А., Бухтин К.М., и др. Современные тенденции в оперативном лечении больных с повреждениями таза и вертлужной впадины (обзор литературы). *Гений ортопедии*. 2020; 26(2): 266-274. [Zagorodny NV, Kolesnik AI, Lazarev AF, Solod EI, Ochurenko AA, Bukhtin KM, et al. Current trends in the surgical treatment of patients with pelvic and acetabular injuries (literature review). *Genij Ortopedii*. 2020; 26(2): 266-274. (In Russ.)]. doi: 10.18019/1028-4427-2020-26-2-266-274
33. Lundin N, Enocson A. Complications after surgical treatment of pelvic fractures: A five-year follow-up of 194 patients. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2022; 33(4): 877-882. doi: 10.1007/s00590-022-03215-0
34. Cai L, Lou Y, Guo X, Wang J. Surgical treatment of unstable pelvic fractures with concomitant acetabular fractures. *Int Orthop*. 2017; 41(9): 1803-1811. doi: 10.1007/s00264-017-3532-0
35. Белкин А.А. Синдром последствий интенсивной терапии (ПИТ-синдром). *Вестник интенсивной терапии имени А.И. Салтанова*. 2018; (2): 12-23. [Belkin AA. Syndrome effects of intensive therapy – Post intensive care syndrome (PICS). *Annals of Critical Care*. 2018; (2): 12-23. (In Russ.)].
36. Галицына А.М., Ахмадеева Л.Р., Месропян А.В. Экзоскелеты для вертикализации пациентов. *Формы и методы социальной работы в различных сферах жизнедеятельности: Материалы X Международной научно-практической конференции, посвященной 30-летию социальной работы в России*. 2021: 71-74. [Galitsyna AM, Akhmadeeva LR, Mesropyan AV. Exoskeletons for verticalization of patients. *Formy i metody sotsialnoy raboty v razlichnykh sferakh zhiznedejatel'nosti: Materialy X Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 30-letiyu sotsialnoy raboty v Rossii*. 2021: 71-74. (In Russ.)].
37. Макурин М.Ю., Верещагин Н.А., Валуев А.Н., Верещагина Е.Н., Гарькавый Н.Г. Результаты лечения пациентов старше 60 лет с переломами костей таза. *Вестник Ивановской медицинской академии*. 2018; 23(3): 22-26. [Makurin MYu, Vereshchagin NA, Valuev AN, Vereshchagina EN, Garkavyi NG. Results of treatment of patients over 60 years of age with pelvic fractures. *Bulletin of the Ivanovo Medical Academy*. 2018; 23(3): 22-26. (In Russ.)].
38. Вертикализация пациентов в процессе реабилитации: клинические рекомендации. 2014. [Verticalization of patients in the process of rehabilitation: Clinical recommendations. 2014. (In Russ.)]. URL: <https://rehabrus.ru/Docs/Vertikalizaciya.pdf> [дата доступа: 04.01.2023].
39. Реабилитация в интенсивной терапии: клинические рекомендации. 2015. [Rehabilitation in intensive care: Clinical recommendations. 2015. (In Russ.)]. URL: <https://bsmp-kursk.ru/assets/files/local-protocols/ORIT/reabilitaciya-v-intensivnoj-terapii.pdf> [дата доступа: 10.01.2023].
40. Бондаренко А.В., Круглыхин И.В., Плотников И.А., Талашкевич М.Н., Войтенко А.Н., Туева Г.А. Внешняя фиксация как основной и окончательный метод лечения повреждений тазового кольца при политравме. *Политравма*. 2018; (2): 41-50. [Bondarenko AV, Kruglykhin IV, Plotnikov IA, Talashkevich MN, Voytenko AN, Tueva GA. External fixation as a basic and final method for treatment of pelvic ring injuries in polytrauma. *Polytrauma*. 2018; (2): 41-50. (In Russ.)].
41. Тутынин К.В., Шнякин П.Г., Шубкин В.Н. Опыт хирургического лечения вертикально-нестабильных повреждений тазового кольца методом дистантной триангулярной пояснично-подвздошной фиксации. *Политравма*. 2017; (4): 38-43. [Tutynin KV, Shnyakin PG, Shubkin VN. The experience with surgical treatment of vertical unstable injuries to the pelvic ring with distant triangular lumbosacral fixation. *Polytrauma*. 2017; (4): 38-43. (In Russ.)].
42. Дулаев А.К., Ганин В.Н., Дыдыкин А.В. Применения аппаратов внешней фиксации при лечении пострадавших с нестабильными повреждениями таза. *Материалы конгресса травматологов-ортопедов России с международным участием*. Ярославль; 1999: 124-125. [Dulaev AK, Ganin VN, Dydykin AV. The use of external fixation devices in the treatment of patients with unstable pelvic injuries. *Materialy kongressa travmatologov-ortopedov Rossii s mezhdunarodnym uchastiem*. Yaroslavl; 1999: 124-125. (In Russ.)].
43. Рунков А.В., Блинец Д.Г., Богаткин А.А. Малоинвазивная фиксация повреждений задних отделов таза. *Гений ортопедии*. 2013; (2): 10-15. [Runkov AV, Bliznets DG, Bogatkin AA. Minimally invasive fixation of injuries to the posterior pelvis. *Genij Ortopedii*. 2013; (2): 10-15. (In Russ.)].
44. Багненко С.Ф., Кашанский Ю.Б., Рзаев Р.С. Топографо-анатомическое обоснование этапной репозиции повреждений таза у пострадавших с шокогенной травмой. *Высокие технологии в медицине: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Ленинск-Кузнецкий*; 2008: 73-74. [Bagненко SF, Kashansky YuB, Rzaev RS. Topographic and anatomical rationale for the staged reposition of pelvic injuries in victims with shockogenic trauma. *Vysokie tekhnologii v meditsine: Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Leninsk-Kuznetskiy; 2008: 73-74. (In Russ.)].
45. Хабибьянов Р.Я. Общая концепция аппарата внешней фиксации для лечения повреждений тазового кольца. *Современные технологии в травматологии, ортопедии: ошибки и осложнения — профилактика, лечение: Материалы Международного конгресса*. Москва; 2004: 180-181. [Khabibyanov RYa. General concept of an external fixator for the treatment of pelvic ring injuries. *Sovremennye tekhnologii v travmatologii, ortopedii: oshibki i oslozhneniya — profilaktika, lechenie: Materialy Mezhdunarodnogo kongressa*. Moscow; 2004: 180-181. (In Russ.)].
46. Шлыков И.Л., Кузнецова Н.Л. Лечебные алгоритмы у пациентов с травмой таза и вертлужной впадины. *Acta biomedica scientifica*. 2011; 4(1): 339-343. [Shlikov IL, Kuznetsova NL. Therapeutic algorithms for patients with pelvic and acetabular trauma. *Acta biomedica scientifica*. 2011; 4(1): 339-343. (In Russ.)].
47. Кажанов И.В., Дулаев А.К., Микитюк С.И., Бесаев Г.М., Багдасарьянц В.Г., Андреева А.А., и др. Оказание специализированной травматологической помощи в острый период травмы пострадавшей с нестабильным повреждением тазового кольца и переломом вертлужной впадины. *Вестник хирургии имени И.И. Грекова*. 2020; 179(5): 98-103. [Kazhanov IV, Dulaev AK, Mikityuk SI, Besaev GM, Bagdasaryanz VG, Andreeva MA, et al. Specialized trauma care in the acute period of trauma for a victim

with unstable pelvic ring injury and acute acetabulum fracture. *Grekov's Bulletin of Surgery*. 2020; 179(5): 98-103. (In Russ.).

48. Доржиев В.В., Миromanov А.М., Бусоедов А.В., Лончакова Е.С. Лечение при переломах таза: проблемы и перспективы. *Цивьяновские чтения: Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых с международным участием. Новосибирск*; 2015: 172-174. [Dorzheev VV, Miromanov AM, Busoedov AV, Lonchakova ES. Treatment for pelvic fractures: problems and prospects. *Tsivyanovskie chteniya: Materialy VIII Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh s mezhdunarodnym uchastiem*. Novosibirsk; 2015: 172-174. (In Russ.).]

49. Gras F, Marintschev I, Wilharm A, Klos K, Mückley T, Hofmann GO. 2D-fluoroscopic navigated percutaneous screw fixation of pelvic ring injuries – A case series *BMC Musculoskelet Disord*. 2010; 11: 153. doi: 10.1186/1471-2474-11-153

50. Казанцев А.Б., Путятин С.М., Тер-Григорян А.А. Оптимизация хирургического лечения больных с повреждениями таза. *Травматология и ортопедия третьего тысячелетия: Тезисы докладов международной конференции. Чита – Маньчжурия*; 2008: 87-88. [Kazantsev AB, Putyatin SM, Ter-Grigoryan AA. Optimization of surgical treatment of patients with pelvic injuries. *Travmatologiya i ortopediya tret'ego tysyacheletiya: Tezisy dokladov mezhdunarodnoy konferentsii*. Chita – Manchuria; 2008: 87-88. (In Russ.).]

51. Allen CF, Goslar PW, Barry M, Christiansen T. Management guidelines for hypotensive pelvic fracture patients *Am Surg*. 2000; 66(8): 735-738.

52. Шапкин Ю.Г., Селивестров П.А. Тактика лечения нестабильных повреждений таза при политравме. *Новости хирур-*

*зу*. 2015; 23(4): 452-459. [Shapkin YuG, Seliverstov PA. Strategy for surgical treatment of polytrauma with unstable pelvic injuries. *Novosti Khirurgii*. 2015; 23(4): 452-459. (In Russ.).]

53. Набиев Е.Н., Теекбаев К.М., Тусупов Д.С. Современное состояние проблемы лечения переломов костей таза при политравме (обзор литературы). *Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета*. 2019; 19(1): 38-42. [Nabiev YeN, Tezekbaev KM, Tusupov DS. Modern condition and the problem of treatment fractures of the pelvis bones in polytrauma (literature review). *Vestnik KRSU*. 2019; 19(1): 38-42. (In Russ.).]

54. Сироджов К.Х., Холов Д.И., Каримов К.К. Оптимизация лечения открытых переломов бедра у больных с политравмой на основе системного подхода. *Практическая медицина*. 2015; 5(90): 145-148. [Sirodzhov KKh, Kholov DI, Karimov KK. Optimization of treatment of open fractures of the hip in patients with polytrauma based on the systematic approach. *Practical Medicine*. 2015; 5(90): 145-148. (In Russ.).]

55. Stelmakh KK, Myakotina LI. Comparative biomechanical assessment of the functional outcomes of treatment in patients with pelvic bone fractures. *Russian Journal of Biomechanics*. 2000; 4(3): 80-85.

56. Боровой И.С., Лобанов Г.В. Методика восстановительного лечения пострадавших с нестабильными повреждениями таза типа в, леченных аппаратами внешней фиксации (в помощь практическому врачу). *Травма*. 2014; 15(3): 114-120. [Borovoi IS, Lobanov GV. Method of restorative treatment of patients with unstable type B pelvic injuries treated with external fixation devices (to help the practitioner). *Trauma*. 2014; 15(3): 114-120. (In Russ.).]

#### Сведения об авторах:

**Мелкоступов Алексей Анатольевич** – ассистент кафедры травматологии и ортопедии, ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России, e-mail: traumairk@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5426-0412>

**Комогорцев Игорь Евгеньевич** – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой травматологии и ортопедии, ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России, e-mail: komogor57@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0846-8455>

**Виноградов Валентин Георгиевич** – доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры травматологии и ортопедии, ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России, e-mail: vinogradov.travma@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6470-3800>

**Ангарская Екатерина Геннадьевна** – ассистент кафедры травматологии и ортопедии, ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России, e-mail: albaviktoria@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0750-5699>

#### Information about the authors

**Alexey A. Melkostupov** – Teaching Assistant at the Department of Traumatology and Orthopedics, Irkutsk State Medical University, e-mail: traumairk@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5426-0412>

**Igor E. Komogortsev** – Dr. Sc. (Med.), Professor, Head of the Department of Traumatology and Orthopedics, Irkutsk State Medical University, e-mail: komogor57@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0846-8455>

**Valentin G. Vinogradov** – Dr. Sc. (Med.), Professor, Professor at the Department of Traumatology and Orthopedics, Irkutsk State Medical University, e-mail: vinogradov.travma@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6470-3800>

**Ekaterina G. Angarskaya** – Teaching Assistant at the Department of Traumatology and Orthopedics, Irkutsk State Medical University, e-mail: albaviktoria@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0750-5699>

# ВЛИЯНИЕ НИЗКОДОЗНОЙ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ ОСТЕОАРТРИТА КОЛЕННОГО СУСТАВА НА ЧАСТОТУ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ: РЕЗУЛЬТАТЫ РАНДОМИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛИРУЕМОГО ИСПЫТАНИЯ С 9-ЛЕТНИМ НАБЛЮДЕНИЕМ

Макарова М.В.<sup>1</sup>,  
Вальков М.Ю.<sup>1</sup>,  
Гржибовский А.М.<sup>1, 2, 3</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России (163069, г. Архангельск, Троицкий просп., 51, Россия)

<sup>2</sup> ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова» (677000, г. Якутск, ул. Белинского, 58, Россия)

<sup>3</sup> ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» (163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 17, Россия)

Автор, ответственный за переписку:  
**Макарова Мария Васильевна**,  
e-mail: mtim10@gmail.com

## РЕЗЮМЕ

**Цель исследования.** Сравнить частоту эндопротезирования коленного сустава у больных, получавших стандартное лечение нестероидными противовоспалительными препаратами (НПВП) в комбинации с симптоматическими лекарственными средствами замедленного действия (SYSADOA, symptomatic slow acting drugs for osteoarthritis) либо их сочетание с низкодозной лучевой терапией (НДЛТ), при остеоартрите коленных суставов 0–2-й стадий.

**Материалы и методы.** Представлены отдалённые результаты рандомизированного контролируемого испытания в выборке из 292 пациентов с подтверждённым остеоартритом (ОА) коленных суставов по критериям Altman (1991), рентгенологической стадией 0–2 по Kellgren – Lawrence, случайным образом распределённых в две группы. Контрольная группа (n = 146) получала терапию комбинацией НПВП и SYSADOA. В группе исследования (n = 146) пациенты дополнительно к стандартному лечению получали НДЛТ до суммарной дозы 4,5 Гр. Кумулятивный риск эндопротезирования оценивали с помощью актуарного анализа и метода Каплана – Майера. Для оценки профилактического потенциала НДЛТ рассчитывали предотвратимые доли для выборки (AF, attributable fraction) и для генеральной совокупности (PAF, population attributable fraction).

**Результаты.** Общее время наблюдения составило 2131,2 человеко-лет. 4,1 % (n = 6) пациентам группы исследования проведено эндопротезирование против 7,5 % (n = 11) в контрольной группе. Отношение плотностей инцидентности составило 0,60 (95% ДИ: 0,18–1,88), что соответствует снижению риска на 67 %, но результаты не достигали уровня статистической значимости по причине малого числа эндопротезирований (p = 0,340). Предотвратимая доля эндопротезирований составила 40 % для выборочной совокупности и 21 % для генеральной совокупности пациентов с рентгенологической стадией 0–2.

**Закключение.** Применение НДЛТ снижает риск эндопротезирования на две трети и потенциально способно снизить частоту эндопротезирования на 21 % у больных ОА коленного сустава. Требуется исследование на большей выборке.

**Ключевые слова:** остеоартрит, коленный сустав, эндопротезирование, низкодозная лучевая терапия

**Для цитирования:** Макарова М.В., Вальков М.Ю., Гржибовский А.М. Влияние низкодозной лучевой терапии остеоартрита коленного сустава на частоту эндопротезирования: результаты рандомизированного контролируемого испытания с 9-летним наблюдением. *Acta biomedica scientifica*. 2023; 8(5): 100-106. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.10

Статья поступила: 02.04.2023

Статья принята: 13.11.2023

Статья опубликована: 05.12.2023

# EFFECTS OF LOW-DOSAGE RADIOTHERAPY FOR KNEE OSTEOARTHRITIS ON THE INCIDENCE OF KNEE ARTHROPLASTY: RESULTS OF A RANDOMIZED CONTROLLED TRIAL WITH 9-YEAR FOLLOW-UP

Makarova M.V.<sup>1</sup>,  
Valkov M.Yu.<sup>1</sup>,  
Grjibovski A.M.<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup> Northern State Medical University  
(Troitskiy Ave. 51, Arkhangelsk 163000,  
Russian Federation)

<sup>2</sup> North-Eastern Federal University  
(Belinskogo str. 58, 677000 Yakutsk,  
Russian Federation)

<sup>3</sup> Northern (Arctic) Federal University  
named after M.V. Lomonosov (Severnoy  
Dviny emb. 17, Arkhangelsk 163002,  
Russian Federation)

Corresponding author:  
**Maria V. Makarova,**  
e-mail: mtim10@gmail.com

## ABSTRACT

**The aim.** To compare the incidence of knee arthroplasty in patients receiving standard treatment with non-steroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs) in combination with symptomatic slow acting drugs for osteoarthritis (SYSADOA), or combination of NSAIDs and SYSADOA with low-dose radiation therapy (LDRT) in patients with stage 0–2 knee osteoarthritis (OA).

**Materials and methods.** The article presents the results of randomized controlled study of 292 patients with confirmed knee OA according to Altman's criteria (1991) and Kellgren – Lawrence radiographic stages 0–2 who were randomized into two groups. The control group ( $n = 146$ ) received standard therapy of NSAIDs + SYSADOA. Patients of the study group ( $n = 146$ ) received combination of standard therapy and LDRT up to a total dose of 4.5 Gy. The cumulative risk of knee arthroplasty was assessed using actuarial analysis and the Kaplan – Meier method. Attributable (AF) and population attributable (PAF) fractions were calculated to assess LDRT preventive potential.

**Results.** The total observation period was 2131.2 person-years. Knee arthroplasty was performed in 4.1 % ( $n = 6$ ) of patients in the study group against 7.5 % ( $n = 11$ ) in the control group. The incidence density ratio was 0.60 (95% CI: 0.18–1.88), which corresponds to a risk reduction by 67 %, but the differences were not statistically significant due to the small number of cases ( $p = 0.340$ ). The AF was 40 % while the PAF was 21 %.

**Conclusions.** The use of LDRT reduces the risk of knee arthroplasty by two-thirds and has the potential to prevent 21 % cases of knee arthroplasty in patients with knee OA. A study on a larger sample is required.

**Key words:** osteoarthritis, knee joint, joint arthroplasty, low-dose radiation therapy

Received: 02.04.2023  
Accepted: 13.11.2023  
Published: 05.12.2023

**For citation:** Makarova M.V., Valkov M.Yu., Grjibovski A.M. Effects of low-dosage radiotherapy for knee osteoarthritis on the incidence of knee arthroplasty: Results of a randomized controlled trial with 9-year follow-up. *Acta biomedica scientifica*. 2023; 8(5): 100-106. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.10

## ВВЕДЕНИЕ

Остеоартрит (ОА) крупных суставов, чаще поражающий лиц старше 40 лет, является наиболее распространённым заболеванием костно-мышечной системы. В 2020 г. в мире ОА коленных суставов по расчётам мог быть установлен 654 млн человек [1]. Согласно российской статистике, до 13 % взрослого населения страны страдают ОА коленных и тазобедренных суставов [2].

Современная терапия ОА направлена в первую очередь на купирование болевого синдрома. Традиционно для этого назначают нестероидные противовоспалительные препараты (НПВП) [3, 4]. В соответствии с клиническими рекомендациями Ассоциации ревматологов России, для лечения ОА коленного сустава могут быть также использованы симптоматические лекарственные средства замедленного действия (SYSADOA, symptomatic slow acting drugs for osteoarthritis), включающие стимуляторы репарации тканей (хондроитина сульфат, глюкозамин и пр.) и корректоры метаболизма костной и хрящевой ткани [4]; в анатомо-терапевтическо-химической классификации они наряду с НПВП и противоревматическими препаратами включены «базисную терапию» [3]. Однако данные метаанализов исследований, проведённых без поддержки фармацевтических компаний, не подтвердили преимущества использования хондроитина сульфата и глюкозамина, поэтому многими международными профессиональными сообществами ревматологов их использование не рекомендуется [3, 5].

Остеоартрит часто неуклонно прогрессирует, переходя в распространённые стадии, вследствие чего высока частота инвалидизации и направления на хирургическое лечение. Среди всех регистрируемых случаев стойкой утраты трудоспособности 30 % связаны с прогрессированием ОА [1]. Из них на тотальное эндопротезирование (ТЭ) коленного сустава направляют около 15 % пациентов [6]. При этом отдалённые результаты эндопротезирования коленного сустава нельзя признать полностью удовлетворительными. Согласно данным ряда исследований, до 25 % пациентов недовольны результатами операции. В течение двух-пяти лет ревизионные операции проводят в 60–80 % случаев [7, 8]. Более чем в половине всех случаев неудовлетворительных результатов от проведённого эндопротезирования пациентов беспокоят боли в оперированном суставе [9]. Частота инфекционных осложнений после хирургического вмешательства составляет 0,2–4,5 % при первичном протезировании и 4,5–12 % при ревизионном (вторном) [6, 7].

В этой связи требуется поиск более эффективных методик консервативного лечения ОА. С 1970-х годов для лечения ОА различных локализаций применяют низкодозную лучевую терапию (НДЛТ), которая способна оказать длительный противоболевой эффект [10, 11]. В Германии и Испании НДЛТ успешно применяется для терапии гонартрозов [12, 13]. В России имеется длительный опыт применения этого подхода [14], но для включения данного вида лечения требуются дополнительные доказательства её эффективно-

сти. В рамках рандомизированного исследования ранее нами было показано, что НДЛТ способна предотвращать прогрессирование болевого синдрома и патологических изменений в суставе на горизонте трёх лет [15, 16]. Длительное сохранение противоболевого эффекта потенциально способно отсрочить необходимость проведения хирургического лечения.

## ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Провести сравнительный анализ частоты проведения эндопротезирования коленного сустава у больных, получавших низкодозную лучевую терапию в сочетании с базисной терапией нестероидными противовоспалительными препаратами в комбинации с симптоматическими лекарственными средствами замедленного действия либо только стандартное лечение, при остеоартрите коленных суставов 0–2-й стадий в рамках открытого рандомизированного исследования с длительным проспективным наблюдением.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

### Характеристика больных

Подробности выборочной совокупности больных были описаны ранее [15, 16]; коротко они могут быть представлены следующим образом. В исследование, проведённое с октября 2012 по октябрь 2014 г., включали больных с клинически подтверждённым по критериям Altman, 1991 [17] ОА коленных суставов 0–2-й стадии по Kellgren – Lawrence [18] в сочетании с лабораторными и рентгенологическими проявлениями и без них и исходным уровнем болевого синдрома 30 мм и более по визуально-аналоговой шкале (ВАШ).

### Схема лечения

Для распределения в группы использовали рандомизацию с помощью генератора чисел. В контрольной группе больные получали базовую терапию селективными НПВП и комбинированным препаратом SYSADOA глюкозамином (500 мг) и хондроитина сульфатом (400 мг) по схеме: по 1 капсуле 3 раза в день в течение 3 недель, с четвертой недели – по 1 капсуле 2 раза в день до 12 недель. После перерыва 8 недель повторный курс в том же режиме назначали на 12 недель. Низкодозная ортовольтная рентгенотерапия на поражённый сустав в дозе 4,5 Гр за 10 сеансов через 48 часов каждый назначалась пациентам группы исследования на фоне стандартного лечения, аналогичного таковому в первой группе.

Всего в анализ вошли 292 пациента, по 146 в каждой группе лечения. Пациенты сравниваемых групп были сопоставимы по возрастному-половому составу и исходным характеристикам заболевания. Больных женского пола было 48 %, средний возраст составил 36–40 лет. Индекс массы тела в среднем составлял 27 кг/м<sup>2</sup> в обеих группах, длительность болевого синдрома перед началом лечения варьировала от 9,2 до 9,7 мес. Рентгенологические стадии 0 (симптоматический ОА с изменениями, харак-

терными для ОА по данным магнитно-резонансной томографии (МРТ), но при отсутствии изменений на рентгенограммах), 1 и 2 были установлены у 15 (10,3 %), 89 (60,9 %) и 42 (28,8 %) больных контрольной группы и у 24 (16,4 %), 86 (58,9 %) и 36 (24,7 %) больных группы исследования соответственно. По всем сравниваемым показателям статистически значимых различий между двумя группами не было.

#### Статистический анализ

Кумулятивный риск эндопротезирования оценивали с помощью актуарного анализа и метода Каплана – Майера. В качестве события принимали факт проведения эндопротезирования коленного сустава, данные о котором получали из Единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения Архангельской области на 31.12.2021.

Частота проведения эндопротезирования в обеих группах была рассчитана на 100 человеко-лет. Относительная (AF, attributable fraction) и популяционная (PAF, attributable fraction) доли были рассчитаны для оценки доли проведения эндопротезирования, которую можно было бы предотвратить, если бы все пациенты получали НДЛТ в дополнение к стандартному лечению в ис-

следовании и в общей популяции. Различия в частоте наступления исхода между группами оценивались с помощью критерия Вилкоксона – Джихана.

Результаты анализа представлены с 95%-ми доверительными интервалами (95% ДИ) по причине их большей информативности по сравнению с традиционными уровнями статистической значимости [19]. Для всех расчётов использовался программный пакет Stata версии 17 (Stata Corp., США) [20].

Исследование одобрено этическим комитетом ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России (протокол № 10 от 21.12.2011), у всех пациентов было получено информированное согласие.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Число пациентов, которым было проведено эндопротезирование коленного сустава в разрезе рентгенологической стадии, приведено в таблице 1. Кумулятивный риск проведения эндопротезирования для двух групп отражён на рисунке 1.

ТАБЛИЦА 1

**СУММАРНОЕ КОЛИЧЕСТВО ЭНДОПРТЕЗИРОВАНИЙ У БОЛЬНЫХ ОСТЕОАРТРИТОМ КОЛЕННОГО СУСТАВА ЗА 9-ЛЕТНИЙ ПЕРИОД**

Исходная стадия	Контрольная группа	Группа исследования
Рентгенологическая стадия 0, абс. (%)	0/24 (0,0 %)	0/15 (0,0 %)
Рентгенологическая стадия 1, абс. (%)	2/86 (2,3 %)	1/89 (1,1 %)
Рентгенологическая стадия 2, абс. (%)	9/36 (25,0 %)	5/42 (11,9 %)

TABLE 1

**THE TOTAL NUMBER OF JOINT REPLACEMENTS IN PATIENTS WITH KNEE OSTEOARTHRITIS OVER A 9-YEAR PERIOD**

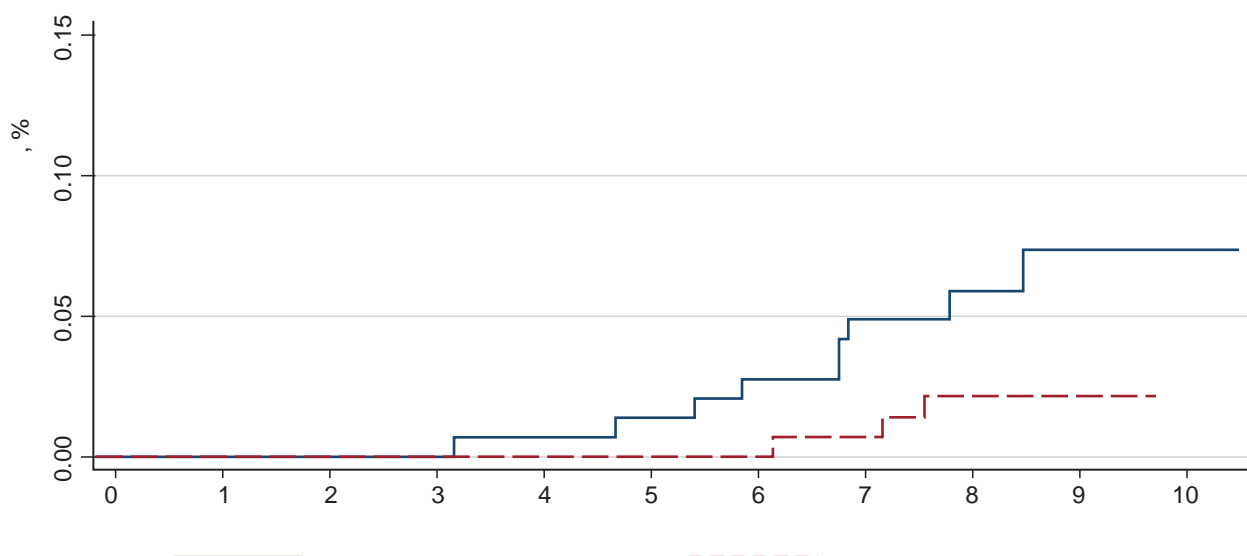


РИС. 1.

Кумулятивный риск проведения тотального эндопротезирования коленного сустава в зависимости от метода лечения остеоартрита

FIG. 1.

Cumulative risk of total knee arthroplasty depending on the method of osteoarthritis treatment

Частота эндопротезирования коленного сустава в существенной мере определялась исходной стадией ОА. При исходном отсутствии рентгенологических признаков ОА за 9 лет наблюдения операция не потребовалась ни одному из больных. Эндопротезирование выполняли вдвое реже при более распространенных стадиях ОА в случае применения НДЛТ. Общее время до эндопротезирования либо цензурирования составило 2131,2 человеко-лет. В общей сложности эндопротезирование выполнено 4,1 % ( $n = 6$ ) пациентов группы исследования против 7,5 % ( $n = 11$ ) пациентов контрольной группы. Отношение плотностей инцидентности составило 0,60 (95% ДИ: 0,18–1,88), то есть применение нового метода имеет потенциал для существенного уменьшения времени возникновения необходимости в эндопротезировании, однако результаты не достигали уровня статистической значимости по причине малого числа эндопротезирований ( $p = 0,340$ ).

Расчёт предотвратимых долей (AF и PAF) изучаемого исхода показал, что 40 % эндопротезирований могло быть предотвращено в исследуемой выборочной совокупности, если бы все пациенты получали экспериментальное лечение, а в генеральной совокупности больных с остеоартрозом коленных суставов с рентгенологической стадией 0–2 эта доля составила бы 21 %.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В статье проведён сравнительный анализ частоты проведения эндопротезирования коленного сустава у больных в зависимости от ранее проведённого лечения ОА коленных суставов 0–2 стадий в рамках открытого рандомизированного исследования. Включение в исследование данных симптоматического ОА коленного сустава позволило проследить результаты терапии заболевания, когда изменения ещё не определяют рентгенологически (стадия 0). Низкодозная лучевая терапия не оказала отрицательного влияния на течение заболевания при симптоматическом ОА, что подтверждают наши результаты об отсутствии случаев эндопротезирования как в контрольной группе, так и в группе исследования. Мы обнаружили двукратное уменьшение риска проведения эндопротезирования у больных, получавших НДЛТ, по сравнению с контрольной группой, но, несмотря на выраженность эффекта, по причине малого числа изучаемых исходов различия не достигали уровня статистической значимости для общепринятых уровней альфа- и бета-ошибок.

Низкодозная лучевая терапия не является общепринятым подходом в лечении ОА коленных суставов. Главное препятствие расширения её использования – недостаток доказательств из исследований высокого качества. К такому выводу, например, пришли авторы недавно опубликованного систематического обзора литературы [12]. Они анализировали разнородные исследования, самое раннее из которых датировано 1980 г.; всего в анализ вошло 26 исследований. Многие из анализированных исследований носили ретроспек-

тивный характер с наблюдательным дизайном, не имели контрольной группы и/или содержали малое количество наблюдений.

К настоящему моменту опубликовано считанное число рандомизированных исследований, изучавших эффект НДЛТ при ОА коленных суставов [11, 13, 16]. В исследовании из Германии получен положительный эффект от применения НДЛТ. В ретроспективном анализе S. Keller и соавт. была дана оценка клинического ответа на НДЛТ у 1037 пациентов с болезненным ОА коленных суставов сразу или в течение двух месяцев после завершения облучения. У 79,3 % наблюдали уменьшение боли после НДЛТ (10,5 % – полного, 68,8 % – частичного ответа) [21]. O.J. Ott и соавт. предположили, что НДЛТ менее эффективна в лечении выраженного болевого синдрома при прогрессирующем ОА с уже зафиксированным разрушением костного сустава и повреждением околоуставных мягких тканей, которые могут быть устойчивы к противовоспалительному эффекту НДЛТ [22].

С другой стороны, в двойном слепом рандомизированном исследовании из Нидерландов авторы не отметили снижения болевого синдрома у больных в группе исследования по сравнению с контрольной группой симуляционного облучения (относительный риск – 1,09; 95% ДИ: 0,37–3,19), а также существенных изменений синовиальной оболочки и уменьшения объёма синовиита по данным МРТ. Следует отметить, что общее число наблюдений ( $n = 55$  в обеих группах) и ограниченный срок последующего наблюдения (3 месяца) не дают возможности сделать окончательный вывод об эффективности подхода [11].

Наше рандомизированное исследование имеет высокую степень зрелости. НДЛТ больным ОА коленного сустава, вошедшим в него, была проведена 8–10 лет назад. Ранее нами было показано, что добавление ортотерапии рентгенотерапии к стандартному консервативному лечению приводит к стойкому снижению болевого синдрома, улучшению функции сустава и в целом качества жизни больных на горизонте как минимум трёх лет [15, 23, 24].

Принятие решения об установке эндопротеза сустава обусловлено не только рентгенологической стадией, но и, в большей степени, выраженностью болевого синдрома, ограничением жизнедеятельности пациента со стойкими нарушениями статико-динамических функций (третья и четвертая). При исходной более тяжёлой рентгенологической стадии ОА ухудшение статико-динамических функций у таких пациентов наступает быстрее [25]. В Европе частота артропластических операций среди пациентов старше 65 лет составляла в среднем 0,6 на 1000 населения в 2010-е годы [6, 8]; в России этот показатель за аналогичный период был несколько ниже, составляя до 0,2 на 1000 взрослого населения [2].

В данном исследовании впервые в рамках рандомизированного анализа были проанализированы данные о частоте проведения тотального эндопротезирования коленного сустава в зависимости от ранее получаемого лечения; таким образом оценено влияние конкретного вида терапии на течение ОА. Исходы лечения больных

прослежены в течение длительного периода времени, что является важным достоинством нашего исследования. В большинстве других исследований длительность наблюдения ограничивается одним, максимум – тремя годами наблюдения [11, 13] без изучения отдалённых исходов заболевания. Мы показали, что каждый пятый случай эндопротезирования может быть предотвращён, если бы все пациенты в генеральной совокупности получали экспериментальное лечение.

Сравнительно небольшое общее количество наблюдений (всего 292 пациента) и 17 событий являются ограничениями исследования. Однако учитывая то, что в группе исследования частота проведения эндопротезирования коленного сустава была в два раза реже в сравнении с контрольной группой, требуется более длительный срок наблюдения, а также воспроизведение исследования в других исследованиях с использованием более крупных выборочных совокупностей.

Также к ограничениям можно отнести то, что при ОА до настоящего времени нет обязательной регистрации пациентов, поэтому существует риск их «выпадения» из исследования. Однако в настоящем исследовании нам были доступны персональные данные пациентов; их вызывали лично на приёмы и оценивали отдалённые результаты лечения. Но при анализе более больших массивов данных такая персонификация может быть недоступна; это является важным побудительным мотивом обязательной регистрации больных ОА и, возможно, создания регистра больных ОА по примеру популяционных регистров рака [26].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Введение НДЛТ в схемы лечения ОА способно не только на длительный период снизить болевой синдром и улучшить качество жизни таких пациентов, но и потенциально двукратно снизить риск необходимости эндопротезирования коленного сустава. При снижении числа пациентов, нуждающихся в проведении эндопротезирования, потенциально снижается бремя финансовой нагрузки на систему здравоохранения.

### Конфликт интересов

Авторы данной статьи заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Cui A, Li H, Wang D, Zhong J, Chen Y, Lu H. Global, regional prevalence, incidence and risk factors of knee osteoarthritis in population-based studies. *EClinicalMedicine*. 2020; 2930: 100587. doi: 10.1016/j.eclim.2020.100587
2. Алексеева Л.И., Таскина Е.А., Кашеварова Н.Г. Остеоартрит: эпидемиология, классификация, факторы риска и прогрессирования, клиника, диагностика, лечение. *Современная ревматология*. 2019; 13(2): 9-21. [Alexeeva LI, Taskina EA, Kashevarova NG. Osteoarthritis: Epidemiology, classification, risk

factors, and progression, clinical presentation, diagnosis, and treatment. *Modern Rheumatology Journal*. 2019; 13(2): 9-21. (In Russ.)). doi: 10.14412/1996-7012-2019-2-9-21

3. Kolasinski SL, Neogi T, Hochberg MC, Oatis C, Guyatt G, Block J. Arthritis foundation guideline for the management of osteoarthritis of the hand, hip, and knee. *Arthritis Care Res*. 2020; 72: 149-162. doi: 10.1002/acr.24131

4. Министерство здравоохранения Российской Федерации. *Гонартроз. Клинические рекомендации*. 2021. [Ministry of Health of the Russian Federation. *Gonarthrosis. Clinical recommendations*. 2021. (In Russ.)). URL: [https://cr.minzdrav.gov.ru/schema/667\\_1](https://cr.minzdrav.gov.ru/schema/667_1) [дата доступа: 08.05.2023].

5. Zhu X, Sang L, Wu D, Rong J, Jiang L. Effectiveness and safety of glucosamine and chondroitin for the treatment of osteoarthritis: A meta-analysis of randomized controlled trials. *J Orthop Surg Res*. 2018; 13: 170. doi: 10.1186/s13018-018-0871-5

6. Price AJ, Alvand A, Troelsen A, Katz JN, Hooper G, Gray A, et al. Hip and knee replacement 2. Knee replacement. *Lancet*. 2018; 392: 1672-1682. doi: 10.1016/S0140-6736(18)32344-4

7. Khan M, Osman K, Green G, Haddad FS. The epidemiology of failure in total knee arthroplasty. *Bone Joint J*. 2016; 98-B(Suppl 1a): 105-112. doi: 10.1302/0301-620X.98B1.36293

8. Evans JT, Walker RW, Evans JP, Blom AW, Sayers A, Whitehouse MR. How long does a knee replacement last? A systematic review and meta-analysis of case series and national registry reports with more than 15 years of follow-up. *Lancet*. 2019; 393: 655-663. doi: 10.1302/0301-620X.98B1.36293

9. Мурылев В.Ю., Алексеев С.С., Елизаров П.М., Куковенко Г.А., Деринг А.А., Хаптагаев Т.Б. Оценка болевого синдрома у пациентов после эндопротезирования коленного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2019; 25(2): 19-30. [Murylev VY, Alekseev SS, Elizarov PM, Kukovenko GA, Dering AA, Haptagaev TH. Evaluation of pain syndrome in patients after total knee replacement. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2019; 25(2): 19-30. (In Russ.)). doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-19-30

10. Koc BB, Schotanus MG, Borghans R, Jong B, Maassen ME, Buijsen J, et al. Short-term pain reduction after low-dose radiotherapy in patients with severe osteoarthritis of the hip or knee joint: a cohort study and literature review. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2019; 29(4): 843-847. doi: 10.1007/s00590-019-02377-8

11. van den Ende C, Minten M, Leseman-Hoogenboom MM, van den Hoogen F, den Broeder AA, Mahler E, et al. Long-term efficacy of low-dose radiation therapy on symptoms in patients with knee and hand osteoarthritis: Follow-up results of two parallel randomised, sham-controlled trials. *Lancet Rheumatol*. 2020; 2(1): e42-e49. doi: 10.1007/s00296-015-3337-7

12. Minten M, Mahler E, den Broeder AA. The efficacy and safety of low-dose radiotherapy on pain and functioning in patients with osteoarthritis: A systematic review. *Rheumatol Int*. 2016; 36: 133-142. doi: 10.1007/s00296-015-3337-7

13. Mahler E, Minten M, Leseman-Hoogenboom M. Effectiveness of low-dose radiation therapy on symptoms in patients with knee osteoarthritis: A randomised, double-blinded, sham-controlled trial. *Ann Rheum Dis*. 2019; 78(1): 83-90. doi: 10.1136/annrheumdis-2018-214104

14. Кишковский А.Н., Дударев А.Л. *Рентгенотерапия неопухолевых заболеваний*. М.: Просвещение: 1978. [Kishkovsky AN, Dudarev AL. *X-ray therapy of non-tumor diseases*. Moscow: Prosveshchenie; 1978. (In Russ.)).

15. Макарова М.В., Титова Л.В., Вальков М.Ю. Ортовольтная рентгенотерапия в лечении больных гонартрозом 0–2 стадии: отдаленные результаты рандомизированного исследования. Динамика болевого синдрома. *Лучевая диагностика и терапия*. 2019; (3): 86–93. [Makarova MV, Titova LV, Valkov MYu. Orthovoltage X-ray therapy for the treatment of 0–2 gonarthrosis stages: Long-term results of a randomized trial. The dynamics of a pain syndrome. *Diagnostic Radiology and Radiotherapy*. 2019; (3): 86–93. (In Russ.)]. doi: 10.22328/2079-5343-2019-10-3-86-93

16. Макарова М.В., Черных И.А., Титова Л.В., Вальков М.Ю. Динамика морфологических изменений по данным МРТ при ортовольтной рентгенотерапии у больных гонартрозом 0–2 стадии: отдаленные результаты рандомизированного исследования. *Лучевая диагностика и терапия*. 2019; (4): 71–79. [Makarova MV, Chernykh IA, Titova LV, Valkov MYu. The dynamics of morphological changes by MRI at orthovoltage X-ray therapy in patients with gonarthrosis stage 0–2: Long-term results of a randomized trial. *Diagnostic Radiology and Radiotherapy*. 2019; (4): 71–79. (In Russ.)]. doi: 10.22328/2079-5343-2019-10-4-71-79

17. Altman R, Alarcn G, Appelrouth D. The American College of Rheumatology criteria for the classification and reporting of osteoarthritis of the knee. *Arthritis Rheum*. 1990; 33(11): 1601–1610. doi: 10.1002/art.1780340502

18. Kellgren JH, Lawrence JS. Radiological assessment of osteoarthrosis. *Ann Rheum Dis*. 1957; 16(4): 494–502. doi: 10.1136/ard.16.4.494

19. Гржибовский А.М., Гвоздецкий Н.Н. Интерпретация величины  $p$  и альтернативы её использованию в биомедицинских исследованиях. *Экология человека*. 2022; 29(3): 67–76. [Grjibovskii AM, Gvozdeckii NN. Interpretation of and alternatives to  $p$ -values in biomedical sciences. *Human Ecology*. 2022; 29(3): 67–76. (In Russ.)]. doi: 10.17816/humeco9724

20. Унгурияну Т.Н., Гржибовский А.М. Программное обеспечение для статистической обработки данных STATA: введение. *Экология человека*. 2014; 21(1): 60–63. [Unguryanu TN, Grjibovskii AM. Introduction to STATA – software for statistical data analysis. *Human Ecology*. 2014; 21(1): 60–63. (In Russ.)]. doi: 10.17816/humeco17275

21. Keller S, Müller K, Kortmann RD, Wolf U, Hildebrandt G, Liebmann A, et al. Efficacy of low-dose radiotherapy in painful gonarthrosis: Experiences from a retrospective East German bicenter study. *Radiat Oncol*. 2013; 8(1): 29. doi: 10.1186/1748-717X-8-29

22. Ott OJ, Mücke O, Mücke R, Niewald M, Rodel F, Schafer U, et al. Lowdose radiotherapy: Mayday, mayday. We've been hit! *Strahlenther Onkol*. 2019; 195(4): 285–288. doi: 10.1007/s00066-018-1412-1

23. Makarova MV, Valkov MYu, Kuznetsova LA. Mental well-being of patients with stages 0–2 of knee osteoarthritis after orthovoltage radiotherapy: Open randomized trial evaluating quality of life. *Russian Open Medical Journal*. 2021; 10: e0421. doi: 10.15275/rusomj.2021.0421

24. Макарова М.В., Вальков М.Ю., Кузнецова Л.А. Физическая оценка качества жизни больных остеоартритом коленного сустава 0–2 стадий после сочетанной ортовольтной рентгенотерапии и симптоматических препаратов замедленного действия (открытое рандомизированное исследование). *Медицинский вестник Северного Кавказа*. 2022; 17(4): 365–369. [Makarova MV, Valkov MYu, Kuznetsova LA. Physical assessment of the quality of life in patients with knee osteoarthritis of stages 0–2 after combined orthovoltage X-ray therapy and SYSADOA (an open randomized study). *Medical News of North Caucasus*. 2022; 17(4): 365–369. (In Russ.)]. doi: 10.14300/mnnc.2022.17088

25. Драпкина О.М., Скрипникова И.А., Шепель Р.Н., Кабурова А.Н. Остеоартрит в практике врача-терапевта: алгоритм диагностики и выбора терапии. *Профилактическая медицина*. 2018; 21(6): 12–22. [Drapkina OM, Skripnikova IA, Shepel RN, Kaburova AN. Osteoarthritis in a therapist's practice: The diagnostic and treatment algorithm. *Profilakticheskaya meditsina*. 2018; 21(6): 12–22. (In Russ.)]. doi: 10.17116/profmed20182106112

26. Вальков М.Ю., Карпунов А.А., Коулман М.П., Аллемани К., Панкратьева А.Ю., Потехина Е.Ф., и др. Популяционный раковый регистр как ресурс для науки и практического здравоохранения. *Экология человека*. 2017; 24(5): 54–62. [Valkov MY, Karpunov AA, Coleman MP, Allemani C, Pankratieva AY, Potekhina EF, et al. The population-based cancer registry as a resource for research and practical healthcare. *Human Ecology*. 2017; 24(5): 54–62. (In Russ.)]. doi: 10.33396/1728-0869-2017-5-54-62

#### Сведения об авторах

**Макарова Мария Васильевна** – кандидат медицинских наук, доцент кафедры лучевой диагностики, лучевой терапии и онкологии, ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России, e-mail: mtim10@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9144-3901>

**Вальков Михаил Юрьевич** – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики, лучевой терапии и онкологии, ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России, e-mail: m.valkov66@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3230-9638>

**Гржибовский Андрей Мечиславович** – доктор медицинских наук, руководитель отдела международных программ и инновационного развития ЦНИЛ, ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России; профессор кафедры общественного здоровья, здравоохранения, общей гигиены и биоэтики Медицинский институт, ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»; профессор кафедры биологии, экологии и биотехнологии, ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», e-mail: a.grjibovskii@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5464-0498>

#### Information about the authors

**Maria V. Makarova** – Cand. Sc. (Med.), Associate Professor at the Department of Diagnostic Radiology, Radiotherapy and Oncology, Northern State Medical University, e-mail: mtim10@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9144-3901>

**Mikhail Yu. Valkov** – Dr. Sc. (Med.), Professor, Head of the Department of Diagnostic Radiology, Radiotherapy and Oncology, Northern State Medical University, e-mail: m.valkov66@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3230-9638>

**Andrei M. Grjibovskii** – Dr. Sc. (Med.), Head of the Department for International Programs and Innovations, Central Research Laboratory, Northern State Medical University; Professor at the Department of Public Health, Healthcare, General Hygiene and Bioethics, North-Eastern Federal University; Professor at the Department of Biology, Ecology and Biotechnology, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, e-mail: a.grjibovskii@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5464-0498>

## ВОЗМОЖНОСТЬ ХОРОШЕГО ИСХОДА И ОБРАТИМОСТЬ ТЯЖЁЛОГО ПОРАЖЕНИЯ ГОЛЕНОСТОПНОГО СУСТАВА НА ПРИМЕРЕ КЛИНИЧЕСКОГО НАБЛЮДЕНИЯ

Скуратова Л.К.,  
Гуди С.М.,  
Лучшев М.Д.,  
Жидков С.К.,  
Прокаев Ф.В.,  
Пахомов И.А.

ФГБУ «Новосибирский  
научно-исследовательский институт  
травматологии и ортопедии  
им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России  
(630091, г. Новосибирск, ул. Фрунзе, 17,  
Россия)

Автор, ответственный за переписку:  
**Скуратова Лилия Константиновна**,  
e-mail: lilipetrov@bk.ru

### РЕЗЮМЕ

*Проблематика асептического некроза таранной кости складывается из следующих особенностей: а) манифестация заболевания в виде острого суставного синдрома без типичных симптомов; б) неизбежные тяжёлые последствия в виде обезображивающего деформирующего артроза голеностопного сустава, развития грубых деформаций заднего отдела стопы и т. д. с исходом в инвалидность. Важную роль играет отсутствие методики контроля за динамикой развития заболевания. Особенно это касается такого важного вопроса, как обоснование прекращения иммобилизации и разрешения нагрузки на стопу во избежание коллапса таранной кости и последующих осложнений. Считается, что лечение, начатое на стадии «дорентгеновских» изменений, позволяет избежать тяжёлых осложнений, но по ряду причин пациенты приходят уже на стадии поздних тяжёлых деструктивных изменений. Всё перечисленное объясняет высокую актуальность темы лечения пациентов с асептическим некрозом таранной кости. Важностью представленного клинического случая и ценностью информации о нём можно считать несколько положений, а именно: на его примере продемонстрирована возможность ранней диагностики тяжёлого поражения таранной кости асептическим некрозом; на основании объективных данных проведено обоснование разрешения возобновления нагрузки на ногу весом тела в комплексе реабилитационных мероприятий у пациента; продемонстрированы возможность регресса патологических изменений, связанных с асептическим некрозом таранной кости, и динамика течения асептического некроза таранной кости с благоприятным исходом, что подтверждено современными методами исследования. Таким образом, подтверждена необходимость проведения магнитно-резонансной томографии всем обратившимся пациентам с клиникой локального суставного синдрома в области голеностопного сустава, продемонстрирована возможность полного регресса симптоматики асептического некроза при консервативном лечении на ранних стадиях и показана возможность разрешения нагрузки на ногу в комплексе реабилитационного лечения.*

**Ключевые слова:** клинический случай, асептический некроз, таранная кость, «дорентгеновские изменения», регресс изменений, МРТ-изменения таранной кости, МСКТ-изменения таранной кости

Статья поступила: 11.07.2023

Статья принята: 14.11.2023

Статья опубликована: 05.12.2023

**Для цитирования:** Скуратова Л.К., Гуди С.М., Лучшев М.Д., Жидков С.К., Прокаев Ф.В., Пахомов И.А. Возможность хорошего исхода и обратимость тяжёлого поражения голеностопного сустава на примере клинического наблюдения. *Acta biomedica scientifica*. 2023; 8(5): 107-115. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.11

## THE POSSIBILITY OF A FAVOURABLE OUTCOME AND REVERSIBILITY OF SEVERE ANKLE JOINT DAMAGE ON THE EXAMPLE OF A CLINICAL OBSERVATION

**Skuratova L.K.,  
Gudi S.M.,  
Luchshev M.D.,  
Zhidkov S.K.,  
Prokaev F.V.,  
Pakhomov I.A.**

Novosibirsk Research Institute  
of Traumatology and Orthopedics  
n. a. Ya.L. Tsvyanyan (Frunze str. 17,  
Novosibirsk 630091, Russian Federation)

Corresponding author:  
**Liliia K. Skuratova,**  
e-mail: lilipetrov@bk.ru

### ABSTRACT

*The problem of aseptic talus necrosis consists of the following features: a) manifestation of the disease in the form of acute articular syndrome without typical symptoms; b) inevitable serious consequences in the form of disfiguring deforming arthrosis of the ankle joint, development of gross deformities of the rearfoot, etc., resulting in disability. The lack of methods for monitoring the dynamics of the disease also plays an important role. This is particularly so with such an important issue as the substantiation of stopping immobilization and allowing the load on the foot in order to avoid collapsed talus and subsequent complications. It is believed that treatment started before radiographic changes helps to avoid severe complications, but for a number of reasons patients arrive already at the stage of late severe destructive changes. All of the above explains the high relevance of the problem of treatment of patients with aseptic talus necrosis. The importance of the presented clinical case and the value of this information can be considered several points: its example demonstrates the possibility of early diagnosis of severe talus damage caused by aseptic necrosis; based on objective data, a substantiation was made for allowing the load on the leg with body weight in the complex of rehabilitation measures; the possibility of regression of pathological changes associated with aseptic talus necrosis and the dynamics of the course of aseptic talus necrosis with a favorable outcome were demonstrated, which is confirmed by modern research methods. Thus, the need for magnetic resonance imaging has been confirmed for all referred patients with a clinical picture of local articular syndrome in the ankle joint, the possibility of complete regression of avascular necrosis symptoms in case of conservative treatment at the early stages and the possibility of resolving the load on the leg in the complex of rehabilitation treatment have been demonstrated.*

**Key words:** clinical case, aseptic necrosis, talus, pre-radiological changes, regression of changes, MRI changes in the talus, MSCT changes in the ankle bone

Received: 11.07.2023  
Accepted: 14.11.2023  
Published: 05.12.2023

**For citation:** Skuratova L.K., Gudi S.M., Luchshev M.D., Zhidkov S.K., Prokaev F.V., Pakhomov I.A. The possibility of a favourable outcome and reversibility of severe ankle joint damage on the example of a clinical observation. *Acta biomechanica scientifica*. 2023; 8(5): 107-115. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.11

## ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ДЕМОНСТРАЦИИ КЛИНИЧЕСКОГО ПРИМЕРА

### Эпидемиология

Общезвестно, что в 75 % случаев асептические некрозы таранной кости вызваны её переломами [1]. Объектом исследования в данной работе является пациент с вторичным асептическим некрозом таранной кости не-травматического генеза. В системе МКБ-10 отдельного кода для вторичного асептического некроза таранной кости нет, в связи с чем для кодирования предложен ряд обобщающих кодов: M87.0, M87.1, M87.2, M87.3, M87.8, M87.9, M90.3, M90.4, M90.5. По международной классификации остеонекроз включён в группу болезней XIII класса, подгруппу M87. Остеонекроз костей – частое заболевание, и в экономически развитых странах ведутся его регистры. К сожалению, в России асептический некроз в структуре заболеваемости костно-мышечной системы взрослого населения не выделен; точных данных по остеонекрозу таранных костей также нет. При этом есть много публикаций о высокой частоте заболевания с тенденцией к росту заболеваемости [2, 3].

### Диагностика

Данные литературы свидетельствуют о том, что патогномоничных клинических симптомов асептического некроза таранной кости нет, но отмечается, что у любого пациента, обратившегося со стойким локальным воспалительным синдромом области голеностопного сустава, возникшим без видимой причины, весьма вероятен асептический некроз таранной кости [4]. В качестве основных диагностических методов применяют рентгеновское исследование, мультисрезовую спиральную компьютерную томографию (МСКТ) и магнитно-резонансную томографию (МРТ). Эти методы используют как взаимодополняющие, позволяющие установить полную картину поражения [1]. Для проведения дифференциального диагноза рекомендованы такие методы исследования, как костная сцинтиграфия, денситометрия и т. д. Тем не менее, диагностика асептического некроза в настоящее время, как правило, поздняя и происходит на фоне уже развившихся осложнений [5].

### Лечение

Лечение пациентов с асептическим некрозом таранной кости на стадии не более 1 по ARCO (Association Research Circulation Osseous) предлагается как консервативное, так и оперативное [6]. Основой консервативного лечения является, прежде всего, разгрузка стопы на фоне медикаментозного лечения различными группами препаратов (нестероидные противовоспалительные средства, антикоагулянты, вазодилататоры и т. д.). Сроки полной реваскуляризации таранной кости достигают до 2 лет, при этом рекомендуемые сроки разгрузки нижней конечности достигают 8 месяцев; никакого обоснования данным срокам в литературе не отмечено, что в наше время является неприемлемым, учитывая высокие требования пациентов к укорочению сроков лечения, повышению его комфортности и снижению травматичности [5]. В литературе представлены результаты оперативного лечения асептического некроза та-

ранный кости на 1-й стадии по ARCO методом субхондральной остеопластики, на что возлагались большие надежды, но эта процедура, как оказалось, утяжеляет течение остеонекроза [6]. Остальные методы лечения (декомпрессия ядра некроза, корригирующий артродез сустава, мозаичная остеохондропластика, эндопротезирование голеностопного сустава и т. д.) рассчитаны на применение на поздних стадиях и в случаях осложнений [7–9].

### Резюме

Таким образом, актуальность представленной тематики подтверждается важностью ранней диагностики асептического некроза таранной кости, отсутствием чётких критериев динамики течения заболевания, необходимостью для принятия тактических решений, отсутствием доказательности эффекта лечения.

В связи с вышесказанным в начале лечения пациента на представленном клиническом примере предстояло решить ряд задач:

1. Подтвердить степень тяжести асептического некроза таранной кости и оценить его стадии.
2. По ходу курса лечения определить показания для разрешения нагрузки на стопу.
3. Провести консервативное лечение, оценить его результат, подтвердить хороший клинический эффект данными объективных методов исследования.

## МАТЕРИАЛ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалом для исследования стали амбулаторная карта пациента, где отражены его амбулаторные визиты к врачам разных специальностей, проводимые лечебные манипуляции, назначение лекарственных средств. Кроме этого, проведена оценка МСКТ- и МРТ-снимков в динамике и в течение процесса лечения до выздоровления пациента.

Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России (выписка № 012/23 из протокола заседания № 005/23 от 26.05.2023).

### Сведения о пациенте

Пациент В., мужчина, 51 год, служащий, житель города-миллионера, обратился в клинику ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России на амбулаторный приём. Пациент подписал согласие на участие в исследовании, согласно Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации, и публикацию результатов исследования без идентификации личности. Из анамнеза выяснено, что за 4 недели до обращения после перенесённой инфекции COVID-19 (и гормональной терапии) появились выраженная боль, отёк в голеностопной области слева, хромота. Пациент осмотрен и обследован.

Для диагностики и лечения пациента использовались следующие методы.

### Клинический метод

Оценивалось наличие боли по визуально-аналоговой шкале (ВАШ), отёка голеностопной области (лигатурой на уровне полюсов лодыжек), наличие гиперемии

(визуально), разность температуры (инфракрасным лазерным термометром), объёма активных и пассивных движений в голеностопном суставе (угломером). Перечисленные измерения проводились в день осмотра, через 1, 2, 3, 4, 6, 9 месяцев с начала заболевания.

#### Рентгенологический метод

Пациенту проводилась рентгенография голеностопного сустава в прямой и боковой проекциях в положении «стоя» в момент обращения, через 6 месяцев после обращения, по окончании курса лечения.

#### Томографический метод

Пациенту проводились МСКТ и МРТ при обращении, а также через 1, 2, 3, 4, 6, 9, 12 месяцев после обращения.

#### Функциональный метод

Результат оценен по AOFAS (American Orthopaedic Foot & Ankle Society) в конце лечения, через 12 месяцев.

### КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

Заболевание началось с появления отёка, покраснения, чувства жара и резкой боли области левого голеностопного сустава через 4 недели после перенесённой инфекции COVID-19 и массивной гормональной терапии. Приблизительно через неделю после начала заболевания пациент обратился в клинику хирургии стопы и голеностопного сустава ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России. При физикальном обследова-



**а**

**РИС. 1.**

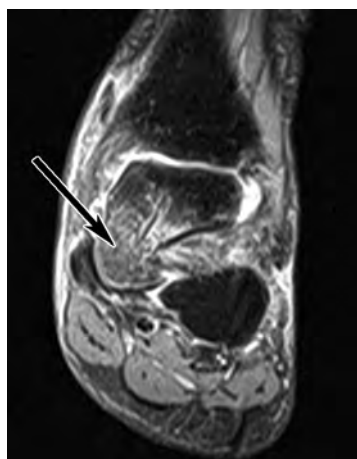
Пациент В. Рентгенограммы левого голеностопного сустава в прямой (**а**) и боковой (**б**) проекциях: патологических изменений в таранной кости не выявлено



**б**

**FIG. 1.**

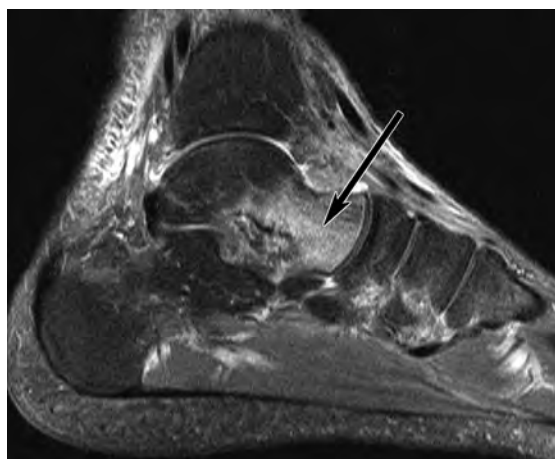
Patient V. X-ray of the left ankle joint in frontal (**a**) and lateral (**b**) projections: no pathological changes in talus



**а**

**РИС. 2.**

Пациент В. МРТ голеностопного сустава пациента, коронарный (**а**) и сагиттальный (**б**) сканы: определяется выраженный отёк костного мозга с эпицентром в области головки таранной кости, с распространением на блок таранной кости (указан белой стрелкой); синовит голеностопного сустава. Асептический некроз таранной кости, стадия отёка



**б**

**FIG. 2.**

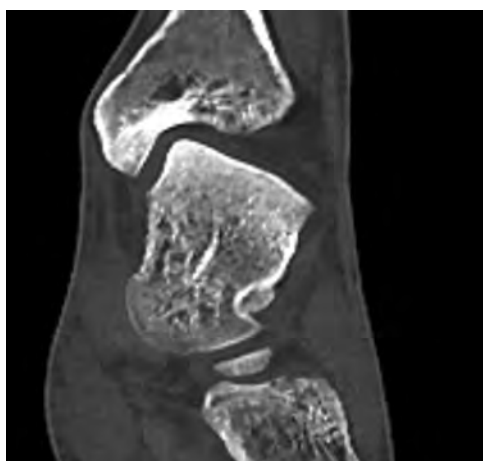
Patient V. Magnetic resonance imaging of the ankle joint, coronary (**a**) and sagittal (**b**) scans: pronounced bone marrow edema with the epicenter in the area of the talus head, spreading to the trochlea of talus (white arrow); ankle joint synovitis. Aseptic talus necrosis, the stage of edema

нии был установлен предварительный диагноз: вторичный асептический некроз таранной кости. Диагноз был подтверждён с помощью выполненных рентгенологического, МСКТ- и МРТ-исследований таранной кости (рис. 1–3).

Осмотрен совместно ревматологом и эндокринологом, установлен диагноз: вторичный асептический остеонекроз таранной кости на стадии отёка. После установления диагноза проводили лечение, которое начали пункции голеностопного сустава (посев синовиальной жидкости – стерильна). Полная разгрузка ноги с иммобилизацией её ортезом. Начата медикаментозная терапия, включающая селективные ингибиторы цикло-

оксигеназы, регуляторы кальциевого обмена, ингибиторы костной резорбции, регуляторы обмена веществ в хрящевой ткани. Пациенту провели курс физиолечения, ЛФК под контролем физиотерапевта.

Через 4 недели отмечено снижение болевого синдрома на 6 (60 %) пунктов ВАШ, спадание отёка и уменьшение толщины голени в надлодыжечной зоне с 32 до 28 см (на 25 %). Провели контрольные МРТ-, МСКТ-исследования таранной кости. Однако несмотря на отчётливую положительную клиническую динамику заболевания, этапные исследования, скорее, говорили об об-



**а**



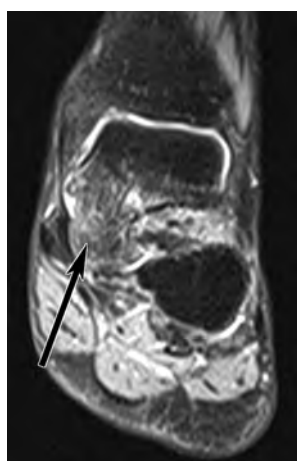
**б**

**РИС. 3.**

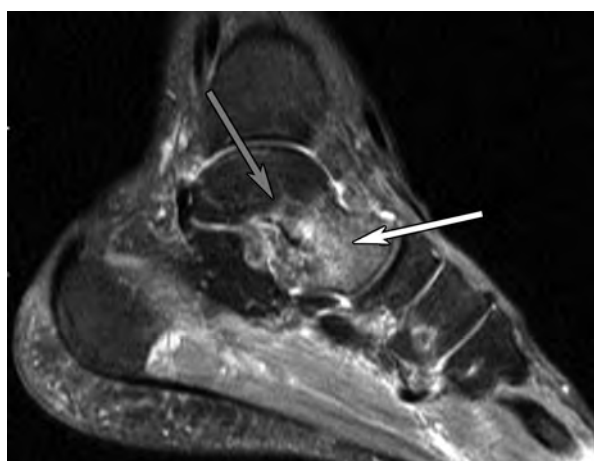
Пациент В. МСКТ голеностопного сустава, коронарный (**а**) и сагитальный (**б**) скан: признаков деструкции таранной кости не отмечается

**FIG. 3.**

Multi-slice spiral computed tomography of the ankle joint, coronary (**a**) and sagittal (**b**) scans: no signs of talus destruction



**а**



**б**

**РИС. 4.**

Пациент В. МРТ голеностопного сустава, коронарный (**а**) и сагитальный (**б**) сканы. Сохраняется отёк костного мозга (чёрная стрелка). Намечается кистообразование в области головки таранной кости. Сохраняется отёк костного мозга в области головки таранной кости (белая стрелка) с распространением на блок таранной кости; мелкие кисты (серая стрелка). Синозит голеностопного сустава

**FIG. 4.**

Patient V. MRI of the ankle joint, coronary (**a**) and sagittal (**b**) scans. Bone marrow edema (black arrow). Cyst formation is expected in the area of the talus head. Bone marrow edema persists in the area of the talus head (white arrow) spreading to the trochlea of talus; small cysts (gray arrow). Synovitis of the ankle joint

ратном. На контрольной МРТ отмечено сохранение яркости сигнала (рис. 4).

На контрольной МСКТ появились признаки резорбции костного вещества (рис. 5). Назначенное лечение было продолжено с особым акцентом на разгрузку стопы.

Следующее контрольное исследование провели через 4 недели. Клиническая картина демонстрировала полное купирование болевого синдрома в области голеностопного сустава. На контрольных МСКТ и МРТ была отмечена положительная динамика. Отмечено снижение яркости сигнала от костного мозга таранной кости, воз-

никновение «пятнистой структуры» костного вещества, что объяснили «очаговым» купированием воспалительного процесса (рис. 6).

Пациенту провели контрольную МСКТ, на которой отмечены признаки не только прекращения кистообразования, но и восстановления трабекулярной структуры таранной кости (рис. 7). Такое благоприятное сочетание клинической и томографической картины стало для пациента основанием для разрешения ему дозированной нагрузки на нижнюю конечность с постепен-



**а**



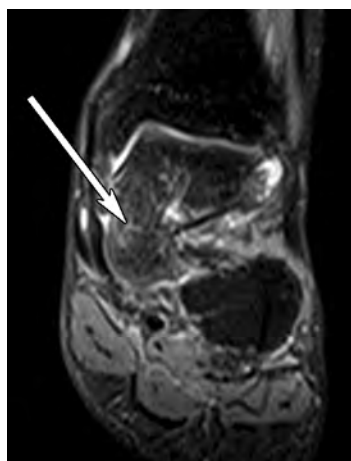
**б**

**РИС. 5.**

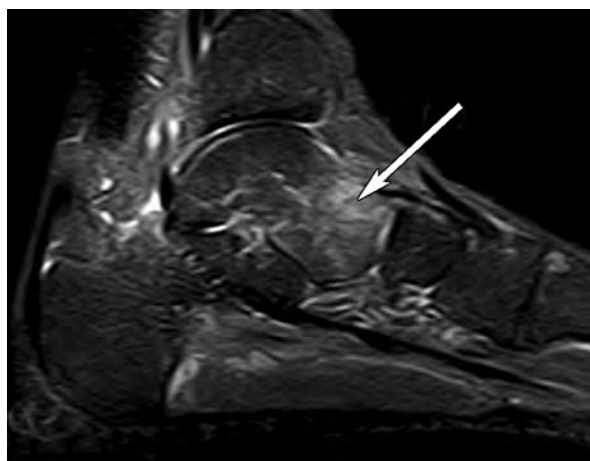
Пациент В. МСКТ голеностопного сустава, коронарный (**а**) и сагиттальный (**б**) сканы. Отмечается нарушение костной структуры головки и шейки таранной кости (белая стрелка). Подтверждение формирования мелких кист в головке и шейке таранной кости

**FIG. 5.**

Patient V. Multi-slice spiral computed tomography of the ankle joint, coronary (**a**) and sagittal (**b**) scans. Bone structure disorder in the head and neck of talus (white arrow). Confirmation of the formation of small cysts in the head and neck of talus



**а**



**б**

**РИС. 6.**

Пациент В. МРТ голеностопного сустава, коронарный (**а**) и сагиттальный (**б**) сканы. Отмечается снижение интенсивности сигнала; появляется мозаичность изображения головки таранной кости (белая стрелка). Снижение яркости сигнала МРТ в области головки таранной кости, появление «мозаичности» области головки таранной кости. Намечается кистообразование в области головки таранной кости

**FIG. 6.**

Patient V. MRI of the ankle joint, coronary (**a**) and sagittal (**b**) scans. A decrease in signal intensity; appearance of mosaic structure of an image of the talus head (white arrow). Decrease in the brightness of the MRI signal in the area of the talus head; appearance of mosaic structure in the area of the talus head. Cyst formation is expected in the area of the talus head

ным отказом от средств дополнительной опоры в течение 2–3 недель.

Лечение было продолжено, оно сопровождалось положительной динамикой течения заболевания; у пациента восстановилась полная опора на нижнюю конечность через 2,5 месяца после начала лечения. Контрольные исследования продолжались 1 раз в месяц: отмечена по-

ложительная динамика в виде клинического улучшения и постепенного уменьшения яркости МР-сигнала с полным клиническим восстановлением до степени бессимптомности и до восстановления нормального МР-сигнала от костного вещества головки таранной кости к сентябрю 2022 г., то есть к 8-му месяцу от начала лечения (рис. 8).

#### Результат лечения



**а**

**РИС. 7.**

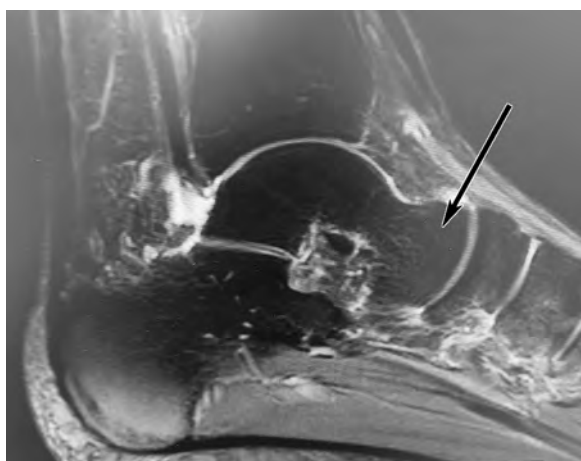
Пациент В. МСКТ голеностопного сустава, коронарный (а) и сагиттальный (б) сканы. Отмечается восстановление «балочной» структуры головки и шейки таранной кости (белая стрелка). Подтверждение восстановления костной структуры головки и шейки таранной кости (черная стрелка) и регресс формирования мелких кист в головке и шейке таранной кости



**б**

**FIG. 7.**

Patient V. Multi-slice spiral computed tomography of the ankle joint, coronary (a) and sagittal (b) scans. Restoration of the bone structure of the head and neck of talus (white arrow). Confirmation of restoration of the bone structure of the head and neck of talus (black arrow) and regression of the formation of small cysts in the head and neck of talus



**а**

**РИС. 8.**

Пациент В. а – МРТ голеностопного сустава, сагиттальный скан: отмечается равномерность МРТ-сигнала от таранной кости в зоне бывшего поражения (чёрная стрелка). б – МСКТ голеностопного сустава, сагиттальный скан: подтверждение восстановления костной структуры головки и шейки таранной кости (белая стрелка) и регресс формирования мелких кист в головке и шейке таранной кости, участки остеосклероза. Хороший результат лечения



**б**

**FIG. 8.**

Patient V. а – MRI of the ankle joint, sagittal scan: uniformity of the MRI signal from the talus in the area of the former lesion (black arrow). б – multi-slice spiral computed tomography of the ankle joint, sagittal scan: confirmation of restoration of the bone structure of the head and neck of talus (white arrow) and regression of the formation of small cysts in the head and neck of talus; areas of osteosclerosis. Good treatment results

К моменту начала нагрузки на нижнюю конечность полностью купированы отёк, боли и гиперемия в области голеностопного сустава. Объём движений в голеностопном суставе, сниженный на 25 % по сравнению со здоровым, восстановлен через 12 месяцев полностью ( $35^{\circ}/0^{\circ}/23^{\circ}$ ). Опора на стопу восстановлена, положительная динамика показателей ВАШ составила 6 пунктов, оценки по AOFAS – 38 пунктов. Получен хороший результат лечения. Необходимо добавить, что пациент осмотрен через 1 год после начала лечения: достигнутый результат сохранился в виде практически бессимптомной клинической картины, что было подтверждено на контрольных МРТ и МСКТ. Томографическая картина была благоприятной, не имела динамики по сравнению с контролем через 6 месяцев и в связи с этим не приводится.

## ДИСКУССИЯ

Многочисленные исследования прямо или косвенно проводят мысль о фатальности изменений при асептическом некрозе таранной кости [8, 9]. Признают, что консервативное лечение показано в ряде случаев, но сохранить анатомию таранной кости невозможно, и её коллапс с тяжёлым исходом неизбежен [2, 3]. По-видимому, в ряде случаев с этим можно согласиться, но приведённый пример, скорее, подтверждает мысль, что раннее патогенетическое лечение способно сохранить анатомическую форму таранной кости. Поликлиническим врачам первичного звена важно помнить, что ранняя диагностика и лечение являются ключевым условием успеха. Учитывая, что специфической клинической картины асептический некроз на ранних стадиях не имеет, классический диагностический приём в виде рентгенографии не имеет успеха для диагностики, тем не менее, рентгенография при боли непонятного происхождения показана для исключения таких находок, как плоскостопие, объёмные образования, повреждения связок, кист, усталостные переломы [4]. На страницах печати существует полемика в виде сравнения многосрезовой компьютерной и магнитной резонансной томографии. Ответ однозначен: показаны оба исследования. Чем ближе к моменту начала заболевания, тем ценнее данные МРТ, чем дальше – тем ценнее данные МСКТ в силу своего предназначения [1]. Не решён окончательно вопрос о хирургической тактике в ранний период остеонекроза таранной кости. С одной стороны, есть множество сообщений о преимуществе консервативного метода [1, 4]. Однако нет указаний, на какие показатели необходимо ориентироваться при принятии решения о разрешении нагрузки на стопу, о купировании процесса и т. д. [5]. Предложенная операция «субхондральной остеопластики», разработанная для лечения остеонекроза на ранней стадии, не оправдала надежд: есть отзывы, что её применение утяжеляет течение асептического некроза [9]. Приведённый в нашей работе клинический пример демонстрирует возможность излечения пациента консервативным путём на ранних стадиях.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, на представленном клиническом примере показана возможность полного регресса клинической и томографической симптоматики; очевидна важность ранней диагностики асептического некроза таранной кости. При этом ключевым фактором успеха стала осторожность травматолога, ревматолога амбулаторного звена в плане раннего выявления асептического некроза. Привычный для травматологии и ортопедии рентгеновский метод не проявляет своих положительных свойств для диагностики асептического некроза на ранних стадиях. Основой успеха в лечении пациента стал командный подход с участием ревматолога, эндокринолога, возглавляемых травматологом-ортопедом. Базовым принципом лечения стало прерывание острого воспаления в костном мозге таранной кости путём полной разгрузки, иммобилизации поражённой конечности, назначения нестероидных противовоспалительных препаратов, физиолечения, метаболической терапии, параартикулярных блокад с глюкокортикостероидами. При этом особая ценность клинического примера состоит в оценке динамики течения заболевания объективными методами и выстраивании действий на этом основании. Так, начало чёткого уменьшения интенсивности МР-сигнала на T2-взвешенных изображениях (T2-ВИ) и восстановление костного вещества в зоне некроза, подтверждённое на МСКТ- и МРТ-исследованиях, позволило начать нагрузку на стопу, а полное восстановление МР-сигнала на T2-ВИ и восстановление костной структуры таранной кости в сочетании с клинической картиной отсутствия симптоматики позволили считать пациента выздоровевшим.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Если пришёл пациент с необъяснимым локальным суставным синдромом области голеностопного сустава, следует предполагать асептический некроз таранной кости и обследовать, обязательно включая МРТ-исследование при отсутствии изменений на стандартных рентгенограммах.
2. Основой консервативного лечения пациента с асептическим некрозом таранной кости являются иммобилизация и разгрузка ноги в условиях «мультидисциплинарного подхода», динамического МРТ- и МСКТ-контроля при принятии решения о смене лечебных приёмов.
3. При соблюдении основных принципов, перечисленных в статье, изменения в таранной кости обратимы до полного клинического выздоровления и рентгенологических симптомов.

## Конфликт интересов

Авторы данной статьи сообщают об отсутствии конфликтов интересов.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Zhang H, Fletcher AN, Scott DJ, Nunley J. Avascular osteonecrosis of the talus: Current treatment strategies. *Foot Ankle Int.* 2022; 43(2): 291-302. doi: 10.1177/10711007211051013

2. Cooper C, Steinbuch M, Stevenson R, Miday R, Watts NB. The epidemiology of osteonecrosis: Findings from the GPRD and THIN databases in the UK. *Osteoporos Int.* 2010; 21(4): 569-577. doi: 10.1007/s00198-009-1003-1
3. Lieberman JR, Berry DJ, Mont MA, Aaron RK, Callaghan JJ, Rajadhyaksha AD. Osteonecrosis of the hip: Management in the 21st century. *Instr Course Lect.* 2003; 52: 337-355.
4. Пахомов И.А., Прохоренко В.М., Садовой М.А. Диагностика и хирургическое лечение асептического некроза таранной кости (болезнь Муше). *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова.* 2008; (1): 75-81. [Pakhomov IA, Prokhorenko VM, Sadovoy MA. Diagnosis and surgical treatment of aseptic necrosis of the talus (Mouchet's disease). *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics.* 2008; (1): 75-81. (In Russ.).]
5. Торгашин А.Н., Мурсалов А.К., Родионова С.С., Загородный Н.В. Особенности лечения асептического некроза таранной кости. Проект клинических рекомендаций. *Гений ортопедии.* 2021; 27(2): 153-162. [Torgashin AN, Mursalov AK, Rodionova SS, Zagorodniy NV. Treatment of aseptic osteonecrosis of the talus. A draft of clinical guidelines. *Genij Ortopedii.* 2021; 27(2): 153-162. (In Russ.).] doi: 10.18019/1028-4427-2021-2-153-162
6. Hanselman AE, Cody EA, Easley ME, Adams SB, Parekh SG. Avascular necrosis of the talus after subchondroplasty. *Foot Ankle Int.* 2021; 42(9): 1138-1143. doi: 10.1177/10711007211005435
7. Vaughn J, DeFontes KW, Keyser C, Bluman EM, Smith JT. Case series: Allograft tibiotalar calcaneal arthrodesis utilizing fresh talus. *Foot Ankle Orthop.* 2019; 4(2): 2473011419834541. doi: 10.1177/2473011419834541
8. Tracey J, Arora D, Gross CE, Parekh SG. Custom 3D-printed total talar prostheses restore normal joint anatomy throughout the hindfoot. *Foot Ankle Spec.* 2019; 12(1): 39-48. doi: 10.1177/1938640018762567
9. Zacharias A, Nazal M, Dawson A, Aneja A, Srinath A. Avascular necrosis of the talus following subchondroplasty: A case report and review of literature. *Foot Ankle Spec.* 2022; 19386400221108730. doi: 10.1177/19386400221108730

#### Сведения об авторах

**Скуратова Лилия Константиновна** – аспирант, врач травматолог-ортопед, ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, e-mail: lilipetrov@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3736-3270>

**Гуди Сергей Михайлович** – кандидат медицинских наук, младший научный сотрудник, врач травматолог-ортопед, ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, e-mail: smgudinsk@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1851-5566>

**Лучшев Матвей Дмитриевич** – аспирант, врач травматолог-ортопед, ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, e-mail: mat.luchshev@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4975-9494>

**Жидков Сергей Константинович** – ординатор, ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, e-mail: sergayworld@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-4768-9530>

**Прокаев Федор Витальевич** – врач травматолог-ортопед, ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, e-mail: prokaevv@rambler.ru, <https://orcid.org/0009-0004-5127-3161>

**Пахомов Игорь Анатольевич** – доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник, врач травматолог-ортопед, заведующий травматолого-ортопедическим отделением № 5, ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, e-mail: pahomovigor@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1501-0677>

#### Information about the authors

**Liliia K. Skuratova** – Postgraduate, Orthopedic Traumatologist, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics n. a. Ya.L. Tsivyan, e-mail: lilipetrov@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3736-3270>

**Sergey M. Gudi** – Cand. Sc. (Med.), Junior Research Officer, Orthopedic Traumatologist, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics n. a. Ya.L. Tsivyan, e-mail: smgudinsk@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1851-5566>

**Matvey D. Luchshev** – Postgraduate, Orthopedic Traumatologist, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics n. a. Ya.L. Tsivyan, e-mail: mat.luchshev@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4975-9494>

**Sergey K. Zhidkov** – Resident, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics n. a. Ya.L. Tsivyan, e-mail: sergayworld@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-4768-9530>

**Fedor V. Prokaev** – Orthopedic Traumatologist, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics n. a. Ya.L. Tsivyan, e-mail: prokaevv@rambler.ru, <https://orcid.org/0009-0004-5127-3161>

**Igor A. Pakhomov** – Dr. Sc. (Med.), Leading Research Officer, Orthopedic Traumatologist, Head of the Unit of Traumatology and Orthopedics No. 5, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics n. a. Ya.L. Tsivyan, e-mail: pahomovigor@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1501-0677>

Статья опубликована в рамках Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 25-летию Иркутского научного центра хирургии и травматологии.

# КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПОЛНОСЛОЙНОГО ПОВРЕЖДЕНИЯ ДИСТАЛЬНОГО СУХОЖИЛИЯ ДВУГЛАВОЙ МЫШЦЫ ПЛЕЧА С ПРИМЕНЕНИЕМ ДВУХ КОРТИКАЛЬНЫХ ПУГОВИЦ

Медведчиков А.Е.,  
Анастасиева Е.А.,  
Прохоренко В.М.,  
Кирилова И.А.

ФГБУ «Новосибирский  
научно-исследовательский институт  
травматологии и ортопедии  
им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России  
(630091, г. Новосибирск, ул. Фрунзе, 17,  
Россия)

Автор, ответственный за переписку:  
Анастасиева Евгения Андреевна,  
e-mail: evgeniya.anastasieva@gmail.com

## РЕЗЮМЕ

**Введение.** Повреждения дистального сухожилия двуглавой мышцы плеча (ДСДМП) в основном встречаются у мужчин в активных категориях населения. Среди спортсменов и военнослужащих частота случаев составляет 2–10 % от сухожильных травм верхней конечности. Сравнительные исследования показали достижение лучших функциональных результатов при хирургическом лечении с сохранением общего уровня осложнений 4,6–25 %.

**Цель исследования.** Демонстрация новой техники реинсерции двумя кортикальными пуговицами при полнослойном повреждении дистального сухожилия двуглавой мышцы плеча в рамках клинического случая.

**Материал и методы.** Представлен случай хирургического лечения пациента с полнослойным повреждением ДСДМП на доминантной конечности давностью свыше 2 недель, провокацией *lacertus fibrosus* и стойкой мышечной ретракцией.

**Результаты.** Клинические результаты к 24-й неделе после операции по шкалам: VAS (Visual Analogue Scale) – 1 см, ASES (American Shoulder and Elbow Surgeons) – 99 баллов и DASH (Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand) – 15 баллов. Динамометрия: Dex. 85; Sin. 90 (2daN); амплитуда движений соответствует здоровому суставу. Инструментальная оценка: магнитно-резонансная томография при 1,5 Тл – признаки синостозирования или гетеротопической оссификации не выявлены; мультиспиральная компьютерная томография – миграция кортикальных пуговиц в сравнении с интраоперационным рентген-контролем не выявлена.

**Обсуждение.** Накостные методы позиционирования ДСДМП при анатомической реинсерции имеют меньшие показатели прочности, сравнимые с таковыми при использовании трансоссальных швов и якорных фиксаторов. Большая площадь контакта изучаемой зоны при минимальной компрессии сухожилия в области проксимального радиоульнарного пространства или внутри сформированного канала лучевой кости даёт высокие прочностные показатели и снижение риска повторного повреждения.

**Заключение.** Результаты шкал (VAS, DASH, ASES) оказались лучшими, чем при использовании иных распространённых методик. Методика погружения культы ДСДМП в сформированный овальный канал «анатомического оттиска» предлагаемой техникой отвечает задачам бережного отношения к сухожилию и обеспечивает наибольшую площадь его контакта с костью.

**Ключевые слова:** локтевой сустав, *lacertus fibrosus*, дистальное сухожилие, бицепс плеча, спортивная медицина, кортикальная пуговица

Статья поступила: 07.06.2023  
Статья принята: 26.10.2023  
Статья опубликована: 05.12.2023

**Для цитирования:** Медведчиков А.Е., Анастасиева Е.А., Прохоренко В.М., Кирилова И.А. Клинический случай хирургического лечения полнослойного повреждения дистального сухожилия двуглавой мышцы плеча с применением двух кортикальных пуговиц. *Acta biomedica scientifica*. 2023; 8(5): 116–124. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.12

## CLINICAL CASE OF THE SURGICAL TREATMENT OF COMPLETE RUPTURE OF DISTAL BICEPS TENDON USING TWO CORTICAL BUTTONS

Medvedchikov A.E.,  
Anastasieva E.A.,  
Prokhorenko V.M.,  
Kirilova I.A.

Novosibirsk Research Institute  
of Traumatology and Orthopedics  
n. a. Ya.L. Tsivyan (Frunze str. 17,  
Novosibirsk 630091, Russian Federation)

Corresponding author:  
Evgeniya A. Anastasieva,  
e-mail: evgeniya.anastasieva@gmail.com

### ABSTRACT

*Distal biceps tendon injuries mainly occur in men from the active groups of population. Among the athletes and military personnel, the incidence rate is 2–10 % of the upper limb tendon injuries. Comparative studies have shown the achievement of better functional results in surgical treatment, while maintaining overall complication rate of 4.6–25 %.*

**The aim.** To demonstrate a new reinsertion technique with two cortical buttons in case of complete rupture of distal biceps tendon as part of a clinical case.

**Materials and methods.** The article presents a clinical case of surgical treatment of a patient with complete rupture of dominant limb distal biceps tendon which was more than 2 weeks old and was accompanied by lacertus fibrosus provocation and persistent muscle retraction.

**Results.** We obtained the following clinical results by the week 24 after the surgery: VAS (Visual Analogue Scale) score – 1 cm, ASES (American Shoulder and Elbow Surgeons) score – 99 points, DASH (Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand) score – 15 points. Dynamometry results: Dex. 85; sin. 90 (2daN); range of motion corresponds to the same of a healthy joint. MRI at 1.5 T shows no signs of synostosis or heterotopic ossification; MSCT shows no signs of migration of cortical buttons in comparison with intraoperative X-ray control.

**Discussion.** Extracortical methods of distal biceps tendon positioning in anatomical reinsertion have lower strength indicators, comparable with the use of transosseous sutures and anchor fixators. A larger area of contact of the studied zone in case of minimal tendon compression in the area of proximal radioulnar space or inside the formed radial bone canal provides high strength indicators and reduces the risk of repeated injury.

**Conclusion.** The scores of the scales (VAS, DASH, ASES) turned out to be better than when using other common methods. The technique of dipping distal biceps tendon stump into the formed oval canal of the “anatomical impression” using the proposed method meets the objectives of careful attitude to the tendon and provides the largest area of its contact with the bone.

**Keywords:** elbow joint, lacertus fibrosus, distal tendon, biceps, sports medicine, cortical button

Received: 07.06.2023  
Accepted: 26.10.2023  
Published: 05.12.2023

**For citation:** Medvedchikov A.E., Anastasieva E.A., Prokhorenko V.M., Kirilova I.A. Clinical case of the surgical treatment of complete rupture of distal biceps tendon using two cortical buttons. *Acta biomecnica scientifica*. 2023; 8(5): 116-124. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.12

## ВВЕДЕНИЕ

Повреждения дистального сухожилия двуглавой мышцы плеча (ДСДМП) в основном встречаются у мужчин активных категорий населения, и их частота составляет 1,2–5,4 случая на 100 000 человек в общей популяции [1]. Среди спортсменов и военнослужащих встречаемость колеблется в пределах 2–10 % от сухожильных травм верхней конечности [2]. В результате спонтанного эксцентрического воздействия на согнутый локтевой сустав – супинация предплечья – сила и выносливость могут снижаться более чем на 40 %, в то время как постоянное натяжение дегенеративно повреждённого *lacertus fibrosus* или культи ДСДМП может привести к стойкому болевому синдрому [3]. Мужчины травмируются чаще (> 95 %), чем женщины (≤ 5 %); средний возраст обращающихся – 46,3 года [4]. В спорте нозология затрагивает более молодые категории на пике карьеры (38,3 года) [5].

Патогенез формирования очаговых дегенеративных процессов вследствие гиповаскуляризации ДСДМП при механическом импинджменте, сопровождающем ротацию костей предплечья, продолжает упоминаться в литературе в качестве основной причины повреждения в области «анатомического оттока» на лучевой бугристости. В результатах гистопатологических исследований травмированной зоны выявлено повышенное содержание протеогликанов, коллагена типа III, матриксной металлопептидазы-1 и матриксной металлопептидазы-3, что указывает на ранее существовавшую тендинопатию [6]. Кроме того, злоупотребление анаболическими андрогенными стероидами (производные андростана и эстрена), кортикостероидами, статинами (ингибиторы ГМГ-КоА-редуктазы) приводит к увеличению риска развития дегенеративных процессов в области энтезиса [7].

Известно, что > 26 % профессиональных атлетов не способны вернуться к привычному уровню нагрузок после повреждения ДСДМП, в то время как > 89 % травмированных пациентов из области физического труда могут восстановить сложные двигательные паттерны в работе после операции [5]. Многочисленные сравнительные исследования показали достижение лучших функциональных результатов при хирургическом лечении данного вида травм (акселерация показателей силы и выносливости) в сравнении с консервативным подходом.

В настоящее время акцент хирургических техник смещён в сторону малоинвазивной анатомической реинсерции, позволяющей не только восстановить сгибание и силу супинации, но также уйти от десмогенных контрактур. Однако общий уровень осложнений после лечения по-прежнему колеблется в пределах 25 %, что связано со сложной архитектурой нейроваскулярных структур *fossa cubiti* [8]. Гетеротопическая оксификация и синостозирование проксимального радиоульнарного пространства (ПРУП) распространены при использовании «классического» доступа Dobbie или «малоинвазивного» доступа Boyd – Anderson. Систематические

обзоры также регистрируют ≥ 5 % повреждений заднего межкостного нерва (PIN, posterior interosseous nerve), латерального кожного нерва предплечья (LABCN, lateral antebrachial cutaneous nerve) ≤ 40 % при общепринятых хирургических подходах [9–11]. Альтернативная техника восстановления ДСДМП из двух передних доступов (ADIA, anterior double incision approach) в последнее время набрала популярность в связи с низким уровнем послеоперационных осложнений. Эволюцию также претерпели методы реинсерции – от трансоссального шва к сложным вариантам «якорной» фиксации, которые концептуально делятся на следующие группы: 1) накостные и интраканальные (по положению ДСДМП); 2) интрамедуллярные и экстрамедуллярные (по позиционированию имплантатов).

По данным серии топографо-анатомических исследований S. Siebenlist и соавт., максимальные прочностные показатели крепления ДСДМП в области «анатомического оттока» при циклических нагрузках возможны только при анатомической реинсерции ДСДМП кортикальной пуговицей [12]. Использование одной интрамедуллярно расположенной кортикальной пуговицы выдерживает усилия в  $275 \pm 44$  N на разрыв, двух интрамедуллярных пуговиц –  $455 \pm 103$  N, одной экстрамедуллярной пуговицы –  $305 \pm 27$  N (распространённый метод Bain), в то время как анкерный тип и лигатурная фиксация («bone tunnels») –  $180 \pm 20$  и  $150 \pm 20$  N соответственно. Как следствие прочностные показатели интраканальной фиксации допускают агрессивные протоколы послеоперационной реабилитации и позволяют сократить сроки нетрудоспособности. Повторное повреждение ДСДМП – явление редкое (0,7 %), однако при использовании комбинации имплантатов (кортикальная пуговица + интерферентный винт) и стремлении достичь большей прочности фиксации риск повышается в 7 раз (5,4 %) [8, 9].

Наша гипотеза основана на ранее проведённом биомеханическом исследовании S. Siebenlist и соавт. и состоит в том, что накостные методы реинсерции ДСДМП в области «анатомического оттока» имеют меньшие прочностные показатели, сравнимые с таковыми при использовании трансоссальных швов или якорных фиксаторов; следовательно, сохраняется актуальность разработки эффективного сочетания имплантатов при интраканальном варианте.

**Целью** презентации клинического случая является демонстрация новой техники реинсерции двумя кортикальными пуговицами (далее – РДП) при полнослойном повреждении дистального сухожилия двуглавой мышцы плеча.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Пациент М., 44 года, занятый физическим трудом, обратился на амбулаторный приём травматолога-ортопеда в ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России 16.10.2022 с жалобами на боль, де-

формацию двуглавой мышцы, наличие разлитой гематомы и мышечной слабости. Клинические тесты: Ruland «+»; O'Driscoll «-»; подкожный дефект по типу реверсивного «Popeye» (рис. 1). Морфометрия: сгибание/разгибание 40°/90°; пронация/супинация 50°/45°; пальпируемая культя ДСДМП на уровне сухожильно-мышечного перехода. Оценка силы механическим динамометром: Dex. 35; Sin. 90 (2daN). После клинического осмотра выполнена магнитно-резонансная томография (МРТ) при 1,5 Тл локтевого сустава с выявлением полнотелого повреждения ДСДМП.

Дополнительно визуализированы провокация *lacertus fibrosus* и мышечная ретракция (45 мм), размер ПРУП (4,8 мм) (рис. 2). Анкетирование ортопедическими шкалами: VAS (Visual Analogue Scale) – 5 см; ASES (American Shoulder and Elbow Surgeons) – 30 баллов; DASH (Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand) – 49 баллов. Классификации: тип 3 по L. Perera и тип 3b по J. Fuente. Anamnesis morbi: травма производственная; давность < 3 недель; правая рука, доминантная сторона. Перед проведением хирургического лечения в клинической практике в 2022 г. было осуществлено топографо-анатомическое исследование на кадаверном материале. Полученные результаты позволили провести расчёты площади контакта ДСДМП на лучевой бугристости при различных методах реинсерции. С согласия этической комиссии от 02.2023 ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России была опубликована статья, а также получен патент на изобретение хирургической техники [13, 14]. Пациент подписал

информированное добровольное согласие (ИДС) на медицинское вмешательство, а также ИДС на публикацию персональной медицинской информации в обезличенной форме. В день госпитализации 24.10.2022 произведено лечение в объёме РДП.

Хирургическое вмешательство осуществлялось под комбинированным наркозом: регионарная межлестничная анестезия (блокада плечевого сплетения из надключичного доступа Ропивакаином 0,5 % – 20 мл) в сочетании с интубационным наркозом.

Укладка пациента на ортопедическом столе в положении лёжа на спине с рукой, отведённой на приставной полке на 90° в плечевом суставе. В течение всей сессии проводился контроль строгой супинации предплечья в положении разгибания локтевого сустава. Перед использованием инцизионной плёнки под рентген-наведением электронно-оптического преобразователя (ЭОП) произведена маркировка анатомических ориентиров: культя ДСДМП, проксимальный «поисковый» и дистальный «основной» доступ (ADIA), головка лучевой кости и ориентир *n. radialis*. На ладонной поверхности в месте маркировки производили поперечный кожный разрез 3 см в проекции бугристости лучевой кости. В промежутке *m. brachioradialis* и *m. pronator teres* визуализирован и отведён в латеральную сторону *n. radialis* для свободного скелетирования «анатомического оттиска». Силовым оборудованием устанавливалась спица Киршнера 2 мм (далее – спица-направитель) в верхний край бугристости лучевой кости насквозь. Затем по спице-направителю костным буром 4,5 мм выполнялось сверление сквозного канала. Отступив дис-



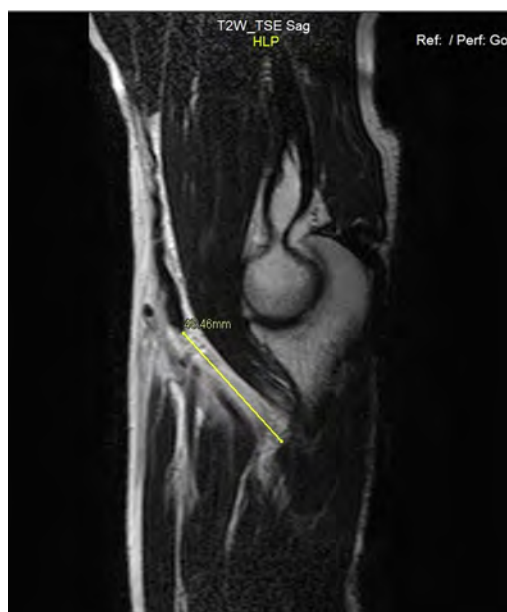
а

**РИС. 1.**  
Пациент М. Специфические тесты O'Driscoll «-» (а) и Ruland «+» (б) при полнотелом повреждении дистального сухожилия двуглавой мышцы плеча



б

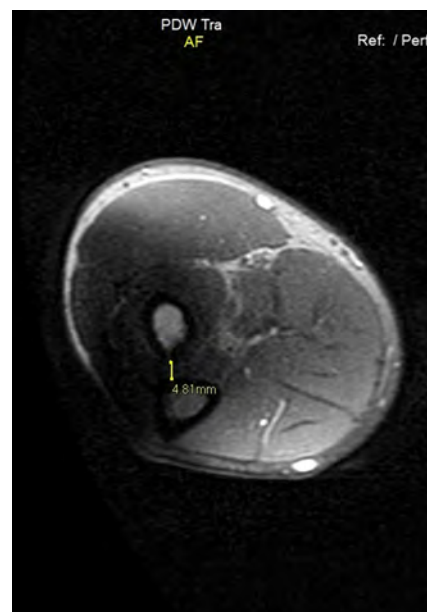
**FIG. 1.**  
Patient M. Specific O'Driscoll test “-” (a) and Ruland test “+” (b) in case of complete rupture of distal biceps tendon



**a**

**РИС. 2.**

Пациент М. МРТ-исследование при повреждении дистального сухожилия двуглавой мышцы плеча в T1-взвешенном режиме в сагиттальном (а) и коронарном (б) срезах с измерением проксимального радиоульнарного пространства на уровне средней трети анатомического отпечатка бугристости правой лучевой кости и степени мышечной ретракции



**б**

**FIG. 2.**

Patient M. T1-weighted MRI in case of complete rupture of distal biceps tendon in sagittal (a) and coronal (b) sections, with measurement of the proximal radioulnar space at the level of middle third of the tuberosity anatomical impression of the right radial bone and of the muscle retraction degree

тально на 2 см, что соответствует нижнему краю бугристости лучевой кости, устанавливали вторую спицу-направитель аналогичным способом с последовательным формированием сквозного канала 4,5 мм. Не удаляя спицы-направители, сменяли костный бур на  $7 \pm 2$  мм и расверливали ладонный кортикальный слой лучевой кости с формированием несквозного овального отверстия. Следом в нижней трети плеча над зоной ретрагированной культи ДСДМП выполняли продольный кожный разрез 2 см. Выделенную культю прошивали нерассасывающейся нитью (калибр 5 Ti-Cron, вариант плетёная лента) по методу Krackow на протяжении 3–4 см. В дистальных отделах культи выявлено парциальное повреждение *lacertus fibrosus*, потребовавшее наложения швов. Свободные концы нерассасывающейся нити вводили в первую кортикальную пуговицу с формированием самозатягивающейся петли. Между «окнами» доступа ADIA по сформированному зажимом Микулича миофасциальному каналу проводили культю до «анатомического отпечатка» (рис. 3). Затем брали вторую кортикальную пуговицу и вводили в неё свободную нерассасывающуюся нить с формированием аналогичной самозатягивающейся петли. Через дистальный кожный разрез с помощью медицинского инструмента (например, зажима «Москит») вводили в вертикальном положении первую кортикальную пуговицу через дистальный сквозной канал в кортикальном слое лучевой кости; при этом свободные концы оставляли снаружи.

Аналогичным способом вводили вторую кортикальную пуговицу через проксимальный сквозной канал.

Обе кортикальные пуговицы методом разворота переводили в горизонтальное положение с обязательным ЭОП-контролем. Локтевой сустав оперируемой конечности приводили в положение сгибания  $60-90^\circ$ , и низводили ДСДМП самозатягивающимися петлями в сформированное овальное отверстие лучевой бугристости. Достигнутую коррекцию фиксировали при помощи 3–4 запирающих узлов. Визуально отмечалось равномерное погружение культи ДСДМП с повторением «анатомического отпечатка», высокой степенью прочности фиксации и большей площадью контакта сухожилия с костью в сравнении с известными нам способами. Хирургические раны зашивали и накладывали асептические повязки. Оперированная конечность не иммобилизовалась. Интраоперационный ЭОП-контроль дополнялся в течение 1 суток мультиспиральной компьютерной томографией (МСКТ) с 3D-реконструкцией для исключения раскалывания костного «перешейка» между техническими каналами 4,5 мм и миграции кортикальных пуговиц (рис. 4).

Выписка пациента под наблюдение врача амбулаторного подразделения осуществлена 28.10.2022, признаки септических осложнений отсутствовали. Протокол реабилитации подразумевал иммобилизацию кинезиотейпом (последовательная смена стабилизирующего и лимфоденирующего вариантов каждые 5 суток в течение 4 недель), криотерапию, нестероидные противовоспалительные препараты *per os*, ЛФК – I период, аппаратную механотерапию на тренажёре Kinetec Centura (Kinetec, Франция).



**a**

**РИС. 3.**

Пациент М. Прошивание культи швом *lacertus firbrosus* (а) и проведение восстановленного комплекса между «окнами» передним двойного малоинвазивного доступа (ADIA) (б)



**б**

**FIG. 3.**

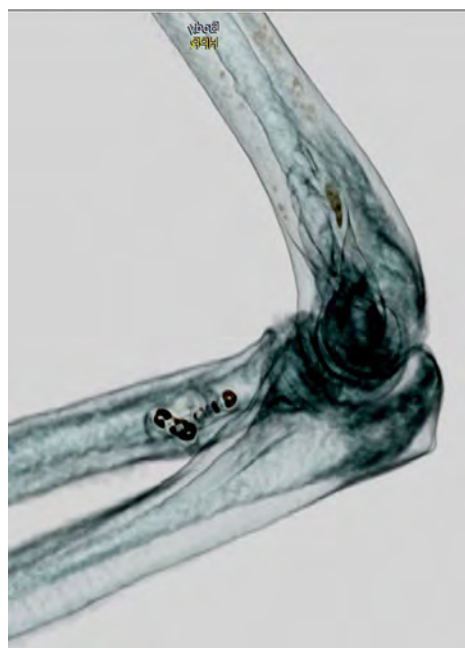
Patient M. Stump suturing with *lacertus firbrosus* suture (а) and passage of the restored complex between the “windows” of anterior double incision approach (ADIA) (б)



**a**

**РИС. 4.**

Пациент М. Интраоперационная рентгенологическая оценка оперированного локтевого сустава под контролем электронно-оптического преобразователя (а) и МСКТ с 3D-визуализацией положения кортикальных имплантатов через 6 месяцев после хирургического лечения методом реинсерции двумя кортикальными пуговицами (б)



**б**

**FIG. 4.**

Patient M. Intraoperative X-ray imaging of the operated elbow joint under the control of the light image converter (а) and multispiral computed tomography with 3D visualization of the cortical implants position 6 months after surgery using reinsertion with two cortical buttons (б)

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Анализ результатов лечения полнотканового повреждения ДСДМП методикой РДП проводился с помощью универсального способа персонифицированной оценки методом анкетирования с использованием шкал (VAS, DASH, ASES), первое из которых проводилось амбулаторно в ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России через 6 недель, второе – через 24 недели. Отсутствие стойкого болевого синдрома (VAS < 2 см), статистически значимой разницы показателей сравнительной динамометрии, тестов Ruland, O'Driscoll расценивалось как положительный результат (рис. 5).

Первый клинический осмотр: сгибание/разгибание 10°/120°; пронация/супинация 80°/70°. Второй контрольный осмотр (24 недели): VAS – 1 см, ASES – 99 баллов, DASH – 15 баллов. Динамометрия: Dex. 85; Sin. 90 (2daN); сравнительные амплитуды движений соответствуют здоровому суставу. Послеоперационные осложнения оценивались в двух контрольных точках после операции. Первая точка – 30 суток: гетеротопическая оссификация «–», нейропатия «–», контрактура «+», гипотрофия мышц «+». Вторая точка – 90 суток: гетеротопическая оссификация «–», нейропатия «–», контрактура «–», гипотрофия мышц «–». Инструментальная оценка результативности: МРТ 1,5 Тл оперированного сустава с визуализацией хода сухожилия до «анатомического оттиска» – отсутствие воспалительных изменений *lacertus fibrosus*, прежний размер ПРУП (4,8 мм) без при-

знаков синостозирования или гетеротопической оссификации; МСКТ с 3D-реконструкцией – отсутствие миграции кортикальных пуговиц в сравнении с интраоперационным ЭОП-контролем.

Пациент вернулся к бытовым нагрузкам через 4 недели и к профессиональным – через 6 недель после прохождения курса вышеописанной реабилитации.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Накостные методы позиционирования ДСДМП при анатомической реинсерции имеют меньшие показатели прочности, сравнимые с использованием трансоссальных швов и якорных фиксаторов, даже при интрамедуллярном использовании одной или двух кортикальных пуговиц предложенных S. Siebenlist и соавт. [12, 15]. В недавнем топографо-анатомическом исследовании сравнительные замеры индекса контакта зон сухожилия – кость в области лучевой бугристости показали преимущество внутриканальных методов ( $2,09 \pm 0,2 \text{ см}^2$ ) над накостными ( $0,49 \pm 0,2 \text{ см}^2$ ) [14]. Большая площадь контакта изучаемой зоны при минимальной компрессии сухожилия в области ПРУП или внутри сформированного канала лучевой кости гарантирует достижение высоких прочностных показателей и снижение риска повторного повреждения. Из данных литературы нам известны аналогичные способы фиксации ДСДМП, сопровождающиеся технически сложным швом *lacertus fibrosus* или дополнительным использованием интерферентного винта,



а

РИС. 5.

Пациент М. МСКТ с 3D-визуализацией «анатомического оттиска» (а) и МРТ-визуализация натяжения сухожилия (б) через 6 месяцев после хирургического лечения методом реинсерции двумя кортикальными пуговицами



б

FIG. 5.

Patient M. Multispiral computed tomography with 3D visualization of the "anatomical impression" (a) and MRI visualization of tendon tension (б) 6 months after surgical treatment using reinsertion with two cortical buttons

которые обладают рисками высокой внутриканальной компрессии и ишемии, а также прямой травматизации дегенеративно изменённого сухожилия лопатки имплантата [16].

В данном клиническом наблюдении представлен случай успешного хирургического лечения полнослойного повреждения ДСДМП при помощи новой техники с использованием эффективного использования имплантатов. Методика погружения культи ДСДМП в сформированный овальный канал «анатомического оттока» РДП отвечает задачам бережного отношения к сухожилию и имеет наибольшую площадь контакта с костью. В зарубежной и отечественной литературе нами не найдено публикаций о подобном опыте.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подавляющее большинство случаев полнослойного повреждения ДСДМП лечится хирургическим способом, в то время как частота периоперационных осложнений и повторных повреждений широко варьируется в зависимости от конкретной техники и демографических характеристик пациентов. Вопросы выбора кожного доступа и метода реинсерции продолжают активно обсуждаться в рамках поиска универсальных решений. Методика РДП, выполненная по показаниям, эффективна в лечении полнослойного варианта повреждения, однако большие сроки и количество наблюдений выявят преимущества и недостатки, определив тем самым его место в клинической практике.

### Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного задания № 122032200266-8.

### Конфликт интересов

Авторы данной статьи сообщают об отсутствии явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией материалов.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Kelly MP, Perkinson SG, Ablove RH, Tueting JL. Distal biceps tendon ruptures: An epidemiological analysis using a large population database. *Am J Sports Med.* 2015; 43(8): 2012-2027. doi: 10.1177/0363546515587738
2. Habashy A, Greene D, Saxena T, Montgomery S, Suri M. Chronic distal biceps rupture in military personnel. *Ortho Rheum Open Access.* 2018; 11(1): 555801. doi: 10.19080/OROAJ.2018.11.555801
3. Tomizuka Y, Schmidt CC, Davidson AJ, Spicer CS, Smolinski MP, Mauro RJ, et al. Partial distal biceps avulsion results in a significant loss of supination force. *J Bone Joint Surg Am.* 2021; 103(9): 812-819. doi: 10.2106/JBJS.20.00445
4. Rao AJ, Scarola GT, Rowe TM, Yeatts NC, Macknet DM, Ford SE, et al. Distal biceps repairs in females:

A large single-center case series. *HSS J.* 2022; 18(2): 264-270. doi: 10.1177/15563316211009855

5. Carrazana-Suarez LF, Cooke S, Schmidt CC. Return to play after distal biceps tendon repair. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2022; 15(2): 65-74. doi: 10.1007/s12178-022-09742-x

6. Fredberg U, Stengaard-Pedersen K. Chronic tendinopathy tissue pathology, pain mechanisms, and etiology with a special focus on inflammation. *Scand J Med Sci Sports.* 2008; 18(1): 3-15. doi: 10.1111/j.1600-0838.2007.00746

7. Медведчиков А.Е., Анастасиева Е.А., Лукинов В.Л., Кирилова И.А. Предикторы травмы и факторы риска повреждений дистального сухожилия двуглавой мышцы плеча. *Современные проблемы науки и образования.* 2023; 1: 67. [Medvedchikov AE, Anastasieva EA, Lukinov VL, Kirilova IA. Trauma predictors and risk factors for distal biceps tendon ruptures. *Modern Problems of Science and Education.* 2023; 1: 67. (In Russ.)]. doi: 10.17513/spno.32416

8. Amarasooriya M, Bain GI, Roper T, Bryant K, Iqbal K, Phadnis J. Complications after distal biceps tendon repair: A systematic review. *Am J Sports Med.* 2020; 48(12): 3103-3111. doi: 10.1177/0363546519899933

9. Ситник АА, Герасименко МА, Белецкий АВ, Гурко ВН. Диагностика и лечение свежих разрывов дистального сухожилия двуглавой мышцы плеча. *Медицинский журнал.* 2023; 1(83): 61-71. [Sitnik A, Gerasimenko M, Beletsky A, Gurko V. Diagnostics and treatment of the acute distal biceps tendon ruptures. *Medical Journal.* 2023; 83(1): 61-71. (In Russ.)]. doi: 10.51922/1818-426X.2023.1.61

10. Шедзько СЕ. Эффективность хирургического лечения повреждений дистального сухожилия бицепса плеча с использованием стандартных методик. *Медицинский журнал.* 2020; 2(72): 117-122. [Shedzko SE. The effectiveness of the standard distal biceps tendon refixation techniques. *Medical Journal.* 2020; 72(2): 117-122. (In Russ.)]

11. Каплунов О.А., Некрасов Е.Ю., Хусаинов Х.Х. Миниинвазивная реинсерция дистального сухожилия бицепса плеча методикой endo-button (предварительное сообщение). *Медицина экстремальных ситуаций.* 2018; 20(4): 527-532. [Kaplunov OA, Nekrasov EYu, Khusainov KhH. Mini-invasive reinsertion of the distal biceps tendon of the shoulder by the endo-button technology (preliminary report). *Extreme Medicine.* 2018; 20(4): 527-532. (In Russ.)]

12. Siebenlist S, Lenich A, Buchholz A, Martetschlager F, Eichhorn S, Heinrich P, et al. Biomechanical *in vitro* validation of intramedullary cortical button fixation for distal biceps tendon repair: A new technique. *Am J Sports Med.* 2011; 39(8): 1762-1768. doi: 10.1177/0363546511404139

13. Медведчиков А.Е., Кирилова И.А. Способ восстановления полного разрыва дистального сухожилия двуглавой мышцы плеча: Патент 2785858 C1 Рос. Федерация; МПК A61B 17/00, A61B 17/56. № 2022110344; заявл. 15.04.2022; опубл. 14.12.2022. Бюл. № 35. [Medvedchikov AE, Kirilova IA. *Method for repairing a complete rupture of the distal biceps tendon*: Patent No. 2785858 C1 of the Russian Federation. 2022: (35). (In Russ.)].

14. Медведчиков А.Е., Анастасиева Е.А., Прохоренко В.М., Кирилова И.А. Восстановление повреждения дистального сухожилия двуглавой мышцы плеча с применением кортикальных пуговиц. *Политравма.* 2023; 1: 6-16. [Medvedchikov AE, Anastasieva EA, Prokhorenko VM, Kirilova IA. Repair of the distal biceps

brachii tendon rupture with the use of cortical buttons. *Polytrauma*. 2023; 1: 6-16. (In Russ.)). doi: 10.24412/1819-1495-2023-1-6-16

15. Albishi W, Agenor A, Lam JJ, Elmaraghy A. Distal biceps tendon tears: diagnosis and treatment algorithm. *JBJS Rev*. 2021; 9(7). doi: 10.2106/JBJS.RVW.20.00151

16. Midtgaard KS, Hallgren HB, Frånlund K, Gidmark F, Søreide E, Johansson T, et al. An intact *lacertus fibrosus* improves strength after reinsertion of the distal biceps tendon. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2020; 28(7): 2279-2284. doi: 10.1007/s00167-019-05673-2

#### Сведения об авторах

**Медведчиков Артём Евгеньевич** – кандидат медицинских наук, врач травматолог-ортопед, ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, e-mail: medikea@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1271-9026>

**Анастасиева Евгения Андреевна** – врач травматолог-ортопед, ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, e-mail: evgeniya.anastasieva@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9329-8373>

**Прохоренко Валерий Михайлович** – доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник отдела организации научных исследований, ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, e-mail: VProhorenko@niito.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0655-9644>

**Кирилова Ирина Анатольевна** – доктор медицинских наук, доцент, заместитель директора по научной работе, ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, e-mail: irinakirilova71@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1911-9741>

#### Information about the authors

**Artem E. Medvedchikov** – Cand. Sc. (Med.), Orthopedic Traumatologist, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics n. a. Ya.L. Tsivyan, e-mail: medikea@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1271-9026>

**Evgeniya A. Anastasieva** – Orthopedic Traumatologist, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics n. a. Ya.L. Tsivyan, e-mail: evgeniya.anastasieva@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9329-8373>

**Valery M. Prokhorenko** – Dr. Sc. (Med.), Professor, Chief Research Officer at the Department of the Research Organization, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics n. a. Ya.L. Tsivyan, e-mail: VProhorenko@niito.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0655-9644>

**Irina A. Kirilova** – Dr. Sc. (Med.), Docent, Deputy Director for Science, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics n. a. Ya.L. Tsivyan, e-mail: irinakirilova71@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1911-9741>

Статья опубликована в рамках Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 25-летию Иркутского научного центра хирургии и травматологии.

## ОСТРОЕ ПОВРЕЖДЕНИЕ ПОЧЕК ПОСЛЕ ПЕРВИЧНОГО ТОТАЛЬНОГО ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА

Лебедь М.Л.<sup>1,2</sup>,  
Кирпиченко М.Г.<sup>1</sup>,  
Новикова Е.В.<sup>1</sup>,  
Лебедь Т.Г.<sup>3</sup>,  
Маньков А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии» (664003, г. Иркутск, ул. Борцов Революции, 1, Россия)

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России (664003, г. Иркутск, ул. Красного Восстания, 1, Россия)

<sup>3</sup> ФГБУЗ «Клиническая больница Иркутского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук» (664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 283, Россия)

Автор, ответственный за переписку:  
Лебедь Максим Леонидович,  
e-mail: swanmax@list.ru

### РЕЗЮМЕ

Оперативные вмешательства, напрямую не затрагивающие мочевыделительную систему, могут вызывать нарушение экскреторной функции почек.

**Цель исследования.** Установить распространённость, факторы риска и клиническую значимость острого повреждения почек после первичного эндопротезирования тазобедренного сустава у пациентов клиники ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии» (ИНЦХТ).

**Материалы и методы.** Ретроспективному анализу подвергнуты истории болезни 109 пациентов, которым в 2021 г. в клинике ИНЦХТ в условиях субарахноидальной анестезии выполнено оперативное вмешательство в объёме первичного тотального эндопротезирования тазобедренного сустава (ТЭТС).

**Результаты исследования.** У 8 пациентов исследуемой группы послеоперационная динамика показателей креатинина в сыворотке крови соответствовала критериям KDIGO (The Kidney Disease: Improving Global Outcomes) острого повреждения почек (ОПП). Исходные показатели экскреторной функции почек в подгруппе ОПП были не хуже, чем во всей группе.

Статистически значимая корреляция установлена между ОПП и показателями кислородной ёмкости крови – исходной и минимальной послеоперационной концентрацией гемоглобина.

ОПП у пациентов исследуемой группы после первичного ТЭТС оказывало минимальное влияние на клиническое течение раннего послеоперационного периода. Ни одному из пациентов не потребовалось проведение заместительной почечной терапии, повторный перевод из профильного отделения в палату интенсивной терапии и реанимации, специфическое лечение. Продолжительность послеоперационного пребывания пациентов с ОПП в клинике не увеличивалась.

**Выводы.** Острое повреждение почек выявлено у 7,3 % пациентов, перенёвших первичное ТЭТС. Факторами риска развития послеоперационного ОПП у пациентов исследуемой группы были относительно низкие показатели исходной и минимальной послеоперационной концентрации гемоглобина крови, что может свидетельствовать в пользу преренального механизма патогенеза ОПП. Реализация основных положений «ренального протокола» у пациентов с исходной скоростью клубочковой фильтрации более 45 мл/мин/1,73 м<sup>2</sup> позволяет избежать развития тяжёлых клинически значимых форм послеоперационного ОПП и связанных с ним осложнений в раннем послеоперационном периоде первичного ТЭТС.

**Ключевые слова:** острое повреждение почек, первичное эндопротезирование тазобедренного сустава, концентрация гемоглобина крови

**Для цитирования:** Лебедь М.Л., Кирпиченко М.Г., Новикова Е.В., Лебедь Т.Г., Маньков А.В. Острое повреждение почек после первичного тотального эндопротезирования тазобедренного сустава. *Acta biomedica scientifica*. 2023; 8(5): 125-132. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.13

Статья поступила: 05.06.2023

Статья принята: 30.10.2023

Статья опубликована: 05.12.2023

## ACUTE KIDNEY INJURY AFTER PRIMARY TOTAL HIP REPLACEMENT

Lebed M.L.<sup>1,2</sup>,  
Kirpichenko M.G.<sup>1</sup>,  
Novikova E.V.<sup>1</sup>,  
Lebed T.G.<sup>3</sup>,  
Mankov A.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Irkutsk Scientific Centre of Surgery  
and Traumatology  
(Bortsov Revolyutsii str. 1, Irkutsk 664003,  
Russian Federation)

<sup>2</sup> Irkutsk State Medical University  
(Krasnogo Vosstaniya str. 1, Irkutsk 664003,  
Russian Federation)

<sup>3</sup> Clinical Hospital of the Irkutsk Scientific  
Centre, Siberian Branch of the Russian  
Academy of Sciences (Lermontova str. 283,  
Irkutsk 664033, Russian Federation)

Corresponding author:  
**Maksim L. Lebed,**  
e-mail: swanmax@list.ru

### ABSTRACT

*Surgical interventions that do not directly affect the urinary system can cause excretory dysfunction of kidneys.*

**The aim.** To establish the prevalence, risk factors and clinical significance of acute kidney injury after primary hip replacement performed in the clinic of the Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology.

**Materials and methods.** We carried out a retrospective analysis of the case histories of 109 patients who underwent primary total hip replacement under conditions of subarachnoid anesthesia in the clinic of the Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology in 2021.

**Results.** Postoperative changes in serum creatinine in 8 patients of the study group met the KDIGO (The Kidney Disease: Improving Global Outcomes) criteria for acute kidney injury. Initial indicators of renal excretory function in the subgroup with acute kidney injury were not different from those in the entire group.

Statistically significant correlation was established between acute kidney injury and indicators of oxygen-carrying capacity of blood – initial and minimal postoperative hemoglobin concentration.

Acute kidney injury in patients of the study group had a minimal effect on the clinical course of the early postoperative period. None of the patients required renal replacement therapy, re-transfer from the specialized unit to the intensive care unit or any specific treatment. The duration of postoperative stay of patients with acute kidney injury in the clinic did not increase.

**Conclusions.** Acute kidney injury was detected in 7.3 % of patients who underwent primary total hip replacement. Risk factors for the development of postoperative acute kidney injury in patients of the study group included relatively low initial and minimal postoperative blood hemoglobin concentrations, which may indicate prerenal mechanism of acute kidney injury pathogenesis. Implementation of the main steps of the “renal protocol” in patients with initial glomerular filtration rate over 45 ml/min/1.73 m<sup>2</sup> allows avoiding the development of severe clinically significant forms of postoperative acute kidney injury and complications associated with it in the early postoperative period of primary total hip replacement.

**Key words:** acute kidney injury, primary hip replacement, blood hemoglobin concentration

Received: 05.06.2023  
Accepted: 30.10.2023  
Published: 05.12.2023

**For citation:** Lebed M.L., Kirpichenko M.G., Novikova E.V., Lebed T.G., Mankov A.V. Acute kidney injury after primary total hip replacement. *Acta biomedica scientifica*. 2023; 8(5): 125-132. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.13

## ВВЕДЕНИЕ

Оперативные вмешательства, напрямую не затрагивающие мочевыделительную систему, могут вызывать нарушение экскреторной функции почек. Клинические и экономические аспекты послеоперационного острого повреждения почек (ОПП) стали причиной пристального внимания исследователей. Актуальность проблемы для современной хирургии вообще и для травматологии и ортопедии в частности подтверждается статистическими данными об ухудшении формальных показателей послеоперационного периода – частоты послеоперационных осложнений, обострений сопутствующей патологии, длительности пребывания пациентов в палате интенсивной терапии (ПИТ) и стационаре, повторной госпитализации, госпитальной летальности, стоимости лечения [1–4].

Под «острым повреждением почек» (этот термин заменил ранее использовавшийся «острая почечная недостаточность») понимают внезапно наступившее нарушение функции почек под действием любых экзо- или эндогенных факторов, ограниченное по времени 7 сутками [5]. Отсутствие явной причины ОПП – не редкость и указывает на многофакторность патогенеза [6]. Общепринятыми критериями ОПП выступают повышение концентрации креатинина в сыворотке крови и уменьшение темпа диуреза [5].

Литературные данные свидетельствуют о том, что даже проходящее ОПП может иметь отдалённые последствия в широком диапазоне – от развития хронической болезни почек (ХБП) до увеличения частоты госпитализации, краткосрочной и долгосрочной летальности [6, 7].

Значимость проблемы и отсутствие простых способов её решения способствовали формированию представления о необходимости специфического мультидисциплинарного подхода для профилактики ОПП в периоперационном периоде [8].

## ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Установить распространённость, факторы риска и клиническую значимость острого повреждения почек после первичного эндопротезирования тазобедренного сустава у пациентов клиники ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии».

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Ретроспективному анализу подвергнуты истории болезни 109 пациентов, которым в 2021 г. в клинике ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии» (ИНЦХТ) в условиях субарахноидальной анестезии выполнено оперативное вмешательство в объёме первичного тотального эндопротезирования тазобедренного сустава (ТЭТС). Обобщённые результаты представлены в виде медианы (Me), 25-го ( $P_{25}$ ) и 75-го ( $P_{75}$ ) процентилей.

Как следует из таблицы 1, в исследуемой группе преобладали женщины; как правило, пациенты имели физический статус, соответствующий 3-му классу по ASA

(American Society of Anesthesiologists), относились к пожилому возрасту.

ТАБЛИЦА 1

### РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ ПО ПОЛУ, ВОЗРАСТУ И ФИЗИЧЕСКОМУ СТАТУСУ

TABLE 1

### DISTRIBUTION OF PATIENTS BY SEX, AGE AND PHYSICAL STATUS

Показатели	Значения
Возраст, Me ( $P_{25}$ ; $P_{75}$ )	63 (56; 68)
Физический статус по ASA, Me ( $P_{25}$ ; $P_{75}$ )	3 (3; 3)
Пол, n (%)	
женский	62 (57 %)
мужской	47 (43 %)

В большинстве случаев заболеванием, ставшим причиной оперативного вмешательства, был идиопатический деформирующий артроз (табл. 2).

ТАБЛИЦА 2

### ПАТОЛОГИЯ, ПО ПОВОДУ КОТОРОЙ ПАЦИЕНТАМ ИССЛЕДУЕМОЙ ГРУППЫ ВЫПОЛНЕНА ОПЕРАЦИЯ

TABLE 2

### PATHOLOGY FOR WHICH THE PATIENTS OF THE STUDY GROUP UNDERWENT SURGERY

Патология	n (%)
Идиопатический деформирующий артроз	97 (89 %)
Перелом шейки бедра	11 (10,1 %)
Ревматоидный артрит	1 (0,9 %)

Во время предварительного обследования на догоспитальном этапе у пациентов ожидаемо диагностирована сопутствующая возрастная соматическая патология, наиболее часто – артериальная гипертензия, хронический гастрит, ишемическая болезнь сердца (ИБС), сахарный диабет (табл. 3). Количество нозологий сопутствующих заболеваний на одного пациента – 2 (1; 3).

ТАБЛИЦА 3

### СОПУТСТВУЮЩАЯ СОМАТИЧЕСКАЯ ПАТОЛОГИЯ У ПАЦИЕНТОВ ИССЛЕДУЕМОЙ ГРУППЫ

TABLE 3

### CONCOMITANT SOMATIC PATHOLOGY IN PATIENTS OF THE STUDY GROUP

Сопутствующая соматическая патология	Распространённость, n (%)
Артериальная гипертензия	81 (74,3 %)
Хронический гастрит	69 (63,3 %)
ИБС	17 (15,6 %)
Сахарный диабет	15 (13,8 %)
Хронический холецистит	8 (7,3 %)
ВБНК	4 (3,7 %)
Хронический пиелонефрит	1 (0,9 %)

Примечание. ВБНК – варикозная болезнь нижних конечностей.

Используя исходные и послеоперационные показатели концентрации креатинина в сыворотке крови, рассчитывали скорость клубочковой фильтрации (СКФ) по формуле CKD-EPI как наиболее корректному способу вычисления, согласно рекомендациям KDIGO (The Kidney Disease: Improving Global Outcomes) [9].

Регистрировали концентрацию гемоглобина крови: до операции и минимальную во время послеоперационного наблюдения в стационаре. В отсутствие противопоказаний (таковые были у 5 пациентов) с гемостатической целью выполнялась инфузия транексамовой кислоты 15 мг/кг за 10–20 мин до начала операции. Учитывали наружную периоперационную кровопотерю (визуально интраоперационная геморрагия в аспираторе плюс послеоперационное отделяемое дренажей). Расчётную периоперационную кровопотерю определяли по снижению концентрации гемоглобина крови [10].

Для установления связи между явлениями использовали метод ранговой корреляции Спирмена. При оценке статистической значимости отличий показателей на разных этапах исследования использовали критерий Уилкоксона, в случае выполнения множественных сравнений использовали поправку Бонферрони.

Статистическую обработку выполняли с помощью пакета прикладных программ Statistica 10 (StatSoft Inc., США).

Исследование выполнено в рамках научно-исследовательской работы «Системный подход в разработке персонализированных методов диагностики и лечения больных при повреждениях и заболеваниях опорно-двигательной системы» (номер государственной регистрации 122022200210-2; одобрено этическим комитетом ИНЦХТ, протокол №9 от 16.12.2021), соответствует этическим нормам Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека в качестве субъекта» с поправками 2000 г. и «Правилам клинической практики в Российской Федерации», утверждённым Приказом Минздрава России № 266 от 19.06.2003.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Несмотря на то, что диагноз патологии почек предварительно установлен только у 1 пациента, исходное сни-

жение (от незначительного до умеренного) экскреторной функции почек было зарегистрировано у большинства пациентов исследуемой группы (табл. 4). При выявлении на амбулаторном этапе подготовки к операции ХБП уровня выше С3а или равноценно СКФ < 45 мл/мин/1,73 м<sup>2</sup> пациентов направляли на консультацию нефролога для назначения специфической терапии.

Рассмотренные единым массивом данные пациентов исследуемой группы свидетельствуют как минимум о сохранении экскреторной функции почек в послеоперационном периоде и даже о статистически значимом её улучшении к 5-м суткам наблюдения (табл. 5).

Периоперационная кровопотеря ожидаемо приводила к развитию анемии лёгкой степени: концентрация гемоглобина снизилась с исходных 134 (125; 143) г/л до 116 (107; 124) г/л в 1-е сутки и до 112 (102; 119) г/л – на 5-е сутки наблюдения.

Расчётная (по снижению концентрации гемоглобина) периоперационная кровопотеря составила в исследуемой группе 989 (809; 1350) мл или 18 % (16 %; 23 %) объёма циркулирующей крови (ОЦК). В то же время наружная периоперационная кровопотеря была значительно ниже – 200 (100; 320) мл или 4 % (2 %; 6 %) ОЦК; клиническая ценность этого показателя в большинстве случаев весьма невелика [10]. Трансфузия эритроцитарной взвеси проводилась интраоперационно 1 (0,9 %) пациенту и ещё 2 (1,8 %) пациентам – после операции.

То есть в целом система периоперационного анестезиологического обеспечения при тотальном эндопротезировании тазобедренного сустава работает эффективно.

Тем не менее, у 8 (7,3 %) пациентов исследуемой группы послеоперационная динамика показателей креатинина в сыворотке крови соответствовала критериям KDIGO для острого повреждения почек (табл. 5). У всех этих пациентов в первые сутки после операции наблюдалось статистически значимое увеличение концентрации креатинина и соответствующее уменьшение СКФ с последующим восстановлением на 5-е сутки наблюдения.

Обращает на себя внимание тот факт, что исходные показатели экскреторной функции почек в подгруппе ОПП были по крайней мере не хуже, чем во всей группе (статистически не значимо).

**ТАБЛИЦА 4**  
**СТРАТИФИКАЦИЯ ПО ИСХОДНОЙ СКФ**  
**В СООТВЕТСТВИИ С КЛАССИФИКАЦИЕЙ ХРОНИЧЕСКОЙ**  
**БОЛЕЗНИ ПОЧЕК [11]**

Стадии ХБП	Характеристики глобальной функции почек	Уровень СКФ, мл/мин/1,73 м <sup>2</sup>	Количество пациентов, n (%)
Норма или C1	Высокая или оптимальная	> 90	34 (31,2 %)
C2	Незначительно сниженная	60–89	59 (54,1 %)
C3a	Умеренно сниженная	45–59	16 (14,7 %)
C3b	Существенно сниженная	30–44	–
C4	Резко сниженная	15–29	–
C5	Терминальная почечная недостаточность	< 15	–

**TABLE 4**  
**STRATIFICATION BY BASELINE GLOMERULAR FILTRATION**  
**RATE ACCORDING TO CHRONIC KIDNEY DISEASE**  
**CLASSIFICATION [11]**

**ТАБЛИЦА 5**  
**ПОСЛЕОПЕРАЦИОННАЯ ДИНАМИКА СКФ**  
**И КОНЦЕНТРАЦИИ КРЕАТИНИНА В СЫВОРОТКЕ КРОВИ**

Сроки наблюдения	СКФ, мл/мин/1,73 м <sup>2</sup>		Креатинин, мкмоль/л	
	вся группа	подгруппа ОПП	вся группа	подгруппа ОПП
Исходно	80,8 (67,2; 91,0)	87,7 (77,1; 98,3)	79,0 (70,0; 90,0)	72,5 (50,1; 79,5)
1-е сутки	82,3 (67,4; 93,4) <i>p</i> > 0,05	<b>59,4 (56,9; 66,3)</b> <b><i>p</i> = 0,027</b>	80,0 (66,0; 93,5) <i>p</i> > 0,05	<b>102,5 (85,8; 117)</b> <b><i>p</i> = 0,028</b>
5-е сутки	<b>83,7 (69,4; 94,2)</b> <b><i>p</i> = 0,014</b>	77,8 (56,9; 90,4) <i>p</i> > 0,05	<b>75,0 (64,0; 89,0)</b> <b><i>p</i> = 0,039</b>	81,0 (63,8; 99,8) <i>p</i> > 0,05

**TABLE 5**  
**POSTOPERATIVE DYNAMICS OF GLOMERULAR**  
**FILTRATION RATE AND SERUM CREATININE**  
**CONCENTRATION**

**ТАБЛИЦА 6**  
**РЕЗУЛЬТАТЫ КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА**

Факторы риска	Корреляция с ОПП	<i>p</i>
Возраст	0,13	> 0,050
Пол	-0,03	> 0,050
Расчётная кровопотеря, % ОЦК	0,12	> 0,050
Исходный показатель гемоглобина крови	<b>-0,19</b>	<b>&lt; 0,050</b>
Минимальный послеоперационный показатель гемоглобина крови	<b>-0,22</b>	<b>&lt; 0,050</b>

**TABLE 6**  
**THE RESULTS OF CORRELATION ANALYSIS**

Чтобы установить влияние на развитие послеоперационного ОПП возможных факторов риска, был проведён корреляционный анализ (табл. 6).

Не выявлены статистически значимые связи между послеоперационным ОПП с одной стороны и показателями возраста, пола, расчётной кровопотери с другой.

Статистически значимая корреляция установлена между фактом развития после операции ОПП и показателями кислородной ёмкости крови – исходной и минимальной послеоперационной концентрацией гемоглобина.

В подгруппе ОПП расчётная кровопотеря составила 1098 (949; 1217) мл или 21 % (19 %; 24 %) ОЦК. Минимальные послеоперационные показатели гемоглобина не были критичными и составили 99 (95; 105) г/л. Важно отметить, что ни одному из пациентов подгруппы ОПП трансфузия не выполнялась. Не было у пациентов подгруппы ОПП и олигурии в 1-е сутки после операции; диурез на фоне периоперационной инфузии составил 1600 (1600; 2700) мл.

Для фиксации имплантов у 41 (37,6 %) пациента исследуемой группы использовался костный цемент, содержащий гентамицин. В подгруппе ОПП цементные компоненты эндопротеза были установлены у 3 (37,5 %) из 8 пациентов. Таким образом, результаты настоящего исследования не позволяют сделать обоснованный вывод о возможном влиянии на развитие послеоперационного ОПП потенциально нефротоксичных компонентов костного цемента.

ОПП у пациентов исследуемой группы после первичного ТЭТС имело минимальный эффект на клиническое течение раннего послеоперационного периода. Ни одному из пациентов не потребовалось проведение заместительной почечной терапии, повторный перевод из профильного отделения в палату интенсивной терапии и реанимации, специфическое лечение. Коррекция послеоперационной

терапии заключалась в отмене препаратов, обладающих нефротоксическим действием (чаще всего с целью обезболивания вместо нестероидных противовоспалительных средств (НПВС) назначали ненаркотические анальгетики). Продолжительность послеоперационного пребывания пациентов с ОПП в клинике не увеличивалась.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Заметный прогресс хирургических и анестезиологических технологий способствовал тому, что эндопротезирование стало методом выбора лечения, статистически значимо улучшающим качество жизни пациентов при широком спектре заболеваний и травмах крупных суставов нижней конечности. Большой массив операций тотального эндопротезирования крупных суставов нижней конечности, а также глобальная тенденция к дальнейшему увеличению их количества представляют возможность выявить закономерности влияния стереотипной травмы опорно-двигательной системы, каковой по сути является оперативное вмешательство, на системы жизнеобеспечения организма. В отличие от непреднамеренного повреждения, во время оперативного вмешательства травма наносится в условиях обезболивания и компенсации кровопотери, что в совокупности позволяет избежать травматического шока. Тем не менее, влияние травмы опорно-двигательной системы на организм сложнее, более многостороннее и далеко не исчерпывается локальной деструкцией, ноцицептивной афферентацией и снижением объёма циркулирующей крови.

Одним из неочевидных последствий травматолого-ортопедических операций, влияющих на течение по-

слеоперационного периода, является риск острого повреждения почек.

Литературные данные, касающиеся ОПП после ортопедических вмешательств, крайне противоречивы [12].

Прежде всего, авторы используют как минимум три современных системы критериев ОПП: RIFLE (Risk, Injury, Failure, Loss of kidney function, End-stage kidney disease) [13], AKIN (Acute Kidney Injury Network) [14] и KDIGO [9]. Также сложно сопоставлять данные, полученные в небольшой выборке одноцентрового исследования и результаты обобщения данных региональных и национальных регистров [12]. Кроме того, используемая база данных может охватывать только пациентов с тяжёлыми формами ОПП, создавая иллюзию заболеваемости и высокой смертности [15]. В нашем исследовании использованы критерии KDIGO в соответствии с современными отечественными рекомендациями [5].

Сообщаемая авторами частота ОПП после эндопротезирования суставов нижней конечности варьирует от 0,16 % до 19,9 % [12, 15, 16]. При этом использующие критерии KDIGO исследования демонстрируют динамику креатинина в сыворотке крови, соответствующую ОПП, ближе к верхнему пределу этого интервала – у 10–19,9 % пациентов [12, 16]. Небольшие одноцентровые исследования, как правило, приводят более высокие показатели ОПП [12, 16]. По-видимому, истинная частота ОПП по критериям KDIGO у пациентов, перенёвших первичное тотальное эндопротезирование крупных суставов нижней конечности, составляет около 10 % [12].

Факторами риска развития ОПП после эндопротезирования крупных суставов нижней конечности исследователи называют: мужской пол; пожилой возраст; ожирение; низкие исходные показатели гематокрита, гемоглобина крови и альбумина плазмы крови; сопутствующие сахарный диабет, артериальную гипертензию, застойную сердечную недостаточность, хроническую обструктивную болезнь лёгких, патологию печени; аускультативно выслушиваемые до операции шумы сердца; высокий риск по ASA; применение ингибиторов ренин-ангиотензиновой системы; большую продолжительность операции; одноэтапное двустороннее вмешательство; значительное и продолжительное послеоперационное снижение уровня гемоглобина крови; периоперационное переливание крови; использование нефротоксических препаратов – ванкомицина и гентамицина – с целью антибиотикопрофилактики [4, 12, 15–24].

Целый ряд исследований указывают на то, что предиктором ОПП после эндопротезирования суставов нижней конечности является исходно диагностированная ХБП, чаще всего определяемая как снижение расчётной СКФ меньше 60 мл/мин/1,73 м<sup>2</sup> [1, 16, 17, 19, 20, 23, 25, 26]. Частота послеоперационного ОПП при исходной ХБП повышается в 2,3–3,7 раза [17, 25, 26]. Даже если диагноз ХБП не установлен, снижение предоперационной расчётной СКФ ассоциируется с повышенным риском развития послеоперационного ОПП [15]. Статистически предоперационные показатели СКФ менее 60 мл/мин/1,73 м<sup>2</sup> сопровождаются ростом частоты ОПП в 5–6 раз [27].

Для стратификации изменений функции почек используется показатель СКФ. Прямое измерение этого показателя в клинической практике было заменено расчётным способом из соображений практичности, поскольку прямое измерение является трудоёмким и дорогостоящим [15].

Казалось бы, технически простой процесс выявления пациентов с исходно сниженной СКФ неожиданно уже сам по себе представляет трудности. В зависимости от используемой для расчёта СКФ формулы определяемая доля пациентов с исходным снижением СКФ может существенно отличаться – в 7–8 раз! [15]. Это приводит к значительным расхождениям в оценке функции почек – как исходной, так и во время послеоперационного наблюдения – и, соответственно, к несопоставимости выводов.

Современные отечественные рекомендации предлагают рассчитывать СКФ по формуле CKD-EPI [5]. При этом литературные источники более точным предиктором развития послеоперационного ОПП называют показатель СКФ, рассчитанный по формуле Mayo [15].

Сложность, многофакторность патогенеза послеоперационного ОПП определяют значимость используемых технологий лечебного процесса, которые в свою очередь могут существенно отличаться в разных медицинских центрах. Отсюда дополнительное расхождение в сообщаемой частоте послеоперационного ОПП и ценность опыта каждой ортопедической клиники.

В частности, внедрение технологий оптимизации послеоперационной реабилитации, возможно, оказывает влияние на частоту развития послеоперационного ОПП [3]. Протоколы ускоренного восстановления после хирургических операций (ERAS, Enhanced Recovery After Surgery) предусматривают минимизацию послеоперационной инфузии, что может быть связано с развитием ОПП, тем более, что подобные опасения при других хирургических вмешательствах уже высказывались [3, 28]. Безусловные достижения ERAS, связанные с ранней мобилизацией пациентов и сокращением сроков пребывания в стационаре, сочетаются с сообщениями об увеличении доли пациентов с аномально низкими показателями СКФ после операции по мере внедрения новых протоколов реабилитации [3, 29].

В целом развитие ОПП наиболее вероятно происходит по преренальному механизму, вторично на фоне гиповолемии вследствие ишемии почек [3, 27]. Также нельзя исключать ренальные механизмы, которые могут быть опосредованы прямым повреждающим действием [3].

Клиническая значимость послеоперационного ОПП стала побуждающим стимулом оптимизации периоперационного ведения пациентов при тотальном эндопротезировании суставов нижней конечности.

Своевременное выявление снижения экскреторной функции почек позволяет стратифицировать риски осложнений до операции и модифицировать программу послеоперационного лечения [15].

Предлагаемый периоперационный «ренальный протокол» предусматривает дооперационное выявление ХБП (по СКФ < 60 мл/мин/1,73 м<sup>2</sup>), а также факторов риска со стороны сопутствующей патологии, коррекцию предоперационной анемии, ограничение вплоть до полной отмены нефротоксических препаратов (НПВС, антибиоти-

ков, гипотензивных препаратов и диуретиков), минимизацию кровопотери, контроль системной гемодинамики и гидробаланса, послеоперационный контроль СКФ [12, 30]. Внедрение «ренального протокола» способствует снижению частоты послеоперационного ОПП, улучшению клинических и экономических результатов лечения [30].

Касаясь собственного опыта, «ренальный протокол» при первичном ТЭТС в клинике ИНЦХТ включает:

- выявление пациентов с ХБП на догоспитальном этапе, консультацию нефролога при уровне ХБП выше С3а (СКФ < 45 мл/мин/1,73 м<sup>2</sup>), лечение сопутствующей патологии, ограничение нефротоксических препаратов (прежде всего НПВС);
- диагностику и коррекцию анемии на амбулаторном предоперационном этапе;
- периоперационный контроль гемодинамики, минимизацию геморрагии, своевременное эффективное восполнение кровопотери;
- использование субарахноидальной анестезии с сохранённым сознанием, что позволяет начинать энтеральное восполнение физиологических потребностей в жидкости сразу по окончании операции и при поступлении пациента в палату послеоперационного наблюдения;
- отмену препаратов, обладающих нефротоксическим действием, при диагностике послеоперационного ОПП.

Отчётливо сознавая ограничения в использовании результатов настоящего исследования (сравнительно небольшая выборка в одном медицинском центре), мы, тем не менее, считаем возможным сформулировать положения, обобщающие наш многолетний опыт (649 операций первичного ТЭТС выполнено в клинике ИНЦХТ только в 2021 г.).

## ВЫВОДЫ

Острое повреждение почек выявлено у 7,3 % пациентов, перенёвших первичное тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава. Факторами риска развития послеоперационного ОПП у пациентов исследуемой группы были относительно низкие показатели исходной и минимальной послеоперационной концентрации гемоглобина крови, что может свидетельствовать в пользу преренального механизма патогенеза ОПП. Реализация основных положений «ренального протокола» у пациентов с исходной СКФ более 45 мл/мин/1,73 м<sup>2</sup> позволяет избежать развития тяжёлых клинически значимых форм послеоперационного ОПП и связанных с ним осложнений в раннем послеоперационном периоде первичного ТЭТС.

### Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

### Конфликт интересов

Авторы данной статьи сообщают об отсутствии конфликта интересов

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Lee YJ, Park BS, Park S, Park JH, Kim IH, Ko J, et al. Analysis of the risk factors of acute kidney injury after total hip or knee

replacement surgery. *Yeungnam Univ J Med.* 2021; 38(2): 136-141. doi: 10.12701/yujm.2020.00542

2. Hobson C, Ozrazgat-Basanti T, Kuxhausen A, Thottakkara P, Efron PA, Moore FA, et al. Cost and mortality associated with post-operative acute kidney injury. *Ann Surg.* 2015; 261(6): 1207-1214. doi: 10.1097/SLA.0000000000000732

3. Farrow L, Smillie S, Duncumb J, Chan B, Cranfield K, Ashcroft G, et al. Acute kidney injury in patients undergoing elective primary lower limb arthroplasty. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2022; 32(4): 661-665. doi: 10.1007/s00590-021-03024-x

4. Hung CW, Zhang TS, Harrington MA, Halawi MJ. Incidence and risk factors for acute kidney injury after total joint arthroplasty. *Arthroplasty.* 2022; 4(1): 18. doi: 10.1186/s42836-022-00120-z

5. Ассоциация нефрологов, Научное общество нефрологов России, Ассоциация анестезиологов-реаниматологов России, Национальное общество специалистов в области гематологии и экстракорпоральной гемокоррекции. *Острое повреждение почек (ОПП): клинические рекомендации.* 2020. [Association of Nephrologists, Scientific Society of Nephrologists of Russia, Association of Anesthesiologists and Reanimatologists of Russia, National Society of Hemapheresis and Extracorporeal Hematologic Correction Experts. *Acute kidney injury: Clinical recommendations.* 2020. (In Russ.). URL: [https://rusnephrology.org/wp-content/uploads/2020/12/AKI\\_final.pdf](https://rusnephrology.org/wp-content/uploads/2020/12/AKI_final.pdf) [дата доступа: 29.05.2023].

6. Doyle JF, Forni LG. Acute kidney injury: Short-term and long-term effects. *Crit Care.* 2016; 20(1): 188. doi: 10.1186/s13054-016-1353-y

7. Heung M, Steffick DE, Zivin K, Gillespie BW, Banerjee T, Hsu CY, et al. Acute kidney injury recovery pattern and subsequent risk of CKD: An analysis of veterans health administration data. *Am J Kidney Dis.* 2016; 67(5): 742-752. doi: 10.1053/j.ajkd.2015.10.019

8. Lands VW, Malige A, Carmona A, Roscher CR, Gayner RS, Rowbotham J, et al. Reducing hypotension and acute kidney injury in the elective total joint arthroplasty population: A multi-disciplinary approach. *J Arthroplasty.* 2018; 33(6): 1686-1692. doi: 10.1016/j.arth.2018.01.061

9. Section 2: AKI definition. *Kidney Int Suppl (2011).* 2012; 2(1): 19-36. doi: 10.1038/kisup.2011.32

10. Лебедь М.Л., Кирпиченко М.Г., Шамбунова А.С., Сандакова И.Н., Бочарова Ю.С., Попова В.С., и др. Соотношение наружной и расчетной кровопотери при эндопротезировании крупных суставов нижней конечности. *Политравма.* 2020; 2: 29-35. [Lebed ML, Kirpichenko MG, Shamburova AS, Sandakova IN, Bocharova YuS, Popova VS, et al. Ratio of external and calculated blood loss in arthroplasty of big joints of lower extremity. *Polytrauma.* 2020; (2): 29-35. (In Russ.). doi: 10.24411/1819-1495-2020-10017

11. Ассоциация нефрологов. *Хроническая болезнь почек (ХБП): клинические рекомендации.* 2021. [Association of Nephrologists. *Chronic kidney disease (CKD): Clinical recommendations.* 2021. (In Russ.). URL: [https://rusnephrology.org/wp-content/uploads/2020/12/CKD\\_final.pdf](https://rusnephrology.org/wp-content/uploads/2020/12/CKD_final.pdf) [дата доступа: 29.05.2023].

12. Filippone EJ, Yadav A. Acute kidney injury after hip or knee replacement: Can we lower the risk? *Cleve Clin J Med.* 2019; 86(4): 263-276. doi: 10.3949/ccjm.86a.18044

13. Bellomo R, Ronco C, Kellum JA, Mehta RL, Palevsky P. Acute renal failure – definition, outcome measures, animal models, fluid therapy and information technology needs: The Second International Consensus Conference of the Acute Dialysis Quality Initiative (ADQI) Group. *Crit Care.* 2004; 8(4): R204-R212. doi: 10.1186/cc2872

14. Mehta RL, Kellum JA, Shah SV, Molitoris BA, Ronco C, Warnock DG, et al. Acute Kidney Injury Network: Report of an initiative

to improve outcomes in acute kidney injury. *Crit Care*. 2007; 11(2): R31. doi: 10.1186/cc5713

15. Mekawaty KL, Chaudhry YP, Rao SS, Raad M, Amin RM, Khanuja HS. Comparing five equations to calculate estimated glomerular filtration rate to predict acute kidney injury following total joint arthroplasty. *Arthroplasty*. 2023; 5(1): 14. doi: 10.1186/s42836-022-00161-4

16. Johansson S, Christensen OM, Thorsmark AH. A retrospective study of acute kidney injury in hip arthroplasty patients receiving gentamicin and dicloxacillin. *Acta Orthop*. 2016; 87(6): 589-591. doi: 10.1080/17453674.2016.1231008

17. Warth LC, Noiseux NO, Hogue MH, Klaassen AL, Liu SS, Callaghan JJ. Risk of acute kidney injury after primary and revision total hip arthroplasty and total knee arthroplasty using a multimodal approach to perioperative pain control including ketorolac and celecoxib. *J Arthroplasty*. 2016; 31(1): 253-255. doi: 10.1016/j.arth.2015.08.012

18. Choi YJ, Kim S, Sim JH, Hahm K. Postoperative anemia is associated with acute kidney injury in patients undergoing total hip replacement arthroplasty: A retrospective study. *Anesth Analg*. 2016; 122(6): 1923-1928. doi: 10.1213/ANE.0000000000001003

19. Ferguson KB, Winter A, Russo L, Khan A, Hair M, MacGregor MS, et al. Acute kidney injury following primary hip and knee arthroplasty surgery. *Ann R Coll Surg Engl*. 2017; 99(4): 307-312. doi: 10.1308/rcsann.2016.0324

20. Nadkarni GN, Patel AA, Ahuja Y, Annapureddy N, Agarwal SK, Simoes PK, et al. Incidence, risk factors, and outcome trends of acute kidney injury in elective total hip and knee arthroplasty. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*. 2016; 45(1): E12-E19.

21. Challagundla SR, Knox D, Hawkins A, Hamilton D, W V Flynn R, Robertson S, et al. Renal impairment after high-dose flucloxacillin and single-dose gentamicin prophylaxis in patients undergoing elective hip and knee replacement. *Nephrol Dial Transplant*. 2013; 28(3): 612-619. doi: 10.1093/ndt/gfs458

22. Jamsa P, Jamsen E, Lyytikäinen LP, Kalliovaalkama J, Eskelinen A, Oksala N. Risk factors associated with acute kidney injury in a cohort of 20,575 arthroplasty patients. *Acta Orthop*. 2017; 88(4): 370-376. doi: 10.1080/17453674.2017.1301743

23. Courtney PM, Melnic CM, Zimmer Z, Anari J, Lee GC. Addition of vancomycin to cefazolin prophylaxis is associated with acute kidney injury after primary joint arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 2015; 473(7): 2197-2203. doi: 10.1007/s11999-014-4062-3

24. Carson JL, Triulzi DJ, Ness PM. Indications for and adverse effects of red-cell transfusion. *N Engl J Med*. 2017; 377(13): 1261-1272. doi: 10.1056/NEJMr1612789

25. Perregaard H, Damholt MB, Solgaard S, Petersen MB. Renal function after elective total hip replacement. *Acta Orthop*. 2016; 87(3): 235-238. doi: 10.3109/17453674.2016.1155130

26. Nowicka A, Selvaraj T. Incidence of acute kidney injury after elective lower limb arthroplasty. *J Clin Anesth*. 2016; 34: 520-523. doi: 10.1016/j.jclinane.2016.06.010

27. Medlock G, Berg A, Stevenson IM. Acute kidney injury following enhanced recovery for orthopaedic joint replacement surgery-role of preoperative kidney disease? *Br J Anaesth*. 2017; 119(2): 338-339. doi: 10.1093/bja/aex179

28. Hanna PT, Peterson M, Albersheim J, Drawz P, Zabell J, Konety B, et al. Acute kidney injury following enhanced recovery after surgery in patients undergoing radical cystectomy. *J Urol*. 2020; 204(5): 982-988. doi: 10.1097/JU.0000000000001153

29. Soffin EM, YaDeau JT. Enhanced recovery after surgery for primary hip and knee arthroplasty: A review of the evidence. *Br J Anaesth*. 2016; 117(Suppl 3): iii62-iii72. doi: 10.1093/bja/aew362

30. Angerett NR, Yevtukh A, Ferguson CM, Kahan ME, Ali M, Hallock RH. Improving postoperative acute kidney injury rates following primary total joint arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2022; 37(8S): S1004-S1009. doi: 10.1016/j.arth.2021.12.019

#### Сведения об авторах

**Лебедь Максим Леонидович** – доктор медицинских наук, заведующий отделением анестезиологии-реанимации, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии»; ассистент кафедры анестезиологии-реаниматологии, ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России, e-mail: swanmax@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7602-6720>

**Кирпиченко Михаил Геннадьевич** – кандидат медицинских наук, врач анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии-реанимации, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: kirpnet@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7755-3397>

**Новикова Екатерина Вячеславовна** – врач анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии-реанимации, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: enovikova261182@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-5860-8261>

**Лебедь Татьяна Геннадьевна** – врач-уролог, ФГБУЗ «Клиническая больница Иркутского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук», e-mail: lebedtg@list.ru, <https://orcid.org/0009-0003-6149-6652>

**Маньков Александр Викторович** – кандидат медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой анестезиологии-реаниматологии, ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России, e-mail: man-aleksandr@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8701-6432>

#### Information about the authors

**Maksim L. Lebed** – Dr. Sc. (Med.), Head of the Department of Anesthesiology and Reanimation, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology; Teaching Assistant at the Department of Anesthesiology and Intensive Care Medicine, Irkutsk State Medical University, e-mail: swanmax@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7602-6720>

**Mikhail G. Kirpichenko** – Cand. Sc. (Med.), Anesthesiologist at the Department of Anesthesiology and Reanimation, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: kirpnet@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7755-3397>

**Ekaterina V. Novikova** – Anesthesiologist at the Department of Anesthesiology and Reanimation, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: enovikova261182@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-5860-8261>

**Tatiana G. Lebed** – Urologist, Clinical Hospital of the Irkutsk Scientific Centre, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, e-mail: lebedtg@list.ru, <https://orcid.org/0009-0003-6149-6652>

**Aleksandr V. Mankov** – Cand. Sc. (Med.), Docent, Head of the Department of Anesthesiology and Intensive Care Medicine, Irkutsk State Medical University, e-mail: man-aleksandr@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8701-6432>

Статья опубликована в рамках Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 25-летию Иркутского научного центра хирургии и травматологии.

# ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С МАССИВНЫМИ РАЗРЫВАМИ СУХОЖИЛИЙ ВРАЩАТЕЛЬНОЙ МАНЖЕТЫ ПЛЕЧА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АРТРОСКОПИЧЕСКИ-АССИСТИРОВАННОЙ ТРАНСПОЗИЦИИ СУХОЖИЛИЯ ШИРОЧАЙШЕЙ МЫШЦЫ СПИНЫ

Меньшова Д.В.,  
Пономаренко Н.С.,  
Кузлин И.А.,  
Тишков Н.В.,  
Пусева М.Э.

ФГБНУ «Иркутский научный центр  
хирургии и травматологии» (664003,  
г. Иркутск, ул. Борцов Революции, 1,  
Россия)

Автор, ответственный за переписку:  
Меньшова Дарья Васильевна,  
e-mail: menschovadar@yandex.ru

## РЕЗЮМЕ

Разрывы вращательной манжеты плеча входят в число наиболее распространенных травм опорно-двигательного аппарата: их частота составляет около 20 %. Доля массивных разрывов вращательной манжеты среди всех разрывов достигает 40 %. Единого подхода в лечении пациентов с массивными разрывами вращательной манжеты плечевого сустава (МРВМПС) на сегодняшний день не существует. Нами разработан новый способ хирургического лечения такой категории пациентов: артроскопически-ассистированная транспозиция сухожилия широчайшей мышцы спины с использованием 1/2 сухожилия длинной малоберцовой мышцы.

**Цель исследования.** Оценить эффективность хирургического лечения пациентов с массивными разрывами вращательной манжеты плечевого сустава, которым выполнена артроскопически-ассистированная транспозиция сухожилия широчайшей мышцы спины с использованием аутооттрансплантата 1/2 сухожилия длинной малоберцовой мышцы.

**Материалы и методы.** В исследование включено 15 пациентов с МРВМПС III стадии по Patte и 2–3-й степени по Thomazeau, которым выполнена артроскопически-ассистированная транспозиция сухожилия широчайшей мышцы спины с использованием 1/2 сухожилия длинной малоберцовой мышцы.

**Результаты.** В статье представлены отдаленные результаты хирургического лечения пациентов по разработанному способу. Оценивались следующие критерии: средний возраст; давность с момента травмы; длительность операции. Функциональный результат оценивался по шкале ASES (American Shoulder and Elbow Surgeons). Учитывая показатели по функциональной шкале ASES через 1 год после оперативного лечения, получены следующие результаты: отличные – в 14 (93,3 %) случаях, удовлетворительные – в 1 (6,7 %).

**Заключение.** Разработанный способ позволяет в более ранние сроки восстановить функцию плечевого сустава, уменьшить выраженность болевого синдрома и улучшить качество жизни пациентов.

**Ключевые слова:** транспозиция сухожилия широчайшей мышцы спины, массивные разрывы вращательной манжеты плеча, сухожилие длинной малоберцовой мышцы

**Для цитирования:** Меньшова Д.В., Пономаренко Н.С., Кузлин И.А., Тишков Н.В., Пусева М.Э. Оценка эффективности хирургического лечения пациентов с массивными разрывами сухожилий вращательной манжеты плеча с использованием артроскопически-ассистированной транспозиции сухожилия широчайшей мышцы спины. *Acta biomedica scientifica*. 2023; 8(5): 133-143. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.14

Статья поступила: 05.05.2023

Статья принята: 05.10.2023

Статья опубликована: 05.12.2023

## ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF SURGICAL TREATMENT OF PATIENTS WITH MASSIVE TEARS OF THE ROTATOR CUFF TENDONS USING ARTHROSCOPICALLY ASSISTED TRANSPOSITION OF THE LATISSIMUS DORSI TENDON

Menshova D.V.,  
Ponomarenko N.S.,  
Kuklin I.A.,  
Tishkov N.V.,  
Puseva M.E.

Irkutsk Scientific Centre of Surgery  
and Traumatology  
(Bortsov Revolyutsii str. 1, Irkutsk 664003,  
Russian Federation)

Corresponding author:  
**Darya V. Menshova,**  
e-mail: menshovadar@yandex.ru

### ABSTRACT

*Rotator cuff tears are one of the most common musculoskeletal injuries and account for about 20 %. Massive rotator cuff tears account for up to 40 % of all tears. There is no single approach in the treatment of patients with massive rotator cuff tears. We have developed a new method of surgical treatment of these patients – arthroscopically assisted transposition of the latissimus dorsi tendon using 1/2 of the tendon of the long peroneal muscle.*

**The aim of the study.** *To assess the effectiveness of surgical treatment of patients with massive rotator cuff tears who had arthroscopically assisted transposition of the latissimus dorsi tendon using an autograft of a 1/2 of the tendon of the long peroneal muscle.*

**Materials and methods.** *The study included 15 patients with Patte stage III and Thomazeau grade 2–3 massive rotator cuff tears, who had arthroscopically assisted transposition of the latissimus dorsi tendon using 1/2 of the tendon of the long peroneal muscle.*

**Results.** *The article presents the long-term results of surgical treatment of patients using the developed method. The following criteria were evaluated: average age; time since injury; duration of surgery. Functional outcome was assessed using the ASES (American Shoulder and Elbow Surgeons) scale. Taking into account the indicators on the ASES functional scale 1 year after surgical treatment, the following results were obtained: excellent – in 14 (93.3 %) patients, satisfactory – in 1 (6.7 %) patient.*

**Conclusion.** *The developed method allows us to restore the function of the shoulder joint as early as it possible, to reduce the severity of the pain syndrome and to improve the quality of life of patients.*

**Key words:** *transposition of the latissimus dorsi tendon, massive ruptures of the rotator cuff, tendon of the long peroneal muscle*

Received: 05.05.2023  
Accessed: 05.10.2023  
Published: 05.12.2023

**For citation:** Menshova D.V., Ponomarenko N.S., Kuklin I.A., Tishkov N.V., Puseva M.E. Assessment of the effectiveness of surgical treatment of patients with massive tears of the rotator cuff tendons using arthroscopically assisted transposition of the latissimus dorsi tendon. *Acta biomechanica scientifica*. 2023; 8(5): 133–143. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.14

Разрывы вращательной манжеты плеча входят в число наиболее распространённых травм опорно-двигательного аппарата. Частота их встречаемости составляет 20 % [1]. Патология вращательной манжеты плеча чаще обусловлена дегенеративными процессами в сухожилиях. По литературным данным, до 54 % разрывов встречаются у лиц старше 60 лет [2]. Распространённость массивных разрывов вращательной манжеты плечевого сустава (МРВМПС) составляет 40 % от всех разрывов манжеты [3]. На сегодняшний день не существует единой классификации разрывов вращательной манжеты плеча. Пациенты с массивными разрывами предъявляют жалобы на боль и ограничение движений, но также они могут протекать и бессимптомно [4]. При больших и массивных разрывах происходит изменение биомеханики плечевого сустава. Формируется передне-верхняя дислокация головки плечевой кости, а на более поздних сроках – прогрессирование остеоартроза и, как следствие, атрофия плечевого сустава. В 20 % случаев МРВМПС приводят к псевдопараличу верхней конечности [5]. Единого подхода в лечении данной патологии на сегодняшний день нет. Консервативная терапия направлена на купирование болевого синдрома, но имеет краткосрочный эффект. Среди вариантов хирургического лечения предпочтение отдаётся: субакромиальной баллонопластике, пластике проксимальной капсулы плечевого сустава, мышечно-сухожильным трансферам и реверсивному эндопротезированию. Однако, по литературным данным, частота осложнений после хирургического восстановления массивных разрывов составляет от 20 до 94 % [6–8].

Учитывая данные литературы, все достоинства и недостатки существующих методов лечения пациентов с МРВМПС, в нашей клинике разработан новый способ хирургического лечения: артроскопически-ассистированная транспозиция сухожилия широчайшей мышцы спины с использованием аутоотрансплантата 1/2 сухожилия длинной малоберцовой мышцы, – и представлены отдалённые результаты хирургического лечения.

## ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценить эффективность хирургического лечения пациентов с массивными разрывами вращательной манжеты плечевого сустава, которым была выполнена артроскопически-ассистированная транспозиция сухожилия широчайшей мышцы спины с использованием аутоотрансплантата 1/2 сухожилия длинной малоберцовой мышцы.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Клиническое исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБНУ «Иркутский научный

центр хирургии и травматологии» (ИНЦХТ) (протокол № 2 от 25.02.2023). В 2021 г. на базе травматолого-ортопедического отделения № 1 клиники ИНЦХТ прооперированно 15 пациентов (10 мужчин и 5 женщин), поступивших в клинику с диагнозом: застарелое массивное повреждение сухожилий вращательной манжеты плеча. По данным магнитно-резонансной томографии (МРТ), у всех пациентов отмечалась ретракция сухожилия надостной мышцы (III стадии по Patte с жировой атрофией надостной мышцы 2-й и 3-й степени по Thomazeau). Все пациенты прооперированы по разработанному способу: артроскопически-ассистированная транспозиция сухожилия широчайшей мышцы спины с использованием аутоотрансплантата 1/2 сухожилия длинной малоберцовой мышцы (патент на изобретение № 2779219 С1) [9]. Пациенты являлись жителями Иркутской области; средний возраст составил  $61,2 \pm 6,7$  года. У всех пациентов причиной разрыва была бытовая травма, чаще – падение на руку. Средний срок с момента травмы до поступления в клинику составил  $3,5 \pm 2,6$  года.

### Критерии включения:

- пациенты с массивными разрывами сухожилий вращательной манжеты плеча (III стадия по Patte и 2–3-я степени по Thomazeau);
- возраст пациентов – 45–70 лет;
- пациенты с повторными разрывами сухожилий вращательной манжеты плеча после оперативного лечения – реинсерции сухожилий.

### Критерии исключения:

- пациенты с разрывами сухожилий вращательной манжеты плеча (I–II стадия по Patte и 1-я степень по Thomazeau);
- возраст пациентов – старше 70 лет;
- пациенты с инфекционными поражениями в области оперативного вмешательства;
- неврологические нарушения верхней конечности;
- отказ пациентов от оперативного вмешательства.

Оперативное лечение проводилось следующим образом. Под наркозом в асептических условиях в положении пациента на боку через стандартные артроскопические порты осуществляется доступ к плечевому суставу. Оценивается состояние суставного хряща и степень ретракции повреждённых сухожилий. Освежается зона инсерционной площадки на головке плечевой кости до «кровоавой росы».

Следующим этапом по задне-подмышечной линии осуществляется мини-доступ к сухожилию широчайшей мышцы спины (рис. 1) и его отсечение, не доходя 4 см до точки фиксации (рис. 2).

Отдельным доступом в нижней трети голени производится забор 1/2 сухожилия длинной малоберцовой мышцы (рис. 3).

Четвёртый этап – удлинение сухожилия широчайшей мышцы спины путём вплетения 1/2 сухожилия длинной малоберцовой мышцы (рис. 4) и его прошивание колосовидным швом – таким образом сформирован сухожильный аутоотрансплантат (рис. 5).



**РИС. 1.**  
Мини-доступ к сухожилию широчайшей мышцы спины

**FIG. 1.**  
Limited incision to access latissimus dorsi tendon



**РИС. 2.**  
Выделение и отсечение сухожилия широчайшей мышцы спины от точки фиксации

**FIG. 2.**  
Isolation and dissection of the latissimus dorsi tendon from the fixation point



**РИС. 3.**  
Забор 1/2 сухожилия длинной малоберцовой мышцы

**FIG. 3.**  
Retrieval of 1/2 of long peroneal muscle



**РИС. 4.**  
Вплетение 1/2 сухожилия длинной малоберцовой мышцы в сухожилие широчайшей мышцы спины

**FIG. 4.**  
Integration of 1/2 of the long peroneal muscle tendon into the latissimus dorsi tendon



**РИС. 5.**  
Прошивание подготовленного аутографта

**FIG. 5.**  
Suturing of the prepared autograft

Через задний артроскопический порт под задней порцией дельтовидной мышцы формируется канал, через который проводится свободный конец сухожильного аутографта в субакромиальное пространство и осуществляется фиксация его при помощи якорных фиксаторов на инсерционной площадке головки плечевой кости. Плечевой сустав промывается физиологическим раствором, выполняется гемостаз, накладываются швы на кожу и асептическая повязка. Верхняя конечность фиксируется отводящей шиной в отведении 60° сроком на 6 недель. Со 2-х суток пациенты приступают к пассивной гимнастике плечевого сустава на отводящей шине. После прекращения иммобилизации наступает активная фаза ЛФК плечевого сустава.

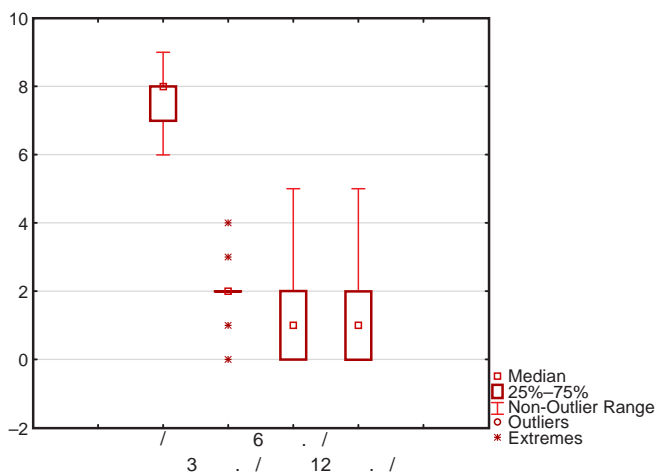
## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате анализа эффективности хирургического лечения оценивались следующие критерии: дли-

тельность оперативного вмешательства; объём интраоперационной кровопотери; сроки нахождения в стационаре. Уровень болевого синдрома в области оперативного вмешательства оценивался по данным визуально-аналоговой шкалы (ВАШ). Оценка функциональных результатов оценивалась по данным оценочного опросника состояния плеча Американских хирургов плечевого и локтевого суставов (ASES, American Shoulder and Elbow Surgeons).

Длительность операции составила  $93,6 \pm 16,5$  мин. Объём интраоперационной кровопотери составил  $34,6 \pm 28,7$  мл. Длительность пребывания в стационаре пациентов –  $9,5 \pm 3,3$  дня.

Интенсивность болевого синдрома и оценка функциональных результатов оценивалась на сроках 3, 6 и 12 месяцев после операции. Уровень болевого синдрома до операции составил у пациентов  $7,6 \pm 0,7$  балла. Через 3 месяца после оперативного лечения пациенты предъявляли жалобы на незначительный болевой синдром в покое с усилением после физической нагрузки. Средние показатели болевого синдрома через 3 месяца после операции составили  $2,0 \pm 0,9$  балла. Через 6 месяцев после операции интенсивность болевого синдрома составила  $1,3 \pm 1,0$  балла. Спустя 12 месяцев пациенты отмечали значительное уменьшение болевого синдрома или его отсутствие. Средние показатели интенсивности болевого синдрома составили  $1,1 \pm 1,0$  балл. На рисунке 6 представлена динамика интенсивности болевого синдрома.



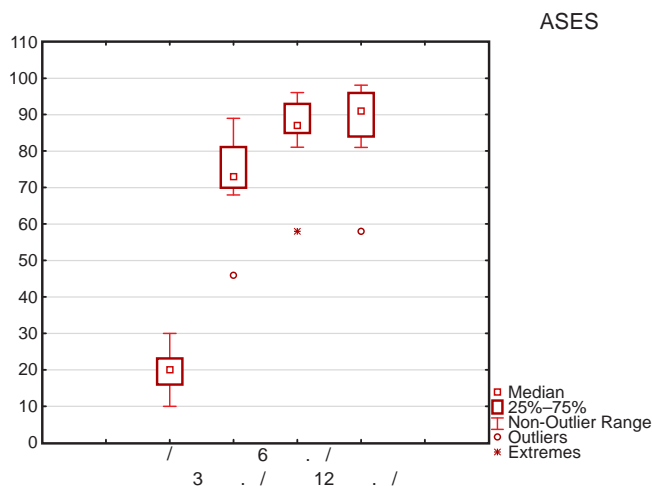
**РИС. 6.**

Динамика интенсивности болевого синдрома

**FIG. 6.**

Dynamics of pain syndrome intensity

Оценка функциональных результатов проводилась по шкале ASES. На рисунке 7 представлены результаты по данным оценочного опросника ASES.



**РИС. 7.**

Оценка функциональных результатов по шкале ASES

**FIG. 7.**

Assessment of the functional results according to ASES score

Средние дооперационные функциональные результаты по шкале ASES составили  $20,6 \pm 5,3$  балла. Функциональные результаты через 1 год после оперативного лечения составили  $89,2 \pm 10,4$  балла. Отмечается положительная динамика функциональных результатов; критерий Вилкоксона для связанных групп  $p < 0,0004$ .

Учитывая показатели по функциональной шкале ASES через 1 год после оперативного лечения, получены результаты: отличные – в 14 (93,3 %) случаях. У пациентов отсутствовали жалобы на боль и дискомфорт в прооперированном плечевом суставе или же присутствовал незначительный болевой синдром после физической нагрузки. Объём движений в плечевом суставе: сгибание и отведение – в диапазоне  $160-180^\circ$ . Все пациенты данной группы вернулись к повседневной активности, а 3 пациента продолжили занятия физической культурой на любительском уровне. Удовлетворительные результаты получены в 1 (6,7 %) случае. У 1 пациента отмечается умеренный болевой синдром и ограничение отведения и сгибания в диапазоне  $90-100^\circ$ .

## КЛИНИЧЕСКИЙ ПРИМЕР

Пациентка М., 56 лет, обратилась в консультативно-диагностическое отделение ИНЦХТ с жалобами на боль и ограничение движений в правом плечевом суставе. Из анамнеза: в 2013 г. пациентка получила травматический вывих правого плечевого сустава. В клинике по месту жительства вывих был устранён. Повторную травму пациентка получила в 2017 г.; травма бытовая – поскользнулась и упала на правую руку. В клинику по месту жительства пациентка поступила с вывихом акромиального конца ключицы, выполнена пластика связок. Послеоперационный период протекал без осо-

бенностей. В последующем пациентку продолжал беспокоить болевой синдром с прогрессирующим ограничением движений в правом плечевом суставе. Консервативная терапия: физиолечение и нестероидные противовоспалительные препараты, – не приносили положительного эффекта. Учитывая данные клинического осмотра и данные МРТ плечевого сустава, у пациентки диагностировано застарелое массивное повреждение сухожилий вращательной манжеты правого плечевого сустава. Выявлена комбинированная контрактура правого плечевого сустава. Рекомендовано хирургическое лечение.

Локальный статус: правая верхняя конечность участвует в локомоторном акте ходьбы, не иммобилизована. Кожные покровы плечевого сустава обычной окраски. В проекции ключично-акромиального сочленения имеется послеоперационный рубец 10 см без признаков воспаления. Отмечается гипотрофия мягких тканей правого плечевого сустава. Пальпаторно – болезненность в области надостной ямки, боль и слабость при отведении руки. Положительные симптомы Леклерка, тест «падающей руки», тест Jobe. Активные движения в правом плечевом суставе: отведение 70°, сгибание 70°. Нейрососудистых нарушений правой верхней конечности не выявлено. Функциональный результат по шкале ASES до операции – 20 баллов.

По данным предоперационных рентгенограмм выявлен верхний подвывих головки правой плечевой кости, остеоартроз правого плечевого сустава II степени, остеоартроз ключично-акромиального сустава II степени (рис. 8).

По данным МРТ правого плечевого сустава определяется сужение субакромиального пространства до 0,2 см, разрыв сухожилия надостной мышцы с ретрагированными волокнами сухожилия на уровне гленоида (III стадия по Patte). Мышечное брюшко надостной мышцы – с признаками атрофии (3-я степень по Thomazeau) (рис. 9).

По результатам инструментальных исследований и клинического осмотра пациентке решено выполнить артроскопически-ассистированную транспозицию сухожилия широчайшей мышцы спины с использованием аутоотрансплантата 1/2 сухожилия длинной малоберцовой мышцы. Послеоперационный период протекал планово. На 7-е сутки пациентка выписана из стационара на амбулаторный этап с рекомендациями. Правая верхняя конечность в течение 6 недель была иммобилизована отводящей шиной. В период со 2-х суток до 6 недель пациентка выполняла комплекс пассивных упражнений для плечевого сустава. С 7-й недели после операции пациентка приступила к активной ЛФК правого плечевого сустава, и ей был проведён курс физиотерапии.

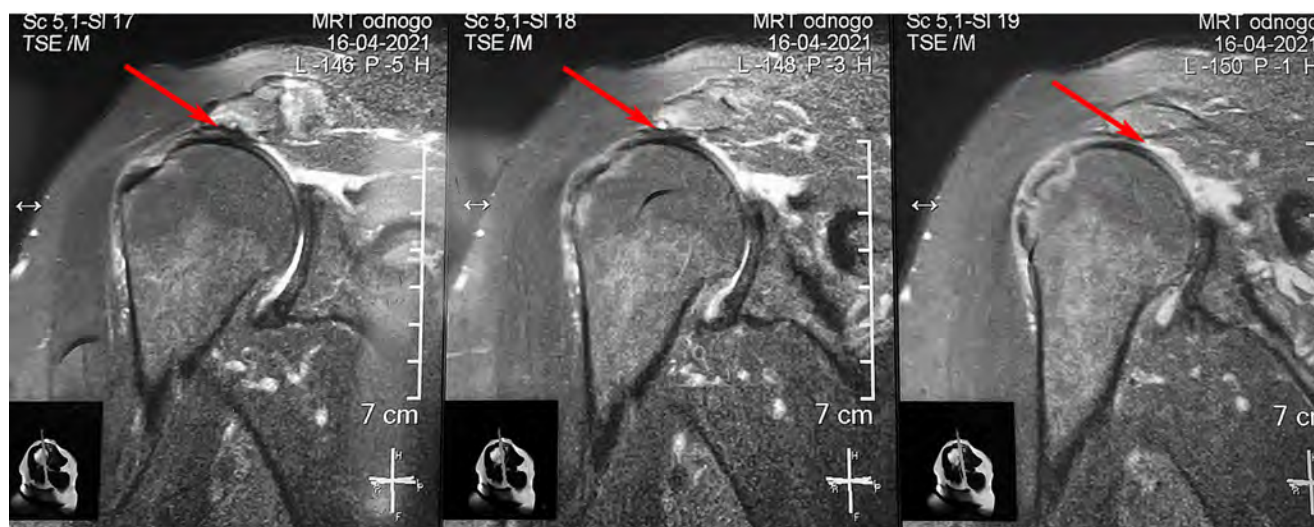


**РИС. 8.**

Пациентка М. Рентгенограмма правого плечевого сустава до операции

**FIG. 8.**

Patient M. X-ray of the right shoulder joint before the surgery



**РИС. 9.**

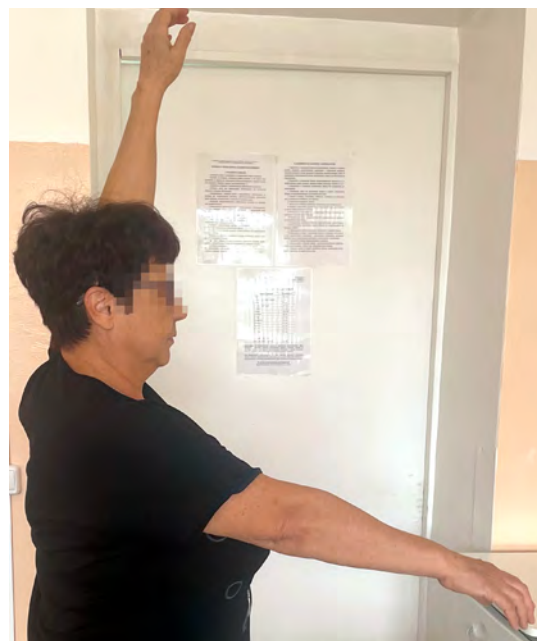
Пациентка М. МРТ правого плечевого сустава до операции

**FIG. 9.**

Patient M. MRI of the right shoulder joint before the surgery



**РИС. 10.**  
Пациентка М. Функциональный результат до операции



**FIG. 10.**  
Пациентка М. Functional result before the surgery



**РИС. 11.**  
Пациентка М. Функциональный результат через 3 месяца после операции



**FIG. 11.**  
Patient M. Functional result in 3 months after the surgery



Через 3 месяца после операции у пациентки присутствует незначительный болевой синдром – 2 балла по ВАШ. Объём движений правого плечевого сустава полный: отведение 180°, сгибание 180°. Функциональность оценена в 89 баллов по шкале ASES (рис. 11).

Через 6 месяцев после операции пациентка отмечает незначительный болевой синдром после физической нагрузки – 1 балл по ВАШ, полное восстановление работоспособности. Функциональность оценена в 91 балл по шкале ASES (рис. 12).

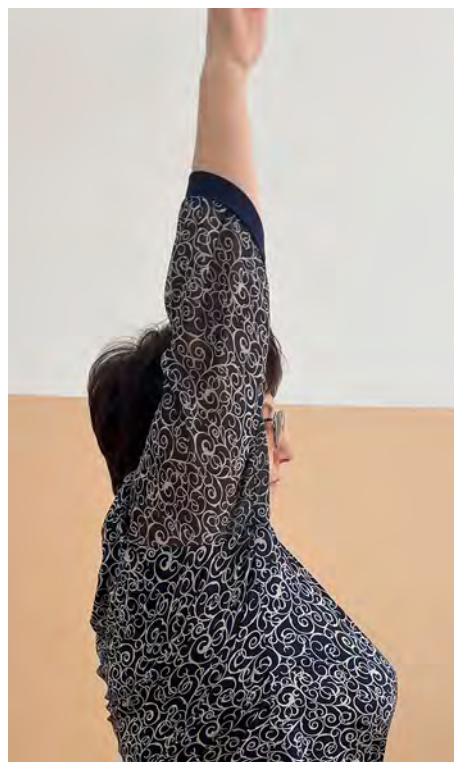
Через 12 месяцев жалоб пациентка не предъявляет. Болевой синдром незначительный после тя-

жёлой физической нагрузки – 1 балл по ВАШ. Полное восстановление работоспособности. Функциональность оценена в 93 балла по шкале ASES. Пациентка довольна результатами хирургического лечения (рис. 13).

По данным МРТ правого плечевого сустава через 1 год после операции: сухожилие надостной мышцы не визуализируется, в её проекции определяется трансплантат 1/2 сухожилия длинной малоберцовой мышцы, фиксированный якорными фиксаторами в головке плечевой кости (рис. 14).



**РИС. 12.**  
Пациентка М. Функциональный результат через 6 месяцев



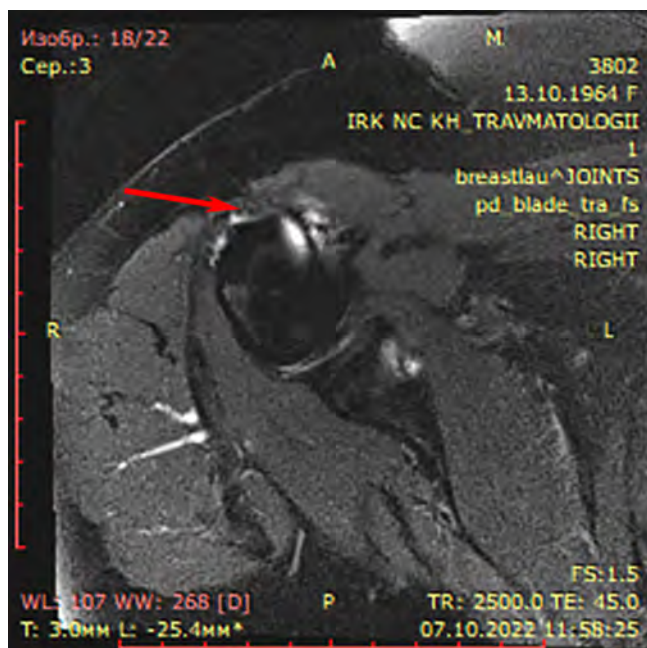
**FIG. 12.**  
Patient M. Functional result 6 months after the surgery



**РИС. 13.**  
Пациентка М. Функциональный результат через 12 месяцев



**FIG. 13.**  
Patient M. Functional result 12 months after the surgery



**РИС. 14.**

Пациентка М. МРТ правого плечевого сустава через 12 месяцев после операции

**FIG. 14.**

Patient M. MRI of the right shoulder joint 12 months after the surgery

## ОБСУЖДЕНИЕ

По данным литературы, самыми распространёнными вариантами хирургического лечения МРВМПС можно считать субакромиальную баллонопластику, пластику проксимальной капсулы плечевого сустава, мышечно-сухожильные трансферы, а именно транспозицию сухожилия широчайшей мышцы спины, и реверсивное эндопротезирование. Суть субакромиальной баллонопластики заключается во введении в субакромиальное пространство баллонного спейсера, который в последующем наполняется физиологическим раствором. Данное устройство предназначено для увеличения акромионо-плечевого интервала, низведения головки плечевой кости и, тем самым, устранения вторичного подвывиха. Исследования доказывают, что субакромиальный спейсер разрушается в течение 12 месяцев [10, 11]. Большое внимание в настоящее время уделяется такому варианту хирургического лечения, как пластика проксимальной капсулы плечевого сустава. Замещение дефектов осуществляется как аллотрансплантатами, так и аутоотрансплантатами. В качестве аутоотрансплантатов чаще используют широчайшую фасцию бедра. R.W. Jordan и соавт. провели систематический обзор литературы реконструкции верхней части капсулы плечевого сустава широчайшей фасцией бедра и бесклеточным дермальным коллагеновым матриксом. В обзор было включено 9 исследований. В 5 исследованиях сообщалось о трансплантации широчайшей фасции бедра, 4 исследования были посвящены бесклеточ-

ному дермальному коллагеновому матриксу. В среднем сроки наблюдения составили от 10,9 до 42,4 месяца. Оценка результатов проводилась рентгенологически. Несостоятельность дермального матрикса отмечалась от 5,5 % до 55 % случаев, несостоятельность широчайшей фасции бедра составила – в 4,2–36,1 % [8]. При сохранности суставного хряща головки плечевой кости одним из вариантов хирургического лечения МРВМПС являются мышечно-сухожильные трансферы. Самым распространённым является перенос сухожилия широчайшей мышцы спины. В 1998 г. С. Gerber и соавт. впервые предложили и осуществили транспозицию сухожилия широчайшей мышцы спины на головку плечевой кости при массивных разрывах вращательной манжеты. Были проанализированы результаты лечения 16 пациентов с дефектами сухожилий надостной и подостной мышц, вторичным подвывихом головки плечевой кости, ограничением отведения и сгибания. Биомеханически суть операции заключалась в изменении вектора силы для низведения головки плечевой кости и восстановлении биомеханики сустава. Положительные результаты лечения отмечались в 80 % случаев [12]. К.Р. Shea и соавт. провели систематический обзор литературы в период с 1992 по 2010 г., чтобы определить результаты транспозиции сухожилия широчайшей мышцы спины. Было проанализировано 10 исследований; средний срок наблюдения – 45,5 месяца. Функциональные показатели улучшились с 45,9 до 73,2 балла. Отмечалось улучшение сгибания с 101,9° до 130,7° после операции. Общая частота зарегистрированных осложнений составила 9,5 %, включая инфекционные осложнения, нейропатию, разрывы перенесённых сухожилий, гематомы, расхождения ран [13]. На сегодняшний день в литературе чаще стали появляться данные о транспозиции сухожилия широчайшей мышцы спины с помощью артроскопической техники. Основным её преимуществом является сохранение дельтовидной мышцы. В послеоперационном периоде у пациентов сохраняется мышечная сила, что способствует более быстрой реабилитации. Также при использовании малоинвазивной методики в послеоперационном периоде пациенты испытывают меньший болевой синдром в сравнении с открытой техникой оперативного вмешательства [14]. Мышечно-сухожильные трансферы можно считать методикой выбора для молодых и активных пациентов. Однако остаётся высоким риск ятрогенного повреждения сосудисто-нервного пучка при отсечении сухожилия от гребня плечевой кости, а также высокие риски отрыва трансплантата как после первичной транспозиции, так и после ревизионного вмешательства. По данным литературы, частота клинических неудач после транспозиции сухожилия широчайшей мышцы спины составляет 36 % [15]. Ещё одним вариантом лечения при массивных разрывах сухожилий вращательной манжеты является реверсивное эндопротезирование плечевого сустава. Распространённые показания к эндопротезированию – это боль и «псевдопаралич» плечевого су-

става, развивающийся на фоне массивных разрывов вращательной манжеты плеча [16]. По мнению авторов, эндопротезирование не подходит для лечения молодых и активных пациентов, так как существуют функциональные ограничения, а также по причине быстрого изнашивания эндопротеза и, следовательно, необходимости в повторных ревизионных оперативных вмешательствах [17].

Анализ современной научной литературы показывает, что единого подхода и алгоритма лечения пациентов с массивными разрывами вращательной манжеты плеча на сегодняшний день нет. Каждый метод лечения имеет свои достоинства и недостатки. В тяжёлых случаях МРВМПС, когда имеется максимальный диастаз между концом повреждённого сухожилия надостной мышцы и местом его прикрепления (III стадия по Patte), сама мышца находится в жировой инволюции (2–3-я степени по Thomazeau) и неспособна выполнять свою функцию. Предложенный нами способ хирургического лечения позволяет заместить функцию сухожилия надостной мышцы функцией широчайшей мышцы спины. Доступ к его сухожилию выполняется минимальный (5,0–7,0 см), тем самым снижается риск одного из осложнений этой операции – повреждения сосудисто-нервного пучка – за счёт отсечения сухожилия широчайшей мышцы спины, не доходя до сосудисто-нервного пучка. В качестве трансплантата используется половина сухожилия длинной малоберцовой мышцы, что позволяет минимизировать ущерб в донорской зоне и снизить риск лизиса трансплантата в зоне его использования. Удлинение трансплантата сухожилия широчайшей мышцы спины позволяет уменьшить натяжение мышцы и, как следствие, снизить вероятность несостоятельности его нового прикрепления на головке плечевой кости. В результате выполненного трансфера широчайшей мышцы спины выполняется низведение головки плечевой кости и восстанавливается биомеханика плечевого сустава. Использование артроскопической техники снижает травматичность оперативного вмешательства. Также аутооттрансплантат позволяет покрыть полностью инсерционную площадку головки плечевой кости и тем самым дополнительно устранить субакромиальный импиджмент-синдром.

## ВЫВОДЫ

Разработанный способ артроскопически-ассистированной транспозиции сухожилия широчайшей мышцы спины с использованием 1/2 сухожилия длинной малоберцовой мышцы позволяет в более ранние сроки восстановить функцию плечевого сустава, уменьшить выраженность болевого синдрома и улучшить качество жизни пациентов.

### Конфликт интересов

Авторы данной статьи заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Yamamoto A, Takagishi K, Osawa T, Yanagawa T, Nakajima D, Shitara H, et al. Prevalence and risk factors of a rotator cuff tear in the general population. *J Shoulder Elb Surg.* 2010; 19: 116-120. doi: 10.1016/j.jse.2009.04.006
2. Kucirek NK, Hung NJ, Wong SE. Treatment options for massive irreparable rotator cuff tears. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2021; 14(5): 304-315. doi: 10.1007/s12178-021-09714-7
3. Di Benedetto P, Mancuso F, Tosolini L, Buttironi MM, Beltrame A, Causero A. Treatment options for massive rotator cuff tears: A narrative review. *Acta Biomed.* 2021; 92(S3): e2021026. doi: 10.23750/abm.v92iS3.11766
4. Dunn WR, Kuhn JE, Sanders R, An Q, Baumgarten KM, Bishop JY, et al. Symptoms of pain do not correlate with rotator cuff tear severity. *J Bone Joint Surg Am.* 2014; 96: 793-800. doi: 10.2106/JBJS.L.01304
5. Доколин С.Ю., Кузьмина В.И., Найда Д.А. Хирургическая коррекция вертикальной нестабильности головки плечевой кости у пациентов с артропатией на фоне массивных разрывов вращательной манжеты плечевого сустава. *Opinion Leader.* 2018; 4(12): 66-72. [Dokolin SYu, Kuzmina VI, Naida DA. Surgical correction of vertical instability of the humeral head in patients with arthropathy secondary to massive rotator cuff tears. *Opinion Leader.* 2018; 4(12): 66-72. (In Russ.)].
6. Denard PJ, Brady PC, Adams CR, Tokish JM, Burkhart SS. Preliminary results of arthroscopic superior capsule reconstruction with dermal allograft. *Arthroscopy.* 2018; 34(1): 93-99. doi: 10.1016/j.arthro.2017.08.265
7. Lee SJ, Min YK. Can inadequate acromiohumeral distance improvement and poor posterior remnant tissue be the predictive factors of re-tear? Preliminary 272 outcomes of arthroscopic superior capsular reconstruction. *Knee Surg Sport Traumatol Arthrosc.* 2018; 26(7): 2205-2213.
8. Jordan RW, Sharma N, Daggett M, Saithna A. The role of superior capsule reconstruction in the irreparable rotator cuff tear – A systematic review. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2019; 105(8): 1535-1542. doi: 10.1016/j.otsr.2019.07.022
9. Меньшова Д.В., Пономаренко Н.С., Ку克林 И.А., Монастырев В.В., Пусева М.Э., Бальжинимаяев Д.Б. Способ лечения массивных разрывов сухожилий вращательной манжеты плеча: Патент № 2779219 Рос. Федерация; МПК A61B 17/56; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Иркутский научный центр хирургии и травматологии». № 2021116956; заявл. 09.06.2021; опубл. 05.09.2022. [Menshova DV, Ponomarenko NS, Kuklin IA, Monastirev VV, Puseva ME, Balzhinimaev DB. *Method for treatment of massive tears of the rotator cuff tendons*: Patent No. 2779219 of the Russian Federation. 2022. (In Russ.)].
10. Gervasi E, Cautero E, Dekel A. Fluoroscopy-guided implantation of subacromial “biodegradable spacer” using local anesthesia in patients with irreparable rotator cuff tear. *Rthrosoc Tech.* 2014; 3(4): e455-e458. doi: 10.1016/j.eats.2014.05.010
11. Savarese E, Romeo R. New solution for massive, irreparable rotator cuff tears: The subacromial “biodegradable spacer”. *Arthrosoc Tech.* 2012; 1(1): e69-e74. doi: 10.1016/j.eats.2012.02.002
12. Gerber C, Vinh TS, Hertel R, Hess CW. Latissimus dorsi transfer for the treatment of massive tears of the rotator cuff. A preliminary report. *Clin Orthop Relat Res.* 1988; (232): 51-61.

13. Shea KP, Obopilwe E, Sperling JW, Iannotti JP. A biomechanical analysis of gap formation and failure mechanics of a xenograftreinforced rotator cuff repair in a cadaveric model. *J Shoulder Elbow Surg.* 2012; 21: 1072-1079. doi: 10.1016/j.jse.2011.07.024

14. Memon M, Kay J, Quick E, Simunovic N, Duong A, Henry P, et al. Arthroscopic-assisted latissimus dorsi tendon transfer for massive rotator cuff tears: A systematic review. *Orthop J Sports Med.* 2018; 6(6): 2325967118777735. doi: 10.1177/2325967118777735

15. Miyazaki AN, Checchia CS, de Castro Lopes W, Fonseca Filho JM, Sella GDV, da Silva LA. Latissimus dorsi tendon transfer using tendinous allograft for irreparable rotator cuff le-

sions: surgical technique. *Rev Bras Ortop (Sao Paulo).* 2019; 54(1): 99-103. doi: 10.1055/s-0038-1676989

16. Ek ET, Neukom L, Catanzaro S, Gerber C. Reverse total shoulder arthroplasty for massive irreparable rotator cuff tears in patients younger than 65 years old: Results after five to fifteen years. *J Shoulder Elbow Surg.* 2013; 22(9): 1199-1208. doi: 10.1016/j.jse.2012.11.016

17. Van der Zwaal P, Thomassen BJ, Nieuwenhuijse MJ, Lindenburg R, Swen JW, van Arkel ER. Clinical outcome in all-arthroscopic versus mini-open rotator cuff repair in small to medium-sized tears: A randomized controlled trial in 100 patients with 1-year follow-up. *Arthroscopy.* 2013; 29(2): 266-273. doi: 10.1016/j.arthro.2012.08.022

#### Сведения об авторах

**Меньшова Дарья Васильева** – аспирант, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: menshovadar@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1471-2482>

**Пonomarenko Николай Сергеевич** – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник научно-клинического отдела травматологии, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: Ponomarenko-ns@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6210-3492>

**Куклин Игорь Александрович** – доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник научно-клинического отдела травматологии, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: iscst@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4733-9178>

**Тишков Николай Валерьевич** – кандидат медицинских наук, доцент, заведующий научно-клиническим отделом травматологии, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: iscst@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2651-1055>

**Пусева Марина Эдуардовна** – кандидат медицинских наук, заведующая травматолого-ортопедическим отделением № 1, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: iscst@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9136-3354>

#### Information about the authors

**Darya V. Menshova** – Postgraduate, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: menshovadar@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1471-2482>

**Nikolay S. Ponomarenko** – Cand. Sc. (Med.), Senior Research Officer at the Clinical Research Department of Traumatology, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: Ponomarenko-ns@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6210-3492>

**Igor A. Kuklin** – Dr. Sc. (Med.), Leading Research Officer at the Clinical Research Department of Traumatology, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: iscst@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4733-9178>

**Nikolay V. Tishkov** – Cand. Sc. (Med.), Docent, Head of the Clinical Research Department of Traumatology, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: iscst@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2651-1055>

**Marina E. Puseva** – Cand. Sc. (Med.), Head of the Traumatology and Orthopedics Unit No 1, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: iscst@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9136-3354>

Статья опубликована в рамках Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 25-летию Иркутского научного центра хирургии и травматологии.

# ПАРАМЕТРЫ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ ПОВРЕЖДЁННОГО СЕГМЕНТА НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ ПОСЛЕ ЛЕЧЕНИЯ ДИАФИЗАРНЫХ ПЕРЕЛОМОВ С ПОМОЩЬЮ БЛОКИРУЕМОГО ИНТРАМЕДУЛЛЯРНОГО ГВОЗДЯ

Плахов А.И.<sup>1</sup>,  
Корытов Л.И.<sup>1</sup>,  
Виноградов В.Г.<sup>1</sup>,  
Даренская М.А.<sup>1,2</sup>,  
Макаров С.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет»

Минздрава России (664003, г. Иркутск, ул. Красного Восстания, 1, Россия)

<sup>2</sup> ФГБНУ «Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека» (664003, г. Иркутск, ул. Тимирязева, 16, Россия)

Автор, ответственный за переписку:  
**Плахов Алексей Игоревич**,  
e-mail: vasahplah@yandex.ru

## РЕЗЮМЕ

**Обоснование.** При глубоком анализе научных трудов учёных и практикующих врачей можно прийти к выводу, что блокируемый интрамедуллярный остеосинтез является оптимальным и наиболее эффективным методом лечения закрытых диафизарных переломов костей голени, что обусловлено высокой стабильностью остеосинтеза и минимальным повреждением мягких тканей при операции. До сих пор остаются не изученными процессы изменения микроциркуляции в раннем послеоперационном периоде различными металлоконструкциями, в том числе и блокируемым интрамедуллярным гвоздём. В частности, недостаточно сведений об использовании блокируемого интрамедуллярного гвоздя.

**Цель исследования.** Выявить особенности изменений показателей микроциркуляции травмированных костей голени при фиксации фрагментов блокируемым интрамедуллярным гвоздём в раннем послеоперационном периоде.

**Материалы и методы.** У 25 пациентов с помощью лазерной доплеровской флоуметрии проведено исследование микроциркуляции сегмента нижней конечности. В качестве группы сравнения использовались данные 25 здоровых добровольцев.

**Результаты.** Установлено, что в раннем послеоперационном периоде, с 1-х по 10-е сутки, у пациентов с диафизарным переломами костей голени, прооперированных металлостеосинтезом блокируемым интрамедуллярным гвоздём, происходит уменьшение сердечного диапазона, увеличение доли шунтового компонента микроциркуляции по сравнению с нутритивной долей, а также увеличение больше 1 отношения амплитуды сердечного и дыхательного диапазона, что свидетельствует о местном нарушении кровообращения по типу ишемии. Компенсация ишемии осуществляется за счёт анастомозов, так как показатель шунтирования увеличен.

**Заключение.** При оперативном лечении блокируемым интрамедуллярным остеосинтезом в раннем послеоперационном периоде развивается нарушение местного кровообращения по ишемическому типу с компенсацией. Процесс регенерации протекает в условиях сниженного артериального кровотока микроциркуляции и стабильного венозного оттока, а также включения анастомозов для компенсации разрушенных сосудов, что связано с повреждением гвоздём внутреннего кровотока эндоста кости и внутрикостной питательной артерии в ходе операции.

**Ключевые слова:** микроциркуляция, лазерная доплеровская флоуметрия, диафизарный перелом голени, блокируемый интрамедуллярный остеосинтез

**Для цитирования:** Плахов А.И., Корытов Л.И., Виноградов В.Г., Даренская М.А., Макаров С.В. Параметры микроциркуляции повреждённого сегмента нижних конечностей после лечения диафизарных переломов с помощью блокируемого интрамедуллярного гвоздя. *Acta biomedica scientifica*. 2023; 8(5): 144-149. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.15

Статья поступила: 13.12.2022

Статья принята: 18.10.2023

Статья опубликована: 05.12.2023

# MICROCIRCULATION PARAMETERS OF THE DAMAGED SEGMENT OF THE LOWER EXTREMITY AFTER TREATMENT OF DIAPHYSEAL FRACTURES USING A LOCKED INTRAMEDULLARY NAIL

Plakhov A.I.<sup>1</sup>,  
Korytov L.I.<sup>1</sup>,  
Vinogradov V.G.<sup>1</sup>,  
Darenskaya M.A.<sup>1,2</sup>,  
Makarov S.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Irkutsk State Medical University  
(KrasnogoVosstaniya str. 1, Irkutsk 664003,  
Russian Federation)

<sup>2</sup> Scientific Centre for Family Health  
and Human Reproduction Problems  
(Timiryazeva str. 16, Irkutsk 664003,  
Russian Federation)

Corresponding author:  
**Alexey I. Plakhov,**  
e-mail: vasahplah@yandex.ru

## ABSTRACT

**Background.** An in-depth analysis of the scientific works of scientists and medical practitioners allows us to conclude that locked nail intramedullary osteosynthesis is the optimal and the most effective method of treating closed diaphyseal fractures of the lower leg bones, which is caused by the high stability of osteosynthesis and minimal damage to soft tissues during surgery. The processes of microcirculation changes in the early postoperative period by various metal structures, including a locked intramedullary nail, still remain unexplored. In particular, there is insufficient data on the use of a locked intramedullary nail.

**The aim of the study.** To identify the features of changes in microcirculation indices of injured lower leg bones during fixation of fragments with a locked intramedullary nail in the early postoperative period.

**Materials and methods.** The microcirculation of the lower limb segment was studied in 25 patients using laser Doppler flowmetry. Data from 25 healthy volunteers were used as a comparison group.

**Results.** It was found that in the early postoperative period, from day 1 to day 10, in patients with diaphyseal fractures of the lower leg bones operated with locked nail intramedullary osteosynthesis, there is a decrease in the cardiac range, an increase in the share of the shunt component of microcirculation compared to the nutritional share, as well as an increase in more than 1 ratio of the cardiac and respiratory range amplitude, which indicates an ischemia type of local circulatory disorder. Compensation of ischemia is done by anastomoses, since the bypass rate is increased.

**Conclusion.** In case of surgical treatment with locked nail intramedullary osteosynthesis, in the early postoperative period, an ischemic type of compensated local circulatory disorder develops. The regeneration process takes place under conditions of reduced arterial microcirculation blood flow and stable venous outflow, as well as the inclusion of anastomoses to compensate for destroyed vessels, which is associated with nail damage to the internal blood flow of the bone endosteum and intraosseous nutrient artery during the surgery.

**Key words:** microcirculation, laser Doppler flowmetry, diaphyseal fracture of the lower leg bone, locked nail intramedullary osteosynthesis

Received: 13.12.2022  
Accepted: 18.10.2023  
Published: 05.12.2023

**For citation:** Plakhov A.I., Korytov L.I., Vinogradov V.G., Darenskaya M.A., Makarov S.V. Microcirculation parameters of the damaged segment of the lower extremity after treatment of diaphyseal fractures using a locked intramedullary nail. *Acta biomedica scientifica*. 2023; 8(5): 144-149. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.15

## ВВЕДЕНИЕ

Установлено, что в структуре переломов костей всех локализаций преобладающее место занимают переломы костей голени (от 20 % до 37,3 %); также они составляют до 60 % от общего числа переломов длинных костей [1].

При глубоком анализе научных трудов учёных и практикующих врачей можно сделать закономерный вывод, что блокируемый интрамедуллярный остеосинтез (БИОС) является оптимальным и наиболее эффективным методом восстановления целостности костей при закрытых диафизарных переломах голени, что обусловлено высокой стабильностью остеосинтеза и минимальным повреждением мягких тканей при операции [1, 2]. Основопологающей причиной развития различного рода осложнений при лечении заболеваний травматологического характера является нарушение микроциркуляторных процессов в повреждённом сегменте конечности. Как известно, получение вышеуказанных повреждений мягких тканей возможно как при непосредственной травме, так и при оперативном вмешательстве; соответственно, чем серьёзнее объём оперативного вмешательства, тем более глубокие повреждения мягких тканей получает пациент. Коррекция нарушений местной микроциркуляции тканей в области поражённой конечности является обязательной, так как качественная гемодинамика является необходимой для восстановления жизнеспособности повреждённых тканей, их последующей регенерации и течения процессов воспаления [3, 4].

Следовательно, для эффективного восстановления после проведённой операции необходима объективная фиксация проявлений расстройств микроциркуляции, что позволит неинвазивно определить состояние локальных нарушений микроциркуляции тканей поражённой конечности [3, 4].

К уникальным высокочувствительным и неинвазивным методам, предоставляющим широкие диагностические возможности в исследовании нарушений микроциркуляции, относится лазерная доплеровская флоуметрия (ЛДФ) [5]. По исследовательским данным отечественной и зарубежной литературы, метод ЛДФ позволяет достаточно точно определить различные звенья нарушений микроциркуляторного русла и довольно точно определить развитие патофизиологических процессов в конечностях [6]. Однако до сих пор остаются не изученными процессы изменения микроциркуляции после оперативного лечения переломов костей конечностей в раннем послеоперационном периоде различными металлоконструкциями, в том числе и блокируемым интрамедуллярным гвоздём. В частности, недостаточно сведений об использовании метода оперативного лечения переломов костей голени в области диафиза с помощью блокируемого интрамедуллярного гвоздя, что и предопределило цель данного исследования.

## ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Выявить особенности изменений показателей микроциркуляции травмированных костей голени

при фиксации фрагментов блокируемым интрамедуллярным гвоздём в раннем послеоперационном периоде.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Данное исследование проводилось на базе ОГБУЗ «Иркутская городская клиническая больница № 3» (ОГБУЗ ИГКБ № 3) в 2014–2016 гг. Регистрировались и подвергались тщательному анализу данные, описывающие микроциркуляцию у основной группы пациентов в количестве 25 человек, находящихся на лечении в травматологическом стационаре. Группа для исследования была сформирована методом сплошной выборки. Критериями вхождения в группу являлись: нахождение в условиях травматологического стационара; возраст до 59 лет; первичная травма костей голени. Критерии исключения из исследования были описаны в предыдущей работе [6]. Обследуемые пациенты различались по степени тяжести травм (табл. 1). Всем пациентам с закрытыми диафизарными переломами костей голени при поступлении проводилось предварительное скелетное вытяжение. После дальнейшего обследования пациентам выполнялась операция, направленная на сопоставление отломков сломанной кости – закрытая репозиция с последующим внутрикостным металлоостеосинтезом блокируемым интрамедуллярным гвоздём. В процессе лечения у всей группы пациентов использовалась одинаковая традиционная лекарственная терапия, включающая дезагреганты, антибактериальные средства, а также локальная медикаментозная терапия и др. Также проводилась обработка и перевязка места оперативного доступа (табл. 1).

**ТАБЛИЦА 1**  
**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ В СООТВЕТСТВИИ С ХАРАКТЕРОМ ПЕРЕЛОМОВ И ИХ ЛОКАЛИЗАЦИЕЙ (ПО КЛАССИФИКАЦИИ АО/ASIF)**

**TABLE 1**  
**DISTRIBUTION OF PATIENTS ACCORDING TO THE LOCALIZATION AND CHARACTER OF FRACTURE (AO/ASIF CLASSIFICATION)**

Количество пациентов	42A1	42A2	42B1	42C1	Итого
абс.	16	1	4	4	25
%	64 %	4 %	16 %	16 %	100 %

Пациенты с переломами диафиза большеберцовой кости по классификации АО/ASIF (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesfragen/Association for the Study of Internal Fixation) группы 42A1 (64 %) составили наибольшую группу исследуемых.

Группа клинического сравнения состояла из 25 здоровых добровольцев, статистически значимо сопоставимых по возрасту и полу.

Экспериментальное исследование значений показателей микроциркуляторного русла базировалось на использовании не инвазивного метода ЛДФ аппаратом ЛАКК-ОП (исполнение 2) (НПП «Лазма», Россия). Преимущества и механизмы работы указанного анализатора более подробно рассмотрены в предыдущих статьях по данной тематике [6, 7].

Регистрацию ЛДФ-диаграмм проводили в течение не менее 10–11 мин, при этом датчик устанавливали по дорзальной поверхности стопы в проекции проксимальной части I плюсневой кости травмированной конечности. Производилась оценка показателя микроциркуляции (М); специфической особенностью данного аппарата также является регистрация дополнительных узконаправленных параметров, таких как: показатель шунтирования (ПШ), максимальные амплитуды сердечного (Ас) и дыхательного (Ад) диапазонов колебаний.

ЛДФ-диагностика проводилась в одно и то же время суток, при одинаковой температуре в помещении (21–23 °С). Перед исследованием микроциркуляции испытуемые не принимали пищу или жидкости, не курили, не принимали вертикальное положение.

Все исследования проводились в раннем послеоперационном периоде, с 1-х по 10-е сутки ежедневно. На основе показателя шунтирования (ПШ) и микроциркуляции производили расчёты шунтового компонента показателя микроциркуляции (М шунт.) и нутритивного показателя микроциркуляции (М нутр.) по тем же формулам, что и в предыдущей работе [7].

Совокупный анализ полученных данных является оптимальным исследованием микроциркуляции, так как обособленная оценка одного из параметров не даёт полной картины происходящих патофизиологических процессов [8]. Таким образом, для всестороннего полного и объективного исследования при ЛДФ-диагностике местных нарушений микроциркуляторных процессов важное значение имеет показатель микроциркуляции, а также состояние колебательных процес-

сов, связанных с артериальным притоком (Ас) и венозным оттоком (Ад).

При работе с пациентами обязательной процедурой являлось подписание ими информированного согласия об участии в исследовании в соответствии с этическими принципами, предъявляемыми Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации (World Medical Association Declaration of Helsinki (1964, 2013 ред.)). Исследование одобрено этическим комитетом ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России (выписка из протокола № 2 от 16.04.2014).

С целью статистической обработки данных были использованы программы MS Excel 2010 (Microsoft Corp., США) и Statistica 10.0 for Windows (StatSoft Inc., США). На основе распределения данных при анализе использовались непараметрический (Манна – Уитни) или параметрический (Т-критерий Стьюдента) критерии. Полученные данные были представлены с помощью медианы, 25-го и 75-го перцентилей или средних значений и стандартного отклонения.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящем исследовании более детально остановимся на нарушениях местного кровообращения с помощью интерпретации показателей лазерного доплеровского флоуметра ЛАКК-ОП (исполнение 2) (НПП «Лазма», Россия).

В таблице 2 представлены исследования группы клинического сравнения и основной группы.

В результате исследования выявлено, что показатель микроциркуляции не имеет статистически значимой разницы у пациентов основной группы, прооперированных БИОС, и группы клинического сравнения в раннем послеоперационном периоде (1–10-е сутки). Эти данные говорят о местных расстройствах кровообращения по типу

**ТАБЛИЦА 2**  
**ПАРАМЕТРЫ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ В ОСНОВНОЙ ГРУППЕ И В ГРУППЕ КЛИНИЧЕСКОГО СРАВНЕНИЯ**

Параметры	Основная группа		Группа клинического сравнения	
	I	II	III	IV
М	5,86 (5,77–6,37)	5,95 ± 0,33	6,46 (5,2–8,38)	6,72 ± 2,26
ПШ	2,27 (1,39–1,76) <sup>×</sup>	2,45 ± 0,36 <sup>×</sup>	1,65 (0,83–2,04) <sup>×</sup>	1,57 ± 0,32 <sup>×</sup>
Доля М нутр.	2,43	2,43	–	–
Доля М шунт.	3,52	3,52	–	–
Ас	0,15 (0,11–0,16) <sup>×</sup>	0,14 ± 0,01 <sup>×</sup>	0,23 (0,19–0,28) <sup>×</sup>	0,24 ± 0,04 <sup>×</sup>
Ад	0,11 (0,10–0,13)	0,11 ± 0,01	0,13 (0,1–0,16)	0,13 ± 0,02
Ас/Ад	1,26	1,26	–	–

**Примечание.** Данные первого (I) и третьего (III) столбцов представлены в виде медианы с нижним и верхним квартилями (25-й и 75-й перцентили); данные второго (II) и четвертого (IV) столбцов представлены в виде средних значений и стандартного отклонения; <sup>×</sup> – статистически значимые различия между группами ( $p < 0,05$ ).

**TABLE 2**  
**MICROCIRCULATION PARAMETERS IN THE MAIN AND THE COMPARISON GROUPS**

компенсаторной ишемии. Также эксперимент показал, что соотношение долей шунтового и нутритивного компонентов показателя микроциркуляции свидетельствует о нарушении местных расстройств кровообращения по ишемическому типу, и доля шунтового компонента по сравнению с нутритивным на 18,32 % больше.

Важно отметить, что ярким параметром, подтверждающим факт наличия ишемии, является уменьшение амплитуды сердечного диапазона (Ас) в основной группе на 39,01 % по сравнению с группой клинического сравнения.

При интерпретации параметров амплитуды дыхательного диапазона (Ад) статистически значимой разницы выявлено не было, что говорит об отсутствии застойных явлений и компенсации ишемической формы за счёт процессов, разобранных далее.

В основной группе отношение пульсовой и дыхательной амплитуд однозначно больше 1, что также подтверждает факт наличия ишемии [8].

Целесообразно отметить, что статистически значимое увеличение показателя шунтирования в основной группе на 56,1 % показывает включение шунтирующих сосудов и свидетельствует о значимой роли в компенсации ишемии шунтов для восстановления кровообращения внутри кости, так как во время операции вколачиваемый гвоздь нарушает кровообращение в эндосте, что не противоречит фундаментальным исследованиям «Регенерация и кровоснабжение кости» [9].

Мы предполагаем, что при БИОС во время операции происходит разрушение внутреннего кровотока эндоста, после чего ухудшается артериальное питание прооперированной конечности. Это изменение фиксируется уменьшением амплитуды сердечного диапазона (Ас) на 39,01 %. Также подтверждающими ишемию в травмированной конечности являются такие параметры, как доля шунтового компонента микроциркуляции по сравнению с нутритивной, увеличенная на 18,32 %, и увеличение отношения амплитуды сердечного и дыхательного диапазона больше 1. После этого включаются дополнительные механизмы, активирующие анастомозы или шунты, из-за чего значения параметра показателя шунтирования на 56,1 % превышают таковые в группе клинического сравнения (здоровых людей). Это приводит к восполнению кровообращения травмированной конечности, что отражает величина показателя микроциркуляции (М), которая статистически значимо не отличается от таковой в группе клинического сравнения. Застоя кровообращения также не наблюдается, так как амплитуда дыхательного диапазона колебаний (Ад) статистически значимо не отличается от аналогичного параметра группы клинического сравнения.

На основании широкого перечня полученных показателей микроциркуляторных расстройств, определено, что местное кровообращение происходит по типу компенсаторной ишемии. Данные значения указывают на снижение притока артериальной крови в конечность, что связано с повреждением гвоздём внутреннего кровотока эндоста кости и внутрикостной питательной артерии в ходе операции с последующей компенсацией ишемии

за счёт включения анастомозов, так как во время данной операции происходит минимальное повреждение мягких тканей и надкостницы, а также отсутствует операционный доступ в месте перелома, из-за чего нивелируется дефицит кровоснабжения конечности, и процесс заживления сопровождается стабильным венозным оттоком крови на протяжении всего периода исследования.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящем исследовании на основании изучения полученных результатов было выявлено, что у пациентов с диафизарным переломом костей голени, прооперированных блокируемым интрамедуллярным гвоздём, ранний послеоперационный период проходит с компенсируемым нарушением кровообращения в травмированной конечности по ишемическому типу. Таким образом, регенерация тканей происходит в условиях сниженного артериального кровотока, уменьшения микроциркуляции и нормализованного венозного оттока за счёт включения анастомозов для компенсации разрушенных сосудов, что, по-видимому, связано с повреждением гвоздём внутреннего кровотока эндоста кости и внутрикостной питательной артерии в ходе операции.

## Конфликт интересов

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Мартыненко Н.П. Практический опыт лечения переломов дистального и проксимального метафизов большеберцовой кости методом блокирующего интрамедуллярного остеосинтеза. *Наука и здравоохранение*. 2014; (2): 114-115. [Martynenko NP. Practical experience in the treatment of fractures of the distal and proximal tibia metadiaphysis by locking intramedullary osteosynthesis. *Science & Healthcare*. 2014; (2): 114-115. (In Russ.)].
2. Кавалерский Г.М., Якимов Л.А., Кашеев А.А., Калинин Б.М., Донченко С.В., Калинин Е.Б., и др. Применение способа интраоперационной репозиции и интрамедуллярного остеосинтеза переломов дистального метафиза большеберцовой кости. *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2015; (2): 4-7. [Kavalerskiy GM, Yakimov LA, Kashcheev AA, Kalinskiy BM, Donchenko SV, Kalinskiy EB, et al. Technique of reduction and intramedullary nailing of distal metaphyseal fractures with intraoperative hybrid external fixation. *The Department of Traumatology and Orthopedics*. 2015; (2): 4-7. (In Russ.)].
3. Kolesnikova LI, Rychkova LV, Kolesnikova LR, Darenskaya MA, Natyaganova LV, Grebenkina LA, et al. Coupling of lipoperoxidation reactions with changes in arterial blood pressure in hypertensive ISIAH rats under conditions of chronic stress. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2018; 164(6): 712-715. doi: 10.1007/s10517-018-4064-3
4. Shemyakina NA, Namokonov EV, Darenskaya MA, Kolesnikov SI, Kolesnikova LI. Advanced glycation end products and glutathione status in patients with type 2 diabetes mellitus

and macroangiopathy of the lower limbs. *Free Radic Biol Med*. 2018; 120(1): 60-61. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2018.04.200

5. Мироманов А.М., Миронова О.Б., Усков С.А., Намоконов Е.В., Шаповалов К.Г. Динамика показателей микроциркуляции и компонентов сосудистого тонуса у больных с неосложненным и осложненным течением переломов длинных трубчатых костей в раннем послеоперационном периоде. *Сибирский научный медицинский журнал*. 2011; 31(3): 12-17. [Mironov AM, Mironova OB, Uskov SA, Namokonov EV, Shapovalov KG. Dynamics of indicators of microcirculation and components of the vascular tonus at patients with the uncomplicated and complicated course of fractures of long tubular bones in the early postoperative period. *Siberian Scientific Medical Journal*. 2011; 31(3): 12-17. (In Russ.)].

6. Плахов А.И., Виноградов В.Г., Ангарская Е.Г. Использование лазерных доплеровских флоуметров в травматологии. *Сибирский медицинский журнал (Иркутск)*. 2015; 138(7): 52-56. [Plakhov AI, Vinogradov VG, Angarskaya EG. The use of laser Doppler flowmeters in traumatology. *Siberian Medical Journal (Irkutsk)*. 2015; 138(7): 52-56. (In Russ.)].

7. Плахов А.И., Колесникова Л.И., Корытов Л.И., Виноградов В.Г., Даренская М.А. Изменения показателей микроциркуляции в ранний послеоперационный период при лечении диафизарных переломов костей голени с помощью пластины с ограниченным контактом. *Acta biomedica scientifica*. 2019; 4(3): 58-62. [Plakhov AI, Kolesnikova LI, Korytov LI, Vinogradov VG, Darenskaya MA. Changes in indicators of microcirculation in the early postoperative period in the treatment of diaphyseal fractures of the shin bones using a plate with limited contact. *Acta biomedica scientifica*. 2019; 4(3): 58-62. (In Russ.)]. doi: 10.29413/ABS.2019-4.3.8

8. Крупаткин А.И., Сидоров В.В. *Функциональная диагностика состояния микроциркулярно-тканевых систем: Руководство для врачей*. М., 2013. [Krupatkin AI, Sidorov VV. *Functional diagnostics of the state of microcirculatory tissue systems: A guide for physicians*. Moscow, 2013. (In Russ.)].

9. Лаврищева Г.И., Карпов С.П., Бачу И.С. *Регенерация и кровоснабжение кости*. Кишинев; 1981. [Lavrishcheva GI, Karpov SP, Bachu IS. *Bone regeneration and blood supply*. Kishinev; 1981. (In Russ.)].

#### Сведения об авторах

**Плахов Алексей Игоревич** – аспирант, врач травматолог-ортопед, ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России, e-mail: vasahplah@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0006-6380-5086>

**Корытов Леонид Иннокентьевич** – доктор медицинских наук, профессор кафедры нормальной физиологии, ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России, e-mail: korytovli@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1500-8219>

**Виноградов Валентин Георгиевич** – доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры травматологии и ортопедии, ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России, e-mail: vinogradov.travma@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6470-3800>

**Даренская Марина Александровна** – доктор биологических наук, старший преподаватель кафедры нормальной физиологии, ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России, главный научный сотрудник лаборатории патофизиологии, ФГБНУ «Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека», e-mail: marina\_darenskaya@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3255-2013>

**Макаров Сергей Викторович** – кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры общественного здоровья и здравоохранения, ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России, e-mail: orgnursing@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8364-5223>

#### Information about the authors

**Alexey I. Plakhov** – Postgraduate, Orthopedic Traumatologist, Irkutsk State Medical University, e-mail: vasahplah@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0006-6380-5086>

**Leonid I. Korytov** – Dr. Sc. (Med.), Professor at the Department of Normal Physiology, Irkutsk State Medical University, e-mail: korytovli@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1500-8219>

**Valentin G. Vinogradov** – Dr. Sc. (Med.), Professor, Professor at the Department of Traumatology and Orthopedics, Irkutsk State Medical University, e-mail: vinogradov.travma@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6470-3800>

**Marina A. Darenskaya** – Dr. Sc. (Biol.), Senior Lecturer at the Department of Normal Physiology, Irkutsk State Medical University; Leading Research Officer at the Laboratory of Pathophysiology, Scientific Centre for Family Health and Human Reproduction Problems, e-mail: marina\_darenskaya@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3255-2013>

**Sergei V. Makarov** – Cand. Sc. (Med.), Docent, Associate Professor at the Department of Public Health and Healthcare, Irkutsk State Medical University, e-mail: orgnursing@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8364-5223>

#### Вклад авторов

Плахов А.И. – набор практического материала, обработка полученных данных, подготовка статьи к публикации.

Корытов Л.И. – редактирование статьи, подготовка статьи к публикации, анализ результатов исследований.

Виноградов В.Г. – научный руководитель аспиранта, обсуждение клинического материала и значимости для практического здравоохранения.

Даренская М.А. – помощь в статистической обработке полученных результатов.

Макаров С.В. – помощь в статистической обработке полученных результатов.

## ПОВРЕЖДЕНИЯ ВРАЩАТЕЛЬНОЙ МАНЖЕТЫ ПЛЕЧА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Слайковский Е.Н.,  
Пономаренко Н.С.,  
Ку克林 И.А.

ФГБНУ «Иркутский научный центр  
хирургии и травматологии» (664003,  
г. Иркутск, ул. Борцов Революции, 1,  
Россия)

Автор, ответственный за переписку:  
**Слайковский Елисей Николаевич**,  
e-mail: slaykovskiy@gmail.com

## РЕЗЮМЕ

*Повреждение вращательной манжеты – распространённое заболевание: до 20 % населения старше 45 лет имеют разрывы разной степени выраженности, из них до 40 % – большие и массивные. Постепенное развитие процессов дегенерации сухожилий и жировой дистрофии мышечной ткани и бессимптомное течение заболевания часто приводят к поздним обращениям за медицинской помощью, когда развивается вторичная артропатия плечевого сустава. С возрастом вероятность наличия разрыва увеличивается, достигая 51 % у лиц старше 80 лет. Основными инструментами диагностики являются рентгенография и магнитно-резонансная томография плечевого сустава в совокупности с клиническим осмотром. Консервативное лечение при массивных повреждениях малоэффективно, а риск усугубления тендинопатии вращательной манжеты до разрыва при нём достигает 54 %. В хирургии повреждений вращательной манжеты плеча можно выделить три основных направления: восстановление сухожилий или замещение их дефекта трансплантатами; мышечный трансфер; эндопротезирование плечевого сустава. Также применяются субакромиальной баллонный спейсер, теногенные пластыри. У каждого из методов есть ряд недостатков и ограничений. Частота повторных разрывов рефиксированных сухожилий достигает 45 %. Мышечный трансфер крайне требователен к квалификации хирурга и сопряжён с высокими рисками неврологических осложнений. Эндопротезирование накладывает ряд существенных ограничений на пациента, снижая качество жизни, а износ компонентов протеза увеличивает степень риска осложнений, особенно при ревизионных вмешательствах. Применение субакромиального спейсера ограничено его высокой стоимостью и отсутствием длительного наблюдения за результатами лечения. Теногенные пластыри не проходили клинических испытаний, являясь экспериментальной методикой. Таким образом, единого подхода к лечению массивных разрывов вращательной манжеты не существует, результаты противоречивы, преимущества каждой из распространённых методик уравниваются недостатками, что предоставляет широкое окно возможностей в области изучения, оптимизации классических и внедрения новых методов лечения данной патологии.*

**Ключевые слова:** вращательная манжета, хирургическое лечение, консервативное лечение, массивные разрывы

Статья поступила: 06.07.2023  
Статья принята: 04.10.2023  
Статья опубликована: 05.12.2023

**Для цитирования:** Слайковский Е.Н., Пономаренко Н.С., Ку克林 И.А. Повреждения вращательной манжеты плеча (обзор литературы). *Acta biomedica scientifica*. 2023; 8(5): 150-156. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.16

## ROTATOR CUFF TENDON RUPTURES (LITERATURE REVIEW)

**Slaikovskiy E.N.,  
Ponomarenko N.S.,  
Kuklin I.A.**

Irkutsk Scientific Centre of Surgery  
and Traumatology  
(Bortsov Revolyutsii str. 1, Irkutsk 664003,  
Russian Federation)

Corresponding author:  
**Elisey N. Slaikovskiy,**  
e-mail: slaykovskiy@gmail.com

### ABSTRACT

*Rotator cuff injury is a common pathology: up to 20 % of the population over 45 years of age has ruptures of varying severity, and up to 40 % of these ruptures are large and massive. The gradual development of tendon degeneration and fatty degeneration of muscle tissue and the asymptomatic course of the disease often lead to late medical attention when secondary arthropathy of the shoulder joint develops. With age, the probability of having a rupture increases, reaching 51 % in people over 80 years of age. The main diagnostic tools are radiography and magnetic resonance imaging of the shoulder joint combined with clinical examination. Conservative treatment for massive injuries is ineffective, and the risk of worsening rotator cuff tendinopathy to rupture reaches 54 %. There are three main directions in the surgery of rotator cuff injuries: tendon reconstruction or replacement of their defect with grafts; muscle transfer; shoulder arthroplasty. Subacromial balloon spacer and tenogenic patches are also used. Each of these methods has a number of disadvantages and limitations. The frequency of repeated ruptures of reconstructed tendons reaches 45 %. Muscle transfer is extremely demanding on the skill of the surgeon and is associated with high risks of neurological complications. Arthroplasty imposes a number of significant restrictions on the patient, reducing the quality of life, and prosthesis components wear increases the risk of complications, especially during revision interventions. The use of the subacromial spacer is limited by its high cost and lack of long-term follow-up of treatment outcomes. Tenogenic patches have not undergone clinical trials, being an experimental technique. There is no single approach to the treatment of massive rotator cuff ruptures. The results are contradictory, the advantages of each of the methods are balanced by their disadvantages, which provides a wide window of opportunity in the studying, optimizing classical and introducing new methods of treatment of this pathology.*

**Key words:** rotator cuff, surgical treatment, conservative treatment, massive ruptures

Received: 06.07.2023  
Accepted: 04.10.2023  
Published: 05.12.2023

**For citation:** Slaikovskiy E.N., Ponomarenko N.S., Kuklin I.A. Rotator cuff tendon ruptures (literature review). *Acta biomechanica scientifica*. 2023; 8(5): 150-156. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.16

## ВВЕДЕНИЕ

Повреждение вращательной манжеты является самой распространённой патологией плечевого сустава: до 20 % населения старше 45 лет имеют разрывы разной степени выраженности, из них до 40 % – большие и массивные [1]. Нередко заболевание протекает бессимптомно и лишь у трети пациентов сопровождается болями и нарушением функции поражённого плечевого сустава [2]. Распространённость разрывов вращательной манжеты плеча увеличивается с возрастом, так как с увеличением возраста начинают преобладать дегенеративные изменения в сухожилиях, встречаясь у 20 % людей в возрасте от 60 до 69 лет, у 31 % лиц в возрасте от 70 до 79 лет и у 51 % лиц старше 80 лет [3, 4].

Наиболее тяжёлой категорией разрывов сухожилий вращательной манжеты в прогностическом аспекте являются массивные, невосстановимые разрывы, которые составляют до 40 % от всех разрывов. Это обусловлено невозможностью выполнения реинсерции сухожилий вращательной манжеты на инсерционную поверхность, и даже в случае выполнения частичной адаптации повреждённого сухожилия мышца остаётся неспособной выполнять свою функцию за счёт жировой дистрофии, следствием чего является прогрессирующая артропатия плечевого сустава [5]. На сегодняшний день существует множество способов лечения пациентов с массивными, невосстановимыми разрывами сухожилий вращательной манжеты плеча со своими преимуществами и недостатками, и каждый хирург отдаёт предпочтение той или иной методике, основываясь на своём опыте и профессиональном навыке, а единого консенсуса и алгоритма лечения этой тяжёлой патологии в настоящее время нет.

С целью определения тактики лечения и выбора оптимального хирургического пособия необходимо учитывать сразу несколько критериев: степень проксимального смещения головки плечевой кости, которая отражается в рентгенологической классификации K. Namada; степень ретракции сухожилия надостной мышцы и оценка объёма вовлечённых в повреждение сухожилий по классификации D. Patte; MPT-классификация степени жировой дистрофии мышц вращательной манжеты плеча D. Goutallier; MPT-классификация атрофии надостной мышцы H. Thomazeau.

В основе классификации K. Namada, предложенной им в 1990 г., лежат акромиально-плечевой индекс ANI (acromiohumeral interval) и степень дегенеративных изменений хряща и субхондральной кости суставной впадины лопатки и головки плечевой кости: I стадия – ANI > 6 мм; II стадия – ANI < 5 мм; III стадия – вогнутая деформация акромиального отростка лопатки (ацетабуляция) с ANI; IV стадия – ацетабуляция с сужением субакромиального пространства; V стадия – коллапс головки плечевой кости. Данная классификация прежде всего отражает степень артропатии плечевого сустава, что имеет ведущее значение при выставлении показаний к эндопротезированию. Объём повреждения сухожилий вращательной манжеты по данной классифика-

ции определяется эмпирически, но всегда является массивным, так как лишь при подобном поражении наступают рентгенологически значимые изменения положения головки плечевой кости [6].

Классификация D. Patte, предложенная им в 1990 г., оценивает степень ретракции сухожилий вращательной манжеты плеча во фронтальной плоскости и вовлечённость в патологический процесс элементов вращательной манжеты плеча в сагиттальной плоскости по результатам магнитно-резонансной томографии (МРТ). В первом случае D. Patte выделил три стадии: I стадия – культя сухожилия расположена около места прикрепления к плечевой кости; II стадия – культя сухожилия расположена на уровне головки плеча; III стадия – культя сухожилия расположена на уровне гленоида. Стадия напрямую указывает на длительность периода, прошедшего с момента отрыва сухожилия вращательной манжеты от плеча, и степень ретракции соответствующей мышцы. Во втором случае выделены шесть сегментов: 1-й сегмент – изолированное повреждение сухожилия подлопаточной мышцы; 2-й сегмент – изолированный разрыв клювовидно-плечевой связки; 3-й сегмент – изолированный разрыв сухожилия надостной мышцы; 4-й сегмент – полный разрыв надостной мышцы и частичный разрыв сухожилия подостной мышцы; 5-й сегмент – полный разрыв сухожилий надостной и подостной мышц; 6-й сегмент – полный разрыв сухожилий надостной, подостной и подлопаточной мышц [7].

Классификация D. Goutallier, предложенная им в 1994 г., оценивает степень жировой дистрофии мышц вращательной манжеты плечевого сустава, разделяя её на четыре стадии: 0-я стадия – нормальная, неизменённая мышечная ткань; 1-я стадия – незначительные жировые прослойки в толще мышц; 2-я стадия – объём жировых прослоек менее 50 % объёма мышцы; 3-я стадия – объём жировых прослоек составляет 50 %; 4-я стадия – объём жировых прослоек более 50 % объёма мышцы [8].

Напротив, H. Thomazeau и соавт. в своей классификации, предложенной в 1996 г., оценивают степень жировой дистрофии надостной мышцы по объёму мышечной ткани, выделяя три стадии: 1-я стадия – норма или незначительная атрофия (объём мышечной ткани – 60–100 %); 2-я стадия – умеренная атрофия (объём мышечной ткани – 40–60 %); 3-я стадия – тяжёлая атрофия (объём мышечной ткани – менее 40 %) [9].

## ДИАГНОСТИКА

Основными методами диагностики повреждений вращательной манжеты плеча являются клинический осмотр, рентгенография, ультразвуковое исследование и МРТ плечевого сустава.

В клинике заболевания преобладает болевой синдром, нарушение отведения, сгибания и ротации плеча, уменьшение силы в поражённой руке. В анамнезе, как правило, имеются падение на вытянутую руку либо избыточное физическое напряжение. Одним

из факторов является профессиональная деятельность, связанная с длительной работой с поднятыми вверх руками или в статическом напряжении плечевого пояса. При визуальном осмотре заметна асимметрия плечевых суставов вследствие мышечной гипотрофии дельтовидной и подостной мышц. Оценочный тест движений (одновременное отведение и подъём обеих рук, поднятие рук за голову и заведение их за спину) и сравнение объёма активных и пассивных движений позволяют выявить функциональный дефицит и его степень. Резистивные тесты позволяют более точно определить локализацию повреждения по появлению боли при противодействии активным движениям рукой. Боль при резистивном отведении указывает на поражение сухожилия надостной мышцы, при резистивной наружной ротации – сухожилия подостной мышцы, при резистивной внутренней ротации – сухожилия подлопаточной мышцы. Положительный тест «падающей руки» (плавное опускание руки из положения отведения до 120° невыполнимо) также свидетельствует о повреждении вращательной манжеты [10–12].

Сравнительная рентгенография обоих плечевых суставов в прямой проекции при малых разрывах будет неинформативной, но при застарелых больших и массивных повреждениях отчётливыми признаками будут уменьшение высоты субакромиального пространства и верхний подвывих головки плеча. Также данный метод исследования позволяет выявить наличие и степень артропатии, развившейся вследствие разрыва вращательной манжеты плеча (согласно классификации К. Hamada).

Ультразвуковое исследование малоприменимо в обычной практике. Как правило, этот метод используется при противопоказаниях к выполнению МРТ. При больших и массивных повреждениях сухожилий его точность и специфичность выше, чем при поражениях меньшего объёма [13, 14].

В настоящее время наиболее информативным и применяемым методом диагностики является МРТ. Благодаря чёткой визуализации мягкотканых структур и возможности оценки полученного изображения во всех плоскостях его точность и специфичность достигают максимума. Помимо возможности непосредственно увидеть наличие повреждения, можно оценить его объём, степень ретракции сухожилий, степень жировой дистрофии мышц. Использование классификаций, оценивающих эти параметры (Patte, Thomazeau), позволяет прогнозировать течение заболевания и планировать тот или иной метод лечения.

## КОНСЕРВАТИВНОЕ ЛЕЧЕНИЕ

Основной задачей консервативного лечения разрывов вращательной манжеты плеча является улучшение качества жизни за счёт снижения уровня болевого синдрома, укрепления мышц плечевого пояса, приводящего к стабилизации плечевого сустава и увеличению объёма движений в нём. В качестве методов лечения применяются лечебная физкультура, локальная инъекцион-

ная терапия, физиотерапия. К сожалению, такой подход требует длительного периода времени, а его результативность недостаточно высока. В 2015 г. С. Schmidt и соавт. провели анализ эффективности данного метода. Курс консервативного лечения длился 3 месяца, при этом 75 % пациентов отмечали улучшение в период с 6-й по 12-ю неделю лечения, но 25 % пациентов не отмечали положительный эффект терапии, и им было выполнено оперативное лечение [15]. P.O. Zingg и соавт. в своём исследовании также указывают, что, несмотря на видимый положительный эффект, его длительность не является долгосрочной [16].

Локальная инъекционная терапия препаратами глюкокортикостероидов, несмотря на быстрое достижение обезболивающего эффекта, сопряжена с риском усугубления дегенеративных процессов в сухожильной ткани, её разрыхлением и появлением локальных некрозов [17]. Применение препаратов гиалуроновой кислоты при данной патологии также демонстрирует низкую эффективность, требует длительного применения и не способно обеспечить отсутствие рецидива болевого синдрома на долгий срок [18].

Среди пациентов с симптоматикой тендинопатии вращательной манжеты плеча, сохраняющейся в течение как минимум 1 года, у 39 % наблюдался прогресс до частичного или полного разрыва по данным контрольного МРТ. Когда пациенты были сгруппированы по времени между сканированиями (от 1 до 2 лет, от 2 до 5 лет или более 5 лет), частота развития тендинопатии до разрыва составляла 32 %, 37 % и 54 % соответственно [19].

## ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ

В хирургии повреждений вращательной манжеты плеча можно выделить три основных направления: восстановление сухожилий, мышечный трансфер и эндопротезирование плечевого сустава.

Первому упоминанию об оперативном лечении повреждений вращательной манжеты плеча уже более века. В 1911 г. А. Codman выполнил открытую реинсерцию сухожилий к плечевой кости. Дальнейшее развитие методики предложили Н. McLaughlin, О. Debeyre и D. Patte, выполнившие обширный релиз повреждённых сухожилий и мышц с полным отсечением их от тела лопатки с последующим укрытием дефекта. Начиная с 1990-х годов стремительное распространение артроскопической техники и появление якорных фиксаторов совершило революцию в восстановительной хирургии плечевого сустава [20]. Острые, застарелые частичные повреждения хорошо поддаются лечению при использовании данного метода, но при массивных дефектах со значительной ретракцией сухожилий и выраженной жировой дистрофии мышц значительно повышается риск рецидива [21]. По данным J.C. Yoo и соавт., частота повторных разрывов при артроскопической рефиксации достигает 45,5 % [22]. Исследование, проведённое А. Green и соавт., заключающееся в долгосрочном (до 15 лет) наблюдении за группой пациентов в возрасте до 61 года, показало, что функциональ-

ные исходы, оцениваемые с помощью анкетирования, относительно устойчивы при длительном наблюдении после восстановления вращательной манжеты плеча, несмотря на инструментально подтверждённое ухудшение состояния тканей, и было выявлено мало статистически значимых взаимосвязей между структурными и функциональными исходами. Это говорит о том, что восстановление вращательной манжеты плеча не останавливает прогрессирование дегенеративных процессов, но способно его замедлить, и что пациенты адаптируются к структурным изменениям с возрастом и сохраняют субъективно высокий уровень качества жизни [23].

Данное обстоятельство повлияло на развитие идеи пластики массивных разрывов со значительной ретракцией сухожилий трансплантатами из сходных по структуре тканей пациента либо пластики аллотрансплантатом дермального матрикса. По данным J.L. Bond и соавт., частота отторжения аллотрансплантата достигает 36 % [24, 25]. Несмотря на это, использование аллотрансплантата широко применяется в зарубежной практике, прежде всего из-за его более высоких прочностных характеристик в сравнении с собственными сухожильными тканями [26]. Часто такое вмешательство сочетается с акромиопластикой для уменьшения давления на трансплантат в субакромиальном пространстве. Также Т. Mihata в 2012 г. предложил капсулопластику с фиксацией проксимального края трансплантата не к культе сухожилий вращательной манжеты плеча, а непосредственно к суставному отростку лопатки. Таким образом, достигается эффект «гамака», центрирующий головку относительно суставной впадины лопатки [27, 28].

Мышечный трансфер также появился в качестве ответа на проблему застарелых массивных повреждений вращательной манжеты плеча. Впервые его применил J. l'Episcopo, который в 1934 г. выполнил транспозицию сухожилий широчайшей мышцы спины и малой круглой мышцы пациенту с параличом Дюшена – Эрба. Дальнейшее развитие методики с применением различных вариаций трансфера предложили С. Gerber и А. Gilbert, придя в итоге в 1988 г. к изолированной открытой транспозиции сухожилия широчайшей мышцы спины с целью восстановления наружной ротации плеча и обеспечения отведения плеча за счёт работы дельтовидной мышцы [29]. Благодаря совершенствованию хирургической техники в 2003 г. Е. Gervasi выполнил артроскопически ассоциированную транспозицию сухожилия широчайшей мышцы спины. Данный метод не получил широкого распространения в практике ввиду его технической сложности и высоких требований к квалификации хирурга [30]. Ещё менее распространён трансфер сухожилия большой грудной мышцы, предложенный М.А. Wirth и С.А. Rockwood в 1997 г. Статистика, собранная различными авторами, противоречива. Авторы отмечают высокую долю успеха (до 84 %) при выполнении первичного вмешательства, но вместе с тем и высокую степень вероятности разрыва трансплантата в месте его фиксации к плечевой кости (до 38 %) и до 61 % осложнений при ревизионных операциях.

Альтернативой реконструктивным операциям и мышечному трансферу является эндопротезирование пле-

чeveго сустава. Впервые эта операция была выполнена в 1893 г. J.E. Pean. Пройдя множество эволюций как концепций протезов, так и хирургических техник, в настоящее время сформировались три основных типа протезирования: анатомическое, поверхностное и реверсивное. Анатомическое и поверхностное протезирование подразумевают сохранение целостности вращательной манжеты, в то время как реверсивное применимо при её повреждениях, в том числе при артропатии плечевого сустава. Первое упоминание такого типа протеза было сделано в 1972 г. В. Reeves. Его не применяли в клинической практике, но конструкция послужила источником дальнейшего развития методики вплоть до 1987 г., когда Р.М. Grammont предложил свою реверсивную систему, основным преимуществом которой было оптимальное вовлечение дельтовидной мышцы, которая компенсировала дефицит отведения, связанный с дисфункцией вращательной манжеты. Современные реверсивные протезы плечевого сустава Delta, прообразом которых является протез Grammont, широко применяются в мировой практике [31]. Основными показаниями для реверсивного эндопротезирования плечевого сустава являются хронический болевой синдром и псевдопаралич верхней конечности, являющиеся проявлением артропатии плечевого сустава, развившейся вследствие большого либо массивного разрыва вращательной манжеты плеча. В последнее время показания к данной операции расширяются, включая в себя массивные невосстановимые разрывы вращательной манжеты плеча без признаков дегенерации и разрушения хряща головки плеча и суставной поверхности лопатки [32]. Это связано прежде всего с накоплением положительной статистики эффективности данного вмешательства. Впрочем, существуют и недостатки эндопротезирования, существенно ограничивающие его применение. Прежде всего это значительные ограничения нагрузок на протезированную конечность, что неприемлемо у пациентов молодого возраста с высоким уровнем физической активности. Объём движений в плечевом суставе также уменьшается, особенно его сгибание. Следующим негативным фактором является необходимость выполнении ревизионных операций по мере механического износа компонентов протеза. Высокий риск развития нестабильности имплантов, вывихов, присоединения парапротезных инфекций, особенно в случае операций на суставе, поражённом ревматоидным процессом. По некоторым данным, частота развития осложнений реверсивного эндопротезирования плечевого сустава после массивного разрыва вращательной манжеты и сопутствующей артропатии может достигать 20 % [33, 34].

Отдельно стоит выделить применение субакромиального баллонного спейсера. Впервые этот метод описали Е. Savarese и R. Romeo в 2012 г. Суть метода заключается в том, что после ревизии субакромиального пространства в него устанавливается биоразлагаемый раздувающийся баллон, который отталкивает головку плеча книзу, тем самым нивелируя субакромиальный конфликт. Очевидное преимущество его заключается в наименее сложной и малотравматичной хирургии

ческой технике относительно классических методик. Но вместе с тем у его массового применения существуют значительные ограничения, сужающие показания к использованию: сохраняющееся активное отведение плеча до 90°; интактное сухожилие малой круглой мышцы; отсутствие артропатии плечевого сустава на фоне массивного разрыва вращательной манжеты плеча; возраст пациента старше 65 лет [35].

Также заслуживают внимания разработки теногенных пластырей (TENOPatch), служащих матриксом для формирования коллагеновых волокон, связующих культю сухожилия и кость. Методика отработана на лабораторных животных, но не проходила клинических испытаний [36].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Хирургия массивных повреждений вращательной манжеты плеча является динамически развивающимся ответвлением современной ортопедии. Появление МРТ и современной оптики позволило совершить качественный переход в диагностике и лечении данной патологии, дало ключ к пониманию биомеханики плечевого сустава, причинам усугубления патологического процесса и развития осложнений. Вместе с тем остаются нерешённые вопросы, применяемые методики несовершенны, достоинства каждой из них уравниваются недостатками, преимущества неочевидны. Литературные данные нередко противоречат друг другу в оценке результатов лечения. Совокупность этих обстоятельств предоставляет широкое окно возможностей в области изучения, оптимизации классических и внедрения новых методов лечения данной патологии. С точки зрения авторов, рациональным подходом является последовательное лечение с предпочтением органосохраняющих вмешательств; при этом эндопротезирование плечевого сустава остаётся крайней мерой, когда возможности прочих видов оперативного лечения уже исчерпаны.

### Конфликт интересов

Авторы данной статьи заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Mitchell C, Adebajo A, Hay E, Carr A. Shoulder pain: Diagnosis and management in primary care. *BMJ*. 2005; 331(7525): 1124-1128. doi: 10.1136/bmj.331.7525.1124
2. Burkhart SS, Prankun JJ, Hartzler RU. Superior capsular reconstruction for the operatively irreparable rotator cuff tear: Clinical outcomes are maintained 2 years after surgery. *Arthroscopy*. 2020; 36(2): 373-380. doi: 10.1016/j.arthro.2019.08.035
3. Fehring EV, Sun J, Van Oeveren LS, Keller BK, Matzen FA 3rd. Full-thickness rotator cuff tear prevalence and correlation with function and co-morbidities in patients sixty-five years and older. *J Shoulder Elbow Surg*. 2008; 17(6): 881-885. doi: 10.1016/j.jse.2008.05.039

4. Tempelhof S, Rupp S, Seil R. Age-related prevalence of rotator cuff tears in asymptomatic shoulders. *J Shoulder Elbow Surg*. 1999; 8(4): 296-299. doi: 10.1016/s1058-2746(99)90148-9
5. Меньшова Д.В., Пономаренко Н.С., Куклин И.А. Хирургическое лечение пациентов с массивными разрывами вращательной манжеты плеча (обзор литературы). *Россия и Монголия: Результаты и перспективы научного сотрудничества. Труды Международной научной конференции*. Иркутск; 2022: 341-343. [Menshova DV, Ponomarenko NS, Kuklin IA. Surgical treatment of patients with massive ruptures of the rotator cuff (literature review). *Rossiya i Mongoliya: Rezul'taty i perspektivy nauchnogo sotrudnichestva. Trudy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii*. Irkutsk; 2022: 341-343. (In Russ.)]. doi: 10.53954/9785604859506
6. Brolin TJ, Updegrove G, Horneff J. Classification in brief: Hamada classification of massive rotator cuff tear. *Clin Orthop Relat Res* 2017; 475(11): 2819-2823. doi: 10.1007/s11999-017-5340-7
7. Patte D, Didier MD. Classification of rotator cuff lesions. *Clin Orthop Relat Res*. 1990; 254: 81-86.
8. Somerson J, Hsu J, Gorbaly J, Gee A. Classification in brief: Goutallier classification of fatty infiltration of the rotator cuff musculature. *Clin Orthop Relat Res*. 2016; 474(5): 1328-1332. doi: 10.1007/s11999-015-4630-1
9. Thomazeau H, Rolland Y, Lucas C, Duval JM, Langlais F. Atrophy of the supraspinatus belly. Assessment by MRI in 55 patients with rotator cuff pathology. *Acta Orthop Scand*. 1996; 67: 264-268.
10. Самарцев И.Н., Живолупов С.А., Емелин А.Ю., Рашидов Н.А., Бардаков С.Н. Современные представления о дифференциальной диагностике и лечении пациентов с болью в области плеча. *Русский медицинский журнал*. 2017; 9: 564-571. [Samartsev IN, Zhivolupov SA, Emelin AYU, Rashidov NA, Bardakov SN. Modern ideas about differential diagnosis and treatment of patients with shoulder pain. *Russian Medical Journal*. 2017; 9: 564-571. (In Russ.)].
11. Mitchell C, Adebajo A, Hay E, Carr A. Shoulder pain: Diagnosis and management in primary care. *BMJ*. 2005; 331(7525): 1124-1128. doi: 10.1136/bmj.331.7525.1124
12. Королев А.В., Ильин Д.О. *Клиническое обследование плечевого сустава*. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2018. [Korolev AV, Ilyin DO. *Clinical examination of the shoulder joint*. Moscow: GEOTAR-Media; 2018. (In Russ.)].
13. Гажонова В.Е., Емельяненко М.В., Онищенко М.П. Гибридная технология фьюжн/УЗИ и эластография в диагностике атрофии и жировой дегенерации надостной мышцы плечевого сустава. *Медицинская визуализация*. 2017; 21(5): 112-123. [Gazhonova VE, Emelianenko MV, Onishchenko MP. Hybrid technology fusion MRI/US and sonoelastography in diagnosis of fatty degeneration and atrophy of supraspinatus muscle of the shoulder. *Medical Visualization*. 2017; 21(5): 112-123. (In Russ.)]. doi: 10.24835/1607-0763-2017-5-112-123
14. Smith TO, Back T, Toms AP, Hing CB. Diagnostic accuracy of ultrasound for rotator cuff tears in adults: A systematic review and meta-analysis. *Clin Radiol*. 2011; 66(11): 1036-1048. doi: 10.1016/j.crad.2011.05.007
15. Schmidt CC, Jarrett CD, Brown BT. Management of rotator cuff tears. *J Hand Surg Am*. 2015; 40(2): 399-408. doi: 10.1016/j.jhsa.2014.06.122
16. Zingg PO, Jost B, Suktharankar A, Buhler M, Pfirrmann CW, Gerber C. Clinical and structural outcomes of nonoperative man-

agement of massive rotator cuff tears. *J Bone Joint Surg Am.* 2007; 89(9): 1928-1934. doi: 10.2106/JBJS.F.01073

17. Wei AS, Callaci JJ, Juknelis D, Marra G, Tonino P, Freedman KB, et al. The effect of corticosteroid on collagen expression in injured rotator cuff tendon. *J Bone Joint Surg Am.* 2006; 88(6): 1331-1338. doi: 10.2106/JBJS.E.00806

18. Shibata Y, Midorikawa K, Emoto G, Naito M. Clinical evaluation of sodium hyaluronate for the treatment of patients with rotator cuff tear. *J Shoulder Elbow Surg.* 2001; 10(3): 209-216. doi: 10.1067/mse.2001.113501

19. Quinlan NJ, Frandsen JJ, Smith KM, Lu CC, Chalmers PN, Tashjian RZ. Conservatively treated symptomatic rotator cuff tendinopathy may progress to a tear. *Arthrosc Sports Med Rehabil.* 2022; 4(4): e1449-e1455. doi: 10.1016/j.asmr.2022.05.004

20. Макаревич Е.Р., Белецкий А.В. *Лечение повреждений вращательной манжеты плеча.* Минск: БГУ; 2001. [Makarevich ER, Beletsky AV. *Treatment of rotator cuff injuries.* Minsk: BGU; 2001. (In Russ.).]

21. Zhao J, Luo M, Pan J, Liang G, Feng W, Zeng L, et al. Risk factors affecting rotator cuff retear after arthroscopic repair: A meta-analysis and systematic review. *J Shoulder Elbow Surg.* 2021; 30(11): 2660-2670. doi: 10.1016/j.jse.2021.05.010

22. Yoo JC, Koh KH, Woo KJ, Shon MS, Koo KH. Clinical and radiographic results of partial repairs in irreparable rotator cuff tears: Preliminary report. *Arthroscopy.* 2010; 26(6): e3. doi: 10.1016/j.arthro.2010.04.015

23. Green A, Loyd K, Molino J, Evangelista P, Gallacher S, Adkins J. Long-term functional and structural outcome of rotator cuff repair in patients 60 years old or less. *JSES Int.* 2022; 7(1): 58-66. doi: 10.1016/j.jseint.2022.10.002

24. Bond JL, Dopirak RM, Higgins J, Burns J, Snyder SJ. Arthroscopic replacement of massive, irreparable rotator cuff tears using a GraftJacket allograft: Technique and preliminary results. *Arthroscopy.* 2008; 24(4): 403-409. doi: 10.1016/j.arthro.2007.07.033

25. Ravenscroft MJ, Riley JA, Morgan BW, Sandher DS, Odak SS, Joseph P. Histological incorporation of acellular dermal matrix in the failed superior capsule reconstruction of the shoulder. *J Exp Orthop.* 2019; 6(1): 21. doi: 10.1186/s40634-019-0189-1

26. Hirahara AM, Adams CR. Arthroscopic superior capsular reconstruction for treatment of massive irreparable rotator cuff tears. *Arthrosc Tech.* 2015; 4(6): e637-e641. doi: 10.1016/j.eats.2015.07.006

27. Mihata T, Lee TQ, Watanabe C, Fukunishi K, Ohue M, Tsujimura T, et al. Clinical results of arthroscopic superior capsule reconstruction for irreparable rotator cuff tears. *Arthroscopy.* 2013; 29(3): 459-470. doi: 10.1016/j.arthro.2012.10.022

28. Mihata T. Editorial commentary: Superior capsule reconstruction: Graft healing for success. *Arthroscopy.* 2018; 34(1): 100-101. doi: 10.1016/j.arthro.2017.09.048

29. Gerber C, Vinh TS, Hertel R, Hess CW. Latissimus dorsi transfer for the treatment of massive tears of the rotator cuff. A preliminary report. *Clin Orthop Relat Res.* 1988; (232): 51-61.

30. Gervasi E, Causero A, Parodi PC, Raimondo D, Tancredi G. Arthroscopic latissimus dorsi transfer. *Arthroscopy.* 2007; 23: 1243. e1-1243.e4. doi: 10.1016/j.arthro.2006.12.021

31. Петросян А.С., Егиазарян К.А., Панин М.А., Ратьев А.П., Аль Баварид О.А. Эволюция эндопротезирования плечевого сустава. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Медицина.* 2022; 26(2): 117-128. [Petrosyan AS, Egiazaryan KA, Panin MA, Ratiev AP, Al Bavarid OA. Evolution of shoulder arthroplasty. *RUDN Journal of Medicine.* 2022; 26(2): 117-128. (In Russ.).] doi: 10.22363/2313-0245-2022-26-2-117-128

32. Ek ET, Neukom L, Catanzaro S, Gerber C. Reverse total shoulder arthroplasty for massive irreparable rotator cuff tears in patients younger than 65 years old: Results after five to fifteen years. *J Shoulder Elbow Surg.* 2013; 22(9): 1199-1208. doi: 10.1016/j.jse.2012.11.016

33. Petrillo S, Longo UG, Papalia R, Denaro V. Reverse shoulder arthroplasty for massive irreparable rotator cuff tears and cuff tear arthropathy: A systematic review. *Musculoskelet Surg.* 2017; 101(2): 105-112. doi: 10.1007/s12306-017-0474-z

34. Singh Jagdev B, McGrath J, Cole A, Gomaa AR, Chong HH, Singh HP. Total shoulder arthroplasty vs. hemiarthroplasty in patients with primary glenohumeral arthritis with intact rotator cuff: Meta-analysis using the ratio of means. *J Shoulder Elbow Surg.* 2022; 31(12): 2657-2670. doi: 10.1016/j.jse.2022.07.012

35. Rondon A, Farronato M, Pezzulo J, Abboud J. Irreparable massive rotator cuff tears: Subacromial balloon surgical technique. *Arthrosc Tech.* 2023; 12(3): e421-e432. doi: 10.1016/j.eats.2022.08.048

36. Shaoshen Zhu, Jianfeng Hou, Chang Liu, Peng Liu, Ting Guo, Zhengjie Lin, et al. An engineered tenogenic patch for the treatment of rotator cuff tear *Materials Design.* 2022; 224(111402). doi: 10.1016/j.matdes.2022.111402

#### Сведения об авторах

**Слайковский Елисей Николаевич** – аспирант, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: slaykovskiy@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0007-7113-2392>

**Кузнецов Игорь Александрович** – доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник научно-клинического отдела травматологии, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: iscst@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4733-9178>

**Пономаренко Николай Сергеевич** – кандидат медицинских наук, научный сотрудник научно-клинического отдела травматологии, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: Ponomarenko-ns@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6210-3492>

#### Information about the authors

**Elisey N. Slaykovskiy** – Postgraduate, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: slaykovskiy@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0007-7113-2392>

**Igor A. Kuklin** – Dr. Sc. (Med.), Leading Research Officer at the Clinical Research Department of Traumatology, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: iscst@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4733-9178>

**Nikolay S. Ponomarenko** – Cand. Sc. (Med.), Research Officer at the Clinical Research Department of Traumatology, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: Ponomarenko-ns@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6210-3492>

Статья опубликована в рамках Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 25-летию Иркутского научного центра хирургии и травматологии.

## РЕВИЗИОННАЯ ХИРУРГИЯ ПРИ НЕСОСТОЯТЕЛЬНОСТИ СИСТЕМЫ ДИНАМИЧЕСКОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА

Потапов В.Э.<sup>1</sup>,  
Ларионов С.Н.<sup>1</sup>,  
Животенко А.П.<sup>1</sup>,  
Горбунов А.В.<sup>1</sup>,  
Сорокиных В.А.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии» (664003, г. Иркутск, ул. Борцов Революции, 1, Россия)

<sup>2</sup> Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования – филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России (664049, г. Иркутск, Юбилейный, 100, Россия)

Автор, ответственный за переписку:  
**Животенко Александр Петрович**,  
e-mail: sivotenko1976@mail.ru

### РЕЗЮМЕ

**Цель исследования.** Изучить частоту и варианты лечения дисфункции системы динамической стабилизации поясничного отдела позвоночника.

**Материалы и методы.** Проведён ретроспективный анализ лечения 58 пациентов с дегенеративной патологией поясничного отдела позвоночника и нестабильностью позвоночно-двигательных сегментов (ПДС), находившихся на лечении в отделении нейрохирургии ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии» в период с 2011 по 2020 г. Оценка стабильности ПДС осуществлялась при рентгенографии, магнитно-резонансной томографии и мультиспиральной компьютерной томографии поясничного отдела позвоночника. Ревизионные вмешательства выполнены 7 из 58 ранее оперированных пациентов с применением системы динамической фиксации ПДС «Coflex» (Paradigm Spine LLC, Германия).

**Результаты.** Ревизионные хирургические вмешательства выполнены 7 из 58 пациентов с динамической фиксацией ПДС межостистым имплантом в связи нарастанием болевого синдрома. У одного больного поводом к повторной операции послужила первичная нестабильность металлоконструкции, обусловленная переломом остистого отростка. В отсроченном периоде у 4 пациентов выявлена рентгенологическая картина гетеротипической оссификации конструкции и нестабильность ПДС. В двух наблюдениях на уровне оперированного ПДС диагностирован рецидив межпозвонковой грыжи. При ревизионном вмешательстве проведена фасэктомия со стабилизацией реек-кейджом с последующим купированием болевого синдрома и регрессом клинических проявлений.

**Заключение.** Проведённое исследование свидетельствует о том, что у ряда пациентов после дискэктомии и динамической стабилизации позвоночника системой «Coflex» развивается несостоятельность и гетеротипическая оссификация импланта, формируется неоартроз. Имплантация поясничного реек-кейджа при сохранении устройства «Coflex» позволяет сформировать ригидный межтеловой спондилодез, то есть является достаточной и обоснованной хирургической технологией лечения несостоятельности конструкции динамической стабилизации.

**Ключевые слова:** сегментарная нестабильность позвоночника, динамическая стабилизация, гетеротипическая оссификация, повторные хирургические вмешательства, ревизионная хирургия

**Для цитирования:** Потапов В.Э., Ларионов С.Н., Животенко А.П., Горбунов А.В., Сорокиных В.А. Ревизионная хирургия при несостоятельности системы динамической стабилизации поясничного отдела позвоночника. *Acta biomedica scientifica*. 2023; 8(5): 157-165. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.17

Статья поступила: 31.05.2023

Статья принята: 01.11.2023

Статья опубликована: 05.12.2023

## REVISION SURGERY FOR FAILURE OF THE DYNAMIC STABILIZATION SYSTEM OF THE LUMBAR SPINE

Potapov V.E.<sup>1</sup>,  
Larionov S.N.<sup>1</sup>,  
Zhivotenko A.P.<sup>1</sup>,  
Gorbunov A.V.<sup>1</sup>,  
Sorokovikov V.A.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Irkutsk Scientific Centre of Surgery  
and Traumatology  
(Bortsov Revolyutsii str. 1, Irkutsk 664003,  
Russian Federation)

<sup>2</sup> Irkutsk State Medical Academy  
of Postgraduate Education – Branch  
Campus of the Russian Medical Academy  
of Continuing Professional Education  
(Yubileyniy 100, Irkutsk 664049,  
Russian Federation)

Corresponding author:  
**Alexandr P. Zhivotenko**,  
e-mail: sivotenko1976@mail.ru

### ABSTRACT

**The aim.** To study the frequency and treatment options for dysfunction of the dynamic stabilization system of the lumbar spine.

**Materials and methods.** We carried out a retrospective analysis of the treatment of 58 patients with degenerative pathology of the lumbar spine and instability of the spinal motion segments, who were treated at the neurosurgical unit of the Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology in 2011–2020. The stability of spinal motion segment was assessed using X-ray imaging, magnetic resonance imaging and multi-layer spiral computed tomography of the lumbar spine. Revision surgery was performed in 7 out of 58 previously operated patients using the dynamic fixation system of spinal motion segments “Coflex” (Paradigm Spine LLC, Germany).

**Results.** Revision surgery was performed in 7 out of 58 patients with dynamic fixation of the spinal motion segments with an interosseous implant due to an increase in pain syndrome. In 1 patient, the reason for repeated surgery was primary instability of the hardware caused by a fracture of the spinous process. In the delayed period, 4 patients had an X-ray picture with heterotopic ossification of the implant and instability of PDS. In two observations, a recurrence of intervertebral hernia was diagnosed at the level of the operated spinal motion segment. During revision surgery, a facetectomy was performed with stabilization by a peek cage, followed by pain management and clinical manifestation regression.

**Conclusion.** The conducted study shows that a number of patients after discectomy and dynamic stabilization of the spine using “Coflex” system have inconsistency and heterotypic ossification of the implant and neoarthrosis. Implantation of a lumbar peek cage while maintaining the “Coflex” device makes it possible to form a rigid interbody fusion, which means it is sufficient and justified surgical technology for treating the failure of the dynamic stabilization system.

**Key words:** segmental instability of the spine, dynamic stabilization, heterotypic ossification, repeated surgical interventions, revision surgery

Received: 31.05.2023  
Accepted: 01.11.2023  
Published: 05.12.2023

**For citation:** Potapov V.E., Larionov S.N., Zhivotenko A.P., Gorbunov A.V., Sorokovikov V.A. Revision surgery for failure of the dynamic stabilization system of the lumbar spine. *Acta biomechanica scientifica*. 2023; 8(5): 157-165. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.17

## ВВЕДЕНИЕ

Одной из актуальных проблем спинальной нейрохирургии является лечение дегенеративной патологии поясничного отдела позвоночника. Существующие способы хирургического лечения дегенеративно-дистрофических заболеваний позвоночника, к сожалению, не могут считаться идеальными [1, 2]. Использование микрохирургической техники и современных инструментальных технологий при хирургии позвоночника не исключает рецидива болевого синдрома [3–5]. Попытки улучшить результаты и избежать экзаксация боли подталкивают специалистов к поиску новых решений проблемы [6–8]. Обоснованные с позиции биомеханики технологии динамической и ригидной стабилизации позвоночно-двигательного сегмента (ПДС) активно применяются в течение последних десятилетий. При этом спектр оперативных вмешательств достаточно разнообразен и включает методики как транспедикулярной фиксации, так и артикулярного, межостистого или переднего спондилодеза имплантами различных модификаций [9–12].

## ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучить частоту и варианты лечения несостоятельности системы задней динамической стабилизации.

Удаление грыжи поясничного отдела нередко сопровождается структурными трансформациями опорного комплекса ПДС и нарушением биомеханики позвоночника. Исследования последних лет установили взаимосвязь между дегенеративными изменениями структур ПДС и сагиттальным балансом или пространственной стабильностью, тогда как объём активных и пассивных движений позвоночного столба, как правило, находится в зависимости от выраженности костно-суставных трансформаций [11, 13]. Предпосылкой использования динамической стабилизации позвоночного сегмента стало исследование D. Butler и соавт. [14], в котором авторы выявили взаимозависимость дегенеративных изменений дугоотростчатых суставов и межпозвонковых дисков. Результаты исследований показали, что вследствие нарушения биомеханики ПДС в первую очередь страдает межпозвонковый диск. Дальнейшие ограничения подвижности сегмента, процессы перестройки и перераспределения механических нагрузок обуславливают повреждение фасеточных суставов, развитие остеоартрита и нестабильности сочленений.

Устройства динамической стабилизации используют для разгрузки заднего опорного комплекса, включающего в себя дугоотростчатые суставы, остистые отростки и часть фиброзного кольца межпозвонкового диска, с целью сохранения объёма физиологических движений и профилактики патологии смежного уровня [11, 15]. То есть основой для использования динамической межостистой системы явилась необходимость сохранения биомеханики опорных структур позвоночно-двигательных сегментов, профилактика прогрессирования заболевания [15]. Межостистые фиксаторы изготавливают из титанового сплава, что обеспечивает конструкции достаточную прочность, жёсткость, биосовместимость с низким риском формирования артефактов при проведении магнитно-резонансной томографии (МРТ) [16–19]. Основные задачи конструкции – снижение нагрузки на фасеточные суставы, сохранение физиологического объёма движений в ПДС с адекватным распределением напряжения на патологически изменённый и смежные ПДС.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Основу работы составил ретроспективный анализ лечения 58 пациентов с дегенеративными поражениями поясничного отдела позвоночника, оперированных с использованием динамической стабилизации позвоночника системой «Coflex» (Paradigm Spine LLC, Германия), находившихся на лечении в отделении нейрохирургии ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии» (ИНЦХТ) в период с 2011 по 2020 г. Среди них 18 женщин и 40 мужчин в возрасте от 17 до 63 лет ( $47,4 \pm 9,4$  года). Инструментальные и нейровизуальные методы исследования позвоночника включали обзорную и функциональную рентгенографию, мультиспиральную компьютерную томографию (МСКТ) (42 случая), МРТ (58 случаев) и МСКТ-миелографию (27 случаев) поясничного отдела позвоночника. Оценку функционального состояния ПДС производили при анализе данных рентгенографии поясничного отдела позвоночника с нагрузочными пробами в положении сгибания на  $30^\circ$  и  $90^\circ$ . Для исследования биомеханической состоятельности оперированного сегмента позвоночника с имплантируемой системой межостистой фиксации на смежных уровнях изучали морфометрические параметры: фронтальный, косой и сагиттальный размеры позвоночного канала; размеры и угловые показатели сопряжённости дугоотростчатых суставов.

Оперативное лечение – удаление грыжи или костно-хрящевого образования диска со стабилизацией сегмента межостистой динамической системой «Coflex» – выполнено 58 пациентам.

Показаниями к проведению ревизионной хирургии являлись стойкий болевой синдром, не купирующийся консервативными методами лечения; МРТ- или МСКТ-данные о компрессии корешка в зоне дегенеративно-изменённого сегмента; выявление нестабильности ПДС. Межостистая фиксация на уровне  $L_{IV}-L_V$  выполнена 48 (83 %) пациентам, на уровне  $L_{II}-L_{III}$  – 2 (3 %), на уровне  $L_{III}-L_{IV}$  – 3 (5 %), на люмбосакральном  $L_V-S_I$  уровне – 5 (9 %). В 35 случаях имплант установлен при ревизионном вмешательстве, из них у 6 пациентов задняя межостистая стабилизация произведена вследствие рецидива грыжи диска  $L_{IV}-L_V$  и  $L_V-S_I$ ; в 11 случаях выявлен дегенеративный стеноз позвоночного канала на смежном уровне, обусловленный спондилоартрозом с краевыми разрастаниями остеофитов; у 18 больных имело место сочетание грыжи или протрузии с дегенеративным стенозом. Хирургическое вмешательство с динамической фиксацией системой «Coflex» выполнено первично 23 пациентам при удалении грыжи диска.

Ревизионное вмешательство у больных с несостоятельностью устройства, неоартрозом и гетеротопической оссификацией системы «Coflex» включало переднюю стабилизацию с использованием межтелового поясничного реек-кейджа. У одного пациента поводом к повторной операции послужила первичная нестабильность металлоконструкции, связанная с переломом остистого отростка, фиксированного имплантом. В отсроченном периоде, спустя 2 и 4 года после операции, у 4 пациентов выявлена рентгенологическая картина гетеротопической оссификации конструкции и нестабильность ПДС; в 2 наблюдениях диагностирован рецидив межпозвонковой грыжи. Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом ИНЦХТ (протокол № 1 от 22.01.2019).

Данные представленные в виде количественного и процентного соотношения. Различия между группами оценивались с использованием Хи-квадрата с поправкой Йейтса и критерия Фишера.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Повторное вмешательство при несостоятельности системы динамической стабилизации проведено 7 (12 %) из 58 пациентов, при этом сформирован ригидный спондилодез при использовании поясничного реек-кейджа и сохранении интегрированного с костной тканью остистых отростков устройства «Coflex».

Прогрессирующая дегенерация межпозвонковых дисков установлена при МСКТ и МРТ на основании вы-

явления гипертрофии суставных отростков, наличия газа в полости сустава (вакуум-феномен) у 6 пациентов и стеноза позвоночного канала – у 2.

После ревизионного оперативного вмешательства полный регресс неврологического дефицита отмечен у 6 (86 %) пациентов. Динамика чувствительных и двигательных расстройств в раннем и отдалённом послеоперационном периодах представлена в таблице 1.

Анализ результатов лечения позволил предположить, что в процессе дегенерации межпозвонкового диска происходит утрата его амортизирующих свойств, что является предпосылкой для развития линейного и углового смещения тел смежных позвонков и в последующем – формирования нестабильности сегмента. Использование межостистого импланта направлено на протезирование свойств диска, предотвращение прогрессирующей дегенерации и нестабильности ПДС. Однако с течением времени оссификация тканей в области рабочих поверхностей фиксатора приводит к значительному снижению амортизирующих свойства «Coflex», и устройство приобретает характеристики фиксирующей распорки.

Также нельзя не учитывать и факт, что межостистые импланты не инертны биологически. Более того, такие факторы, как напряжение металла и, как следствие, микроподвижность, вызывают изменения в структуре импланта и являются предрасполагающим фактором формирования дисбаланса механических нагрузок на суставные отростки с развитием клинических проявлений несостоятельности конструкции [20, 21].

**ТАБЛИЦА 1**  
**ДИНАМИКА ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ И ДВИГАТЕЛЬНЫХ РАССТРОЙСТВ (n = 7)**

Выявленные расстройства	До операции	Спустя 9, 24 месяца после операции	Спустя 48 месяцев после операции
Вертеброгенный синдром	7 (100 %)	5 (71 %)	1 (14 %)
Нарушение чувствительности:			
гипестезия	7 (100 %)	2 (29 %)	1 (14 %)
анестезия	4 (57 %)	1 (14 %)	1 (14 %)
гиперестезия	2 (29 %)	1 (14 %)	–
парестезия	3 (43 %)	1 (14 %)	–
Снижение силы мышц нижней конечности:			
слабость мышц бедра, голени	4 (57 %)	1 (14 %)	1 (14 %)
слабость мышц стопы	5 (71 %)	2 (29 %)	2 (29 %)
парез мышц разгибателей стопы	3 (43 %)	–	–
Нарушение рефлексов:			
коленные	5 (71 %)	2 (29 %)	1 (14 %)
ахилловы	2 (29 %)	1 (14 %)	1 (14 %)
Симптомы натяжения	7 (100 %)	–	–

**TABLE 1**  
**DYNAMICS OF SENSORY AND MOTOR DISORDERS (n = 7)**

Длительное использование фиксатора «Coflex» обуславливает формирование и другого специфического осложнения, а именно гетеротопической оссификации устройства межостистой стабилизации, что обуславливает развитие патологии «смежного уровня». Так, несостоятельность импланта с оссификацией зарегистрирована в 3 из 35 случаев повторных и в 1 из 23 случаев первичных хирургических вмешательств. Для выявления зависимости риска несостоятельности импланта от частоты операций использовали критерий Хи-квадрат с поправкой Йейтса ( $p = 0,928$ ) и двусторонний критерий Фишера ( $p > 0,05$ ). Результаты анализа указывают на то, что взаимосвязь несостоятельности импланта с повторной или первичной хирургией очень слабая. Следовательно, повторное вмешательство не оказывает статистически значимого влияния на риск дисфункции конструкции. Тем не менее, проблема требует дальнейшего изучения для выявления причинно-следственных взаи-

моотношений несостоятельности системы динамической стабилизации.

Клиническое наблюдение, представленное ниже, является ярким свидетельством этого постулата.

## КЛИНИЧЕСКИЙ ПРИМЕР

Пациент П., 48 лет. Диагноз: Дегенеративный латеральный (фораминальный) стеноз позвоночного канала на уровне L<sub>IV</sub>-L<sub>V</sub> слева. Костно-хрящевой узел L<sub>IV</sub>-L<sub>V</sub>. Деформирующий спондилёз. Спондилоартроз. Послеоперационный эпидуральный фиброз, наличие системы межостистой динамической фиксации позвоночника на уровне L<sub>IV</sub>-L<sub>V</sub>. Радикулопатия L<sub>5</sub> слева. Выраженный болевой и мышечно-тонический синдром.

Боли в поясничном отделе позвоночника и левой нижней конечности беспокоят в течение 3 месяцев.



**а**



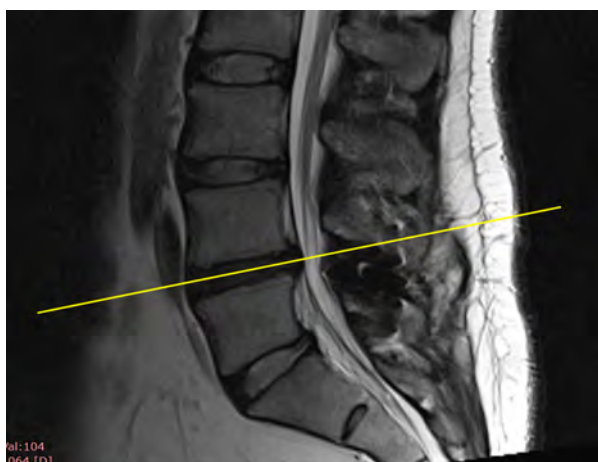
**б**

**РИС. 1.**

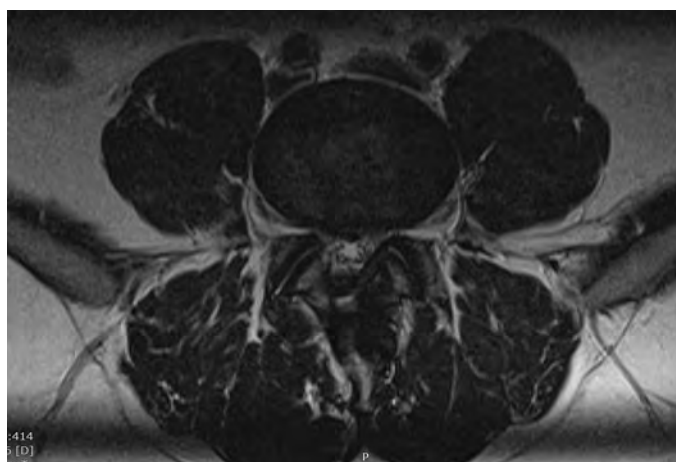
Пациент П. МСКТ поясничного отдела позвоночника. Мультипланарная реконструкция в сагиттальной плоскости (**а**), аксиальный срез (**б**)

**FIG. 1.**

Patient P. Multi-layer spiral computed tomography of the lumbar spine. Multiplanar reconstruction in the sagittal plane (**a**), axial section (**b**)



**а**



**б**

**РИС. 2.**

Пациент П. МРТ поясничного отдела позвоночника. T2-взвешенные изображения. Мультипланарная реконструкция в сагиттальной плоскости (**а**), аксиальный срез (**б**)

**FIG. 2.**

Patient P. MRI of the lumbar spine. T2 weighted images. Multiplanar reconstruction in the sagittal plane (**a**), axial section (**b**)

Боли сопровождаются ограничением активных движений в поясничном отделе позвоночника, усиливаются в вертикальном положении и при ходьбе, иррадиируют по наружной поверхности левого бедра и голени.

Из анамнеза: дважды оперирован на поясничном отделе позвоночника: в 2011 г. – удаление грыжи диска  $L_{IV}-L_V$  слева с установкой динамической системы «Coflex» (Paradigm Spine LLC., США). В 2014 г. выполнена ревизия и микрохирургическая фораминотомия по ходу  $L_5$  корешка слева.

Со слов пациента, в течение последнего года стал отмечать нарастание болевого вертеброгенного син-

дрома в поясничном отделе позвоночника, связанного с физическими нагрузками. Проводимое консервативное лечение у невролога – без эффекта. По результатам МРТ поясничного отдела позвоночника у пациента верифицирован рецидив срединной грыжи диска  $L_{IV}-L_V$  (рис. 2).

МСКТ поясничного отдела позвоночника выявила ряд особенностей состояния межостистого фиксатора, который интегрировался в костную ткань остистых отростков; пространство рабочей динамической петли металлоконструкции заполнилось соединительной тканью с элементами костной перестройки (рис. 1).



**a**

**РИС. 3.**

Пациент П. Спондилограммы в боковой (а) и прямой (б) проекциях в послеоперационном периоде



**б**

**FIG. 3.**

Patient P. Spondylograms in lateral (a) and frontal (b) view in the postoperative period



**a**

**РИС. 4.**

Пациент П. МСКТ поясничного отдела позвоночника через 6 месяцев после операции. Мультипланарная реконструкция в сагиттальной плоскости (а), аксиальный срез (б). Определяются метки переднего и заднего краёв межтелового кейджа. Формирование переднего спондилодеза



**б**

**FIG. 4.**

Patient P. Multi-layer spiral computed tomography of the lumbar spine 6 months after the surgery. Multiplanar reconstruction in the sagittal plane (a), axial section (b). The marks of the anterior and posterior edges of the interbody cage are determined. Formation of the anterior fusion

Операция (18.06.2020): интерламинэктомия, медиальная фасетэктомия, микрохирургическая декомпрессия корешка L<sub>5</sub> слева. Удаление костно-хрящевого узла L<sub>IV</sub>-L<sub>V</sub>. Межтеловой спондилодез L<sub>IV</sub>-L<sub>V</sub> поясничным реек-кейджом.

Послеоперационный период протекал без осложнений. Активизирован на 2-е сутки после операции. Отмечен регресс болевого вертеброгенного и корешкового синдромов. Выписан из отделения для прохождения реабилитационного лечения на 7-е сутки в удовлетворительном состоянии. При контрольных осмотрах в течение периода наблюдения жалоб не предъявляет, рентгенологически имплантат и межкостистый фиксатор стабильны (рис. 3, 4).

## ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ результатов лечения пациентов, которым выполнена дискэктомия с динамической фиксацией позвоночно-двигательного сегмента межкостистым имплантом, свидетельствует о её эффективности и способности предотвратить рецидив болевого синдрома, как и развитие патологии на смежном уровне. Тем не менее, хотя система динамической межкостистой фиксации не приводит к замыканию позвоночно-двигательного сегмента, выявленные рентгенологические признаки дегенерации межпозвонкового диска и дугоотростчатых суставов вышележащих сегментов свидетельствуют о риске развития стеноза позвоночного канала. Межкостистый динамический имплант со временем становится функционально не состоятельным, участвует в формировании гетеротипической оссификации или заднего «костно-металлического» псевдоартроза [15]. По данным А.Е. Симоновича (2005), С. Thome и соавт. (2005) [13, 22], конструктивные особенности динамических систем не позволяют одновременно обеспечивать сохранность биомеханики и надёжную опороспособность позвоночного сегмента.

Дополнительная имплантация поясничного реек-кейджа при сохранении системы «Coflex» позволила создать ригидный межтеловой спондилодез без использования транспедикулярной фиксации ПДС. Данная тактика оправдывает себя как с точки зрения сохранения опороспособности переднего комплекса, так и с точки зрения лечения нестабильности сегмента. Доступ к позвоночному каналу и межпозвонковому диску осуществляется при интерламинэктомии и медиальной фасетэктомии, что снижает травматичность самой операции.

Формирование спондилодеза без удаления системы «Coflex» с использованием межпозвонкового кейджа является достаточной и обоснованной технологией, однако в ряде случаев может быть дополнена моносементарной транспедикулярной фиксацией.

Интеграция импланта с костной тканью остистых отростков, как и реек-кейджа с замыкательными пластинами смежных позвонков, обеспечивает консолидацию достаточную для спондилодеза. Наличие полых пространств в теле кейджа, заполненных костным материалом, способствует формированию прочного спондилодеза и ускоренному формированию костного блока. Технология задней

межкостистой динамической стабилизации может использоваться как альтернатива, а в ряде случаев – как предварительный этап формирования ригидного спондилодеза.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённое исследование свидетельствует о том, что у ряда пациентов после дискэктомии и динамической стабилизации позвоночника системой «Coflex» развивается сегментарная нестабильность вследствие гетеротипической оссификации и формирования неоартроза и нередко требует ревизионного вмешательства. Формирование ригидного спондилодеза при использовании межпозвонкового кейджа и сохранении системы «Coflex» является эффективным средством решения проблемы.

### Источник финансирования

Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

### Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Крутько А.В., Байков Е.С., Коновалов Н.А., Назаренко А.Г. Сегментарная нестабильность позвоночника: нерешенные вопросы. *Хирургия позвоночника*. 2017; 14(3): 74-83. [Krutko AV, Baikov ES, Kononov NA, Nazarenko AG. Segmental Spinal Instability: Unsolved problems. *Russian Journal of Spine Surgery*. 2017; 14(3): 74-83. (In Russ.)]. doi: 10.14531/ss2017.3.74-83
2. Масевнин С.В., Пташников Д.А., Михайлов Д.А., Сماعيلенков О.А., Заборовский Н.С., Лапаева О.А., и др. Роль основных факторов риска в раннем развитии синдрома смежного уровня у пациентов после спондилодеза поясничного отдела позвоночника. *Хирургия позвоночника*. 2016; 13(3): 60-67. [Masevnin SV, Ptashnikov DA, Mikhailov DA, Smekalenkov OA, Zaborovsky NS, Lapaeva OA, et al. The role of the main risk factors in the early adjacent segment disease development in patients after lumbar fusion. *Russian Journal of Spine Surgery*. 2016; 13(3): 60-67. (In Russ.)]. doi: 10.14531/ss2016.3.60-67
3. Евсюков А.В., Климов В.С., Лопарев Е.А. Результаты повторных вмешательств после инструментальной фиксации позвоночника при дегенеративно-дистрофическом заболевании поясничного отдела позвоночника. *Нейрохирургия*. 2017; (4): 65-73. [Evsyukov AV, Klimov VS, Loparev EA. Results of repeated surgical interventions after instrumental fixation of vertebral column in patients with degenerative-dystrophic disease of lumbar spine. *Russian Journal of Neurosurgery*. 2017; (4): 65-73. (In Russ.)].
4. Животенко А.П., Потапов В.Э., Кошкарёва З.В., Сороковиков В.А. Клинический случай хирургического лечения смежного сегмента позвоночника при спондилодезе. *Acta biomedica scientifica*. 2020; 5(5): 53-59. [Zhivotenko AP, Potapov VE, Koshkareva ZV, Sorokovikov VA. A clinical case of surgical treatment

of the adjacent segment of the spine during fusion. *Acta biomechanica scientifica*. 2020; 5(5): 53-59. (In Russ.)). doi: 10.29413/ABS.2020-5.5.7

5. Chang SY, Chae IS, Mok S, Park SC, Chang BS, Kim H. Can indirect decompression reduce adjacent segment degeneration and the associated reoperation rate after lumbar interbody fusion? A systemic review and meta-analysis. *World Neurosurg*. 2021; 153: e435-e445. doi: 10.1016/j.wneu.2021.06.134

6. Афаунов А.А., Басанкин И.В., Кузьменко А.В., Шаповалов В.К., Муханов М.Л. Предоперационное планирование при хирургическом лечении больных с поясничным спинальным стенозом дегенеративной этиологии. *Инновационная медицина Кубани*. 2020; 17(1): 6-15. [Afaunov AA, Basankin IV, Kuzmenko AV, Shapovalov VK, Mukhanov ML. Pre-operative planning in surgical treatment of patients with lumbar spinal stenosis of degenerative etiology. *Innovative Medicine of Kuban*. 2020; 17(1): 6-15. (In Russ.)). doi: 10.35401/2500-0268-2020-17-1-6-15

7. Шнякин П.Г., Ботов А.В., Амелченко А.А. Хирургические методы лечения рецидива болевого синдрома при дегенеративной патологии поясничного отдела позвоночника. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. 2018; 12(3): 61-68. [Shnyakin PG, Botov AV, Amelchenko AA. Surgical methods of treatment of back pain syndrome recurrence in the degenerative pathology of the lumbar spine. *Annals of Clinical and Experimental Neurology*. 2018; 12(3): 61-68. (In Russ.)). doi: 10.25692/ACEN.2018.3.8

8. Jain P, Rana M, Biswas JK, Khan MR. Biomechanics of spinal implants – A review. *Biomed Phys Eng Express*. 2020; 6(4): 042002. doi: 10.1088/2057-1976/ab9dd2

9. Cecchinato R, Bourghli A, Obeid I. Revision surgery of spinal dynamic implants: A literature review and algorithm proposal. *Eur Spine J*. 2020; 29(Suppl 1): 57-65. doi: 10.1007/s00586-019-06282-w

10. Donnelly CJ 3rd, Patel PD, Canseco JA, Divi SN, Goz V, Sherman MB, et al. Current incidence of adjacent segment pathology following lumbar fusion versus motion-preserving procedures: A systematic review and meta-analysis of recent projections. *Spine J*. 2020; 20(10): 1554-1565. doi: 10.1016/j.spinee.2020.05.100

11. Liu CW, Wang LL, Xu YK, Chen CM, Wang JC, Tsai WT, et al. Traditional and cortical trajectory screws of static and dynamic lumbar fixation – A finite element study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2020; 463. doi: 10.1186/s12891-020-03437-5

12. Reid PC, Morr S, Kaiser MG. State of the union: a review of lumbar fusion indications and techniques for degenerative spine disease. *J Neurosurg Spine*. 2019; 31(1): 1-14. doi: 10.3171/2019.4.SPINE18915

13. Thome C, Zevgaridis D, Leneta O, Bazner H. Outcome after less-invasive decompression of lumbar spinal stenosis:

A randomized comparison of unilateral laminotomy, bilateral laminotomy and laminectomy. *J Neurosurg Aug*. 2005; 3(2): 129-141. doi: 10.3171/spi.2005.3.2.0129

14. Butler D, Trafimow JH, Andersson GB, McNeill TW, Huckman MS. Discs degenerate before facets. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1990; 15(2): 111-113. doi: 10.1097/00007632-199002000-00012

15. Kaye AD, Edinoff AN, Temple SN, Kaye AJ, Chami AA, Shah RJ, et al. A comprehensive review of novel interventional techniques for chronic pain: Spinal stenosis and degenerative disc disease – MILD percutaneous image guided lumbar decompression, Vertiflex interspinous spacer, MinuteMan G3 interspinous-interlaminar fusion. *Adv Ther*. 2021; 38(9): 4628-4645. doi: 10.1007/s12325-021-01875-8

16. Bedair TM, Lee CK, Kim D-S, Baek SW, Bedair HM, Joshi HP, et al. Magnesium hydroxide-incorporated PLGA composite attenuates inflammation and promotes BMP2-induced bone formation in spinal fusion. *J Tissue Eng*. 2020; 11: 2041731420967591. doi: 10.1177/2041731420967591

17. Hargreaves BA, Worters PW, Pauly KB, Pauly JM, Koch KM, Gold GE. Metal-induced artifacts in MRI. *AJR Am J Roentgenol*. 2011; 197(3): 547-555. doi: 10.2214/AJR.11.7364

18. Jungmann PM, Agten CA, Pfirrmann CW, Sutter R. Advances in MRI around metal. *J Magn Reson Imaging*. 2017; 46(4): 972-991. doi: 10.1002/jmri.25708

19. Mavrogenis AF, Vottis C, Triantafyllopoulos G, Papagelopoulos PJ, Pneumatos SG. PEEK rod systems for the spine. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2014; 24(Suppl 1): S111-S116. doi: 10.1007/s00590-014-1421-4

20. Seyedhoseinpoor T, Dadgou M, Taghipour M, Ebrahimi Takamjani I, Sanjari MA, Kazemnejad A, et al. Combining clinical exams can better predict lumbar spine radiographic instability. *Musculoskelet Sci Pract*. 2022; 58: 102504. doi: 10.1016/j.msksp.2022.102504

21. Volkheimer D, Galbusera F, Liebsch C, Schlegel S, Rohlmann F, Kleiner S, et al. Is intervertebral disc degeneration related to segmental instability? An evaluation with two different grading systems based on clinical imaging. *Acta Radiol*. 2018; 59(3): 327-335. doi: 10.1177/0284185117715284

22. Симонович А.Е. Хирургическое лечение дегенеративных поражений поясничного отдела позвоночника с использованием инструментария DYNESYS для транспедикулярной динамической фиксации. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2005; (2): 11-15. [Simonovich AE. Surgical treatment of degenerative lesions of the lumbar spine using DYNESYS instruments for transpedicular dynamic fixation. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2005; (2): 11-15. (In Russ.)).

#### Сведения об авторах

**Потапов Виталий Энгельсович** – кандидат медицинских наук, заведующий нейрохирургическим отделением, ведущий научный сотрудник научно-клинического отдела нейрохирургии, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: pva454@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9167-637X>

**Ларионов Сергей Николаевич** – доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник научно-клинического отдела нейрохирургии, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: snlar@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9189-3323>

**Животенко Александр Петрович** – младший научный сотрудник научно-клинического отдела нейрохирургии, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: sivotenko1976@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4032-8575>

**Горбунов Анатолий Владимирович** – врач-нейрохирург нейрохирургического отделения, младший научный сотрудник научно-клинического отдела нейрохирургии, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: a.v.gorbunov58@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1352-0502>

**Сорокочиков Владимир Алексеевич** – доктор медицинских наук, профессор, директор, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии»; заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и нейрохирургии, Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования – филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, e-mail: vasorokovikov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9008-6383>

#### Information about the authors

**Vitaliy E. Potapov** – Cand. Sc. (Med.), Head of the Neurosurgical Unit, Leading Research Officer at the Clinical Research Department of Neurosurgery, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: pva454@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9167-637X>

**Sergey N. Larionov** – Dr. Sc. (Med.), Leading Research Officer at the Clinical Research Department of Neurosurgery, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: snlar@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9189-3323>

**Alexandr P. Zhivotenko** – Junior Research Officer at the Clinical Research Department of Neurosurgery, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: sivotenko1976@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4032-8575>

**Anatoly V. Gorbunov** – Neurosurgeon at the Neurosurgical Unit, Junior Research Officer at the Clinical Research Department of Neurosurgery, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: a.v.gorbunov58@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1352-0502>

**Vladimir A. Sorokovikov** – Dr. Sc. (Med.), Professor, Director, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology; Head of the Department of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery, Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education – Branch Campus of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, e-mail: vasorokovikov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9008-6383>

Статья опубликована в рамках Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 25-летию Иркутского научного центра хирургии и травматологии.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕЧЕНИЯ ПЕРЕЛОМОВ ДИАФИЗА БЕДРЕННОЙ КОСТИ БЛОКИРУЕМЫМ ИНТРАМЕДУЛЛЯРНЫМ И НАКОСТНЫМ ОСТЕОСИНТЕЗОМ (ИТОГИ ЗА 10 ЛЕТ)

Федоров В.Г.,  
Кузин И.В.

ФБГОУ ВО «Ижевская государственная  
медицинская академия»  
Минздрава России (426034, г. Ижевск,  
ул. Коммунаров, 281, Россия)

Автор, ответственный за переписку:  
Федоров Владимир Григорьевич,  
e-mail: doctorfvg@yandex.ru

### РЕЗЮМЕ

**Обоснование.** Переломы диафиза бедренной кости являются одними из наиболее распространённых и значимых повреждений костей конечностей. Блокируемый интрамедуллярный остеосинтез (БИОС) позволяет уменьшить травматичность операции и время её проведения, а также проводить раннюю реабилитацию пациентов.

**Цель исследования.** Провести сплошное ретроспективное одноцелевое сравнительное исследование результатов лечения пациентов с переломами диафиза бедренной кости, лечившихся способом блокируемого интрамедуллярного остеосинтеза (БИОС) и способом накостного остеосинтеза пластинами, за 10 лет. Не включены в данное исследование пациенты с двойными переломами бедренной кости с остеосинтезом сочетанием двух имплантов – БИОС и накостного.

**Материал и методы.** Нами проведено ретроспективное исследование результатов лечения пациентов с 2011 по 2020 г. В отделении за данный период было пролечено 794 пациента в возрасте от 16 до 77 лет с переломами диафиза бедренной кости. Доля лиц трудоспособного возраста составила 75 %. Пациенты были разделены на две группы в зависимости от применённого метода оперативного лечения. Первая группа – оперативное лечение методом интрамедуллярного блокируемого остеосинтеза (500 пациентов). Вторая группа – оперативное лечение методом накостного остеосинтеза пластинами (294 пациента).

**Результаты.** В первой группе пациентов, пролеченных методом БИОС, хорошие анатомо-функциональные результаты лечения были достигнуты в 70 % случаев; удовлетворительные результаты лечения – в 25,2 % случаев, неудовлетворительные результаты – в 4,8 %. Во второй группе хорошие результаты достигнуты в 61,9 % случаев, удовлетворительные – в 29,6 %, неудовлетворительные – в 8,5 %.

**Заключение.** Полученные результаты лечения переломов диафиза бедренной кости показывают неоспоримое преимущество применения блокируемого интрамедуллярного остеосинтеза по сравнению с накостным остеосинтезом.

**Ключевые слова:** перелом диафиза бедренной кости, накостный остеосинтез, блокируемый интрамедуллярный остеосинтез, осложнения остеосинтеза бедренной кости

Статья поступила: 12.02.2023  
Статья принята: 01.11.2023  
Статья опубликована: 05.12.2023

**Для цитирования:** Федоров В.Г., Кузин И.В. Результаты лечения переломов диафиза бедренной кости блокируемым интрамедуллярным и накостным остеосинтезом (итоги за 10 лет). *Acta biomedica scientifica*. 2023; 8(5): 166-173. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.18

## THE RESULTS OF TREATMENT OF FEMORAL DIAPHYSIS FRACTURES USING LOCKED INTRAMEDULLARY OSTEOSYNTHESIS AND EXTRAMEDULLARY OSTEOSYNTHESIS (RESULTS FOR 10 YEARS)

**Fedorov V.G.,  
Kuzin I.V.**

Izhevsk State Medical Academy  
(Kommunarov str. 281, Izhevsk 426034,  
Russian Federation)

Corresponding author:  
**Vladimir G. Fedorov,**  
e-mail: doctorfvg@yandex.ru

### ABSTRACT

**Background.** Femoral diaphysis fractures are one of the most common and significant injuries to the bones of the limbs. Locked intramedullary osteosynthesis makes it possible to reduce the injury rate of the surgery and its length, as well as to carry out early rehabilitation of patients.

**The aim of the study.** To conduct a continuous retrospective single-purpose comparative study of the results of treatment of patients with femoral diaphysis fractures treated with locked intramedullary osteosynthesis and extramedullary osteosynthesis for 10 years. This study did not include patients with double femoral fractures treated by osteosynthesis using a combination of two implants – locked intramedullary implant and extramedullary implant.

**Material and methods.** We conducted a retrospective study of the results of treatment of patients from 2011 to 2020. During this period, we treated 794 patients aged from 16 to 77 years with femoral diaphysis fractures. The share of people of working age was 75 %. The patients were divided into two groups depending on the method of surgical treatment. Group 1 included 500 patients who had surgical treatment using locked intramedullary osteosynthesis. Group 2 included 294 patients who had surgical treatment using extramedullary osteosynthesis.

**Results.** In patients of group 1 treated with locked intramedullary osteosynthesis, good anatomical and functional treatment results were achieved in 70 % of cases; satisfactory treatment results – in 25.2 % of cases, unsatisfactory results – in 4.8 %. In the group 2, good results were achieved in 61.9 % of cases, satisfactory – in 29.6 %, unsatisfactory – in 8.5 %.

**Conclusion.** The obtained results of treatment of femoral diaphysis fractures show the undeniable advantage of using locked intramedullary osteosynthesis compared to extramedullary osteosynthesis.

**Key words:** femoral diaphysis fracture, extramedullary osteosynthesis, locked intramedullary osteosynthesis, complications of femoral osteosynthesis

Received: 12.02.2023  
Accepted: 01.11.2023  
Published: 05.12.2023

**For citation:** Fedorov V.G., Kuzin I.V. The results of treatment of femoral diaphysis fractures using locked intramedullary osteosynthesis and extramedullary osteosynthesis (results for 10 years). *Acta biomechanica scientifica*. 2023; 8(5): 166-173. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.18

## ВВЕДЕНИЕ

Переломы диафиза бедренной кости являются одними из наиболее распространённых и значимых повреждений костей конечностей. Особенно часто данные переломы встречаются у пострадавших с множественной и сочетанной травмой. Частота данных повреждений остаётся на высоком уровне все последние годы [1, 2]. В структуре повреждений бедренной кости переломы диафиза занимают до 20 % случаев [3, 4]. От технически правильного и своевременного оперативного лечения данных переломов напрямую зависят качество жизни и дальнейшая трудоспособность пациентов. Частота различных осложнений может варьировать от 5 % до 35 % [5, 6]. Для оперативного лечения существуют и применяются множество различных методик, приоритет применения которых изменялся с течением времени и развитием технологий. С середины XX века упор в основном был сделан на применение наружного остеосинтеза аппаратами внешней фиксации, которые, несмотря на свою эффективность, были достаточно неудобны и трудоёмки в использовании, требовали постоянного ухода за спицами и стержнями, приносили дискомфорт и неудобство пациентам. В конце XX века произошло смещение приоритета при лечении данных переломов в направлении погружного накомного остеосинтеза пластинами [7–10].

В начале XXI века стал активно применяться и в дальнейшем стал золотым стандартом лечения менее инвазивный и более функциональный в послеоперационном периоде способ лечения переломов диафиза бедренной кости интрамедуллярным блокируемым штифтом.

Использование данного метода при оперативном лечении значительно уменьшает травмирование мягких тканей при операционном доступе и сам операционный доступ, исключает необходимость во внешней иммобилизации, позволяет осуществить стабильную прочную фиксацию, сокращает время операции. Блокируемый интрамедуллярный остеосинтез (БИОС) позволяет использовать раннюю активизацию и реабилитационные мероприятия с первых дней после операции, что значительно уменьшает риск развития осложнений в послеоперационном периоде [11, 12].

## ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Провести сплошное ретроспективное одноцелевое сравнительное исследование результатов лечения пациентов с переломами диафиза бедренной кости, лечившихся способом блокируемого интрамедуллярного остеосинтеза и способом накомного остеосинтеза пластинами, за 10 лет. Все операции за исследуемые годы были выполнены хирургическими бригадами травматологического отделения, сформированными из врачей, имеющих высшую и первую квалификационную категорию.

Работа была одобрена на заседании Локального этического комитета при ФГБОУ ВО «Ижевская государствен-

ная медицинская академия» Минздрава России (протокол № 763 от 24.10.2022), выполнена в соответствии с этическими нормами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2013 г. и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утверждёнными приказом Минздрава России от 19.06.2003 № 266. Все пациенты подписали информированное согласие на проведение хирургического вмешательства и публикацию полученных данных без идентификации личности.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В травматологическом отделении БУЗ УР «Первая республиканская клиническая больница Минздрава Удмуртской Республики» интрамедуллярный блокируемый остеосинтез начал применяться с 2010 г. наряду с накомным остеосинтезом. Мы провели сравнительный анализ результатов лечения пациентов с переломами диафиза бедренной кости (по классификации переломов АО: 32A, 32B, 32C) с 2011 по 2020 г.

Не включены в данное исследование пациенты с двойным переломом бедренной кости, оперативное лечение которых производилось двумя способами – блокируемым интрамедуллярным имплантом и накомным остеосинтезом [13].

Статистическая обработка исследований проводилась по двум направлениям. Во-первых, проверялись гипотеза о равенстве выборок анализируемых признаков (Хи-квадрат Пирсона) и гипотеза о разнице эффективности используемых методик лечения (t-критерий Стьюдента). Все вычисления проводились с помощью персонального компьютера.

В отделении за данный период было пролечено 794 пациента в возрасте от 16 до 77 лет с переломами диафиза бедренной кости. Доля лиц трудоспособного возраста составила 75 %.

Открытые переломы наблюдались у 24 (3 %) пациентов, многосегментарные переломы – у 27 (3,4 %) пациентов, патологические переломы (доброкачественные и злокачественные опухоли) – у 8 (1 %).

Пациенты были разделены на две группы в зависимости от применённого метода оперативного лечения. В первую группу вошли пациенты, оперативное лечение которых выполнено способом интрамедуллярного блокируемого остеосинтеза – 500 пациентов. Во вторую группу включены пациенты прооперированные методом накомного остеосинтеза пластинами – 294 пациента.

Количество пролеченных больных в разные годы представлено в таблице 1.

Из данных таблицы видно, что в начале второго десятилетия XXI века БИОС диафиза бедренной кости постепенно становится основным применяемым методом оперативного лечения. Начиная с 2014 г. накомный остеосинтез переломов диафиза бедренной кости постепенно отходит на второй план. К концу второго десятилетия БИОС в нашем отделении применялся уже у 3/4 пациентов.

По виду полученного перелома пациенты распределились следующим образом (табл. 2).

По типу перелома в обеих группах преобладали простые переломы типа А1–А3 ( $\pm 56,8\%$ ). Стоит отметить низкое число сложных переломов типа С1–С3 ( $< 5\%$ ) (табл. 3).

По гендерному составу в обеих группах преобладали лица мужского пола.

Средний возраст пациентов в первой группе составил  $49,76 \pm 20,36$  года, во второй группе –  $47,04 \pm 16,6$  года.

По возрастному и гендерному составу группы сопоставимы между собой, так как статистический анализ не выявил статистически значимых различий ( $p > 0,05$ ).

Пациенты госпитализировались в стационар как первично по экстренным показаниям, так и переводом из центральных районных больниц (ЦРБ) для оператив-

ного лечения в первые несколько суток после травмы. При госпитализации выполняли стандартные манипуляции и обследование в соответствии с принятыми стандартами – при переломах костей нижних конечностей обязательно включалось ультразвуковое исследование (УЗИ) сосудов нижней конечности для исключения тромбов в венах. Наш исходный посыл для УЗИ вен нижних конечностей состоит в том, что в соответствии со шкалой индивидуальной оценки риска развития венозных тромбоэмболических осложнений по Каприни, у всех наших пациентов он был умеренный или высокий (постельный режим более 72 часов и тяжесть оперативного лечения) [14]. До операции больные с травмами нижних конечностей находились на скелетном вытяжении, либо по экстренным показаниям был выполнен остеосинтез аппаратом внешней фиксации как этап предоперационной подготовки.

**ТАБЛИЦА 1**  
**КОЛИЧЕСТВО БОЛЬНЫХ С ПЕРЕЛОМАМИ ДИАФИЗЫ БЕДРЕННОЙ КОСТИ ЗА 10 ЛЕТ (БИОС И НАКОСТНЫЙ ОСТЕОСИНТЕЗ)**

Метод оперативного лечения	Год										Всего (чел.)
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
БИОС	15	50	44	36	40	47	50	65	77	76	500
Накостный остеосинтез пластинами	49	43	44	39	32	27	18	16	13	13	294

**TABLE 1**  
**NUMBER OF PATIENTS WITH FEMORAL DIAPHYSIS FRACTURES FOR 10 YEARS (LOCKED INTRAMEDULLARY AND EXTRAMEDULLARY OSTEOSYNTHESIS)**

**ТАБЛИЦА 2**  
**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БОЛЬНЫХ ПО ТИПУ ПЕРЕЛОМА**

Вид перелома по классификации АО	Пациенты, пролеченные методом БИОС	Пациенты, пролеченные методом накостного остеосинтеза
Переломы типа А1–А3	291 (58,2 %)	163 (55,4 %)
Переломы типа В1–В3	189 (37,8 %)	125 (42,5 %)
Переломы типа С1–С3	20 (4 %)	6 (2,1 %)
Всего	500 (100 %)	294 (100 %)

**TABLE 2**  
**DISTRIBUTION OF PATIENTS BY THE TYPE OF FRACTURE**

**ТАБЛИЦА 3**  
**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БОЛЬНЫХ ПО ВОЗРАСТУ И ПОЛУ**

Возраст (годы)	Пациенты, пролеченные БИОС	Пациенты, пролеченные методом БИОС		Пациенты, пролеченные методом накостного остеосинтеза	Пациенты, пролеченные методом накостного остеосинтеза	
		Мужчины	Женщины		Мужчины	Женщины
16–18 лет	10 (2 %)	5 (50 %)	5 (50 %)	8 (2,7 %)	5 (62,5 %)	3 (37,5 %)
19–45 лет	172 (34,4 %)	95 (55,2 %)	77 (44,8 %)	115 (39,1 %)	63 (54,8 %)	52 (45,2 %)
46–60 лет	180 (36 %)	94 (52,2 %)	86 (47,8 %)	105 (35,7 %)	59 (56,2 %)	46 (43,8 %)
61 год и старше	138 (27,6 %)	71 (51,5 %)	67 (48,5 %)	66 (22,5 %)	37 (56 %)	29 (46 %)
Всего	500 (100 %)	265 (53 %)	235 (47 %)	294 (100 %)	164 (57,3 %)	130 (42,7 %)

**TABLE 3**  
**DISTRIBUTION OF PATIENTS BY AGE AND GENDER**

**ТАБЛИЦА 4**  
**СИСТЕМА ОЦЕНКИ ИСХОДОВ ЛЕЧЕНИЯ**  
**ПЕРЕЛОМОВ БЕДРЕННОЙ КОСТИ**  
**ПО ЛЮБОШИЦУ – МАТТИСУ – ШВАРЦБЕРГУ**

**TABLE 4**  
**SYSTEM FOR ASSESSING THE OUTCOMES**  
**OF TREATMENT OF FEMORAL FRACTURES ACCORDING**  
**TO LUBOSHITZ – MATTIS – SCHWARZBERG**

Показатель	Оценка, баллы		
	4	3	2
Боль	отсутствует	при тяжёлой физической нагрузке	при легкой физической нагрузке
Рентгенологические признаки консолидации перелома	сращение в среднефизиологический срок	замедленная консолидация	ложный сустав
Укорочение (анатомическое)	отсутствует	до 2 см	более 2 см
Деформация сегмента	отсутствует	до 10°	свыше 10°
Объём движений в смежных суставах	полный	незначительные ограничения	выраженные ограничения
Атрофия мышц бедра	отсутствует	до 2 см	более 2 см
Сосудистые нарушения	отсутствуют	гипостатические отеки	отеки и другие нарушения
Неврологические нарушения	отсутствуют	парез нервов	паралич нервов
Инфекционные осложнения	отсутствуют	мягких тканей	остеомиелит
Функциональная пригодность конечности, трудоспособность	восстановлена, средства дополнительной опоры не требуются	использование трости, ортопедической обуви	утрата опорной функции конечности; необходимость использования костылей

Операции выполнялись по стихии острого периода после выведения пациентов из шока, в среднем на 5–10-й день. При наличии венозного тромбоза в венах нижней конечности проводилось лечение антикоагулянтами с последующим УЗИ-контролем вен.

В послеоперационном периоде независимо от способа остеосинтеза бедренной кости применялась ранняя реабилитация. Движения в смежных к перелому суставах начинались с первого дня после операции. Осевую нагрузку (ходьбу) разрешали на следующий день после операции или по спадении отёка, с использованием средств разгрузки на 3–4-й день в зависимости от соматического и функционального состояния пациента и способа остеосинтеза. При БИОС частичная нагрузка – до 30 % от веса пациента (слегка приступить) – допустима на второй-третий день, а при накостном остеосинтезе – через два месяца. При выписке из стационара в рекомендациях при БИОС указывали о необходимости динамизации через 2 месяца с момента операции, т. к. своевременная динамизация является профилактикой замедленной консолидации и формирования ложного сустава [15, 16].

Оценку результатов лечения и анатомо-функциональное состояние конечности проводили по системе Любошица – Маттиса – Шварцберга [17–19] с учетом степени возвращения пациента к преморбидному уровню функции конечности. Комплексную оценку полученных результатов лечения проводили с использованием клинических параметров, представленных в таблице 4.

При изучении анатомо-функциональных результатов оценивались 10 параметров, характеризующих как адекватность репаративного остеогенеза и его рентгенологическое отображение, так и результат реабилитации пациентов. Каждый из этих показателей оценивался в баллах – 4, 3, 2. Оценку результата лечения получали путём деления суммы цифровых выражений всех показателей на количество изучавшихся показателей. Полученное среднее числовое выражение для анатомо-функционального результата (индекс) соответствовало определённому результату лечения. Хорошим считался такой анатомо-функциональный результат, при котором индекс лечения был равен 3,5–4, удовлетворительным – при индексе 2,6–3,4 и неудовлетворительным – при индексе 2,5 балла и меньше (табл. 4).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты оперативного лечения отслежены у всех больных через 8–12 месяцев (табл. 5).

В первой группе пациентов, пролеченных методом БИОС, хорошие анатомо-функциональные результаты лечения были достигнуты у 350 (70 %) человек, удовлетворительные – у 126 (25,2 %) человек, неудовлетворительные – у 24 (4,8 %) человек.

Осложнения в виде несращения перелома и формирования ложного сустава выявлены в 23 случаях (4,6 %). В основном данные осложнения развивались в группе

**ТАБЛИЦА 5**  
**РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ ОБЕИХ ГРУПП**  
**И ЧАСТОТА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОСЛОЖНЕНИЙ**

**TABLE 5**  
**THE RESULTS OF TREATMENT OF PATIENTS**  
**IN BOTH GROUPS AND THE FREQUENCY**  
**OF COMPLICATIONS**

Группа пациентов	Лечение методом БИОС		Лечение методом накостного остеосинтеза пластинами	
	n	%	n	%
Результаты лечения				
Хорошие	350	70 %	182	61,9 %
Удовлетворительные	126	25,2 %	87	29,6 %
Неудовлетворительные	24	4,8 %	25	8,5 %
Всего	500	100 %	294	100 %
Возникшие осложнения				
Формирование ложного сустава	23	4,6 %	26	8,8 %
Инфекционные осложнения	7	1,4 %	6	2 %
Миграция и поломка имплантата	11	2,2 %	10	3,4 %
Всего	41	8,2 %	42	14,2 %

пациентов трудоспособного возраста, от 19 до 60 лет. Причиной данных осложнений являлись: интерпозиция мягких тканей; недостаточно точная репозиция; сочетанная травма у пациента; отсутствие нагрузки на прооперированную конечность; не проведенная или не вовремя выполненная динамизация области перелома. Инфекционные осложнения, по литературным данным, составляют до 4 % [20]; по нашим данным, они имелись у 1,4 % прооперированных пациентов (7 человек) при открытых переломах и на фоне, как правило, высокоэнергетической травмы. Обычная антибиотикотерапия после некрэтомии приводила к излечению. Это связано с тем, что пациенты с подозрением на возможность инфекционного осложнения после выполненной операции находились под постоянным динамическим наблюдением.

Пациентам, имеющим признаки формирования несращения, выполнялись на ранних сроках (1,5 срока от должного среднефизиологического сращения конкретной кости, т. е. через 5–6 месяцев) следующие операции: замена стержня на больший диаметр с рассверливанием костномозгового канала; открытая репозиция с устранением смещения и устранением интерпозиции мягких тканей; костная пластика по Хахутову без удаления блокируемого стержня.

Осложнения в виде миграции и перелома блокируемого стержня и винтов наблюдались в 11 (2,2 %) случаях. Данные осложнения связаны с ошибками в технике операции, непроведением динамизации перелома и излишней активностью в виде полноценной ранней нагрузки (несоблюдение рекомендаций лечащего врача при выписке больного из стационара). Лечение в данном случае заключалось в удалении сломанной конструкции и реостеосинтезе штифтом большего диаметра.

Во второй группе пациентов, пролеченных методом накостного остеосинтеза пластинами, хорошие анатомо-функциональные результаты лечения были достигнуты у 182 (61,9 %) пациентов, удовлетворительные результаты лечения – у 87 (29,6 %) пациентов, неудовлетворительные результаты лечения – у 25 (8,5 %) пациентов.

Несращения и формирование ложного сустава были выявлены у 26 (8,8 %) пациентов. Причиной данных осложнений послужили: нестабильная и неточная фиксация костных отломков, интерпозиция мягких тканей между отломками; слишком ранняя нагрузка на прооперированную конечность; неэффективная иммобилизация [21, 22].

Для ликвидации несращения выполнялись следующие хирургические операции: повторный реостеосинтез пластиной после иссечения рубцовой ткани; удаление пластины; костная пластика по Хахутову; остеосинтез блокируемым стержнем.

Инфекционные осложнения возникли у 6 (2 %) пациентов. Миграция и поломка металлоконструкций произошли у 10 (3,4 %) пациентов. Данные осложнения возникли из-за недостаточно стабильной фиксации, чрезмерной ранней нагрузки на прооперированную конечность и неадекватной иммобилизации.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Таким образом, десятилетний опыт лечения 794 пациентов с переломами диафиза бедренной кости показал высокую эффективность применяемых методик лечения. В целом анатомо-функциональные результаты лечения на хорошем и удовлетворительном уровне были достигнуты у 745 (93,8 %) пациентов. При использовании блоки-

руемого интрамедуллярного остеосинтеза риск различных видов осложнений оказался значительно ниже, чем при лечении методом накостного остеосинтеза пластинами. Количество несращений и образований ложного сустава ниже на 4,2 %, инфекционных осложнений – на 0,8 %. Также блокируемый стержень более устойчив к нагрузкам, и риск поломки и миграции металлоконструкций ниже на 2 % [23–25]. Данные результаты доказаны статистическим анализом, при котором значение t-критерия Стьюдента составило 2,50, то есть различия были статистически значимы ( $p = 0,012664$ ). Критическое значение t-критерия Стьюдента составило 1,972 при уровне значимости  $\alpha = 0,05$ .

Блокируемый интрамедуллярный остеосинтез стал золотым стандартом лечения диафизарных переломов бедренной кости по ряду причин. Его использование позволяет давать раннюю нагрузку на прооперированную конечность, не требует дополнительной иммобилизации, что является ключевым фактором, дающим возможность проводить раннюю реабилитацию пациентов, которая особенно важна для пациентов пожилого, старческого возраста и лиц с сопутствующими заболеваниями. Также при использовании БИОС снижается риск развития инфекционных осложнений и миграции металлоконструкций. Безусловно, БИОС – менее травматичный метод оперативного лечения, требующий минимального оперативного доступа, минимизирующий кровопотерю во время операции и при правильном использовании и необходимом опыте сокращающий время операции по сравнению с накостным остеосинтезом. Всё вышесказанное позволяет сократить период пребывания пациентов в стационаре и тем самым увеличить оборот койки и экономическую эффективность отделения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наилучшие результаты лечения переломов диафи-за бедренной кости были достигнуты при использовании блокируемого интрамедуллярного остеосинтеза (95,2 %) по сравнению с накостным остеосинтезом пластинами (91,5 %).

Данный метод оперативного лечения недаром считается «золотым стандартом лечения» диафизарных переломов длинных трубчатых костей.

Несмотря на свои преимущества и эффективность, не всегда в силу различных факторов удаётся применить данный метод лечения, поэтому индивидуальный подход к выбору метода оперативного лечения остаётся актуальным.

### Конфликт интересов

Авторы данной статьи заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Губин А.В., Соломянник И.А., Очкурено А.А., Смоленцев Д.В., Горбатьук Д.С., Волкова А.В. Травматизм, ортопеди-

ческая заболеваемость, организация травматолого-ортопедической помощи в Российской Федерации в 2019 году. М.; 2021. [Gubin AV, Solomyannik IA, Ochkurenko AA, Smolentsev DV, Gorbatyuk DS, Volkova AV. *Injuries, orthopedic morbidity, organization of traumatological and orthopedic care in the Russian Federation in 2019*. Moscow; 2021. (In Russ.)].

2. Миронов С.П., Еськин Н.А., Андреева Т.М., Огрызко Е.В., Шелепова Е.А. Динамика травматизма среди взрослого населения Российской Федерации. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2019; (3): 5-13. [Mironov SP, Es'kin NA, Andreeva TM, Ogryzko EV, Shelepova EA. Dynamics of traumatism in adult population of the Russian Federation. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2019; (3): 5-13. (In Russ.)]. doi: 10.17116/vto20190315

3. Бежкинева А.Р., Бахметьев В.И., Кирилов В.А. Повреждения диафизов бедренных костей при падении с высоты. *Журнал анатомии и гистопатологии*. 2017; 6(2): 88-93. [Bezhkineva AR, Bakhmet'ev VI, Kirilov VA. Injury of the femoral diaphysis by falling from height. *Journal of Anatomy and Histopathology*. 2017; 6(2): 88-93. (In Russ.)]. doi: 10.18499/2225-7357-2017-6-2-88-93

4. Rupp M, Biehl C, Budak M, Thormann U, Heiss C, Alt V. Diaphyseal long bone nonunions – types, aetiology, economics, and treatment recommendations. *Int Orthop*. 2018; 42(2): 247-258. doi: 10.1007/s00264-017-3734-5

5. Трепко А.А. Мониторинг первичной инвалидности у лиц разного возраста. *Международный студенческий научный вестник*. 2017; 4-10: 1485-1488. [Trepko AA. Monitoring of primary disability in people of different ages. *International Student Scientific Bulletin*. 2017; 4-10: 1485-1488. (In Russ.)].

6. Ермакова А.Е., Киндрас М.Н. Особенности первичной инвалидности у лиц разного возраста. *Клиническая геронтология*. 2016; 22(9-10): 29-30. [Ermakova AE, Kindras MN. Features of primary disability in people of different age. *Clinical gerontology*. 2016; 22(9-10): 29-30. (In Russ.)].

7. Бельский И.Г., Хоминет В.В. Исторические параллели развития интрамедуллярного остеосинтеза. Состояние и перспективы. *Современные проблемы науки и образования*. 2020; (5). [Belenkiy IG, Khominets VV. Historical parallels in the development of intramedullary osteosynthesis. Status and prospects. *Modern Problems of Science and Education*. 2020; (5). (In Russ.)]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=30055> [дата доступа: 06.09.2022].

8. *Depuy: History*. URL: <http://www.depuy.com/about-depuy/corporate-info/history> [date of access: 14.07.2020].

9. Чернецкий В.Ю. Совершенствование накостного остеосинтеза: исторические аспекты и перспективы развития. *Университетская клиника*. 2020; 4(37): 66-76. [Chernetsky VYu. Improvement of plate osteosynthesis: Historical aspects and prospects for development. *The University Clinic*. 2020; 4(37): 66-76. (In Russ.)].

10. Бельский И.Г., Сергеев Д.С., Гудзь Ю.В., Григорян Ф.С. История, современное состояние и перспективы развития методов накостного остеосинтеза *Современные проблемы науки и образования*. 2016; (5): 77. [Belenkiy IG, Sergeev DS, Gudzy YuV, Grigoryan FS. History, current state and prospects for the development of methods of bone osteosynthesis. *Modern Problems of Science and Education*. 2016; (5): 77. (In Russ.)].

11. Майоров Б.А., Бельский И.Г., Кочиш А.Ю. Сравнительный анализ результатов использования трех способов

остеосинтеза при переломах диафиза плечевой кости. *Гений ортопедии*. 2017; 23(3): 284-291. [Maierov BA, Belen'kii IG, Kochish AYU. Comparison analysis of using three methods for humeral shaft fracture osteosynthesis. *Genij Ortopedii*. 2017; 23(3): 284-291. (In Russ.)]. doi: 10.18019/1028-4427-2017-23-3-284-291

12. Ямковой А.Д. *Остеосинтез переломов длинных костей конечностей гвоздями с пластической деформацией*: дис. ... канд. мед. наук. М.; 2017. [Yamkova AD. *Osteosynthesis of fractures of long bones using nails with plastic deformation*: Dissertation of the Cand. Sc. (Med.). Moscow; 2017. (In Russ.)].

13. Angelini A, Mavrogenis AF, Crimi A, Georgoulis J, Sioutis S, Bekos A, et al. Double fractures of the femur: a review of 16 patients. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2021; 31: 1345-1354. doi: 10.1007/s00590-021-02873-w

14. Лобастов К.В., Ковальчук А.В., Барганжия А.Б., Шастливцев И.В., Лаберко Л.А. Приверженность использованию шкалы Каприни среди отечественных специалистов: результаты электронного анкетирования. *Хирург*. 2022; (6): 54-63. [Lobastov KV, Kovalchuk AV, Barganzhiya AB, Schastlivtsev IV, Laberko LA. Adherence to the use of the Caprini score among Russian specialists: Results of an electronic survey. *Surgeon*. 2022; (6): 54-63. (In Russ.)]. doi: 10.33920/med-15-2206-06

15. Федоров В.Г., Кузин И.В., Шапранов О.Н. интрамедуллярный блокируемый остеосинтез бедренной кости: виды несращения и ложных суставов. *Современные проблемы науки и образования*. 2019; (6). [Fedorov VG, Kuzin IV, Shapranov ON. Intramedullary locked osteosynthesis of the femur: Types of non-unions and pseudarthrosis. *Modern Problems of Science and Education*. 2019; (6). (In Russ.)]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=29386> [дата доступа: 06.03.2022]

16. *Переломы бедренной кости (кроме проксимального отдела бедренной кости). Клинические рекомендации*. М.: 2021. [Fractures of the femur (except for the proximal femur). *Clinical recommendations*. Moscow; 2021. (In Russ.)].

17. Любошиц И.А., Маттис Э.Р. Анатомо-функциональная оценка исходов лечения больных с переломами длинных трубчатых костей и их последствий. *Ортопедия, травматология и протезирование*. 1980; 3: 47-52. [Lyuboshits IA, Mattis ER. Anatomical and functional assessment of treatment outcomes of patients with fractures of long tubular bones and their consequences. *Orthopaedics, Traumatology and Prosthetics*. 1980; 3: 47-52. (In Russ.)].

18. Маттис Э.Р. *Оценка исходов переломов костей опорно-двигательного аппарата и их последствий: методические рекомендации*. М.; 1983. [Mattis ER. *Assessing the outcomes*

*of fractures of the musculoskeletal system and their consequences: methodological recommendations*. Moscow; 1983. (In Russ.)].

19. Шварцберг И.Л. Методика оценки результатов лечения переломов длинных трубчатых костей. *Ортопедия, травматология*. 1980; 3: 52-55. [Shvartsberg IL. Methodology for assessing the results of treatment of fractures of long tubular bones. *Ortopediya, travmatologiya*. 1980; 3: 52-55. (In Russ.)].

20. Теляков А.Б., Теляков Х.А., Голубина И.В., Аллаберганов Ф.Ш. Результаты блокирующего интрамедуллярного остеосинтеза (БИОС) при диафизарных переломах костей голени. *Вестник науки и образования*. 2019; 7-1(61): 109-112. [Tilyakov AB, Tilyakov KhA, Golubina IV, Allabergenov FSh. Result of blocking intramedullary osteosynthesis (BIOS) for diaphyseal fractures of the shin bone. *Bulletin of Science and Education*. 2019; 7-1(61): 109-112. (In Russ.)].

21. Гайко Г.В., Козак Р.А. Факторы риска развития ложных суставов бедренной кости. *Политравма*. 2012; 4: 14-18. [Gayko GV, Kozak RA. Risk factors of femur pseudoarthrosis development. *Polytrauma*. 2012; 4: 14-18. (In Russ.)].

22. Liska F, Haller B, Voss A, Mehl J, Imhoff FB, Willinger L, et al. Smoking and obesity influence the risk of nonunion in lateral opening wedge, closing wedge and torsional distal femoral osteotomies. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2018; 26(9): 2551-2557. doi: 10.1007/s00167-017-4754-9

23. Муминов А.Ш., Дакимов Ш.К., Юсупов С.Ю., Жаббаров Ж.Ю., Фозилов Х.Т., Орипов А.А., и др. Ретроспективный анализ отдаленных результатов блокирующего интрамедуллярного остеосинтеза у больных с переломами длинных трубчатых костей. *Новый день в медицине*. 2019; 4(28): 222-224. [Muminov ASH, Dakimov ShK, Yusupov SYu, Zhabborov ZhYu, Fozilov KhT, Oripov AA, et al. Retrospective analysis of long-term results of blocking intramedullary osteosynthesis in patients with fractures of long tubular bones. *New Day Medicine*. 2019; 4(28): 222-224. (In Russ.)].

24. Зуби Ю.Х., Сабирова С.И. Анализ результатов лечения больных с переломами блокируемым интрамедуллярным остеосинтезом. *Вестник Казахского национального медицинского университета*. 2019; 1: 276-278. [Zubi YK, Sabirova SI. Analysis of the results of blocking intramedullary osteosynthesis in treatment of patients with fractures. *Vestnik KazNMU*. 2019; 1: 276-278. (In Russ.)].

25. Wang J, Li H, Jia H, Ma X. Intramedullary versus extramedullary fixation in the treatment of subtrochanteric femur fractures: A comprehensive systematic review and meta-analysis. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2020; 54(6): 639-646. doi: 10.5152/j.aott.2020.19216

#### Сведения об авторах

**Федоров Владимир Григорьевич** – доктор медицинских наук, доцент кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии, ФБГОУ ВО «Ижевская государственная медицинская академия» Минздрава России, e-mail: [doctorfvg@ya.ru](mailto:doctorfvg@ya.ru), <https://orcid.org/0000-0002-4811-6067>

**Кузин Игорь Владимирович** – очный аспирант, ассистент кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии, ФБГОУ ВО «Ижевская государственная медицинская академия» Минздрава России, e-mail: [kuz4ig@mail.ru](mailto:kuz4ig@mail.ru)

#### Information about the authors

**Vladimir G. Fedorov** – Dr. Sc. (Med.), Associate Professor at the Department of Traumatology, Orthopedics and Military Surgery, Izhevsk State Medical Academy, e-mail: [doctorfvg@ya.ru](mailto:doctorfvg@ya.ru), <https://orcid.org/0000-0002-4811-6067>

**Igor V. Kuzin** – Postgraduate, Teaching Assistant at the Department of Traumatology, Orthopedics and Military Surgery, Izhevsk State Medical Academy, e-mail: [kuz4ig@mail.ru](mailto:kuz4ig@mail.ru)

## РЕКОНСТРУКЦИЯ ПЕРЕДНЕГО ОТДЕЛА СТОПЫ ПРИ БРАХИМЕТАТАРЗИИ

Усольцев И.В.,  
Леонова С.Н.,  
Косарева М.А.

ФГБНУ «Иркутский научный центр  
хирургии и травматологии» (664003,  
г. Иркутск, ул. Борцов Революции, 1,  
Россия)

Автор, ответственный за переписку:  
Усольцев Иван Владимирович,  
e-mail: ivu38@mail.ru

### РЕЗЮМЕ

**Введение.** Брахиметатарзия – редкий порок развития, характеризующийся аномальным укорочением одной или нескольких плюсневых костей. В клинической картине чаще всего преобладают жалобы на эстетическую неудовлетворённость, а также на боли в переднем отделе стопы, вызванные механической дисфункцией. Радикальным способом решения проблемы является хирургический метод лечения.

**Цель исследования.** Продемонстрировать редкое клиническое наблюдение пациента с двусторонней брахиметатарзией обеих стоп.

**Материалы и методы.** В статье представлен случай этапного лечения пациентки с двусторонней брахиметатарзией с укорочением III и IV плюсневых костей в сочетании с вальгусным отклонением первого пальца.

**Результаты и их обсуждение.** Согласно протоколу, пациентке была выполнена этапная реконструкция переднего отдела обеих стоп с вмешательством на всех пяти плюсневых костях. По прошествии всех реабилитационных мероприятий произошло полное восстановление всех функций обеих нижних конечностей после операции, а также отмечена удовлетворённость пациентки эстетическим результатом выполненной операции.

**Выводы.** Полученный результат лечения пациентки с двусторонней брахиметатарзией позволяет сделать вывод о приемлемости использования данной группы методик с обязательным предоперационным расчётом необходимого укорочения и удлинения плюсневых костей, ориентируясь на параметры метатарзальной формулы переднего отдела стопы, даже в сочетании с другими деформациями.

**Ключевые слова:** брахиметатарзия, вальгусное отклонение I пальца, деформация переднего отдела стопы, хирургическое лечение

Статья поступила: 02.11.2023  
Статья принята: 21.11.2023  
Статья опубликована: 05.12.2023

**Для цитирования:** Усольцев И.В., Леонова С.Н., Косарева М.А. Реконструкция переднего отдела стопы при брахиметатарзии. *Acta biomedica scientifica*. 2023; 8(5): 174-181. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.19

## FOREFOOT RECONSTRUCTION IN BRACHYMETATARSIA

Usoltsev I.V.,  
Leonova S.N.,  
Kosareva M.A.

Irkutsk Scientific Centre of Surgery  
and Traumatology  
(Bortsov Revolyutsii str. 1, Irkutsk 664003,  
Russian Federation)

Corresponding author:  
Ivan V. Usoltsev,  
e-mail: ivu38@mail.ru

### ABSTRACT

**Background.** Brachymetatarsia is a rare disease characterized by abnormal shortening of one or more metatarsal bones. The clinical picture is most often dominated by complaints of aesthetic dissatisfaction, as well as pain in the forefoot caused by mechanical dysfunction. A radical way to solve the problem is surgical treatment. **The aim.** To demonstrate a rare clinical observation of a patient with bilateral brachymetatarsia of both feet.

**Materials and methods.** The article presents a case of stepwise treatment of a patient with bilateral brachymetatarsia with shortening of the III and IV metatarsal bones in combination with hallux valgus.

**Results and discussion.** According to the protocol, the patient underwent stepwise reconstruction of the forefoot of both feet with intervention on all five metatarsal bones. After all the rehabilitation measures, there was a complete restoration of all functions of both lower limbs after the surgery, and the patient was satisfied with the aesthetic result of the surgical treatment.

**Conclusions.** The obtained result of treatment of a patient with bilateral brachymetatarsia allows us to conclude that the use of this group of techniques is acceptable with the obligatory preoperative calculation of the necessary shortening and lengthening of the metatarsal bones, focusing on the parameters of the metatarsal formula of the forefoot, even in combination with other deformities.

**Key words:** brachymetatarsia, hallux valgus, forefoot deformity, surgical treatment

Received: 02.11.2023  
Accepted: 21.11.2023  
Published: 05.12.2023

**For citation:** Usoltsev I.V., Leonova S.N., Kosareva M.A. Forefoot reconstruction in brachymetatarsia. *Acta biomechanica scientifica*. 2023; 8(5): 174-181. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.19

## ВВЕДЕНИЕ

Брахиметатарзия – редкий порок развития, характеризующийся аномальным укорочением одной или нескольких плюсневых костей с нарушением метатарзальной параболы более чем на 5 мм [1–3]. Частота встречаемости данного заболевания, по данным литературы, составляет от 0,02 до 0,05 %; чаще оно развивается у женщин – в соотношении 25:1 [2, 4–6]. Брахиметатарзия является следствием замедленного роста или преждевременного закрытия эпифизарной пластинки [7]. Причина этого состояния может быть врождённой, посттравматической, постинфекционной, ятрогенной или вторичной по отношению к системным заболеваниям, таким как злокачественные новообразования, серповидноклеточная анемия, псевдогиперпаратиреоз, синдром Тернера, синдром Дауна, синдром Аперта, атиреоз или остеодистрофия.

В большинстве случаев поражается четвертая плюсневая кость, от 36 до 72 % случаев патология является двусторонней [1, 7, 8]. В клинической картине чаще всего преобладают жалобы на эстетическую неудовлетворённость, а также на боли в переднем отделе стопы, вызванные механической дисфункцией [9, 10].

Деформация, как правило, проявляется в возрасте 5–7 лет, постепенно прогрессируя по мере роста, и к 12 годам укорочение составляет 15–45 % длины плюсневой кости [11].

Лечение брахиметатарсии может быть консервативным или хирургическим. Консервативное лечение заключается в ношении удобной обуви; однако это не решает косметической проблемы. Описаны различные хирургические методы лечения: постепенная удлиняющая дистракция с помощью аппарата внешней фиксации (АВФ) и одномоментное удлинение. Однако в настоящее время нет единого мнения относительно хирургического лечения, поскольку каждое лечение имеет свои преимущества и недостатки.

## ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

В статье представлен случай этапного лечения пациентки с двусторонней брахиметатарзией с укорочением III и IV плюсневых костей в сочетании с вальгусным отклонением первого пальца.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Пациентка С., 21 год. Поступила в клинику ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии» на оперативное лечение с диагнозом: двусторонняя врождённая брахиметатарзия. Абсолютное укорочение III–IV плюсневых костей. Вальгусное отклонение I пальца. Болевой синдром. Пациентка подписала информированное согласие и разрешение на использование её данных для научных исследований.

Из анамнеза: пациентка считает себя больной с детства, когда в возрасте 6 лет на фоне полного благопо-

лучия впервые обратила внимание на укорочение III и IV пальцев обеих стоп. Со временем укорочение вышеуказанных пальцев только прогрессировало, консервативное лечение должного эффекта не дало. Помимо брахиметатарзии, в подростковом возрасте у пациентки сформировалось вальгусное отклонение I пальца обеих стоп, которое к моменту госпитализации достигало 35°, что в свою очередь только усугубляло общий эстетический дефект, а также было дополнительным источником жалоб. Сочетание вальгусного отклонения I пальца и брахиметатарзии требовало симультанного вмешательства на всех пяти плюсневых костях (рис. 1, 2). Было принято решение об этапности хирургической реабилитации: сначала выполнить операцию на правой стопе, затем на левой.



**РИС. 1.**  
Пациентка С. Внешний вид обеих стоп до операции (вид сверху)

**FIG. 1.**  
Patient S. External view of both feet before the surgery (top view)



**РИС. 2.**  
Пациентка С. Внешний вид обеих стоп до операции (вид спереди)

**FIG. 2.**  
Patient S. External view of both feet before the surgery (front view)

## ПРЕДОПЕРАЦИОННОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

В качестве способа для оперативного вмешательства была выбрана оригинальная методика Л.Г. Макиняна и соавт. [12], разработанная для лечения брахиметатарзии только IV плюсневой кости, которая подразумевала увеличение её длины путём свободной костной пластики фрагментом цилиндрической формы, взятого из соседней V плюсневой кости. Выполнялась интрамедуллярная фиксация обеих остеотомированных костей при помощи канюлированных винтов. При этом размер трансплантата определялся таким образом, чтобы IV плюсневая кость оказалась короче III плюсневой кости на 3–5 мм. В представленном клиническом наблюдении имело место укорочение сразу двух плюсневых костей (III и IV), что потребовало дополнительного забора трансплантата из II плюсневой кости для увеличения длины III плюсневой кости (рис. 3).



**РИС. 3.**  
Пациентка С. Рентгенограмма правой стопы до операции (прямая проекция)

**FIG. 3.**  
Patient S. X-ray of the right foot before the surgery (anteroposterior view)

При расчёте необходимого укорочения/удлинения плюсневых костей мы ориентировались на метатарзальную формулу:  $I \leq II > III > IV > V$  [13], и в данном примере было рассчитано, что величина необходимого укорочения II плюсневой кости и необходимого удлинения III плюсневой кости соответствует 10 мм. Затем была установлена величина необходимого укорочения

V плюсневой кости и необходимого удлинения IV плюсневой кости, которая также соответствовала 10 мм. Учитывая наличие сопутствующего вальгусного отклонения I пальца, потребовалось определить величину необходимого укорочения и I плюсневой кости, равную 10 мм.

## ТЕХНИКА ОПЕРАЦИИ

Оперативное вмешательство проводилось с использованием пневможгута в нижней трети бедра. После трёхкратной обработки раствором антисептика правой стопы тремя проекционными разрезами по внутренней и тыльной поверхности выполнен доступ к плюсневым костям стопы. Оперативное пособие было начато с коррекции вальгусного отклонения I пальца, стандартными этапами которого являлось: медальная экзостозэктомия, релиз латерального отдела I плюснефалангового сустава, а также корригирующая scarf-остеотомия I плюсневой кости с запланированным укорочением на 10 мм. Костные фрагменты фиксировали канюлированным винтом диаметром 2,5 мм и длиной 22 мм. Дополнительно на первом пальце выполнили остеотомию по Akin с фиксацией канюлированным винтом диаметром 2,5 мм и длиной 22 мм.

Далее из отдельного проекционного разреза длиной 5,0 см во втором межплюсневом промежутке выполнен доступ ко II–III плюснефаланговому суставу, проксимальному метадиафизу II–III плюсневой кости. Произведены две поперечные остеотомии II плюсневой кости: первая – на уровне дистального метадиафиза. Для выполнения второй, отступив 10 мм проксимально, получали цилиндрический трансплантат, который был погружен в физиологический раствор. Фрагменты II плюсневой кости сопоставлены и фиксированы канюлированным винтом. Из того же доступа на уровне дистального метадиафиза выполнена остеотомия III плюсневой кости, фрагменты разведены по оси, и между ними внедрён трансплантат длиной 10 мм из II плюсневой кости. Осуществлена интрамедуллярная фиксация всех фрагментов III плюсневой кости канюлированным винтом. Затем из дополнительного разреза размером 5,0 см в четвёртом межплюсневом промежутке выполнен доступ к IV–V плюснефаланговому суставу, проксимальному метадиафизу IV–V плюсневой кости. Аналогичным образом был осуществлён забор цилиндрического трансплантата из V плюсневой кости, размер которого составил 10 мм. Фрагменты V плюсневой кости сопоставлены и фиксированы канюлированным винтом. Из того же доступа на уровне дистального метадиафиза выполнена остеотомия IV плюсневой кости, фрагменты разведены по оси, и между ними внедрён трансплантат длиной 10 мм из V плюсневой кости. Осуществлена интрамедуллярная фиксация всех фрагментов IV плюсневой кости канюлированным винтом. Проведён заключительный контроль стабильности остеосинтеза остеотомированных костей, лаваж ран растворами антисептиков; на раны наложены послойные швы (рис. 4). Наложены асептические повязки. Выполнены эластичное бинтование нижних конечностей, иммобилизация правой стопы ортопедическим ботинком, рентгенологический контроль (рис. 5).



**РИС. 4.**  
Пациентка С. Внешний вид правой стопы после операции  
**FIG. 4.**  
Patient S. External view of the right foot after the surgery



**РИС. 5.**  
Пациентка С. Рентгенограмма правой стопы после операции (прямая проекция)  
**FIG. 5.**  
Patient S. X-ray of the right foot after the surgery (anteroposterior view)

## ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОЕ ВЕДЕНИЕ

Согласно протоколу ведения пациентов после подобных операций, была рекомендована иммобилизация оперированной стопы в течение 6 недель в ортопедическом ботинке с разгрузкой переднего отдела. За время лечения в клинике не было отмечено никаких отклонений в состоянии пациентки, клинико-лабораторных показателей, что позволило выписать её на амбулаторный этап лечения. Швы сняты на 14-е сутки. После выполнения контрольной рентгенографии была прекращена иммобилизация и разрешена ходьба с постепенным увеличением нагрузки, а также рекомендованы курсы физиопроцедур и лимфодренажного массажа. Купирование послеоперационного отёка и восстановление опороспособности стопы позволили пациентке вернуться к своему обычному образу жизни без каких-либо ограничений (рис. 6, 7).



**РИС. 6.**  
Пациентка С. Внешний вид правой стопы через 1 год после операции  
**FIG. 6.**  
Patient S. External view of the right foot 1 year after the surgery

По прошествии года после выполненной операции на правой стопе по аналогичному алгоритму была осуществлена операция и на левой стопе (рис. 8–10).



**РИС. 7.**

Пациентка С. Рентгенограмма правой стопы через 1 год после операции (прямая проекция)

**FIG. 7.**

Patient S. X-ray of the right foot 1 year after the surgery (anteroposterior view)



**РИС. 9.**

Пациентка С. Внешний вид левой стопы после операции

**FIG. 9.**

Patient S. External view of the left foot after the surgery



**РИС. 8.**

Пациентка С. Рентгенограмма левой стопы до операции (прямая проекция)

**FIG. 8.**

Patient S. X-ray of the left foot before the surgery (anteroposterior view)



**РИС. 10.**

Пациентка С. Рентгенограмма левой стопы после операции (прямая проекция)

**FIG. 10.**

Patient S. X-ray of the left foot after the surgery (anteroposterior view)

Послеоперационный период также протекал без особенностей, с восстановлением функции левой стопы (рис. 11–13).



**РИС. 11.**

Пациентка С. Внешний вид обеих стоп: правая стопа – через 2 года после операции, левая стопа – через 1 год после операции (вид сверху)

**FIG. 11.**

Patient S. External view of both feet: right foot – 2 years after the surgery, left foot – 1 year after the surgery (top view)



**РИС. 12.**

Пациентка С. Внешний вид обеих стоп: правая стопа – через 2 года после операции, левая стопа – через 1 год после операции (вид спереди)

**FIG. 12.**

Patient S. External view of both feet: right foot – 2 years after the surgery, left foot – 1 year after the surgery (front view)



**РИС. 13.**

Пациентка С. Рентгенограмма обеих стоп: правая стопа – через 2 года после операции, левая стопа – через 1 год после операции (прямая проекция)

**FIG. 13.**

Patient S. X-ray of both feet: right foot – 2 years after the surgery, left foot – 1 year after the surgery (anteroposterior view)

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Брахиметатарзия – это редкое врождённое заболевание, при котором отмечается абсолютное укорочение одной или нескольких плюсневых костей, с частотой встречаемости в популяции всего 0,05 % [2, 4–6]. Чаще всего отмечается укорочение IV плюсневой кости, реже – III плюсневой кости. Особенностью данного клинического наблюдения является укорочение сразу двух плюсневых костей на обеих стопах, что встречается ещё реже. Другой особенностью было сочетание брахиметатарзии с вальгусным отклонением I пальца, упоминания о котором единичны [14]. Данный феномен не являетсяотягчающим фактором, но увеличивает объём оперативного вмешательства. Хирургический протокол лечения пациентов с брахиметатарзией может быть осуществлён при помощи двух групп методик, которые, если не вдаваться в нюансы, можно описать как одномоментное увеличение длины плюсневой кости при помощи ауто-, алло- или ксенотрансплантатов и фиксации при помощи спиц, винтов или пластин либо как увеличение длины плюсневой кости во времени с использованием АВФ. У обеих этих групп есть свои преимущества и недостатки. Однако длительный период фиксации в АВФ, более высокий риск инфекционных осложнений в области чрескостных элементов, ограничение мобильности пациента по причине затруднения подбора и ношения обуви явились весомыми аргументами при выборе метода лечения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полное восстановление всех функций обеих нижних конечностей после операции, а также удовлетворён-

ность эстетическим результатом позволяют сделать вывод о приемлемости использования данной группы методик с обязательным предоперационным расчётом необходимого укорочения и удлинения плюсневых костей, ориентируясь на параметры метатарзальной формулы переднего отдела стопы, даже в сочетании с другими деформациями.

#### Конфликт интересов

Авторы данной статьи заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы несут полную ответственность за предоставление окончательной версии рукописи в печать.

Все авторы принимали участие в разработке концепции и дизайна исследования и в написании рукописи. Окончательная версия рукописи была одобрена всеми авторами. Авторы не получали гонорар за исследование.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Jones MD, Pinegar DM, Rincker SA. Callus distraction versus single-stage lengthening with bone graft for treatment of brachymetatarsia: A systematic review. *J Foot Ankle Surg.* 2015; 54(5): 927-931. doi: 10.1053/j.jfas.2015.02.013
2. Kim DG, Lee YH, Nam IH, Choi YD. Long term result of Weil osteotomy and callotaxis for bilateral brachymetatarsia: A case report. *J Orthop Case Rep.* 2019; 9(3): 84-86. doi: 10.13107/jocr.2250-0685.1434
3. Zhu D, Lefèvre M, Fernandez A, Galois L. Brachymetatarsia: Surgical management, case report, and literature review. *Case Rep Orthop.* 2022; 2022: 8253096. doi: 10.1155/2022/8253096
4. Córdoba-Fernández A, Vera-Gómez ML. Literature review on brachymetatarsia. *Orthop Nurs.* 2018; 37(5): 292-302. doi: 10.1097/NOR.0000000000000487
5. Woo SH, Bang CY, Ahn H-C, Kim S-J, Choi J-Y. Anatomical reconstruction of the fourth brachymetatarsia with one-stage iliac bone and cartilage cap grafting. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2017; 70(5): 666-672. doi: 10.1016/j.bjps.2017.02.020
6. Fuiano M, Mosca M, Caravelli S, Di Liddo M, Grassi A, Majumdar A, et al. Callus distraction with external fixator for the treatment of congenital brachymetatarsia of the fourth ray. *Foot Ankle Surg.* 2020; 26(6): 693-698. doi: 10.1016/j.fas.2019.08.018
7. Scher DM, Blyakher A, Krantzow M. A modified surgical technique for lengthening of a metatarsal using an external fixator. *HSS J.* 2010; 6(2): 235-239. doi: 10.1007/s11420-010-9160-5
8. Concheiro Barreiro G, Gadañón García A, Giráldez Domínguez JM. Percutaneous foot surgery for the treatment of brachymetatarsia: A case report. *Foot Ankle Surg.* 2017; 23(3): e1-e5. doi: 10.1016/j.fas.2016.11.003
9. Kumar P, Pillai A, Bate J-A, Henry J. Distraction osteogenesis for brachymetatarsia using initial circular fixator and early transfixation metatarsal K-wires – A series of three cases. *J Surg Case Rep.* 2018; (10): rjy269. doi: 10.1093/jscr/rjy269
10. Hosny GA, Ahmed AS. Distraction osteogenesis of fourth brachymetatarsia. *Foot Ankle Surg.* 2016; 22(1): 12-16. doi: 10.1016/j.fas.2015.03.009
11. Коваленко-Клычкова Н.А. Лечение брахиметатарзии у детей. *Травматология и ортопедия России.* 2014; 2(72): 53-61. [Kovalenko-Klychkova NA. Treatment of brachimetatarsia in children. *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2014; 2(72): 53-61. (In Russ.).] doi: 10.21823/2311-2905-2014-0-2-53-61
12. Макинян Л.Г., Тадж А.А., Процко В.Г., Загородный Н.В., Прянишников Р.В., Карданов А.А. Способ одномоментного удлинения плюсневой кости при брахиметатарзии с применением аутоотрансплантата: Пат. № 2711237 Рос. Федерация; МПК А61В 17/58 (2006.01). № 2019126219; заявл. 20.08.2019; опубл. 15.01.2020. Бюл. № 2. [Makinyan LG, Tadz AA, Protsko VG, Zagorodnyi NV, Pryanishnikov RV, Kardanov AA, Method for one-stage elongation of a metatarsal bone in brachymetatarsia using an autograft: Patent No. 2711237 of the Russian Federation. 2020; (2). (In Russ.).]
13. Карданов А.А. Хирургическая коррекция деформаций стопы. М.: Медпрактика-М; 2016. [Kardanov AA. *Surgical correction of foot deformities.* Moscow: Medpraktika-M; 2016. (In Russ.)]
14. Caldiño-Lozada I, Gallegos-de la Torre O, Esperón-Hernández R. Tratamiento integral del antepié con doble braquimetatarsia bilateral en un tiempo quirúrgico. Reporte de un caso [Case report: comprehensive treatment of forefoot with double brachymetatarsia in one surgical stage]. *Acta Ortop Mex.* 2017; 31(2): 86-90. (In Spanish).

#### Сведения об авторах

**Усольцев Иван Владимирович** – кандидат медицинских наук, научный сотрудник научно-клинического отдела травматологии, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: ivu38@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4175-8403>

**Леонова Светлана Николаевна** – доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник научно-клинического отдела травматологии, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: svetlana.leonova.1963@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3675-6355>

**Косарева Мария Анатольевна** – младший научный сотрудник научно-клинического отдела травматологии, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: mary.good.mary@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0530-3409>

#### Information about the authors

**Ivan V. Usoltsev** – Cand. Sc. (Med.), Research Officer at the Clinical Research Department of Traumatology, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: ivu38@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4175-8403>

**Svetlana N. Leonova** – Dr. Sc. (Med.), Leading Research Officer at the Clinical Research Department of Traumatology, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: svetlana.leonova.1963@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3675-6355>

**Mariya A. Kosareva** – Junior Research Officer at the Clinical Research Department of Traumatology, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: mary.good.mary@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0530-3409>

Статья опубликована в рамках Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 25-летию Иркутского научного центра хирургии и травматологии.

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНУСНО-ЛУЧЕВОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ В ДИАГНОСТИКЕ ЗАБОЛЕВАНИЙ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Шолохова Н.А.<sup>1, 2</sup>,  
Жарков Д.К.<sup>1, 2</sup>,  
Лежнев Д.А.<sup>1, 3</sup>,  
Васильев А.Ю.<sup>1, 4</sup>,  
Петровская В.В.<sup>1</sup>,  
Лазаренко Е.Ю.<sup>1, 2</sup>,  
Блинов Н.Н.<sup>1</sup>,  
Сергеева А.Д.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Минздрава России (127473, г. Москва, ул. Делегатская, 20/1, Россия)

<sup>2</sup> ГБУЗ «Детская городская клиническая больница святого Владимира Департамента здравоохранения города Москвы» (107014, г. Москва, ул. Рубцовско-Дворцовая, 1/3, Россия)

<sup>3</sup> ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного медицинского образования» Минздрава России (125993, г. Москва, ул. Баррикадная, 2/1, стр. 1, Россия)

<sup>4</sup> ООО «Центральный научно-исследовательский институт лучевой диагностики» (109431, г. Москва, ул. Авиаконструктора Миля, 15/1, Россия)

Автор, ответственный за переписку:  
**Жарков Даниил Константинович**,  
e-mail: gaspardan@mail.ru

### РЕЗЮМЕ

Высокая частота заболеваемости и широкий спектр патологий опорно-двигательного аппарата обуславливают совершенствование диагностического процесса. Поздняя постановка диагноза приводит к возникновению осложнений, что в свою очередь повышает процент инвалидизации. Поэтому поиск наиболее информативного метода с наименьшей радиационной нагрузкой на пациента остаётся актуальной проблемой для радиологов. Конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ) – современная и перспективная методика, которая уже нашла широкое применение в стоматологии и оториноларингологии. Среди преимуществ КЛКТ можно отметить: объёмное изображение; высокое пространственное разрешение; низкую дозу лучевой нагрузки. Благодаря техническому совершенствованию аппаратуры и появлению новых протоколов обработки изображений появилась возможность расширения показаний к выполнению исследований, в том числе и за счёт съёмки верхних и нижних конечностей. По результатам КЛКТ-исследования можно оценить: форму и контур кости; наличие нарушения целостности кости и положения костных отломков; структуру костной ткани и протекающие в ней патологические процессы (деструкция, остеопороз, остеосклероз); конгруэнтность сустава и изменения суставных поверхностей, окружающих мягкие ткани. Исходя из вышеперечисленного, КЛКТ можно внедрить в диагностический процесс заболеваний костно-суставной системы. Применение данной методики найдёт широкое применение в травматологии и ортопедии (переломы, вывихи, посттравматические деформации, асептические некрозы, остеоартрозы), ревматологии (ревматоидные артриты, полиартропатии, ювенильные артриты, подагра), хирургии (остеомиелиты), онкологии (доброкачественные и злокачественные новообразования костей) как у взрослого населения, так и в педиатрической практике. В данной работе представлен обзор литературы, в которой изучена степень разработанности вопроса применения КЛКТ и описаны протоколы исследования и обработки полученных изображений в диагностике заболеваний опорно-двигательного аппарата.

**Ключевые слова:** лучевая диагностика, конусно-лучевая компьютерная томография, костно-суставная система, опорно-двигательный аппарат

**Для цитирования:** Шолохова Н.А., Жарков Д.К., Лежнев Д.А., Васильев А.Ю., Петровская В.В., Лазаренко Е.Ю., Блинов Н.Н., Сергеева А.Д. Современное состояние вопроса использования конусно-лучевой компьютерной томографии в диагностике заболеваний опорно-двигательного аппарата. *Acta biomedica scientifica*. 2023; 8(5): 182-191. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.20

Статья поступила: 29.05.2023

Статья принята: 18.10.2023

Статья опубликована: 05.12.2023

## THE CURRENT STATE OF THE ISSUE OF USING CONE BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY IN THE DIAGNOSIS OF MUSCULOSKELETAL DISEASES

Sholokhova N.A.<sup>1,2</sup>,  
Zharkov D.K.<sup>1,2</sup>,  
Lezhnev D.A.<sup>1,3</sup>,  
Vasilyev A.Yu.<sup>1,4</sup>,  
Petrovskaya V.V.<sup>1</sup>,  
Lazarenko E.Yu.<sup>1,2</sup>,  
Blinov N.N.<sup>1</sup>,  
Sergeeva A.D.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry (Delegatskaya str. 20/1, Moscow 127473, Russian Federation)

<sup>2</sup> Children's State Hospital of St. Vladimir, Moscow Healthcare Department (Rubtsovsko-Dvortsovaya str. 1/3, Moscow 107014, Russian Federation)

<sup>3</sup> Russian Medical Academy of Continuous Professional Education (Barrikadnaya str. 2/1, Moscow 125993, Russian Federation)

<sup>4</sup> Central Research Institute of Radiation Diagnostics (Aviakonstruktora Milya str. 15/1, Moscow 125993, Russian Federation)

Corresponding author:  
**Daniil K. Zharkov,**  
e-mail: gaspardan@mail.ru

### ABSTRACT

*The high incidence rate and wide range of musculoskeletal pathologies determine the improvement of the diagnostic process. Late diagnosis leads to complications, which in turn increase the percentage of disability. Therefore, the search for the most informative method with the least radiation load on the patient remains an urgent problem for radiologists. Cone beam computed tomography (CBCT) is a modern and promising technique that has already found wide application in dentistry and otorhinolaryngology. Among the advantages of CBCT are: three-dimensional image; high spatial resolution; low radiation dose. Thanks to technical improvements in equipment and the introduction of new image processing protocols, it has become possible to expand the indications for conducting the researches, including the researches based on imaging of the upper and lower extremities. Based on the results of a CBCT study, we can evaluate: the shape and contour of the bone; solution of continuity of the bone and malposition of bone fragments; the structure of bone tissue and the pathological processes occurring in it (destruction, osteoporosis, osteosclerosis); joint congruence and changes in articular surfaces surrounding soft tissues. Therefore, CBCT can be introduced into the diagnostic process of bones and joints diseases. The use of this technique will find wide application in traumatology and orthopedics (fractures, dislocations, post-traumatic deformities, aseptic necrosis, osteoarthritis), rheumatology (rheumatoid arthritis, polyarthropathy, juvenile arthritis, gout), surgery (osteomyelitis), oncology (benign and malignant bone tumors) both in the adult population and in pediatric practice. This paper presents a review of the literature, which examines the degree of development of the issue of using CBCT and describes study protocols and protocols for processing the obtained images in the diagnosis of musculoskeletal diseases.*

**Key words:** radiology, cone beam computed tomography, osteoarticular system, musculoskeletal system

Статья поступила: 29.05.2023

Статья принята: 18.10.2023

Статья опубликована: 05.12.2023

**For citation:** Sholokhova N.A., Zharkov D.K., Lezhnev D.A., Vasilyev A.Yu., Petrovskaya V.V., Lazarenko E.Yu., Blinov N.N., Sergeeva A.D. The current state of the issue of using cone beam computed tomography in the diagnosis of musculoskeletal diseases. *Acta biomedica scientifica*. 2023; 8(5): 182-191. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.20

## АКТУАЛЬНОСТЬ

Частая встречаемость патологии опорно-двигательного аппарата представляет собой актуальную проблему, затрагивающую все возрастные категории населения. По данным статистики, данная группа заболеваний имеет широкое распространение и занимает стабильное 3-е место, уступая только болезням органов дыхания и системы кровообращения [1]. Помимо этого, сохраняются высокие показатели инвалидизации, занимающие 3-е место в структуре первичной инвалидности населения [2]. На этом фоне повышается необходимость постоянного поиска оптимальных диагностических подходов, направленных на получение исчерпывающей информации с одновременным снижением лучевой нагрузки без потери информативности.

Рентгенография считается первичным и рутинным методом в диагностике заболеваний опорно-двигательного аппарата как у взрослых, так и у детей за счёт её общедоступности и скорости выполнения [3, 4]. Однако суммация теней может затруднить визуализацию изменений в костях, особенно при исследовании сложных анатомических структур, таких как кисть и стопа [5]. Мультисрезовая компьютерная томография представляет собой высокоинформативный метод, дающий более информативную картину заболевания, но сопровождающийся высокой дозой лучевой нагрузки на пациента [3, 6].

Конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ) уже нашла широкое применение в стоматологии, челюстно-лицевой хирургии и оториноларингологии [7, 8]. Благодаря техническому совершенствованию аппаратуры, появились конусно-лучевые томографы нового поколения, способные проводить исследования верхних и нижних конечностей [8, 9].

## ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Провести анализ научной информации о состоянии вопроса применения конусно-лучевой компьютерной томографии в диагностике заболеваний опорно-двигательного аппарата.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ) – методика послонной диагностики, основанная на компьютерной реконструкции изображения, получаемого при круговом сканировании объекта конусовидным пучком рентгеновского излучения [10]. У КЛКТ сканеры используют коллимированный рентгеновский луч в виде конуса, в отличие от узкого веерообразного пучка при мультисрезовой компьютерной томографии (МСКТ). КЛКТ имеет импульсный характер излучения, в то время как МСКТ – непрерывный. Полученные проекции данных обрабатываются и в ходе реконструкции изображения могут быть объединены в одном объекте для визуализации [11, 12].

Первое упоминание КЛКТ представлено в публикации Р. Mozzo и соавт. в 1998 г. В своей работе авторы представили новый тип компьютерной томографии и его применение в челюстно-лицевой хирургии и стоматологии [9]. В отечественной литературе в 2012 г. в работе А.Ю. Васильева и соавт. впервые был поднят вопрос о применении КЛКТ в травматологии и представлено новое поколение КЛКТ-томографа. Авторами были описаны следующие преимущества: высокое пространственное разрешение; отсутствие артефактов от металлоконструкций; быстрота проведения исследования [7]. Вместе с этим для КЛКТ отмечается возможность количественной оценки уровня минерализации костной ткани [13].

Основным преимуществом КЛКТ считается высокое пространственное разрешение, позволяющее получить информацию вплоть до мельчайших деталей костной архитектоники [12]. Среди отечественной научной литературы особый вклад отмечается для ряда научных статей Д.В. Макаровой и соавт. (2014–2017), в которых продемонстрированы возможности КЛКТ в ревматологической практике. Так, в наиболее поздней работе авторов было проанализировано 248 КЛКТ-исследований кистей и стоп. Были рассмотрены такие изменения, как остеопороз, сужение суставной щели, кистовидная перестройка, эрозия, остеолит, костная пролиферация, изменения в мягких тканях. По результатам исследования КЛКТ показала более высокую информативность, чем стандартная рентгенография, а в совокупности с низкой лучевой нагрузкой КЛКТ была рекомендована авторами как методика первого этапа диагностики [10].

Вместе с тем У. Aurell и соавт. (2018) также задумались о применении КЛКТ в ревматоидной практике. В своей работе авторы решили оценить диагностические возможности КЛКТ в визуализации костных эрозий при ревматоидном артрите и сравнить с рентгенографией. В их исследование было включено 30 пациентов с длительно текущим ревматоидным артритом. КЛКТ позволила дифференцировать костные эрозии во всех 30 случаях, в то время как рентгенография – только в 26. Авторы отметили, что КЛКТ обладает большей чувствительностью к выявлению эрозий, чем стандартная рентгенография, и рекомендуют методику как в первичной диагностике, так и в дальнейшем динамическом наблюдении [14].

Научная группа под руководством М. Posadzy (2018) опубликовала работу, в которой детально демонстрируются возможности КЛКТ в диагностике основных нозологических форм заболеваний опорно-двигательного аппарата, таких как: травматические изменения (перелом, вывих); опухоли и опухолеподобные поражения костей; остеомиелит; дегенеративные изменения суставов. Также ими была представлена КЛКТ суставов с применением контрастного препарата в целях изучения костно-хрящевых изменений. В результате проведения КЛКТ детально визуализированы остеохондральные изменения с кистовидной перестройкой, наличие внутрисуставных фрагментов различной плотности и пролиферативное поражение синовиальной оболочки. По мнению авторов, полученные результаты сопоставимы

с данными магнитно-резонансной томографии (МРТ), в силу чего КЛКТ-артрография может выступать аналогом МРТ у пациентов с клаустрофобией или иным противопоказаниями [12].

Плоскостопие – распространённое ортопедическое заболевание, характеризующиеся коллапсом медиального продольного свода стопы с деформацией стопы и голеностопного сустава [15]. Приобретённое плоскостопие у взрослых включает в себя широкий спектр отказов связок и сухожилий, которые могут привести к искривлению оси стопы и инвалидности [16]. «Золотым» диагностическим стандартом считается рентгенография стопы с функциональной нагрузкой. Группой учёных С. de Cesar Netto и соавт. (2017) были изучены вопросы, связанные с приобретённым плоскостопием у взрослых, и проведено ретроспективное исследование, в котором 20 пациентам сделали КЛКТ-исследование с функциональной нагрузкой в стоячем положении и без нагрузки в положении сидя. В полученных результатах авторы отметили высокую информативность в обеих положениях, но исследования с функциональной нагрузкой имели большее диагностическое значение. Однако, помимо оценки степени плоскостопия, благодаря КЛКТ можно получить более детальную оценку состояния костной ткани и суставов стопы, чем при стандартной рентгенографии. Исследователи сделали вывод, что, кроме статистически значимых измерений, аналогично получаемых при традиционной рентгенографии, с помощью КЛКТ можно также визуализировать картину, детально демонстрирующую тяжесть костных нарушений [17].

Благодаря своей высокой разрешающей способности КЛКТ способна максимально чётко визуализировать изменения костной ткани, будь то деструктивный очаг, формирующий полостное образование, или мельчайшая микротрещина. Благодаря своим диагностическим возможностям, КЛКТ может найти широкое применение в таких направлениях, как травматология и ортопедия, ревматология, хирургия, онкология. Также была описана и представлена возможность проводить КЛКТ-исследования с функциональной нагрузкой на примере диагностики приобретённого плоскостопия у взрослых [17]. Использование данной методики открывает новые возможности в процессе обследования костей и суставов нижней конечности. Исходя из вышеописанного применения КЛКТ для обследования опорно-двигательного аппарата становится актуальным как для взрослого населения, так и для пациентов педиатрического профиля.

В 2017 г. во Франции С. Vogel и соавт. провели клиническое испытание возможности КЛКТ в диагностике скрытых переломов ладьевидной кости. 49 пациентам с клиническими проявлениями перелома ладьевидной кости и нормальными результатами на рентгенограммах были дополнительно выполнены КЛКТ и МРТ. При рассмотрении полученных результатов КЛКТ показала себя высокоинформативным и более информативным диагностическим инструментом, чем рентгенография, и не уступала аналогичным показателям МРТ; при этом КЛКТ менее экономически затратна, чем МРТ

(табл. 1). Авторы подмечают, что КЛКТ может выступать как в качестве дополнения, так и как полноценная замена стандартной рентгенографии при травмах лучезапястного сустава, особенно при подозрении на перелом ладьевидной кости [18].

Немецкими учёными J. Neubauer и соавт. (2018) было проведено ретроспективное исследование КЛКТ при переломах ладьевидной кости. В свой труд они включили 102 пациентов, которым были проведены стандартная рентгенография и КЛКТ. Независимо от указанного исследования в 2022 г. была опубликована работа E. Fitzpatrick и соавт., в которой был проведён метаанализ научной литературы о применении КЛКТ при переломах лучезапястного сустава. Целью данных работ было определение диагностической точности КЛКТ при острой травме лучезапястного сустава. КЛКТ показала себя высокоинформативным инструментом, который может заменить или дополнить рентгенограмму (табл. 1) [19, 20]. Британские учёные также отметили, что КЛКТ даёт более детальное изображение, чем МСКТ, что улучшает визуализацию интересующей области. Они обуславливают это более высоким пространственным разрешением, которое у КЛКТ составляет 0,4–0,09 мм, в то время как у МСКТ – 1–2 мм [19].

Травма локтевого сустава – частая причина обращения в отделения травматологии. Нередко стандартной рентгенографии недостаточно для постановки правильного диагноза и планирования лечения [21]. В целях дообследования врачи-травматологи назначают МСКТ, при проведении которой пациент укладывается в позу «супермена» с вытянутой рукой в гентри [22, 23]. Однако в случаях вынужденной иммобилизации или выраженного болевого синдрома у больного приходится производить атипичную укладку пациента [23]. Группой немецких врачей в 2023 г. был представлен КЛКТ-томограф с двойной роботизированной рентгенографической системой без гентри, в котором стало возможным производить исследования локтевого сустава как в согнутом, так и в разогнутом состоянии, не облучая соседние анатомические области. Данная работа показала не только высокую диагностическую ценность, но также дала возможность проводить исследования с низкой дозой облучения у людей с ограниченной подвижностью сустава, что особенно актуально при острой травме локтевого сустава (табл. 1) [23].

Помимо выявления нарушения целостности костей и положения отломков, крайне важно оценить процесс остеорегенерации в целях исключения возникновения осложнений. В целях совершенствования диагностического процесса группа учёных L.C. Farracho и соавт. (2020) проанализировали 52 КЛКТ-исследования пациентов с переломом ладьевидной кости, выполненных на 6-й неделе иммобилизации, и сравнили их со стандартной рентгенографией. Швейцарские исследователи пришли к выводу, что КЛКТ позволяет проследить формирование трабекулярных перепонок и кортикальное сращение, в отличие от рентгенографии, что даёт более достоверную информацию о костной консолидации. Также в работе была отмечена высокая роль КЛКТ в диагно-

стике как обычных, так и скрытых переломов ладьевидной кости и более информативная картина смещений костных фрагментов. Эксперты отметили довольно низкую дозу лучевой нагрузки, получаемой пациентом [24].

Запоздалая диагностика или упущение разрыва ладьевидно-полулунной связки могут привести к развитию посттравматического остеоартроза запястья [25]. Группа немецких экспертов J.E. Dornberger и соавт. (2021) описали КЛКТ-артрографию и продемонстрировали её в диагностическом процессе разрыва ладьевидно-полулунной связки. Авторы провели проспективный анализ и сравнили традиционную артрографию, МСКТ-артрографию и КЛКТ-артрографию. В полученных результатах КЛКТ предоставила полноценные трёхмерные изображения, диагностическая ценность которых имеет высокие показатели и не уступает таковой для МСКТ (табл. 1). Однако исследование КЛКТ сопровождается низкой лучевой нагрузкой на пациента (в сравнении с МСКТ). В своих выводах учёные рекомендуют КЛКТ-артрографию как точный инструмент в диагностике разрыва ладьевидно-полулунной связки [26].

КЛКТ – высокоинформативная методика, дающая достоверную информацию о наличии и характере травмы. По мнению ряда авторов, КЛКТ обладает высокой диагностической ценностью в определении заболеваний опорно-двигательного аппарата травматического генеза

[18–20, 23, 24, 26]. Вместе с тем учёные отмечают низкую дозу лучевой нагрузки, получаемой пациентом в ходе исследования [23, 24, 26]. Особую актуальность это приобретает в медицинских учреждениях и стационарах, специализирующихся на травматолого-ортопедическом направлении. Следует также задуматься о внедрении КЛКТ в амбулаторную практику районных травмпунктов.

Немаловажный аспект – активное применение КЛКТ в повседневной медицинской деятельности. Так, Т. Jacques и соавт. (2021) провели анализ практического клинического эффекта от внедрения КЛКТ в отделение неотложной радиологии, сравнив данную методику с МСКТ в диагностике травматических изменений конечностей. В своей работе авторы отмечают не только хорошую визуализацию и низкую лучевую нагрузку, но также меньшее время, затрачиваемое на обследование, и количество диагностических процедур. Сделав КЛКТ альтернативой МСКТ, специалисты не только добились снижения дозы лучевой нагрузки, но также увеличили пропускную способность кабинета [28].

Ирландские учёные В. Gibney и соавт. (2019) продемонстрировали опыт введения КЛКТ в повседневную врачебную практику. В своей работе они провели сравнительное исследование стандартной рентгенографии и КЛКТ в диагностическом процессе переломов костей в области лучезапястного сустава. В полученных резуль-

**ТАБЛИЦА 1**  
**ПОКАЗАТЕЛИ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ КЛКТ,**  
**ПРЕДСТАВЛЕННЫЕ В НАУЧНЫХ РАБОТАХ**

**TABLE 1**  
**INDICATORS OF DIAGNOSTIC ACCURACY OF CBCT**  
**PRESENTED IN SCIENTIFIC WORKS**

Характер травмы и анатомическая область		Чувствительность, %	Специфичность, %
Borel C. et al. (2017) [18]			
Перелом ладьевидной кости		100	97
Neubauer J. et al. (2018) [20]			
Перелом ладьевидной кости		93	96
Fitzpatrick E. et al. (2022) [19]			
Перелом ладьевидной кости		87,7	99,2
Перелом лучезапястного сустава		93,5	99,9
Перелом запястья		90,6	100
Перелом дистального отдела лучевой кости		90	100
Kunz A.S. et al. (2023) [23]			
Локтевой сустав	обычный перелом	94–100	94–97
	перелом с вовлечением суставной поверхности	90–97	97
	многооскольчатый перелом	96	95–98
Gibney B. et al. (2019) [27]			
Перелом лучезапястного сустава		98,3	100
Dornberger J.E. et al. (2021) [26]			
Разрыв ладьевидно-полулунной связки		100	95

татах КЛКТ показала себя более информативным инструментом, сумевшим визуализировать линии перелома, невидимые при рентгенографии, более чем в 50 % случаев. Кроме того, ими был проведён анализ диагностической ценности, в котором методика показала высокие результаты, и её точность достигала 99,1 % (табл. 1). При высокой распространённости травм лучезапястного сустава и низкой информативности рентгенограмм авторы выносят КЛКТ как новый диагностический стандарт, отмечая её высокую разрешающую способность и низкую лучевую нагрузку [27].

На сегодняшний день остеомиелит остаётся актуальной проблемой в общей и детской хирургии. В общей структуре заболеваний опорно-двигательного аппарата 6,5 % составляют воспалительные заболевания костей разной этиологии [29]. В исследовании Н.А. Шолоховой и соавт. (2023) были изучены вопросы применения КЛКТ в обследовании детей с воспалительными заболеваниями как специфичной, так и неспецифичной природы. Были представлены клинические случаи, которые демонстрировали не только первично-диагностический потенциал КЛКТ, но и её возможности в контрольно-динамическом наблюдении. Авторы отметили высокую диагностическую информативность методики и решающую роль КЛКТ в постановке окончательного диагноза, а также в планировании хирургического лечения. В публикации были представлены дозы лучевой нагрузки, полученной пациентами при исследовании. Так, при первичном и контрольно-динамическом КЛКТ-обследовании общая доза облучения составила 0,13 мЗв, что в 10 раз меньше одного исследования МСКТ [30].

Вторым важным преимуществом КЛКТ является низкая доза облучения на пациента. Американскими исследователями J.B. Ludlow и соавт. (2018) были использованы антропоморфные фантомы, имитирующие лучезапястный, голеностопный и коленный суставы. Полученная доза лучевой нагрузки составила 1,3–21,1 мкЗв у КЛКТ и 9,1–204 мкЗв у МСКТ. Исходя из этого был сделан вывод о том, что эффективная доза у КЛКТ на 90 % меньше, чем у МСКТ [31]. По другим данным, доза лучевой нагрузки у КЛКТ в 6–19 раз ниже, чем у МСКТ. К таким выводам пришла группа учёных J. Koivisto и соавт. (2021). В основу их работы вошло сравнение доз МСКТ и КЛКТ, полученных в ходе исследования антропоморфного фантома руки взрослого человека. В результате лучевая нагрузка у КЛКТ составила 2,0–6,7 мкЗв, а у МСКТ – 37,4 мкЗв [22].

Поражение опорно-двигательного аппарата может возникнуть у человека в любом состоянии и в любой возрастной группе. Учитывая наличие ряда заболеваний опорно-двигательного аппарата, обусловленных беременностью, совершенствование лучевого диагностического обследования приобретает особую актуальность. Очень важно получить максимально большой объём информации при максимально низкой лучевой нагрузке. Этим вопросом заинтересовались А. Katlара и соавт. (2022) и провели экспериментальное исследование, где рассчитали получаемую дозу облучения плода при исследовании локтевого и коленного суставов

на каждом триместре беременности. Для этого учёными были использованы антропоморфные фантомы, имитирующие тело матери, руки и ноги. Измерение дозы облучения плода проводилось на трёх уровнях, соответствующих каждому триместру беременности. Результаты варьировались: 3,4–6,0 мкГр для коленного сустава и 2,9–7,7 мкГр – для локтевого. Полученная доза зависела от глубины залегания плода и срока беременности. Кроме этого, учёные проводили дополнительные исследования: с использованием защитного экрана, который снижал дозу облучения на 43 % (коленный сустав) и 51 % (локтевой сустав); с отворачиванием тела от отверстия в гентри – в результате полученная доза уменьшилась на 62 %. В заключение авторы отметили, что диагностика верхних и нижних конечностей методикой КЛКТ не несёт радиационного вреда для плода [32].

Следует также отметить ещё одно преимущество КЛКТ – меньшее количество значимых артефактов от металлоконструкций. Это даёт значительные преимущества при контроле процесса остеорегенерации у пациентов после проведения металлоостеосинтеза (МОС) [5]. G.M. Osgood и соавт. задались этим вопросом и провели сравнительный анализ рентгенограмм и КЛКТ-изображений, оценивая: кортикальную кость, трабекулярную кость, контур большой металлической боковой пластины, границу резьбы с костью, мостовидное окостенение, линию перелома и образование костной мозоли. По результатам КЛКТ превзошла стандартную рентгенографию в визуализации процесса заживления костной ткани, предоставляя более детальную картину образования костной мозоли, перекрытие костной трабекулы и остаточную линию перелома. Кроме того, КЛКТ позволила чётко определить границы кость – винт, что способствует определению раннего ослабления МОС. Это приобретает особую актуальность в выявлении таких осложнений, как несращение и возникновение инфекции [33].

В своей работе группа немецких учёных Т. Patzer и соавт. (2022) провела анализ диагностической точности КЛКТ с использованием дополнительных итеративных алгоритмов снижения артефактов от металлоконструкций для послеоперационной оценки после костной пластики. В исследование вошли следующие критерии: положение суставного винта (специфичность – 98,21 %, чувствительность – 100 %, точность – 98,75 %); ослабление винта (специфичность – 98,53 %, чувствительность – 100 %, точность – 98,75 %); отказ имплантата (специфичность – 100 %, чувствительность – 100 %, точность – 100 %); фрагментарный вывих (специфичность – 100 %, чувствительность – 95,83 %, точность – 98,75 %); отсроченное заживление/несращение (специфичность – 98,11 %, чувствительность – 96,30 %, точность – 97,50 %). Получив высокие показатели, КЛКТ показала себя как надёжный диагностический аппарат для послеоперационной оценки и выявления осложнений после установки МОС [34].

В 2021 г. J. Dartus и соавт. провели ретроспективное исследование, в котором сравнили полученные изображения МСКТ и КЛКТ при тотальном эндопротезировании коленного сустава. Они поставили перед собой

цель выявить наиболее информативный диагностический инструмент, дающий наименьшее количество металлических артефактов. Анализ проводился для следующих анатомических зон: большеберцовое плато; блоковый компонент; задние мыщелки; коленная чашечка. Оценка проводилась по шкале Лайкерта двумя независимыми друг от друга специалистами. В полученных результатах КЛКТ позволила получить информативные данные протеза коленного сустава за счёт оптимизации качества изображения и использования алгоритма уменьшения артефактов от металлоконструкций. По мнению авторов, КЛКТ предоставляет более детальную картину при незначительном наличии артефактов от металлоконструкций, в отличие от МСКТ. Это поможет специалистом своевременно диагностировать возникающие осложнения, такие как расшатывания имплантата [35].

Итальянской научной группой G. Carrafello и соавт. (2012) впервые было описано проведение чрескожной биопсии поражённой кости с использованием КЛКТ в режиме XperGuide. Было продемонстрировано применение XperGuide на 17 пациентах, где технический успех составлял 100 %. У 15 пациентов удалось получить адекватный образец для гистологического исследования для постановки окончательного диагноза; у остальных 2 пациентов полученного материала было недостаточно. Учёными был проведён анализ методики, просчитана её диагностическая ценность – чувствительность 90,91 %, специфичность 100 %, точность 94,12 % [36].

В свою очередь китайские врачи J.F. Liu и соавт. (2018) описали методику проведения чрескожной биопсии поражённой кости с использованием плоскостной КЛКТ и продемонстрировали её возможности. Проведя анализ диагностической ценности, авторы получили высокие показатели: чувствительность 95,5 %, специфичность 83,3 %, точность 93,7 %. Технический успех проведения чрескожной биопсии с использованием КЛКТ составил 100 %. Данное исследование отображает многообещающий потенциал навигационных систем КЛКТ в диагностическом процессе заболеваний костно-суставной системы [37].

Несмотря на все описанные выше достоинства, следует упомянуть и о недостатках КЛКТ. Среди них – высокая чувствительность к артефактам от движения. В попытках устранить эту проблему группой американских учёных A. Sisniega и соавт. (2019) был разработан протокол компенсации динамической нечёткости при исследовании нижних конечностей, основанный на алгоритме трёхмерной «автофокусировки». Из полученных результатов исследователями был сделан вывод, что данный протокол обладает высокой эффективностью в устранении двигательных артефактов, повышая диагностическое качество изображения [38].

В 2008 г. в научной работе G.H. Chen и соавт. был представлен метод реконструкции изображений – Prior Image Constrained Compressed Sensing (PICCS). Отличительной чертой PICCS было то, что вместо целевого изображения реконструируется разреженная версия изображения. Авторы продемонстрировали применение

алгоритма на исключения динамических артефактов, вызванных сердцебиением, во время КТ-исследования [39]. Однако группой исследователей S. Hatamikia и соавт. (2023) впервые был продемонстрирован и описан способ применения PICCS для подавления металлических артефактов при пункционной биопсии с использованием КЛКТ-аппарата с С-дугой. Авторами было отмечено, что данный протокол показал высокое качество получаемых изображений, а также за счёт методики КЛКТ процедура сопровождается низкой лучевой нагрузкой [40]. Исходя из вышеописанного, метод реконструкции PICCS может приобрести большую актуальность в диагностическом процессе заболеваний опорно-двигательного аппарата за счёт своей возможности подавления как динамической нечёткости, так и артефактов от металлоконструкций.

КЛКТ можно в полной мере считать высокоинформативной низкодозной методикой лучевой диагностики. Вместе с совершенствованием самого аппаратно-технического оборудования происходит активное развитие протоколов обработки и реконструкции изображений. Это позволяет нивелировать артефакты, что в свою очередь улучшает качество изображений. Создание и разработка новых режимов дают КЛКТ возможность открыть новые направления её применения в клинической медицине.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

КЛКТ – современная перспективная методика, обладающая рядом преимуществ в диагностике патологии опорно-двигательного аппарата. Благодаря его высокой разрешающей способности, в ходе КЛКТ-исследования можно обнаружить мельчайшие изменения костной архитектоники вплоть до микротрещин. По результатам проведённых исследований, КЛКТ обладает высокими показателями диагностической точности в выявлении заболеваний, в особенности повреждений костей и суставов на верхних и нижних конечностях. Вместе с тем КЛКТ обладает низкой лучевой нагрузкой на пациента, что особенно актуально в педиатрической практике. Кроме того, существует множество протоколов и методов реконструкции изображений, которые улучшают качество получаемых изображений и расширяют горизонт диагностических возможностей данной методики. Исходя из вышеперечисленного, КЛКТ может являться полноценной альтернативой МСКТ в диагностике патологии костно-суставной системы.

### Финансирование исследования

Исследование не финансировалось какими-либо источниками.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют, что данная работа, её тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов. Мнения, изложенные в статье, принадлежат авторам рукописи.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Олейникова Т.А., Пожидаева Д.Н., Орешко А.Ю. Мониторинг заболеваемости патологиями костно-мышечной системы и соединительной ткани в Российской Федерации. Фармакоэкономика. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология. 2019; 12(1): 5-13. [Oleynikova TA, Pozhidaeva DN, Oreshko AYU. Prevalence survey of musculoskeletal and connective tissue disorders in the Russian Federation. *Farmakoekonomika. Modern Pharmacoeconomics and Pharmacoepidemiology*. 2019; 12(1): 5-13. (In Russ.)]. doi: 10.17749/2070-4909.2019.12.1.5-13
2. Тихонова Г.И., Горчакова Т.Ю. Проблемы здоровья населения трудоспособного возраста и его информационного обеспечения. Вестник Южно-Российского государственного технического университета (НПИ). 2022; 15(4): 228-245. [Tikhonova GI, Gorchakova TYU. Problems of health of the working age population and its information support. *Bulletin of the South-Russian State Technical University (NPI)*. 2022; 15(4): 228-245. (In Russ.)]. doi: 10.17213/2075-2067-2022-4-228-245
3. Минаев С.В., Филиппева Н.В., Лескин В.В., Загуменнова И.Ю., Ростова Н.П., Шамадаев Э.З. Применение лучевых методов в диагностике острого гематогенного остеомиелита у детей. Доктор.Ру. 2018; 5(149): 32-36. [Minaev SV, Filipieva NV, Leskin VV, Zagumennova IYu, Rostova NP, Shamadaev EZ. Radiological methods in diagnostics of acute haematogenous osteomyelitis in children. *Doctor.Ru*. 2018; 5(149): 32-36. (In Russ.)]. doi: 10.31550/1727-2378-2018-149-5-32-36
4. Шолохова Н.А. Визуализация поражений метафизов и эпифизов костей у новорожденных и детей раннего возраста. Радиология – практика. 2021; 5(89): 82-92. [Sholokhova NA. Visualization of lesions of metaphyses and epiphyses of bones in newborns and young children. *Radiology – Practice*. 2021; 5(89): 82-90. (In Russ.)]. doi: 10.52560/2713-0118-2021-5-82-90
5. Ricci PM, Boldini M, Bonfante E, Sambugaro E, Vecchini E, Schenal G, et al. Cone-beam computed tomography compared to X-ray in diagnosis of extremities bone fractures: A study of 198 cases. *Eur J Radiol Open*. 2019; 6: 119-121. doi: 10.1016/j.ejro.2019.01.009
6. Шолохова Н.А., Ганиева А.М., Лежнев Д.А. Современное состояние вопроса комплексной лучевой диагностики остеомиелита у детей и подростков. Вестник СурГУ. Медицина. 2019; 4(42): 8-13. [Sholokhova NA, Ganieva AM, Lezhnev DA. Current state of complex radiology issue of osteomyelitis in children and adolescents. *Vestnik SurGU. Meditsina*. 2019; 4(42): 8-13. (In Russ.)]. doi: 10.34822/2304-9448-2019-4-8-13
7. Васильев А.Ю., Блинов Н.Н. (мл.), Егорова Е.А. Конусно-лучевая компьютерная томография – новая технология исследования в травматологии. Медицинская визуализация. 2012; 4: 65-68. [Vasil'ev AYU, Blinov Jr. NN, Egorova EA. Cone beam computer tomography – new technology of research in traumatology. *Medical Visualization*. 2012; 4: 65-68. (In Russ.)].
8. Титов А.Д. Конус-лучевая компьютерная томография (КЛКТ). Центральный научный вестник. 2017; 10(27): 27-28. [Titov AD. Cone beam computed tomography (CBCT). *Central Science Bulletin*. 2017; 10(27): 27-28. (In Russ.)].
9. Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Martini PT, Andreis IA. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: Preliminary results. *Eur Radiol*. 1998; 8(9): 1558-1564. doi: 10.1007/s003300050586
10. Кушнир К.В., Макарова Д.В., Лежнев Д.А. Значение конусно-лучевой компьютерной томографии в ревматологической практике. Медицинский вестник МВД. 2017; 1(86): 56-60. [Kushnir KV, Makarova DV, Lezhnev DA. Cone-beam computed tomography in rheumatology. *MIA Medical Bulletin*. 2017; 1(86): 56-60. (In Russ.)].
11. Mys K, Varga P, Stockmans F, Gueorguiev B, Neumann V, Vanovermeire O, et al. High-resolution cone-beam computed tomography is a fast and promising technique to quantify bone microstructure and mechanics of the distal radius. *Calcified Tissue Int*. 2021; 108(3): 314-323. doi: 10.1007/s00223-020-00773-5
12. Posadzy M, Desimpel J, Vanhoenacker F. Cone beam CT of the musculoskeletal system: Clinical applications. *Insights Imaging*. 2018; 9(1): 35-45. doi: 10.1007/s13244-017-0582-1
13. Lezhnev DA, Vislobokova EV, Kiselnikova LP, Sholokhova NA, Smyslenova MV, Truten VP. Analysis of mineral density of calcified tissues in children with X-linked hypophosphatemic rickets and hypophosphatasia using cone beam computed tomography data. *Int J Biomed*. 2021; 11(1): 53-57. doi: 10.21103/Article11(1)\_OA11
14. Aurell Y, Andersson M, Forslind K. Cone-beam computed tomography, a new low-dose three-dimensional imaging technique for assessment of bone erosions in rheumatoid arthritis: Reliability assessment and comparison with conventional radiography – A BARFOT study. *Scand J Rheumatol*. 2018; 47(3): 173-177. doi: 10.1080/03009742.2017.1381988
15. Deland JT. Adult-acquired flatfoot deformity. *J Am Acad Orthop Surg*. 2008; 16(7): 399-406. doi: 10.5435/00124635-200807000-00005
16. Henry JK, Shakked R, Ellis SJ. Adult-acquired flatfoot deformity. *Foot Ankle Orthop*. 2019; 4(1): 2473011418820847. doi: 10.1177/2473011418820847
17. de Cesar Netto C, Schon LC, Thawait GK, da Fonseca LF, Chinanuvathana A, Zbiejewski WB, et al. Flexible adult acquired flatfoot deformity: comparison between weight-bearing and non-weight-bearing measurements using cone-beam computed tomography. *J Bone Joint Surg Am*. 2017; 99(18): e98. doi: 10.2106/JBJS.16.01366
18. Borel C, Larbi A, Delclaux S, Lapegue F, Chiavassa-Gandois H, Sans N, et al. Diagnostic value of cone beam computed tomography (CBCT) in occult scaphoid and wrist fractures. *Eur J Radiol*. 2017; 97: 59-64. doi: 10.1016/j.ejrad.2017.10.010
19. Fitzpatrick E, Sharma V, Rojoa D, Raheman F, Singh H. The use of cone-beam computed tomography (CBCT) in radiocarpal fractures: A diagnostic test accuracy meta-analysis. *Skeletal Radiol*. 2022; 51(5): 923-934. doi: 10.1007/s00256-021-03883-9
20. Neubauer J, Benndorf M, Ehrhrt-Braun C, Reising K, Yilmaz T, Christopher K, et al. Comparison of the diagnostic accuracy of cone beam computed tomography and radiography for scaphoid fractures. *Sci Rep*. 2018; 8(1): 3906. doi: 10.1038/s41598-018-22331-8
21. Acar K, Aksay E, Oray D, Imamoğlu T, Gunay E. Utility of computed tomography in elbow trauma patients with normal X-ray study and positive elbow extension test. *J Emerg Med*. 2016; 50(3): 444-448. doi: 10.1016/j.jemermed.2015.03.009
22. Koivisto J, van Eijnatten M, Ludlow J, Kiljunen T, Shi XQ, Wolff J. Comparative dosimetry of radiography device, MSCT device and two CBCT devices in the elbow region. *J Appl Clin Med Phys*. 2021; 22(5): 128-138. doi: 10.1002/acm2.13245

23. Kunz AS, Schmalzl J, Huflage H, Luetkens KS, Patzer TS, Kuhl PJ, et al. Twin robotic gantry-free cone-beam CT in acute elbow trauma. *Radiology*. 2023; 306(3): e221200. doi: 10.1148/radiol.221200
24. Farracho LC, Moutinot B, Neroladaki A, Hamard M, Gorican K, Poletti PA, et al. Determining diagnosis of scaphoid healing: Comparison of cone beam CT and X-ray after six weeks of immobilization. *Eur J Radiol Open*. 2020; 7: 100251. doi: 10.1016/j.ejro.2020.100251
25. Pliefke J, Stengel D, Rademacher G, Mutze S, Ekernkamp A, Eisenschenk A. Diagnostic accuracy of plain radiographs and cineradiography in diagnosing traumatic scapholunate dissociation. *Skeletal Radiol*. 2008; 37(2): 139-145. doi: 10.1007/s00256-007-0410-7
26. Dornberger JE, Rademacher G, Stengel D, Hönning A, Dipl-Phys GS, Eisenschenk A, et al. What is the diagnostic accuracy of flat-panel cone-beam CT arthrography for diagnosis of scapholunate ligament tears? *Clin Orthop Relat Res*. 2021; 479(1): 151-160. doi: 10.1097/CORR.0000000000001425
27. Gibney B, Smith M, Moughty A, Kavanagh EC, Hynes D, MacMahon PJ. Incorporating cone-beam CT into the diagnostic algorithm for suspected radiocarpal fractures: A new standard of care? *AJR Am J Roentgenol*. 2019; 213(5): 1117-1123. doi: 10.2214/AJR.19.21478
28. Jacques T, Morel V, Dartus J, Badr S, Demondion X, Cotton A. Impact of introducing extremity cone-beam CT in an emergency radiology department: A population-based study. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2021; 107(2): 102834. doi: 10.1016/j.otsr.2021.102834
29. Трушин П.В., Разин М.П. Хронический остеомиелит трубчатых костей: современный взгляд на проблему. *Вятский медицинский вестник*. 2023; 1(77): 114-119. [Trushin PV, Razin MP. Chronic osteomyelitis of tubular bones: modern view on the problem. *Medical Newsletter of Vyatka*. 2023; 1(77): 114-119. (In Russ.)]. doi: 10.24412/2220-7880-2023-1-114-119
30. Шолохова Н.А., Жарков Д.К. Конусно-лучевая компьютерная томография в диагностике остеомиелита конечностей у детей и подростков (обзор литературы с клиническими наблюдениями). *Радиология – практика*. 2023; 2(98): 11-23. [Sholokhova NA, Zharkov DK. Cone beam computed tomography in the diagnosis of limb osteomyelitis in children and adolescents (literature review with clinical observations). *Radiology – Practice*. 2023; (2): 11-23. (In Russ.)]. doi: 10.52560/2713-0118-2023-2-11-23
31. Ludlow JB, Johnson BK, Ivanovic M. Estimation of effective doses from MDCT and CBCT imaging of extremities. *J Radiol Prot*. 2018; 38(4): 1371-1383. doi: 10.1088/1361-6498/aee44b
32. Katlapa A, Kaartinen SM, Henrik Koivisto J, Matikka H. Radiation exposure to fetus from extremity CBCT examinations. *Eur J Radiol*. 2022; 156: 110548. doi: 10.1016/j.ejrad.2022.110548
33. Osgood GM, Thawait GK, Hafezi-Nejad N, Shakoor D, Shaner A, Yorkston J, et al. Image quality of cone beam computed tomography for evaluation of extremity fractures in the presence of metal hardware: Visual grading characteristics analysis. *Br J Radiol*. 2017; 90(1073): 20160539. doi: 10.1259/bjr.20160539
34. Patzer TS, Grunz JP, Huflage H, Conrads N, Veldhoen S, Schmalzl J, et al. Combining gantry-free cone-beam computed tomography with iterative metal artefact reduction for surgical follow-up imaging of the appendicular skeleton. *Eur J Radiol*. 2022; 155: 110465. doi: 10.1016/j.ejrad.2022.110465
35. Dartus J, Jacques T, Martinot P, Pasquier G, Cotten A, Migaud H, et al. The advantages of cone-beam computerised tomography (CT) in pain management following total knee arthroplasty, in comparison with conventional multi-detector CT. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2021; 107(3): 102874. doi: 10.1016/j.otsr.2021.102874
36. Carrafiello G, Fontana F, Mangini M, Ierardi AM, Cotta E, Floridi C, et al. Initial experience with percutaneous biopsies of bone lesions using XperGuide cone-beam CT (CBCT): Technical note. *Radiol Med*. 2012; 117(8): 1386-1397. doi: 10.1007/s11547-012-0788-1
37. Liu JF, Jiao DC, Ren JZ, Zhang WG, Han XW. Percutaneous bone biopsy using a flat-panel cone beam computed tomography virtual navigation system. *Saudi Med J*. 2018; 39(5): 519-523. doi: 10.15537/smj.2018.5.21872
38. Sisniega A, Thawait GK, Shakoor D, Siewerdsen JH, Demehri S, Zbijewski W. Motion compensation in extremity cone-beam computed tomography. *Skeletal Radiol*. 2019; 48(12): 1999-2007. doi: 10.1007/s00256-019-03241-w
39. Chen GH, Tang J, Leng S. Prior image constrained compressed sensing (PICCS): A method to accurately reconstruct dynamic CT images from highly undersampled projection data sets. *Med Phys*. 2008; 35(2): 660-663. doi: 10.1118/1.2836423
40. Hatamikia S, Biguri A, Kronreif G, Russ T, Kettenbach J, Birkfellner W. Source-detector trajectory optimization for CBCT metal artifact reduction based on PICCS reconstruction. *Z Med Phys*. 2023; S0939-3889(23)00009-0. doi: 10.1016/j.zemedi.2023.02.001

#### Сведения об авторах

**Шолохова Наталья Александровна** – кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры лучевой диагностики, ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Минздрава России; заведующая отделением лучевой диагностики, ГБУЗ «Детская городская клиническая больница святого Владимира Департамента здравоохранения города Москвы», e-mail: sholohova@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0412-4938>

**Жарков Даниил Константинович** – аспирант кафедры лучевой диагностики, ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Минздрава России; врач отделения лучевой диагностики, ГБУЗ «Детская городская клиническая больница святого Владимира Департамента здравоохранения города Москвы», e-mail: gaspardan@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6675-775X>

**Лежнев Дмитрий Анатольевич** – доктор медицинских наук, профессор, Заслуженный врач РФ, заведующий кафедрой лучевой диагностики, ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Минздрава России; профессор кафедры терапевтической стоматологии, ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного медицинского образования» Минздрава России, e-mail: lezhnevdm@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7163-2553>

**Васильев Александр Юрьевич** – доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН, Заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры лучевой диагностики, ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Минздрава России; генеральный директор, ООО «Центральный научно-исследовательский институт лучевой диагностики», e-mail: auv62@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0635-4438>

**Петровская Виктория Васильевна** – доктор медицинских наук, профессор кафедры лучевой диагностики, ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Минздрава России, e-mail: vvpetrovskaya@ya.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8298-9913>

**Лазаренко Екатерина Юрьевна** – аспирант кафедры лучевой диагностики, ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Минздрава России; врач отделения лучевой диагностики, ГБУЗ «Детская городская клиническая больница святого Владимира Департамента здравоохранения города Москвы», e-mail: lazarenko.katherina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3937-5796>

**Блинов Николай Николаевич** – доктор технических наук, профессор кафедры лучевой диагностики, ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Минздрава России, e-mail: nblinov@amico.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0385-3864>

**Сергеева Анна Дмитриевна** – ординатор кафедры лучевой диагностики, ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Минздрава России, e-mail: anna.ostashienko@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1026-5216>

#### Information about the authors

**Nataliya A. Sholokhova** – Cand. Sc. (Med.), Docent, Associate Professor at the Department of Radiology, A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry; Head of the Department of Radiodiagnosics, Children's State Hospital of St. Vladimir, Moscow Healthcare Department, e-mail: sholohova@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0412-4938>

**Daniil K. Zharkov** – Postgraduate at the Department of Radiology, A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry; physician at the Department of Radiodiagnosics, Children's State Hospital of St. Vladimir, Moscow Healthcare Department, e-mail: gspardan@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6675-775X>

**Dmitry A. Lezhnev** – Dr. Sc. (Med.), Professor, Honored Physician of the Russian Federation, Head of the Department of Radiology, A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry; Professor at the Department of Therapeutic Dentistry, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, e-mail: lezhnev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7163-2553>

**Aleksandr Yu. Vasilyev** – Dr. Sc. (Med.), Professor, Corresponding Member of RAS, Professor at the Department of Radiology, A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry; Head, Central Research Institute of Radiation Diagnostics, e-mail: auv62@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0635-4438>

**Viktoriya V. Petrovskaya** – Dr. Sc. (Med.), Professor at the Department of Radiology, A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, e-mail: vvpetrovskaya@ya.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8298-9913>

**Ekaterina Yu. Lazarenko** – Postgraduate at the Department of Radiology, A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry; physician at the Department of Radiodiagnosics, Children's State Hospital of St. Vladimir, Moscow Healthcare Department, e-mail: lazarenko.katherina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3937-5796>

**Nikolay N. Blinov** – Dr. Sc. (Tech.), Professor at the Department of Radiology, A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, e-mail: nblinov@amico.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0385-3864>

**Anna D. Sergeeva** – Clinical Resident at the Department of Radiology, A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, e-mail: anna.ostashienko@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1026-5216>

#### Вклад авторов:

Шолохова Н.А. – создание концепции научного направления и дизайна исследования; одобрение окончательной версии статьи перед её подачей для публикации.

Жарков Д.К. – существенный вклад в исследование: анализ литературы, написание текста; участие в сборе материала; редактирование статьи перед её подачей для публикации.

Лежнев Д.А. – формулировка цели исследования, разработка концепции и дизайна статьи, редактирование текста, утверждение окончательного варианта публикации – принятие ответственности за все аспекты работы, целостность всех частей статьи и её окончательный вариант.

Васильев А.Ю. – формулировка цели исследования, разработка концепции и дизайна статьи, редактирование текста, одобрение окончательной версии статьи перед её подачей для публикации.

Петровская В.В. – редактирование текста, одобрение окончательной версии статьи перед её подачей для публикации.

Лазаренко Е.Ю. – редактирование статьи перед её подачей для публикации.

Блинов Н.Н. – редактирование текста, одобрение окончательной версии статьи перед её подачей для публикации.

Сергеева А.Д. – редактирование статьи перед её подачей для публикации.

Статья опубликована в рамках Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 25-летию Иркутского научного центра хирургии и травматологии.

## ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ВНУТРИСУСТАВНЫХ ПЕРЕЛОМОВ ПРОКСИМАЛЬНОГО ОТДЕЛА ПЛЕЧЕВОЙ КОСТИ

Прохоренко В.М.<sup>1</sup>,  
Афанасьев Ю.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Новосибирский  
научно-исследовательский институт  
травматологии и ортопедии  
им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России  
(630091, г. Новосибирск, ул. Фрунзе, 17,  
Россия)

<sup>2</sup> ГБУЗ Новосибирской области  
«Городская клиническая больница № 1»  
(630047, г. Новосибирск, ул. Залесского, 6,  
Россия)

Автор, ответственный за переписку:  
Афанасьев Юрий Андреевич,  
e-mail: aua315@icloud.com

### РЕЗЮМЕ

**Введение.** Наиболее тяжёлой категорией переломов проксимального отдела плечевой кости являются внутрисуставные повреждения, при которых в результате травмы развивается ишемия головки, усугубляемая оперативным вмешательством. В связи с частым нарушением васкуляризации с последующим некрозом головки возникает необходимость стимуляции репаративного остеогенеза при внутрисуставных повреждениях для профилактики ишемических изменений головки плечевой кости.

**Цель исследования.** Улучшить результаты хирургического лечения внутрисуставных переломов проксимального отдела плечевой кости на основе разработки новой методики остеосинтеза с использованием несвободного костно-мышечного трансплантата.

**Материал и методы.** Материалом исследования послужил анализ результатов лечения 48 пациентов с внутрисуставными переломами проксимального отдела плечевой кости категорий 11-C1 и 11-C2, лечившихся стационарно в отделении неотложной травматологии ГБУЗ Новосибирской области «Городская клиническая больница № 1» и в дальнейшем наблюдавшихся амбулаторно. В базах данных электронных информационных ресурсов PubMed, eLibrary проведён анализ литературных данных по поисковым словам.

**Результаты.** Согласно данным, полученным в ходе исследования, функциональные и рентгенологические результаты группы пациентов, оперированных с использованием метода репаративной стимуляции несвободным костно-мышечным трансплантатом из клювовидного отростка лопатки, статистически значимо выше результатов контрольной группы.

**Заключение.** Использование метода аутопластики несвободным костно-мышечным трансплантатом из клювовидного отростка лопатки улучшает результаты и уменьшает риск развития посттравматического асептического некроза головки плечевой кости.

**Ключевые слова:** внутрисуставной перелом проксимального отдела плечевой кости, стимуляция репаративного остеогенеза, несвободный костно-мышечный трансплантат, асептический некроз проксимального эпифиза плечевой кости

Статья поступила: 18.12.2022  
Статья принята: 25.09.2023  
Статья опубликована: 05.12.2023

**Для цитирования:** Прохоренко В.М., Афанасьев Ю.А. Хирургическое лечение внутрисуставных переломов проксимального отдела плечевой кости. *Acta biomedica scientifica*. 2023; 8(5): 192-202. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.21

## SURGICAL TREATMENT OF INTRA-ARTICULAR FRACTURES OF THE PROXIMAL HUMERUS

Prokhorenko V.M.<sup>1</sup>,  
Afanasiev Yu.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Novosibirsk Research Institute  
of Traumatology and Orthopedics  
n. a. Ya.L. Tsivyan (Frunze str. 17,  
Novosibirsk 630091, Russian Federation)

<sup>2</sup> Novosibirsk City Clinical Hospital No. 1  
(Zaleskogo str. 6, Novosibirsk 630047,  
Russian Federation)

Corresponding author:  
**Yuri A. Afanasiev**,  
e-mail: aua315@icloud.com

### ABSTRACT

**Background.** The most severe category of fractures of the proximal humerus are intra-articular injuries which are accompanied with humeral head ischemia caused by an injury and aggravated by surgical intervention. Due to frequent disruption of vascularization with subsequent necrosis of the humeral head, there is a need to stimulate reparative osteogenesis in intra-articular injuries to prevent ischemic changes in the humeral head.

**The aim of the study.** To improve the results of surgical treatment of intra-articular fractures of the proximal humerus based on the development of a new osteosynthesis technique using non-free osteomuscular graft.

**Material and methods.** We analyzed the results of treatment of 48 patients with 11-C1 and 11-C2 intra-articular fractures of the proximal humerus, who had hospital treatment at the emergency department of traumatology of the Novosibirsk City Clinical Hospital No. 1 and were subsequently observed on an outpatient basis. An analysis of literature data using search words was carried out in the PubMed and eLibrary databases.

**Results.** According to the data obtained during the study, the functional and radiological results of the patients who were treated using the method of reparative stimulation with a non-free osteomuscular graft from the coracoid process are statistically significantly higher than the results of the control group.

**Conclusion.** Using autoplasty with a non-free osteomuscular graft from the coracoid process improves the results and reduces the risk of developing post-traumatic aseptic necrosis of the humeral head.

**Key words:** intra-articular fracture of the proximal humerus, stimulation of reparative osteogenesis, non-free osteomuscular graft, aseptic necrosis of the proximal humerus

Received: 18.12.2022  
Accepted: 25.09.2023  
Published: 05.12.2023

**For citation:** Prokhorenko V.M., Afanasiev Yu.A. Surgical treatment of intra-articular fractures of the proximal humerus. *Acta biomechanica scientifica*. 2023; 8(5): 192-202. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.21

## ВВЕДЕНИЕ

Переломы проксимального отдела плечевой кости (ПОПК), по данным современной отечественной литературы, составляет от 5 до 15 % повреждений костей скелета человека, причём в 15 % случаев они сопровождаются смещением отломков [1]. Переломы проксимального отдела плечевой кости наиболее часто встречаются у лиц пожилого возраста; у молодых людей данное повреждение чаще характерно для высокоэнергетических травм – падение с высоты или дорожно-транспортные происшествия [2]. В связи с повышением требований к качеству жизни, увеличением продолжительности активного периода жизни, совершенствованием методов остеосинтеза соответствующим образом происходит расширение показаний для хирургического лечения переломов данной локализации. Пропорционально увеличению хирургической активности повышается интерес к изучению осложнений результатов как оперативного, так и консервативного видов лечения, одним из которых является аваскулярный некроз головки плечевой кости (АНГПК). Основой для развития данного состояния является полное прекращение кровоснабжения головки плечевой кости (переломы и переломовывихи типа С по классификации АО, четырёхфрагментарные переломы по Neer) в момент травмы; в дальнейшем частота развития АНГПК зависит не только от тяжести травмы, но и от травматичности оперативного вмешательства. Тактика хирургического лечения переломов проксимального отдела плечевой кости представлена тремя основными направлениями: накостный остеосинтез пластинами с угловой стабильностью; интрамедуллярный блокирующий остеосинтез различными модификациями проксимальных плечевых гвоздей (PHN, proximal humeral nail); эндопротезирование плечевого сустава (геми- и тотальное). Параллельно основным методикам существуют оригинальные авторские фиксаторы, имеющие ограниченную распространённость. Чрескостный остеосинтез переломов ПОПК широко не распространён в связи с технической сложностью и необходимостью постоянного контроля за состоянием аппарата внешней фиксации.

Использование интрамедуллярного остеосинтеза PHN в тактике лечения внутрисуставных переломов ПОПК в научной литературе трактуется неоднозначно в связи с сохраняющимся риском развития аваскулярного некроза головки плечевой кости, а также других «специфических» для данной методики осложнений – импиджмент-синдрома головкой гвоздя и миграции нефиксированных винтов при сохраняющейся микроподвижности отломков. Вследствие технических затруднений при восстановлении анатомических соотношений в случае закрытой репозиции появляются методики «репозиции из минидоступа с дополнительной стабилизацией бугорков» [3]. Из-за посттравматического нарушения кровоснабжения отломков, технических трудностей коррекции перелома и высокой частоты осложнений в отдалённом периоде внутрисуставных переломов ПОПК много исследований посвящено первичному

эндопротезированию плечевого сустава. Большинство последних сообщений показывают, что первичное эндопротезирование обычно предпочтительнее, чем артропластика в отдалённом периоде, так как первичную операцию выполнить технически проще [4]. Тем не менее, по мере накопления информации появляются сообщения о специфических для эндопротезирования осложнениях в виде рецидивирующих вывихов и асептической нестабильности компонентов эндопротеза.

В последнее время появляется всё больше сообщений о неудовлетворительных результатах эндопротезирования плечевого сустава при переломах проксимального отдела плечевой кости. D. Den Hartog и соавт. в 2010 г. опубликовали результаты метаанализа 33 исследований результатов лечения 1096 пациентов с трёх- и четырёхфрагментарными переломами проксимального отдела плечевой кости. У пациентов, которым выполнялось эндопротезирование, выявлен худший функциональный результат по сравнению с неоперированными больными с разницей в 10,9 балла по 100-балльной шкале Constant [5]. При сравнительном изучении отдалённых последствий эндопротезирования умеренное и резкое нарушение функции конечности отмечено до 30 % случаев [6].

Клинические и экспериментальные данные указывают на нарушения васкуляризации с последующим некрозом головки в 30–100 % случаев после оскольчатых внутрисуставных переломов [7]; исходя из этого возникает необходимость стимуляции репаративного остеогенеза при внутрисуставных повреждениях для достижения сращения и профилактики ишемических изменений головки плечевой кости. При рассмотрении данного вопроса наиболее распространённым является использование свободных губчатых костных аутотрансплантатов из крыла подвздошной кости, которые в основной массе публикаций рассматриваются исключительно для замещения костных дефектов проксимального отдела плеча. Данный вариант костной пластики является оптимальным по многим параметрам, включая отсутствие иммунного ответа, наличие живых остеогенных стромальных клеток; из недостатков можно выделить удлинение времени операции, возникновение дополнительных ворот инфекции, дискомфорт пациента. Кроме того, отсутствие источника кровоснабжения трансплантата повышает риск его лизиса.

Наиболее перспективным для стимуляции остеогенеза представляется использование несвободных аутотрансплантатов.

В данной области применения (плечо и плечевой сустав) из доступных источников обращает на себя внимание метод несвободной костной пластики для лечения ложных суставов в верхней трети плечевой кости [8]. Суть метода заключается в формировании костно-мышечного трансплантата, включающего фрагмент нижнего угла лопатки, который перемещают в зону реконструкции в верхней трети плеча. Используя данный метод, авторы получили хорошие и отличные результаты лечения ложных суставов верхней трети плечевой кости. Стимуляция остеогенеза несвободными костно-мышечными трансплантатами

шечными трансплантатами при внутрисуставной патологии изучена для области тазобедренного сустава, для которой также отмечены преимущественно хорошие результаты, в том числе в лечении аваскулярного некроза головки бедренной кости. Использование несвободного костно-мышечного трансплантата из клювовидного отростка лопатки на питающей ножке короткой головки двуглавой мышцы плеча в основном фигурирует при коррекции нестабильности плечевого сустава (операция Латарже); при изучении отдалённых последствий данного метода выявлены основные закономерности ремоделирования и резорбции костного блока.

## ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Улучшить результаты хирургического лечения внутрисуставных переломов проксимального отдела плечевой кости на основе разработки методики остеосинтеза с использованием несвободного костно-мышечного трансплантата.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследования послужил анализ результатов лечения 48 случаев пациентов с внутрисуставными переломами проксимального отдела плечевой кости категорий 11-C1 и 11-C2, лечившихся стационарно в отделении неотложной травматологии ГБУЗ Новосибирской области «Городская клиническая больница № 1» и в дальнейшем наблюдавшихся амбулаторно.

Критериями включения в группу исследования служили следующие параметры: пациенты мужского или женского пола в возрасте от 20 до 80 лет включительно с диагностированными переломами типа C (C1–C2) по AO/ASIF (Association for Osteosynthesis/Association for the Study of Internal Fixation) проксимального отдела плечевой кости, нуждающиеся в оперативном лечении. В исследование не вошли: пациенты с внесуставными переломами ПОПК (типы A и B) и переломами вывихами (тип C3); пациенты, не толерантные или не согласные на оперативное лечение.

Из общего количества пациентов сформированы две группы: контрольная, или группа сравнения, – 25 пациентов, оперированных с использованием в лечении традиционных методов (накостный остеосинтез пластиной с угловой стабильностью или интрамедуллярный блокируемый остеосинтез проксимальными плечевыми штифтами); группа исследования – 23 пациента, в лечении которых дополнительно использован метод трансплантации в зону перелома несвободного костно-мышечного трансплантата из клювовидного отростка лопатки. Средний возраст пациентов составил 65 лет для группы исследования и 67 лет для группы сравнения; все пациенты оперированы в течение 7–10 дней после травмы, за исключением 2 пациентов группы исследования, которым проведена трансплантация фрагмента клювовидного отростка через 6–8 недель после травмы в связи с несосто-

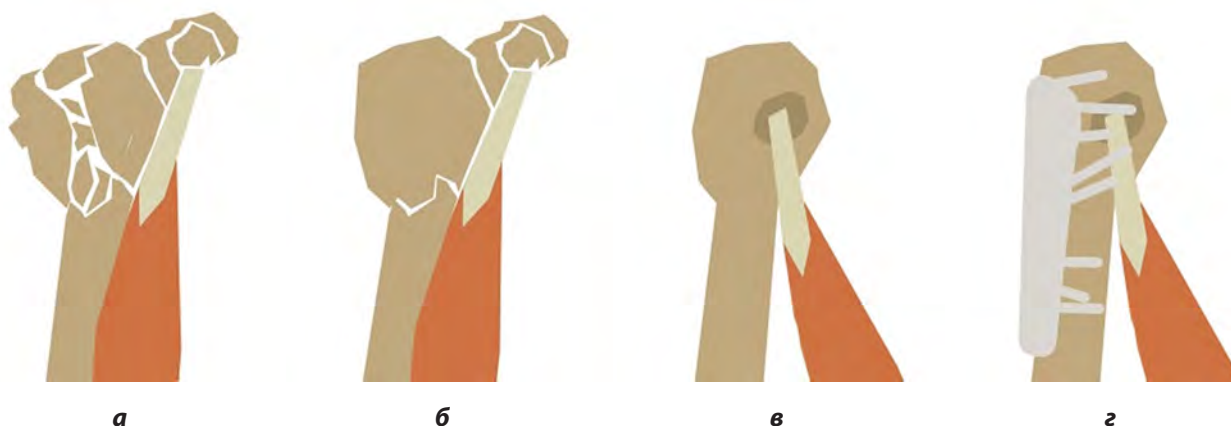
тельностью первичного остеосинтеза. Обе группы пациентов обследованы в предоперационном и послеоперационном периодах с использованием клинического (анамнез, жалобы, локальный статус), рентгенологического (рентгенограммы плечевого сустава в 2 или 3 проекциях) методов и мультиспиральной компьютерной томографии (исследовалась рентгенологическая динамика изменений зоны перелома и костной структуры головки плечевой кости). В отдалённом периоде выборочно проведено гистологическое исследование интраоперационных биоптатов для определения выраженности посттравматических ишемических расстройств костной ткани головки плечевой кости. Функциональные результаты хирургического лечения оценивались по шкале Американской системы оценки хирургии плечевого и локтевого суставов (ASES, American Shoulder and Elbow Surgeons). Полученные данные оценивались по трём основным направлениям: наличие и степень выраженности болевого синдрома (индекс PS (Pain Syndrome) шкалы ASES, в баллах); объём движений в плечевом суставе (сгибание, отведение, наружная и внутренняя ротация); удовлетворённость пациентов возможностью использования поражённой конечности при бытовых нагрузках (индекс ADL (Activities of Daily Living) шкалы ASES, в баллах), и рентгенологической выраженностью признаков посттравматических расстройств головки ПК. Степень развития асептического некроза головки оценивалась по шкале ARCO (Association Research Circulation Osseous). Функциональные и рентгенологические изменения у пациентов были отслежены за период 2015–2022 гг.

Проведение исследования одобрено этическим комитетом ГБУЗ Новосибирской области «Городская клиническая больница № 1» и комитетом по биомедицинской этике ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России (№ 42/19 от 11.11.2019; № 001/23 от 17.01.2023).

### Ход операции

Основные этапы операции схематично представлены на рисунке 1.

Хирургическое вмешательство выполняли в положении пациента лёжа на спине с использованием общей и проводниковой анестезии верхней конечности. Из переднего дельтоидеопекторального доступа посылно выделялась зона перелома, после проведения ревизии отломков и сухожилий вращательной манжеты плеча осуществлялась щадящая репозиция отломков с минимальным отделением надкостницы (рис. 2а). После проведения обычного накостного остеосинтеза проксимальной плечевой пластиной LCP субфасциально выделяли клювовидный отросток лопатки и прикрепляющееся к нему сухожилие короткой головки двуглавой мышцы плеча и коракоакромиальную связку. Коракоакромиальная связка частично надсекалась соответственно длине трансплантата; после проведения остеотомии клювовидного отростка лопатки длиной до 1–1,5 см мобилизовалась короткая головка двуглавой мышцы плеча.

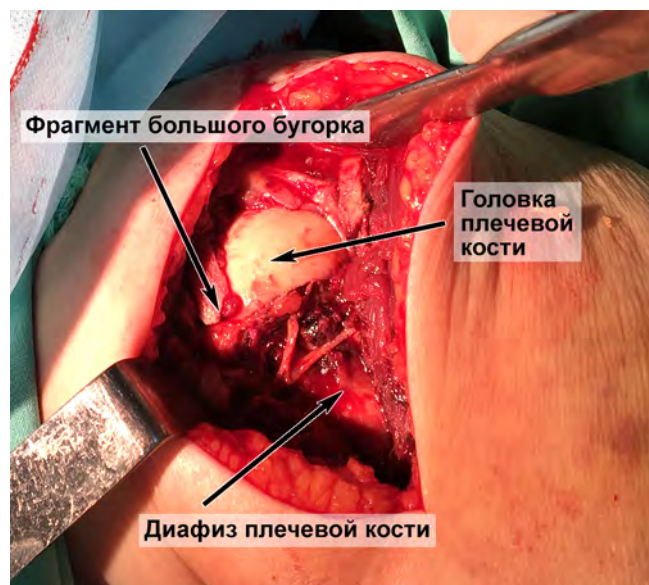


**РИС. 1.**

Ревизия зоны перелома (а); репозиция фрагментов (б); взятие и проведение в зону перелома трансплантата из клювовидного отростка на мышечно-сухожильной ножке короткой головки двуглавой мышцы плеча (в); накостный остеосинтез пластиной LCP (г)

**FIG. 1.**

Revision of the fracture zone (а); reposition of fragments (б); taking and carrying into the fracture zone a graft from the coracoid process on the muscle-tendon pedicle of the short head of the biceps muscle (в); bone osteosynthesis with an LCP plate (г)



**а**

**РИС. 2.**

Ревизия зоны перелома (а); проведение в зону перелома трансплантата из клювовидного отростка на мышечно-сухожильной ножке короткой головки двуглавой мышцы плеча (б)



**б**

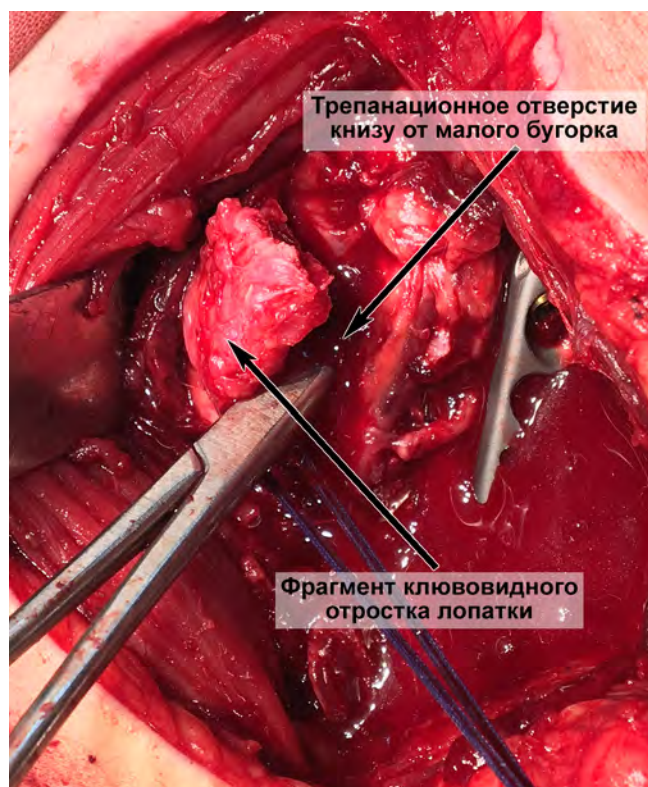
**FIG. 2.**

Revision of the fracture zone (а); carrying into the fracture zone a graft from the coracoid process on the muscle-tendon pedicle of the short head of the biceps muscle (б)

Сформированный таким образом костно-мышечный трансплантат проводился в зону перелома под фрагментом малого бугорка плечевой кости с помощью лигатуры (рис. 2б) с выведением её концов на наружную часть большого бугорка, посредством чего осуществляется дополнительная фиксация большого бугорка (рис. 3а, б).

После проведения тестирования рана послойно ушивалась, проводилась иммобилизация косыночной

повязкой. Послеоперационное ведение было типичным для всех пациентов обеих групп: активная разработка локтевого сустава со 2-х суток; пассивная неагрессивная разработка плечевого сустава стоя и лёжа после снятия швов (9–10-е сутки). Активная разработка плечевого сустава разрешалась после 6 недель с момента операции, с 8–10-го дня после операции. Результаты лечения оценивали с использованием шкалы ASES по прошествии 6–12 месяцев (от 1 месяца до 5 лет) после операции.



а

**РИС. 3.**

Позиционирование несвободного трансплантата книзу от малого бугорка плечевой кости (а); установка трансплантата с выведением направляющих лигатур на большой бугорок (б)



б

**FIG. 3.**

Positioning of a non-free graft downwards from the small humerus tubercle (a); insertion of the graft with the withdrawal of guide ligatures on the large tubercle (b)

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты лечения больных с внутрисуставными переломами проксимального отдела плечевой кости оценивали на двух этапах – ближайшем и отдалённом. Ближайшими считали результаты лечения на момент выписки из стационара и после 12 недель с момента операции. Отдалёнными считали функциональные и рентгенологические изменения через 18–24 месяца после операции. Согласно данным, полученным в ходе исследования, функциональные результаты группы пациентов, оперированных с использованием метода репаративной стимуляции несвободным костно-мышечным трансплантатом из клювовидного отростка лопатки, статистически значимо выше результатов контрольной группы (табл. 1).

### Статистическая обработка данных

Выборочные распределения непрерывных показателей возраста, роста, веса, времени осмотра после операции, PS и ADL по шкале ASES, отведения, сгибания, внутренней и наружной ротации исследовались на согласие с законом нормального распределения с использованием критерия Шапиро – Уилка; равенство дисперсий в сравниваемых группах исследовалось с использованием критерия Фишера. Большинство распределений оказались ненормальными и гетероскедастичными, поэтому сравнение проводилось непараметрическим

U-критерием Манна – Уитни. Для оценки величины различия в группах рассчитывались псевдо-медиана (ПМ) разностей значений и стандартизованная разность средних (CPC). Непрерывные показатели описывались в виде: медиана [первый квартиль; третий квартиль] (M [Q1; Q3]), среднее  $\pm$  стандартное отклонение (СРЕД  $\pm$  СО), минимальное и максимальное значения (мин–макс).

Бинарные показатели консолидации и элевации описывались как количество событий и частоты ( $n$ , %) с построением 95%-го доверительного интервала (95% ДИ) по формуле Вильсона. Для оценки различия групп рассчитывались разность рисков (PP) и отношение шансов (ОШ) с 95% ДИ. Для степеней категориальных показателей АНГПК рассчитаны количество пациентов и частота (степень –  $n$  (%)). Бинарные и категориальные показатели сравнивались точным двусторонним критерием Фишера. При сравнении степеней в категориальных показателях проводилась коррекция ошибки множественного сравнения критерием Бенджамини – Хохберга (табл. 1).

Проверка статистических гипотез проводилась при критическом уровне значимости  $p = 0,05$ , т. е. различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

Все статистические расчёты проводились в программе Rstudio (версия 2022.07.2+576, 2022-09-06, США) на языке R (версия 4.1.3, Австрия). Результаты статистических расчётов представлены в таблице 1.

Распределение степеней АНГП в группах сравнения и исследования статистически значимо различалось ( $p = 0,010$ ), а именно по 0-й степени (отсутствие) – у 12 (48 %) и 20 (87 %) пациентов соответственно ( $p = 0,018$ ); по 4-й степени – у 10 (40 %) и 2 (8,7 %) пациентов соответственно ( $p = 0,028$ ). Различий по 3-й степени АНГП не обнаружено ( $p = 0,610$ ) (рис. 4).

PS в группах сравнения и исследования находился в пределах 45 [35; 50] и 45 [45; 50] ед. изм. Соответственно, причём в группе исследования он был статистически значимо больше ( $p = 0,024$ ) – в среднем на 5 ед. изм. (рис. 5).

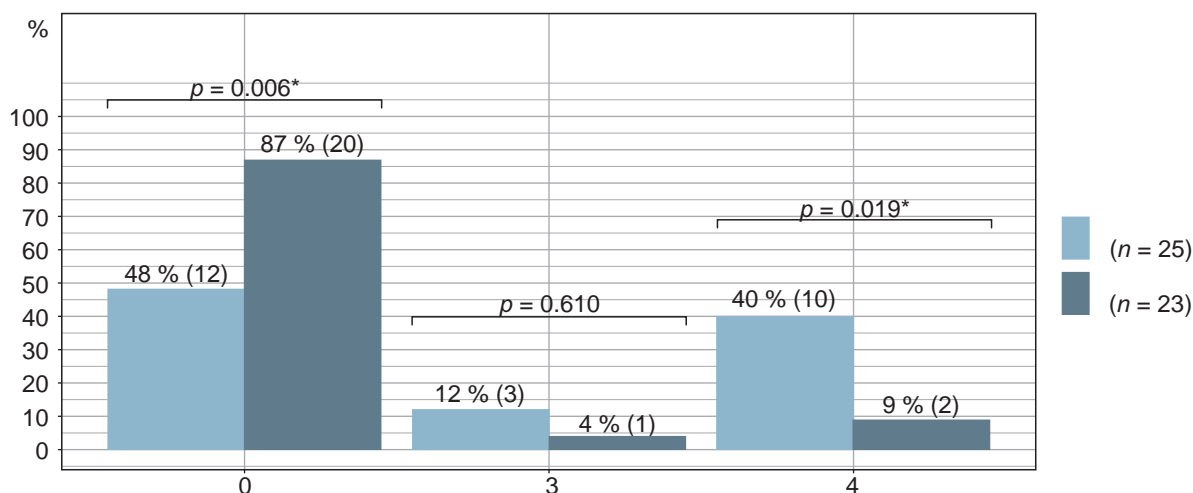
Объём активных движений в группах сравнения и исследования находился в сопоставимых пределах: в груп-

**ТАБЛИЦА 1**  
**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ КОНТРОЛЬНОЙ ГРУППЫ И ГРУППЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

**TABLE 1**  
**COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF THE TREATMENT RESULTS OF PATIENTS IN THE CONTROL AND STUDY GROUPS**

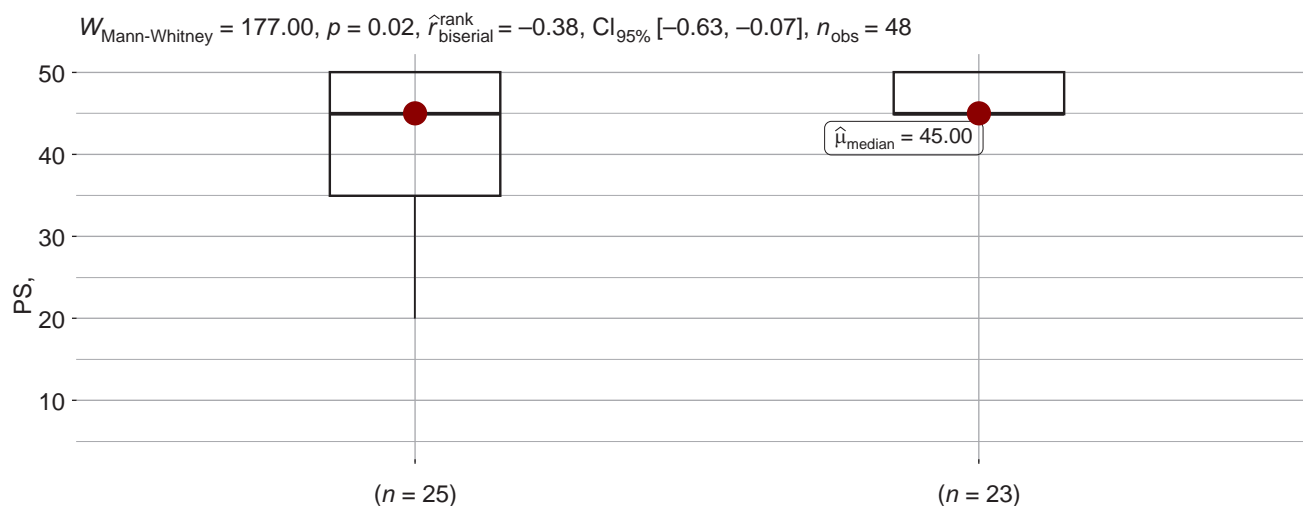
Показатели	Группа сравнения (N = 25)	Группа исследования (N = 23)	Оценка различия	p
Возраст, М [Q1; Q3] (мин–макс)	67 [55; 70] (33–77)	65 [62; 76] (46–81)	ПМ: 4 [–3; 9] CPC: 0,43	0,296
Осмотр после операции, М [Q1; Q3] (мин–макс)	48 [24; 48] (12–68)	18 [11; 24] (6–36)	ПМ: 24 [12; 36] CPC: 1,52	<0,001*
Консолидация, n (%) [95%ДИ]	23 (92 %) [75 %; 98 %]	23 (100 %) [86%; 100%]	PP: 8 % [3 %; 19 %]	0,491
АНГП, степень	0-я – 12 (48 %) 3-я – 3 (12 %) 4-я – 10 (40 %)	0-я – 20 (87 %) 3-я – 1 (4,3 %) 4-я – 2 (8,7 %)	Общее сравнение $p = 0,010^*$ Категория: $p$ ; коррекция $p$ 0-я: 0,006*; 0,018* 3-я: 0,610; 0,610 4-я: 0,019*; 0,028*	
PS, М [Q1; Q3] (мин–макс)	45 [35; 50] (5–50)	45 [45; 50] (35–50)	ПМ: 5 [0; 10] CPC: 0,83	0,017*
ADL, М [Q1; Q3] (мин–макс)	37 [22; 45] (12–50)	33 [29,5; 42] (22–50)	ПМ: 0 [–6; 10] CPC: 0,18	0,877
ASES общий, М [Q1; Q3] (мин–макс)	80 [62; 88] (27–100)	80 [77; 88,5] (68–95)	ПМ: 4 [–5; 16] CPC: 0,54	0,535

Примечание. \* – статистически значимые различия.



**РИС. 4.**  
Распределение степеней развития асептического некроза головки плечевой кости по группам

**FIG. 4.**  
Distribution of degrees of the development of aseptic humeral head necrosis by groups



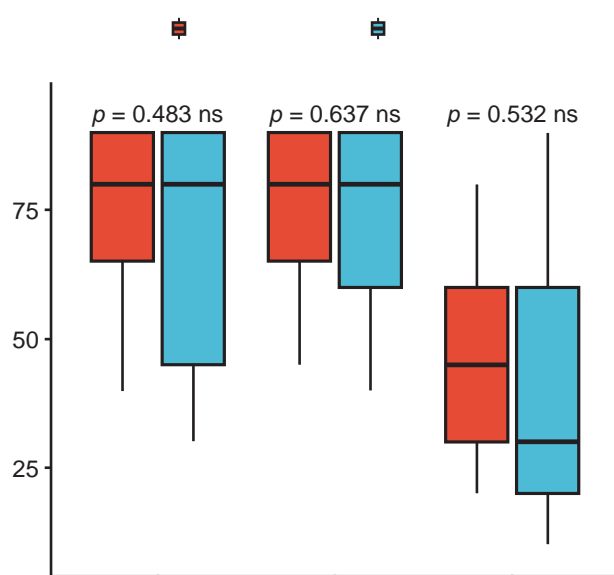
**РИС. 5.**

Распределение степеней выраженности болевого синдрома (индекс PS) по группам

**FIG. 5.**

Distribution of degrees of pain syndrome (PS index) severity by groups

пе сравнения – был ниже в среднем на 5–10 ед. изм. (градусы) ( $p = 0,483–0,532$ ) (рис. 6).



**РИС. 6.**

Соотношение объёма активных движений в плечевом суставе в группе исследования и группе сравнения

**FIG. 6.**

The ratio of the volume of active movements of shoulder joint in patients of the study and comparison groups

**Индексы ADL и общий счёт по шкале ASES** в группах сравнения и исследования находились в сопоставимых пределах, однако минимальный результат в группе исследования был статистически значимо больше ( $p = 0,877$  и  $p = 0,535$  соответственно) – в среднем на 7 (ADL) и 12 ед. изм. (общий счёт ASES).

Таким образом, проявления посттравматического асептического некроза проксимального эпифиза плечевой кости 4-й степени снижены в 4 раза. Однократное применение методики остеосинтеза с использованием несвободного костномышечного трансплантата из клювовидного отростка лопатки в случае неконсолидированного внутрисуставного перелома головки плеча давностью более 6 недель не привело к положительному результату, консолидации не получено. Проведённая оценка болевого синдрома в реабилитационном периоде (6–12 месяцев после оперативного лечения) и в отдалённом периоде (более 1 года) показывает уменьшение интенсивности послеоперационных болей, преимущественно за счёт хорошей консолидации перелома и уменьшения постишемических расстройств костной ткани.

После окончания реабилитационного периода и восстановления объёма движений в плечевом суставе, кроме уменьшения болевого синдрома, пациенты группы исследования также отметили значительное уменьшение или исчезновение болей ночью.

По результатам исследования получен патент на изобретение «Способ лечения внутрисуставных переломов проксимального отдела плечевой кости» (№ 2740851; приоритет изобретения от 30.06.2020).

### Клинический пример № 1

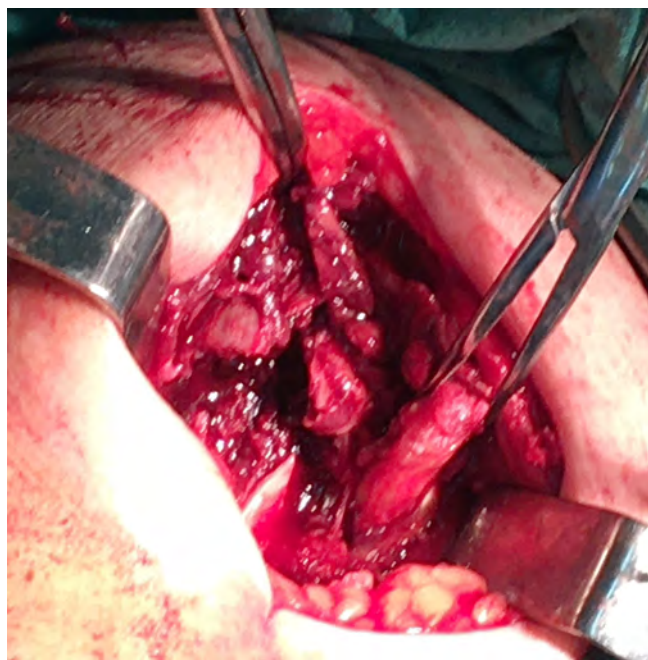
Пациент Г., 57 лет, оперирован в феврале 2020 г. (рис. 7а, б). Интраоперационно подтверждён внутрисуставной характер перелома, проведена транспозиция коракоида (рис. 7в). При осмотре через 7,5 месяцев – полный объём движений, отсутствие болевого синдрома, бытовые и частично спортивные нагрузки без затруднений. Рентгенографически костная структура головки плеча – без признаков ишемии (рис. 7г). Результат лечения отличный.



**a**



**b**



**v**



**z**

**РИС. 7.**

Пациент Г. **a** – рентгенограмма плечевого сустава до операции; **b** – МСКТ до операции; **v** – интраоперационная фотография мобилизации несвободного аутотрансплантата; **z** – контрольная рентгенограмма плечевого сустава через 7,5 мес. после операции

**FIG. 7.**

Patient G. **a** – X-ray of the shoulder joint before the surgery; **b** – multi-layer spiral CT before the surgery; **v** – intraoperative photo of mobilization of a non-free autograft; **z** – control X-ray of the shoulder joint 7.5 months after the surgery

**Клинический пример № 2**

Пациентка Д., 74 года, оперирована в начале августа 2020 г. Консолидация перелома наступила через 2 месяца; через 7 месяцев – полный объём движений, бытовые нагрузки руки не вызывают болей и дискомфорта. Рентгенологически признаков асептического некроза не выявлено (рис. 8a–в). Результат лечения отличный.

**Клинический пример № 3**

Пациент С., 72 года. Первичный остеосинтез проведён в сентябре 2019 г., через 2 месяца выявлено вторичное смещение отломков (рис. 9a). При ревизии в начале декабря 2019 г. выявлен асептический некроз головки с массивным лизисом, интраоперационно оставшаяся часть головки до 1,5 см субхон-



**а**

**б**

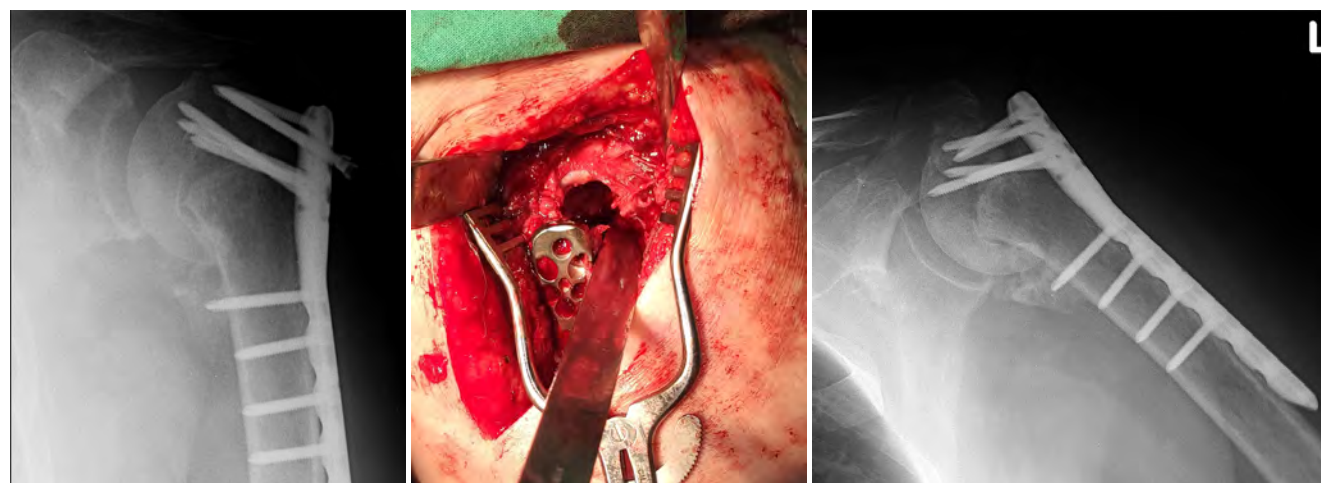
**в**

**РИС. 8.**

Пациентка Д. **а** – рентгенограмма до операции; **б** – 3D-реконструкция зоны перелома по данным МСКТ; **в** – контрольная рентгенограмма консолидированного перелома через 7 месяцев после операции

**FIG. 8.**

Patient D. **а** – X-ray before the surgery; **б** – 3D reconstruction of the fracture zone according to multi-layer spiral CT; **в** – control X-ray of the consolidated fracture 7 months after the surgery



**а**

**б**

**в**

**РИС. 9.**

Пациент С. **а** – контрольная рентгенограмма через 8 недель после первичного остеосинтеза; **б** – интраоперационная фотография лизиса головки плечевой кости; **в** – контрольная рентгенограмма неконсолидированного перелома через 6 месяцев после реостеосинтеза

**FIG. 9.**

Patient S. **а** – control X-ray 8 weeks after primary osteosynthesis; **б** – intraoperative photograph of the humeral head lysis; **в** – control X-ray of an unconsolidated fracture 6 months after re-osteosynthesis

дральной кости (рис. 9б). Проведён накостный реостеосинтез пластиной LCP с несвободной костной пластикой трансплантатом из клювовидного отростка. При контрольном осмотре через 3 месяца после ревизионного вмешательства отмечено отсутствие сращения (рис. 9в). При удалении конструкций через 6 месяцев – интраоперационные признаки ложного сустава и продолжающегося лизиса головки. По результатам интраоперационной биопсии подтверждён асептический некроз головки плечевой кости.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование метода аутопластики несвободным костно-мышечным трансплантатом из клювовидного отростка лопатки в лечении «свежих» внутрисуставных переломов проксимального отдела плечевой кости уменьшает риск развития посттравматического асептического некроза головки, обеспечивает преимущественно отличные и хорошие результаты при первичном стабильном остеосинтезе.

### Конфликт интересов

Авторы данной статьи заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Источник финансирования

Исследование проведено без спонсорской поддержки.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Архипов С.В., Кавалерский Г.М. Хирургическое лечение переломов проксимального отдела плечевой кости. В кн.: *Хирургия плечевого сустава*. М.: Гранат; 2015: 159. [Arkhipov SV, Kavalersky GM. Surgical treatment of fractures of the proximal humerus. In: *Surgery of the shoulder joint*. Moscow: Granat; 2015: 159. (In Russ.)].
2. Коган П.Г., Воронцова Т.Н., Шубняков И.И., Воронкевич И.А., Ласунский С.А. Эволюция лечения переломов проксимального отдела плечевой кости (обзор литературы). *Травматология и ортопедия России*. 2013; 3: 154-161. [Kogan PG, Vorontsova TN, Shubnyakov II, Voronkevich IA, Lasunskiy SA. Evolution of treatment of the proximal humerus fractures (review). *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2013; 3: 154-161. (In Russ.)]. doi: 10.21823/2311-2905-2013-3
3. Егизарян К.А., Ратьев А.П., Тамазян В.О., Глазков К.И., Ершов Д.С. Результаты остеосинтеза переломов проксимального отдела плечевой кости интрамедуллярным штифтом с дополнительной мягкотканной стабилизацией бугорков. *Политравма*. 2019; 2: 32-39. [Egizaryan KA, Ratyev AP, Tamazyan VO, Glazkov KI,

Ershov DS. Results of osteosynthesis of proximal humerus fractures with intramedullary nail and additional suture fixation of tuberosities. *Polytrauma*. 2019; 2: 32-39. (In Russ.)]. doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-4-81-88

4. Лазишвили Г.Д., Григорьев А.В., Кузин В.В., Гордиенко Д.И., Ратьев А.П., Семенов П.В. Хирургическое лечение переломов проксимального отдела плечевой кости. *Московский хирургический журнал*. 2016; 1(47): 23. [Lazishvili GD, Grigoriev AV, Kuzin VV, Gordienko DI, Ratyev AP, Semenov PV. Surgical treatment of fractures of the proximal humerus. *Moscow Surgical Journal*. 2016; 1(47): 23. (In Russ.)].

5. Den Hartog D, de Haan J, Schep NW, Tuinebreijer WE. Primary shoulder arthroplasty versus conservative treatment for comminuted proximal humeral fractures: A systematic literature review. *Open Orthop J*. 2010; 10: 87-92. doi: 10.2174/1874325001004020087

6. Zyto K. Outcome after hemiarthroplasty for three- and four-part fractures of the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg*. 1998; 7: 85-89. doi: 10.1016/s1058-2746(98)90215-4

7. Resch H, Povacz P. Percutaneous fixation of three- and four-part fractures of the proximal humerus. *J Bone Joint Surg Br*. 1997; 79(2): 295-300. doi: 10.1302/0301-620X.79B2.0790295

8. Тихилов Р.М., Лушников С.П., Кочиш А.Ю. Использование латерального края лопатки для пластики дефектов верхней трети плечевой кости. *Травматология и ортопедия России*. 2009; 2(59): 7-14. [Tikhilov RM, Lushnikov SP, Kochish AY. The plasty of humeral proximal part using lateral edge of scapula. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2009; 2(59): 7-14. (In Russ.)]. doi: 10.17816/2311-2905-1840

### Сведения об авторах

**Прохоренко Валерий Михайлович** – доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник научно-исследовательского отдела организации научных исследований, ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, e-mail: VProhorenko@niito.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0655-9644>

**Афанасьев Юрий Андреевич** – врач травматолог-ортопед, ГБУЗ Новосибирской области «Городская клиническая больница № 1», e-mail: aua315@icloud.com, <https://orcid.org/0000-0003-1134-1524>

### Information about the authors

**Valery M. Prokhorenko** – Dr. Sc. (Med.), Chief Research Officer at the Research Department of the Research Administration, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics n. a. Ya.L. Tsivyan, e-mail: VProhorenko@niito.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0655-9644>

**Yuri A. Afanasiev** – Orthopedic Traumatologist, Novosibirsk City Clinical Hospital No. 1, e-mail: aua315@icloud.com, <https://orcid.org/0000-0003-1134-1524>

Статья опубликована в рамках Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 25-летию Иркутского научного центра хирургии и травматологии.

## ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ МАССИВНЫХ РАЗРЫВОВ ВРАЩАТЕЛЬНОЙ МАНЖЕТЫ ПЛЕЧА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

**Меньшова Д.В.**

ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии» (664003, г. Иркутск, ул. Борцов Революции, 1, Россия)

Автор, ответственный за переписку:  
**Меньшова Дарья Васильевна,**  
e-mail: menschovadar@yandex.ru

### РЕЗЮМЕ

*Встречаемость разрывов вращательной манжеты плеча, по данным литературы, составляет от 20 % до 40 %, и чаще данное повреждение выявляется у лиц старше 60 лет. Доля массивных разрывов вращательной манжеты плеча составляет от 10 % до 40 % от всех разрывов. Массивными разрывами вращательной манжеты плеча принято считать разрывы с диапазом более 5 см или разрывы двух и более сухожилий. При таких разрывах изменяется кинематика плечевого сустава, а именно происходит проксимальный подвывих головки плечевой кости, артропатия плечевого сустава, что в дальнейшем приводит к псевдопараличу. Основные клинические проявления – это болевой синдром и нарушение функции плечевого сустава. У пациентов может наблюдаться потеря активного диапазона движений в плечевом суставе при сохранении пассивных движений. Единый подход к выбору хирургического лечения пациентов на сегодняшний день отсутствует. Самыми распространёнными вариантами можно считать частичное восстановление вращательной манжеты плеча, субакромиальную баллонопластику, замещение дефектов сухожилий аллотрансплантатами и аутоотрансплантатами, пластику проксимальной капсулы плечевого сустава, мышечно-сухожильные трансферы и эндопротезирование плечевого сустава. Однако, по данным литературы, частота повторных разрывов после хирургического вмешательства составляет от 11 % до 94 %. Несмотря на большое количество методов лечения массивных разрывов вращательной манжеты плеча, отсутствуют чёткие алгоритмы ведения пациентов и выбора той или иной хирургической тактики. Кроме того, сохраняется высокий процент неудовлетворительных исходов лечения. Учитывая всё вышесказанное, проблема совершенствования лечения таких пациентов остаётся актуальной и своевременной.*

**Ключевые слова:** вращательная манжета, хирургическое лечение, массивные разрывы, сухожилие надостной мышцы, плечевой сустав

Статья поступила: 02.06.2023

Статья принята: 23.10.2023

Статья опубликована: 05.12.2023

**Для цитирования:** Меньшова Д.В. Хирургическое лечение массивных разрывов вращательной манжеты плеча (обзор литературы). *Acta biomedica scientifica*. 2023; 8(5): 203-210. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.22

## SURGICAL TREATMENT OF MASSIVE ROTATOR CUFF TEARS (LITERATURE REVIEW)

**Menshova D.V.**

Irkutsk Scientific Centre of Surgery  
and Traumatology  
(Bortsov Revolyutsii str. 1, Irkutsk 664003,  
Russian Federation)

Corresponding author:  
**Daria V. Menshova,**  
e-mail: menshovadar@yandex.ru

### ABSTRACT

*The prevalence of rotator cuff tears according to the literature ranges from 20 % to 40 %, and this injury occurs more often in people over 60 years of age. Massive rotator cuff tears account for 10–40 % of all rotator cuff tears. Massive rotator cuff tears are considered to be tears with a diastasis of more than 5 cm or tears involving two or more tendons. With such injuries, the kinematics of the shoulder joint changes: proximal subluxation of the humeral head and arthropathy of the shoulder joint occur, which subsequently causes pseudoparalysis. The main clinical manifestations are pain and dysfunction of the shoulder joint. Patients may experience a loss of active range of motion in the shoulder joint while maintaining passive range of motion. There is currently no unified approach to the choosing the tactics for surgical treatment. The most common options include partial rotator cuff repair, subacromial balloon plasty, replacement of tendon defects with allografts and autografts, proximal shoulder joint capsule plasty, muscle-tendon transfers, and shoulder joint arthroplasty. However, according to the literature data, the frequency of re-ruptures after surgery ranges from 11 % to 94 %. Despite the large number of methods for the treatment of massive rotator cuff tears, there are no clear algorithms for managing patients and choosing one or another surgical tactics. In addition, there is a high percentage of unsatisfactory outcomes of treatment. Taking all of these factors into account, the problem of improving the treatment of patients with massive rotator cuff tears remains relevant and timely.*

**Key words:** rotator cuff, surgical treatment, massive tears, supraspinatus tendon, shoulder joint

Received: 02.06.2023  
Accepted: 23.10.2023  
Published: 05.12.2023

**For citation:** Menshova D.V. Surgical treatment of massive rotator cuff tears (literature review). *Acta biomechanica scientifica*. 2023; 8(5): 203-210. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.22

## ВВЕДЕНИЕ

Встречаемость разрывов вращательной манжеты плеча, по данным литературы, составляет от 20 % до 40 %; чаще данная патология выявляется у лиц старше 60 лет [1, 2]. Доля массивных разрывов вращательной манжеты плеча составляет от 10 до 40 % от всех разрывов [3, 4]. Единого подхода в определении массивных разрывов манжеты на сегодняшний день нет. По данным литературы, массивный разрыв – это повреждение двух и более сухожилий или разрыв с диастазом более 5 см [5, 6]. Основные клинические проявления при таких повреждениях – это болевой синдром и нарушение функции плечевого сустава. У пациентов может наблюдаться потеря активного диапазона движений в плечевом суставе при сохранении пассивных движений. При таких разрывах изменяется кинематика плечевого сустава, а именно происходит проксимальный подвывих головки плечевой кости, артропатия плечевого сустава, что в дальнейшем приводит к псевдопараличу [7]. Псевдопараличом при массивных разрывах вращательной манжеты принято считать наличие активного отведения и сгибания менее 90° при полном пассивном диапазоне движений в отсутствие неврологических нарушений [8]. Единого подхода к выбору хирургического лечения на сегодняшний день нет. Самыми распространёнными вариантами можно считать: частичное восстановление вращательной манжеты плеча; субакромиальную баллонопластику; пластику проксимальной капсулы плечевого сустава; мышечно-сухожильные трансферы; эндопротезирование плечевого сустава. Однако, по данным литературы, частота повторных разрывов после хирургического вмешательства составляет от 11 % до 94 % [9, 10].

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Проанализировать литературные данные зарубежных и отечественных авторов и представить обзор современных концепций хирургического лечения массивных разрывов вращательной манжеты плеча.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Был проведён поиск литературы зарубежных и отечественных авторов при помощи интернет-ресурсов PubMed, eLibrary с использованием ключевых слов: «вращательная манжета», «хирургическое лечение», «массивные разрывы», «сухожилие надостной мышцы», «плечевой сустав» и их англоязычных аналогов. Анализировались публикации в период с 2004 по 2023 г.

## ЧАСТИЧНОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ МАССИВНЫХ РАЗРЫВОВ ВРАЩАТЕЛЬНОЙ МАНЖЕТЫ ПЛЕЧА

Методика частичного восстановления при массивных разрывах вращательной манжеты плеча впервые была предложена S.S. Burkhart в 1994 году. Этот ме-

тод включал в себя восстановление большей части повреждённых сухожилий для частичного восстановления функции плеча. S.S. Burkhart и соавт. выполнили частичное восстановление вращательной манжеты плеча 14 пациентам. У пациентов после оперативного лечения отмечалось улучшение активного отведения с 91 до 150°. Функциональный результат по шкале UCLA (The University of California – Los Angeles Shoulder Scale) улучшился с 10 баллов до операции, до 28 баллов после оперативного лечения [11]. Первоначально частичное восстановление было предложено как открытое хирургическое вмешательство, но развитие малоинвазивных технологий позволило выполнять эту операцию артроскопически. Такое лечение показано пациентам с массивным разрывом сухожилия надостной мышцы при восстановимых разрывах подостного и подлопаточного сухожилий [12]. По данным литературы, частота повторных разрывов после частичного восстановления высокая и составляет 48,9 % [13]. Существует мнение, что хорошие функциональные результаты краткосрочные и зависят от вспомогательных методов лечения, таких как субакромиальная декомпрессия, санация, бурсэктомия, тенотомия или тенodes бицепса [14]. Однако O. Galasso и соавт. в своём исследовании продемонстрировали улучшение функциональных показателей после частичной реконструкции вращательной манжеты плеча с  $39,1 \pm 8,4$  до  $76,3 \pm 9,7$ . Удовлетворены результатами лечения были 87,4 % пациентов [15]. J.D. Hallock и соавт. установили, что через 4,5 года после частичного восстановления манжеты ревизионные вмешательства потребовались 5,2 % пациентам, при этом 87 % не нуждались в повторных оперативных вмешательствах [16]. M.S. Shon и соавт. сообщили, что через 2 года наблюдения 50 % пациентов не отмечали улучшения после частичной реконструкции с уменьшением показателей по шкале ASES (American Shoulder and Elbow Surgeons) [17]. S.J. Kim и соавт. опубликовали результаты лечения 27 пациентов, которым было выполнено частичное восстановление вращательной манжеты плеча. Средний размер разрыва до операции – 42,1 мм, средний размер дефекта после операции – 12,0 мм. Функциональный результат по шкале UCLA улучшился с 10,5 до операции до 25,9 после оперативного лечения [18]. N.D. Iagulli и соавт. проводили сравнение частичного восстановления вращательной манжеты с полным восстановлением при массивных разрывах. Сроки наблюдения составили 24 месяца. Оценка производилась по шкале UCLA. Существенных различий в обеих группах не определялось [19]. M. Moser и соавт. в своих исследованиях по сравнению частичной реконструкции с полным восстановлением манжеты отметили, что при полном восстановлении внешняя ротация значительно лучше. Однако выраженность болевого синдрома и функционального результата не была статистически значимой [20].

Таким образом, частичное восстановление вращательной манжеты приводит к улучшению функциональных результатов и уменьшению болевого синдрома в краткосрочный период и подходит для лечения пациентов с низкими функциональными потребностями [21].

## БИОРАЗЛАГАЕМЫЙ СУБАКРОМИАЛЬНЫЙ СПЕЙСЕР

Вариантом хирургического лечения массивных разрывов вращательной манжеты плеча является артроскопическая установка биоразлагаемого субакромиального спейсера. Суть оперативного лечения заключается в ведении в субакромиальное пространство баллонного спейсера, который в последующем наполняется физиологическим раствором. Данное устройство предназначено для увеличения акромионо-плечевого интервала, низведения головки плечевой кости и тем самым для устранения вторичного подвывиха. Средний срок действия данного устройства составляет 6–12 месяцев, а затем происходит его разрушение [21]. V. Senekovic и соавт. провели проспективное исследование 20 пациентов, которым был установлен биоразлагаемый спейсер. Срок наблюдения составил 5 лет. Функциональное улучшение отмечалось в 84,6 % случаев. E. Gervasi и соавт. в своих исследованиях предполагали, что выполнять субакромиальную декомпрессию перед установкой баллона нет необходимости. Однако другие авторы утверждают, что необходимо выполнять субакромиальную декомпрессию, для того чтобы исключить другие источники боли, а также подобрать подходящий размер баллона. Некоторые исследования показали, что при разрывах подлопаточного сухожилия установка спейсера не показана, так как имеется высокий риск миграции баллона. В других исследованиях при проведении реконструкции сухожилия подлопаточной мышцы и установке спейсера были получены удовлетворительные результаты [22–24]. M. Holschen et al. выполняли санацию плечевого сустава вращательной манжеты плеча 11 пациентам, а 12 пациентам выполнялась санация сустава с установкой субакромиального спейсера. Срок наблюдения составил 23 месяца. Статистически значимое улучшение ( $p < 0,001$ ) отмечалось в группе с установкой спейсера. Результаты данного исследования вызывают сомнения, так как в нём отсутствует рандомизация [25]. J. Deranlot и соавт. оценили результаты артроскопической баллонопластики у 37 пациентов. Средний срок наблюдения составил 32,8 месяца. У пациентов отмечалось значительное увеличение объёма движений по сравнению с дооперационным. Активное сгибание увеличилось со  $130^\circ$  до  $160^\circ$ , активное отведение увеличилось с  $100^\circ$  до  $160^\circ$ , внешняя ротация – с  $30^\circ$  до  $45^\circ$ . Однако при наличии хороших функциональных результатов рентгенологически отмечалось уменьшение акромионоплечевого интервала с 8,2 мм до операции до 6,2 см при окончательном наблюдении [26]. M.A. Malahias и соавт. провели сопоставимое исследование 32 пациентов. Первой группе выполнялось частичное восстановление вращательной манжеты плеча в сочетании с установкой субакромиального спейсера. Второй группе выполнялось только частичное восстановление вращательной манжеты. У всех пациентов отмечалось улучшение функциональных результатов и уменьшение болевого синдрома через 12 месяцев, однако статистически значимых различий между двумя группами выявлено не было [27].

Артроскопическая установка биоразлагаемого спейсера является малоинвазивной процедурой при лечении пациентов с массивными разрывами вращательной манжеты плеча. Эта хирургическая техника приводит к уменьшению болевого синдрома, улучшению функциональных результатов. Однако данная процедура подходит пожилым пациентам с малой физической активностью, так как не устраняет причину, а именно сам разрыв вращательной манжеты. Да и срок «выживаемости» импланта составляет от 6 до 12 месяцев.

## ЗАМЕЩЕНИЕ ДЕФЕКТОВ СУХОЖИЛИЙ ТРАНСПЛАНТАТАМИ

Ещё одним вариантом лечения массивных разрывов вращательной манжеты плеча является замещение дефекта сухожилий аллотрансплантатами. В качестве аллотрансплантатов используются ксенотрансплантаты. M.H. Metcalf и соавт. впервые сообщили об использовании ксенотрансплантатов для лечения массивных разрывов манжеты. В исследовании приняли участие 12 пациентов. Сроки наблюдения составили 2 года. У 11 пациентов по данным магнитно-резонансной томографии (МРТ) отмечалось полное приживление трансплантата. У одного пациента наблюдалось полное рассасывание трансплантата. Инфекционных осложнений не наблюдалось. Функциональный результат по шкале UCLA увеличился с 9,9 до 19,9 балла, однако функция плечевого сустава оставалась ниже нормы [28]. S.P. Badhe и соавт. провели проспективное исследование 10 пациентов с массивными разрывами вращательной манжеты плеча, которым производилось замещение дефекта ксенотрансплантатом. Все пациенты отмечали значительное уменьшение болевого синдрома, а также увеличение объёма движений. По данным ультразвукового исследования, у двух пациентов отмечалось разрушение трансплантата [29].

Для замещения дефектов также используются дермальные аллотрансплантаты. W.Z. Burkhead и соавт. использовали бесклеточный дермальный коллагеновый матрикс для восстановления массивных разрывов у 17 пациентов. Средний срок наблюдения составил 24 месяца. Средние показатели по шкале UCLA улучшились с 9,06 до 26,12 балла. Неудовлетворительные результаты лечения отмечались у 3 пациентов [30]. J.L. Bond и соавт. выполнили артроскопическую имплантацию бесклеточного дермального коллагенового матрикса у 16 пациентов с невосстановимыми разрывами вращательной манжеты плеча. Средний срок наблюдения составил 26,7 месяца. 15 из 16 пациентов были удовлетворены лечением. Средний балл по шкале UCLA увеличился с 18,4 до 30,4 балла. По данным МРТ полное приживление трансплантатов отмечалось у 13 пациентов [31]. A.K. Gupta и соавт. наблюдали 24 пациента со средним сроком наблюдения 36 месяцев. За период наблюдения отмечались улучшения показателей по шкале ASES с 66,6 до 88,7 балла. Оценка по визуально-аналоговой шкале (ВАШ) значительно снизилась за период наблюдения – с 5,4 до 0,9 балла. Отмечалось статистически значи-

ное улучшение активного отведения и активного сгибания в плечевом суставе [32]. P.J. Denard и соавт. провели анализ 59 пациентов, которым была выполнена пластика с помощью бесклеточного дермального коллагенового матрикса. Срок наблюдения составил 1 год. Функциональный результат оценивался по шкале ASES. Сгибание улучшилось с 130° до 158° после операции. Оценка боли осуществлялась по ВАШ. Болевой синдром снизился с 5,8 до 1,7 балла. Акромионо-плечевой интервал увеличился с 6,6 до 7,6 мм, однако через 2 недели после операции вновь снизился до 6,7 мм. 70 % пациентов были удовлетворены лечением. На основании послеоперационных MPT в 45 % случаев было полное приживание трансплантата, в 74,6 % – лечение было признано успешными. В 18,6 % случаев были выполнены ревизионные операции, из которых 7 пациентам выполнили реверсивное эндопротезирование [33]. S. Lee и соавт. отмечали уменьшение акромионо-плечевого интервала как признак несостоятельности дермального трансплантата [34]. В 2012 г. T. Mihata и соавт. предложили и описали технику артроскопической реконструкции верхней капсулы плечевого сустава с помощью аутоотрансплантата широчайшей фасции бедра. Суть данного метода заключалась в фиксации проксимального края аутоотрансплантата к суставному отростку лопатки, а не к ретрагированным культям сухожилий. Второй конец трансплантата фиксировался к большому бугорку плечевой кости. Данная техника способствует коррекции проксимального подвывиха головки плечевой кости и профилактике развития артропатии плечевого сустава. T. Mihata и соавт. провели исследование 24 пациентов, которым была выполнена реконструкция верхней части капсулы плечевого сустава аутоотрансплантатом широчайшей фасции бедра. Срок наблюдения составил 2 года. У 83,3 % пациентов отмечались хорошие функциональные результаты, а именно отведение и наружная ротация. Акромионо-плечевой интервал увеличился с 4,6 мм до операции до 8,7 мм после операции [35, 36]. R.W. Jordan и соавт. провели систематический обзор литературы реконструкции верхней части капсулы плечевого сустава широчайшей фасции бедра и бесклеточным дермальным коллагеновым матриксом. В обзор было включено 9 исследований. В 5 исследованиях сообщалось о трансплантации широчайшей фасцией бедра, 4 исследования были посвящены бесклеточному дермальному коллагеновому матриксу. В среднем сроки наблюдения составили от 10,9 до 42,4 месяца. Оценка результатов проводилась рентгенологически. Частота несостоятельности дермального матрикса составила от 5,5 до 55 %, несостоятельности широчайшей фасции бедра – от 4,2 до 36,1 % [37]. Y.S. Kim et al. опубликовали метод пластики проксимальной капсулы плечевого сустава сухожилием длинной головки бицепса. Суть данного хирургического вмешательства заключается в перемещении длинной головки бицепса на большой бугорок плечевой кости, что способствует увеличению акромионо-плечевого интервала. Преимущество данной методики – «всё внутри» – в том, что она технически менее требовательна, а использование аутоотрансплантата снижает инфекционные риски [38, 39].

Н.Н. Чирков в 2019 г. предложил новый способ артроскопического восстановления целостности сухожилия надостной мышцы ауто сухожилием длинной малоберцовой мышцы. Способ включает фиксацию сухожильного ауто трансплантата, который пропускают через мягкие ткани ретрагированных сухожилий и фиксируют при помощи якорных фиксаторов на большом бугорке плечевой кости [40]. Н.Н. Чирков и соавт. опубликовали исследование, в котором проводили сравнение частичного восстановления вращательной манжеты с реконструкцией ауто сухожилием длинной малоберцовой мышцей. В исследовании приняли участие 58 человек. Пациенты были разделены на две группы. Первая группа – 30 пациентов, которым было выполнено частичное восстановление вращательной манжеты. Вторая группа – 28 пациентов, которым была выполнена реконструкция вращательной манжеты по ранее описанному способу. Результаты оценивались по шкалам ВАШ, UCLA, ASES, CS (Constant Shoulder Score). У пациентов второй группы отмечались лучшие функциональные результаты. Хорошие и отличные результаты во второй группе пациентов отмечены в 53,6 % случаев, в первой группе данный показатель составил 26,7 %. Ревизионные операции потребовались 4 пациентам, двум из которых было выполнено реверсивное протезирование из-за прогрессирования артроза. Осложнений в обеих группах не наблюдалось [41].

В настоящее время большое внимание уделяется замещению дефектов сухожилий вращательной манжеты плеча как аутотрансплантатами, так и аллотрансплантатами. У пациентов отмечаются хорошие функциональные результаты и уменьшение болевого синдрома, но остается высокий процент несостоятельности трансплантатов.

## МЫШЕЧНО-СУХОЖИЛЬНЫЕ ТРАНСФЕРЫ

При сохранности суставного хряща головки плечевой кости одним из вариантов хирургического являются мышечно-сухожильные трансферы. Самым распространённым является перенос сухожилия широчайшей мышцы спины. В 1998 г. С. Gerber впервые предложил и осуществил транспозицию сухожилия широчайшей мышцы спины на головку плечевой кости при массивных разрывах вращательной манжеты. Суть оперативного лечения заключалась в изменении вектора силы и низведении головки плечевой кости. В своих исследованиях С. Gerber и соавт. сообщали о 74 % хороших и отличных клинических результатов при сроке наблюдения 10 лет [42]. S. Namdari и соавт. провели систематический обзор литературы в период с 1992 по 2010 г., чтобы определить результаты транспозиции сухожилия широчайшей мышцы спины. Было проанализировано 10 исследований, средний срок наблюдения составил 45,5 месяца. Функциональные показатели улучшились с 45,9 до 73,2 балла. Отмечалось улучшение сгибания с 101,9 до 130,7° после операции. Общая частота зарегистрированных осложнений составила 9,5 %; в их числе ин-

фекционные осложнения, нейропатия, разрывы перенесённых сухожилий, гематомы, расхождения ран [43].

Основные факторы, способствующие более хорошему результату после транспозиции сухожилия широчайшей мышцы спины, – это сохранное сухожилие подлопаточной мышцы или возможность его реконструкции, отсутствие дисфункции дельтовидной мышцы, сохранение пассивных движений в плечевом суставе, а также отсутствие признаков выраженного остеоартроза [44]. Исследователи считают, что невосстановимое повреждение сухожилия подлопаточной мышцы является абсолютным противопоказанием к транспозиции сухожилия широчайшей мышцы спины, так как происходит потеря центрирующего эффекта, оказываемого мышцами вращательной манжеты плеча [45, 46]. В 2003 г. E. Gervasi и соавт. предложили артроскопически-ассистированную транспозицию сухожилия широчайшей мышцы спины. Данная методика является малоинвазивной, в результате снижаются риски травматизации дельтовидной мышцы и ятрогенного повреждения сосудисто-нервного пучка. Снижение риска травматизации дельтовидной мышцы способствует сохранению мышечной силы и более ранней реабилитации пациентов [47].

С.Ю. Доколин и соавт. предложили новый способ артроскопически-ассистированной транспозиции сухожилия широчайшей мышцы спины. Особенности методики включают установку дополнительного супрапекторального артроскопического порта, что необходимо для отсечения сухожилия у гребня плечевой кости. Также производится аугментация сухожилия широчайшей мышцы спины аллотрансплантатом из подвздошно-большеберцового тракта. Далее сформированный трансплантат проводят между дельтовидной и малой круглой мышцей и фиксируют на головке плечевой кости при помощи якорных фиксаторов. Данный способ уменьшает риски повреждения сосудисто-нервного пучка, а также снижает вероятность послеоперационных отрывов трансплантатов [48].

Н.В. Загородный и соавт. предложили методику двойной транспозиции сухожилий как метод лечения невосстановимых, массивных разрывах вращательной манжеты. Оперативное лечение осуществлялось артроскопически с дополнительным доступом в подмышечной области. Суть данной операции заключалась в отсечении от места крепления сухожилий широчайшей и большой круглой мышц и их транспозиции с фиксацией к большому бугорку плечевой кости. Оперативное лечение выполняется артроскопически-ассистированным способом с дополнительным доступом в подмышечной области для мобилизации широчайшей и большой круглой мышц. По данной методике было прооперировано 5 пациентов. Период наблюдения составил  $5 \pm 1$  месяц. После оперативного лечения отмечалось значительное улучшение функциональных результатов. Сгибание варьировало от 140 до 170°, отведение – с 140 до 176°. По шкале UCLA средний балл изменился от 12 до 22,5. Результаты у всех пяти пациентов отмечались хорошие и удовлетворительные [49].

Мышечно-сухожильные трансферы можно считать методикой выбора для молодых и активных пациентов.

Однако остаётся высоким риск ятрогенного повреждения сосудисто-нервного пучка при отсечении сухожилия от гребня плечевой кости, а также риски отрыва трансплантата как после первичной транспозиции, так и после ревизионного вмешательства.

## РЕВЕРСИВНОЕ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЕ ПЛЕЧЕВОГО СУСТАВА

Ещё одним вариантом лечения при массивных разрывах сухожилий вращательной манжеты является реверсивное эндопротезирование плечевого сустава. Распространённые показания к эндопротезированию – это боль и «псевдопаралич» плечевого сустава, развивающийся на фоне массивных разрывов вращательной манжеты плеча. По мнению авторов, эндопротезирование не подходит для лечения молодых и активных пациентов, так как существуют функциональные ограничения плечевого сустава, а также происходит быстрое изнашивание эндопротеза, соответственно велика вероятность предстоящих повторных ревизионных оперативных вмешательств [50]. По данным литературы, после выполнения реверсивного эндопротезирования значительно уменьшается болевой синдром, однако отмечается ограничение сгибания до 117–121°. Частота осложнений после данной операции – 33–50 %. Повторные ревизионные вмешательства составляют 8,3–9,0 %. Наиболее частые осложнения – это перипротезные инфекции (0–6 %), нестабильность и вывихи эндопротеза (0–30 %), перипротезные переломы (1–2 %). Учитывая высокий риск осложнений, необходимо с осторожностью относиться к выполнению реверсивного эндопротезирования у молодых, активных пациентов [51].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При анализе литературных данных выявлены преимущества и недостатки существующих оперативных методов лечения пациентов с массивными разрывами вращательной манжеты плеча. Несмотря на большое количество предложенных оперативных методов, остаётся высоким процент неудовлетворительных исходов лечения. Отсутствуют чёткие алгоритмы выбора той или иной хирургической тактики. Учитывая всё вышесказанное, становится понятным, что проблема совершенствования лечения таких пациентов в настоящее время остаётся актуальной и требует дополнительных усилий для её решения.

### Конфликт интересов

Автор данной статьи заявляет об отсутствии конфликта интересов.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Ito H, Kawakami T. Acromioclavicular distance changes with posture in healthy adults and patients while wearing

a shoulder abduction brace. *J Phys Ther Sci.* 2023; 35(8): 598-601. doi: 10.1589/jpts.35.598

2. Oh JH, Chung SW, Kim SH, Chung JY, Kim JY. Neer award: Effect of the adipose-derived stem cell for the improvement of fatty degeneration and rotator cuff healing in rabbit model. *J Shoulder Elbow Surg.* 2014; 23: 445-455. doi: 10.1016/j.jse.2013.07.054

3. Shah NS, Suriel Peguero E, Umeda Y, Crawford ZT, Grawe BM. Long-term outcomes of massive rotator cuff tear repair: A systematic review. *HSS J.* 2022; 18(1): 130-137. doi: 10.1177/15563316211008137

4. Rondon AJ, Farronato DM, Pezzulo JD, Abboud JA. Irreparable massive rotator cuff tears: Subacromial balloon surgical technique. *Arthrosc Tech.* 2022; 12(3): e421-e432. doi: 10.1016/j.eats.2022.08.048

5. Shah NS, Suriel Peguero E, Umeda Y, Crawford ZT, Grawe BM. Long-term outcomes of massive rotator cuff tear repair: A systematic review. *HSS Journal.* 2022; 18(1): 130-137. doi: 10.1177/15563316211008137

6. Sheth MM, Shah AA. Massive and irreparable rotator cuff tears: A review of current definitions and concepts. *Orthop J Sports Med.* 2023; 11(5): 23259671231154452. doi: 10.1177/23259671231154452

7. Coward JC, Bauer S, Babic SM, Coron C, Okamoto T, Blakeneys WG. Understanding shoulder pseudoparalysis. Part II: Treatment. *EFORT Open Rev.* 2022; 7(3): 227-239. doi: 10.1530/EOR-21-0070

8. Di Benedetto P, Mancuso F, Tosolini L, Buttironi MM, Beltrame A, Causero A. Treatment options for massive rotator cuff tears: a narrative review. *Acta Biomed.* 2021; 92(S3): e2021026. doi: 10.23750/abm.v92iS3.11766

9. Greenspoon JA, Petri M, Warth RJ, Millett PJ. Massive rotator cuff tears: Pathomechanics, current treatment options, and clinical outcomes. *J Shoulder Elbow Surg.* 2015; 24(9): 1493-1505. doi: 10.1016/j.jse.2015.04.005

10. Galatz LM, Ball CM, Teefey SA, Middleton WD, Yamaguchi K. The outcome and repair integrity of completely arthroscopically repaired large and massive rotator cuff tears. *J Bone Joint Surg Am.* 2004; 86: 219-224.

11. Burkhart SS, Nottage WM, Ogilvie-Harris DJ, Kohn HS, Pachelli A. Partial repair of irreparable rotator cuff tears. *Arthroscopy.* 1994; 10(04): 363-370.

12. Carver TJ, Kraeutler MJ, Smith JR, Bravman JT, McCarty EC. Nonarthroplasty surgical treatment options for massive, irreparable rotator cuff tears. *Orthop J Sports Med.* 2018; 6(11): 2325967118805385. doi: 10.1177/2325967118805385

13. Malahias M-A, Kostretzis L, Chronopoulos E, Brilakis E, Avramidis G, Antonogiannakis E. Arthroscopic partial repair for massive rotator cuff tears: does it work? A systematic review. *Sports Med Open.* 2019; 5: 13. doi: 10.1186/s40798-019-0186-z

14. Kucirek NK, Hung NJ, Wong SE. Treatment options for massive irreparable rotator cuff tears. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2021; 14(5): 304-315. doi: 10.1007/s12178-021-09714-7

15. Galasso O, Riccelli DA, De Gori M, De Benedetto M, Orlando N, Gasparini G, et al. Quality of life and functional results of arthroscopic partial repair of irreparable rotator cuff tears. *Arthroscopy.* 2017; 33(2): 261-268.

16. Hallock JD, Parsell DE, Field LD. Partial rotator cuff repair for massive tears rarely require revision surgery. *ASMAJ.* 2020; 3: e121-e126. doi: 10.1016/j.asmr.2020.08.017

17. Shon MS, Koh KH, Lim TK, Kim WJ, Kim KC, Yoo JC. Arthroscopic partial repair of irreparable rotator cuff tears: preoperative factors associated with outcome deterioration over 2 years. *Am J Sports Med.* 2015; 43: 1965-1975. doi: 10.1177/0363546515585122

18. Kim SJ, Lee IS, Kim SH, Lee WY, Chun YM. Arthroscopic partial repair of irreparable large to massive rotator cuff tears. *Arthroscopy.* 2012; 28(6): 761-768.

19. Iagulli ND, Field LD, Hobgood ER, Ramsey JR, Savoie FH 3rd. Comparison of partial versus complete arthroscopic repair of massive rotator cuff tears. *Am J Sports Med.* 2012; 40(5): 1022-1026. doi: 10.1177/0363546512438763

20. Iannotti JP, Deutsch A, Green A, Rudicel S, Christensen J, Marraffino S, et al. Time to failure after rotator cuff repair: A prospective imaging study. *J Bone Joint Surg Am.* 2013; 95: 965-971. doi: 10.2106/JBJS.L.00708

21. Jeong JY, Kim SJ, Yoon TH, Eum KS, Chun YM. Arthroscopic repair of large and massive rotator cuff tears: Complete repair with aggressive release compared with partial repair alone at a minimum follow-up of 5 years. *JBJS.* 2020; 102: 1248-1254. doi: 10.2106/JBJS.19.01014

22. Savarese E, Romeo R. New solution for massive, irreparable rotator cuff tears: The subacromial "biodegradable spacer." *Arthrosc Tech.* 2012; 1(1): e69-e74.

23. Senekovic V, Poberaj B, Kovacic L, Mikek M, Adar E, Markovitz E, et al. The biodegradable spacer as a novel treatment modality for massive rotator cuff tears: A prospective study with 5-year follow-up. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2017; 137(1): 95-103. doi: 10.1007/s00402-016-2603-9

24. Gervasi E, Cautero E, Dekel A. Fluoroscopy-guided implantation of subacromial "biodegradable spacer" using local anesthesia in patients with irreparable rotator cuff tear. *Arthrosc Tech.* 2014; 3(4): e455-e458. doi: 10.1016/j.eats.2014.05.010

25. Holschen M, Brand F, Agneskirchner JD. Subacromial spacer implantation for massive rotator cuff tears: Clinical outcome of arthroscopically treated patients. *Obere Extremit.* 2017; 12(1): 38-45. doi: 10.1007/s11678-016-0386-9

26. Deranlot J, Herisson O, Nourissat G, Zbili D, Werthel JD, Vigan M, et al. Arthroscopic subacromial spacer implantation in patients with massive irreparable rotator cuff tears: Clinical and radiographic results of 39 retrospective cases. *Arthroscopy.* 2017; 33(9): 1639-1644. doi: 10.1016/j.arthro.2017.03.029

27. Malahias MA, Brilakis E, Avramidis G, Trellopoulos A, Antonogiannakis E. Arthroscopic partial repair with versus without biodegradable subacromial spacer for patients with massive rotator cuff tears: A case-control study. *Musculoskelet Surg.* 2021; 105(3): 247-255. doi: 10.1007/s12306-020-00649-9

28. Metcalf MH, Savoie FH III, Kellum B. Surgical technique for xenograft (SIS) augmentation of rotator-cuff repairs. *Oper Tech Orthop.* 2002; 12: 204-208.

29. Badhe SP, Lawrence TM, Smith FD, Lunn PG. An assessment of porcine dermal xenograft as an augmentation graft in the treatment of extensive rotator cuff tears. *J Shoulder Elbow Surg.* 2008; 17: 355-395. doi: 10.1016/j.jse.2007.08.005

30. Burkhead WZ Jr, Schiffern SC, Krishnan SG. Use of Graft-Jacket as an augmentation for massive rotator cuff tears. *Semin Arthroplasty.* 2007; 18: 11-18.

31. Bond JL, Dopirak RM, Higgins J, Burns J, Snyder SJ. Arthroscopic replacement of massive, irreparable rotator cuff tears using a GraftJacket allograft: Technique and preliminary results. *Arthroscopy.* 2008; 24: 403-409.e1. doi: 10.1016/j.arthro.2007.07.033

32. Gupta AK, Hug K, Berkoff DJ, Boggess BR, Gavigan M, Malley PC, et al. Dermal tissue allograft for the repair of massive

irreparable rotator cuff tears. *Am J Sports Med.* 2012; 40(1): 141-147. doi: 10.1177/0363546511422795

33. Denard PJ, Brady PC, Adams CR, Tokish JM, Burkhart SS. Preliminary results of arthroscopic superior capsule reconstruction with dermal allograft. *Arthroscopy.* 2018; 34(1): 93-99. doi: 10.1016/j.arthro.2017.08.265

34. Lee SJ, Min YK. Can inadequate acromiohumeral distance improvement and poor posterior remnant tissue be the predictive factors of re-tear? Preliminary outcomes of arthroscopic superior capsular reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2018; 26(7): 2205-2213. doi: 10.1007/s00167-018-4912-8

35. Mihata T, Lee TQ, Watanabe C, Fukunishi K, Ohue M, Tsujimura T, et al. Clinical results of arthroscopic superior capsule reconstruction for irreparable rotator cuff tears. *Arthroscopy.* 2013; 29(3): 459-470. doi: 10.1016/j.arthro.2012.10.022

36. Mihata T. Editorial commentary: Superior capsule reconstruction: Graft healing for success. *Arthroscopy.* 2018; 34(1): 100-101. doi: 10.1016/j.arthro.2017.09.048

37. Jordan RW, Sharma N, Daggett M, Saithna A. The role of superior capsule reconstruction in the irreparable rotator cuff tear – A systematic review. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2019; 105(8): 1535-1542. doi: 10.1016/j.otsr.2019.07.022

38. Kim YS, Lee HJ, Park I, Sung GY, Kim DJ, Kim JH. Arthroscopic in situ superior capsular reconstruction using the long head of the biceps tendon. *Arthrosc Tech.* 2018; 7(2): e97-103. doi: 10.1016/j.eats.2017.08.058

39. Parvizi J, Huddleston JL. *Instructional course lectures.* Rosemont (IL): American Academy of Orthopaedic Surgeons; 2018: 129-142.

40. Чирков Н.Н. Способ лечения разрыва вращательной манжеты плечевого сустава: Патент № 2715506 Рос. Федерация; МПК А61В 17/00. № 2019112789; заявл. 25.04.2019; опубл. 28.02.2020. [Chirkov NN. *Method for treating a rotator cuff tear*: Patent No. 2715506 of the Russian Federation. 2020. (In Russ.)].

41. Чирков Н.Н., Яковлев В.Н., Алексеева А.В. Андронников Е.В., Емельянов В.Ю. Хирургическое лечение невосстановимых массивных повреждений вращательной манжеты плечевого сустава. *Гений ортопедии.* 2022; 28(1): 12-17. [Chirkov NN, Yakovlev VN, Alekseeva AV, Andronnikov EV, Emelyanov VYu. Surgical treatment of irreparable massive injuries of the rotator cuff of the shoulder joint. *Genij Ortopedii.* 2022; 28(1): 12-17. (In Russ.)]. doi: 10.18019/1028-4427-2022-28-1-12-17

42. Gerber C, Vinh T, Hertel R, Hess C. Latissimus dorsi transfer for the treatment of massive tears of the rotator cuff: A preliminary report. *Clin Orthop Relat Res.* 1988; 232: 51-61.

43. Namdari S, Voleti P, Baldwin K, Glaser D, Huffman GR. Latissimus dorsi tendon transfer for irreparable rotator cuff tears: A systematic review. *J Bone Joint Surg Am.* 2012; 94(10): 891-898. doi: 10.2106/JBJS.K.00841

44. Доколин С.Ю., Кузьмина В.И., Марченко И.В., Курбанов И.Ш. Артроскопически-ассистированный трансфер

сухожилия широчайшей мышцы спины в положении lateral decubitus – вариант безопасной и воспроизводимой хирургической техники. *Кафедра травматологии и ортопедии.* 2020; 1(39): 50-58. [Dokolin SYu, Kuzmina VI, Marchenko IV, Kurbanov ISH. Arthroscopically-assisted latissimus dorsi tendon transfer in lateral decubitus position is a variant of the safe and reproducible surgical technique. *Department of Traumatology and Orthopedics.* 2020; 1(39): 50-58. (In Russ.)]. doi: 10.17238/issn2226-2016.2020.1.50-58

45. Werner C, Zingg PO, Lie D, Jacob H, Gerber C. The biomechanical role of the subscapularis in latissimus dorsi transfer for the treatment of irreparable rotator cuff tears. *J Shoulder Elbow Surg.* 2006; 15(6): 736-742. doi: 10.1016/j.jse.2005.11.002

46. Gerber C, Maquieira G, Espinosa N. Latissimus dorsi transfer for the treatment of irreparable rotator cuff tears. *J Bone Joint Surg Am.* 2006; 88(1): 113-120. doi: 10.2106/JBJS.E.00282

47. Gervasi E, Maman E, Dekel A, Cautero E. Fluoroscopy-guided biodegradable spacer implantation using local anesthesia: Safety and efficacy study in patients with massive rotator cuff tears. *Musculoskelet Surg.* 2016; 100: 19-24. doi: 10.1007/s12306-016-0433-0

48. Доколин С.Ю., Найда Д.А., Кочиш А.Ю., Кузьмина В.И., Марченко И.В. Способ хирургического лечения массивных невосстановимых разрывов вращательной манжеты плечевого сустава с использованием артроскопически ассистированной техники транспозиции широчайшей мышцы спины: Пат. № 2729020 Рос. Федерация. № 2020102444; заявл. 21.01.2020; опубл. 03.08.2020. Бюл. № 22. [Dokolin SYu, Naida DA, Kochish AYU, Kuzmina VI, Marchenko IV. *Method of surgical treatment of massive non-recoverable rotator cuff ruptures using arthroscopically assisted technique of transposition of the latissimus dorsi*: Patent No. 2729020 of the Russian Federation. 2020; (2). (In Russ.)].

49. Загородний Н.В., Беляк Е.А., Лазко Ф.Л., Кубашев А.А. Призов А.П., Эпштейн А.А., и др. Двойная транспозиция как метод лечения пациентов с массивным невосстанавливаемым разрывом вращательной манжеты плеча. *Opinion Leader.* 2019; 5(23): 42-45. [Zagorodniy NV, Belyak EA, Lazko FL, Kubashev AA, Prizov AP, Epshtein AA, et al. Double transposition as a treatment method for patients with massive unrepairable rupture of the rotator cuff. *Opinion Leader.* 2019; 5(23): 42-45. (In Russ.)].

50. Ek ET, Neukom L, Catanzaro S, Gerber C. Reverse total shoulder arthroplasty for massive irreparable rotator cuff tears in patients younger than 65 years old: Results after five to fifteen years. *J Shoulder Elbow Surg.* 2013; 22(9): 1199-1208. doi: 10.1016/j.jse.2012.11.016

51. Доколин С.Ю. Хирургическое лечение пациентов с артропатией плечевого сустава вследствие массивных разрывов вращательной манжеты: автореф. дис. ... докт. мед. наук. 2020. [Dokolin SYu. *Surgical treatment of patients with arthropathy of the shoulder joint due to massive rotator cuff tears*: Abstract of the Dissertation of Cand. Sc. (Med.). 2020. (In Russ.)].

#### Сведения об авторе

**Меньшова Дарья Васильевна** – аспирант, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: menshovadar@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1471-2482>

#### Information about the author

**Darya V. Menshova** – Postgraduate, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: menshovadar@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1471-2482>

Статья опубликована в рамках Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 25-летию Иркутского научного центра хирургии и травматологии.

## ХИРУРГИЯ SURGERY

### БЛИЖАЙШИЕ И ОТДАЛЁННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ БИМАММАРНОГО ШУНТИРОВАНИЯ У ПАЦИЕНТОВ С МНОГОСОСУДИСТЫМ КОРОНАРНЫМ ПОРАЖЕНИЕМ И САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ 2-ГО ТИПА ПОСЛЕ ПСЕВДОРАНДОМИЗАЦИИ

Мурадов А.Г.<sup>1</sup>,  
Гринштейн Ю.И.<sup>2</sup>,  
Дробот Д.Б.<sup>1,2</sup>,  
Миллер А.Ю.<sup>1</sup>,  
Сакович В.А.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Федеральный центр  
сердечно-сосудистой хирургии»  
Минздрава России (660020, г. Красноярск,  
ул. Караульная, 45, Россия)

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Красноярский  
государственный медицинский  
университет имени профессора  
В.Ф. Войно-Ясенецкого»  
Минздрава России (660022, г. Красноярск,  
ул. Партизана Железняка, 1, Россия)

Автор, ответственный за переписку:  
**Мурадов Асим Гасанович**,  
e-mail: ranjer1986@mail.ru

#### РЕЗЮМЕ

**Обоснование.** Среди пациентов, перенёвших операцию коронарного шунтирования (КШ), доля лиц с сахарным диабетом (СД) составляет около 40 %. На сегодняшний день вопрос о выборе оптимального метода хирургической реваскуляризации миокарда, который обеспечит лучший результат у данной когорты, остаётся до конца нерешённым.

**Цель исследования.** Оценить госпитальные и отдалённые результаты бимаммарного и традиционного шунтирования у пациентов с сахарным диабетом 2-го типа.

**Методы.** С сентября 2018 г. по декабрь 2021 г. в ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии» Минздрава России (г. Красноярск) проведено 176 операций КШ у пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС) и СД 2-го типа. Группа 1 (n = 45) состояла из пациентов, которым для реваскуляризации миокарда использовали две маммарные артерии; группа 2 (n = 131) – из пациентов, у которых реваскуляризация миокарда проводилась с использованием традиционной методики. После псевдорандомизации в каждую группу отобрано по 45 пациентов, сопоставимых по основным предоперационным характеристикам.

**Результаты.** В группе 1 операции в условиях искусственного кровообращения выполнены 23 (51,1 %) пациентам (1ИК), в условиях работающего сердца – 22 (58,2 %) (1РС); в группе 2 все операции проведены в условиях ИК. Госпитальная летальность зарегистрирована в группе 2 у 1 (2,2 %) пациента. Глубокая стерильная инфекция развилась у 1 (4,5 %) пациента в группе 1РС. Выживаемость в отдалённом периоде в группе 2 составила 85,3 %, в группе 1ИК – 83,3 % (p = 0,689), в группе 1РС – 84,2 % (p = 0,739). Свобода от кардиоваскулярных событий составила 84,2 % в группе 2 и по 100 % в группах 1ИК и 1РС (p = 0,144 и p = 0,145 соответственно).

**Заключение.** Бимаммарное шунтирование у пациентов с СД 2-го типа – безопасный и эффективный метод хирургического лечения ИБС как в ближайшем, так и в отдалённом периоде; может быть операцией выбора у пациентов с многососудистым поражением. В период до 45 месяцев не выявлено различий в выживаемости пациентов; бимаммарная реваскуляризация ассоциировалась с 100%-й свободой от кардиальной смертности.

**Ключевые слова:** коронарное шунтирование, бимаммарное шунтирование, сахарный диабет, глубокая стерильная инфекция

**Для цитирования:** Мурадов А.Г., Гринштейн Ю.И., Дробот Д.Б., Миллер А.Ю., Сакович В.А. Ближайшие и отдалённые результаты бимаммарного шунтирования у пациентов с многососудистым коронарным поражением и сахарным диабетом 2-го типа после псевдорандомизации. *Acta biomedica scientifica*. 2023; 8(5): 211-224. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.23

Статья поступила: 04.05.2023

Статья принята: 31.10.2023

Статья опубликована: 05.12.2023

# SHORT-TERM AND LONG-TERM RESULTS OF BIMAMMARY BYPASS SURGERY IN PATIENTS WITH MULTIVESSEL CORONARY DISEASE AND TYPE 2 DIABETES MELLITUS AFTER PROPENSITY SCORE MATCHING

Muradov A.G.<sup>1</sup>,  
Grinshtein Yu.I.<sup>2</sup>,  
Drobot D.B.<sup>1,2</sup>,  
Miller A.Yu.<sup>1</sup>,  
Sakovich V.A.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Federal Center for Cardiovascular Surgery  
(Karaulnaya str. 45, Krasnoyarsk 660020,  
Russian Federation)

<sup>2</sup> Professor V.F. Voino-Yasenetsky  
Krasnoyarsk State Medical University  
(Partizana Zheleznyka str. 1,  
Krasnoyarsk 660022, Russian Federation)

Corresponding author:  
**Asim G. Muradov**,  
e-mail: ranjer1986@mail.ru

## ABSTRACT

**Background.** Among patients who have undergone coronary artery bypass surgery (CABG), the proportion of people with diabetes mellitus (DM) is about 40 %. To date, the problem of choosing the optimal method of surgical myocardial revascularization, which can provide the best result in this cohort, remains completely unresolved.

**The aim of the study.** To assess the in-hospital and long-term results of bimammary and traditional bypass surgery in patients with type 2 diabetes mellitus.

**Methods.** From September 2018 to December 2021, 176 CABG surgeries were performed in patients with coronary heart disease (CHD) and type 2 diabetes at the Federal Center for Cardiovascular Surgery (Krasnoyarsk). Group 1 (n = 45) included patients who underwent myocardial revascularization using two mammary arteries; group 2 (n = 131) included patients who underwent myocardial revascularization using traditional technique. After propensity score matching, 45 patients were selected into each group, comparable by basic preoperative characteristics.

**Results.** In group 1, cardiopulmonary bypass surgeries were performed in 23 (51.1 %) patients (group 1CPB), off-pump surgeries – in 22 (58.2 %) (group 1OP); in group 2, all patients underwent cardiopulmonary bypass surgeries. Hospital mortality was recorded in group 2 in 1 (2.2 %) case. Deep sternal infection developed in 1 (4.5 %) patient in group 1OP. Long-term survival in group 2 was 85.3 %, in group 1CPB – 83.3 % (p = 0.689), in group 1OP – 84.2 % (p = 0.739). 84.2 % of patients in group 2 and 100 % in groups 1CPB and 1OP had no cardiovascular events (p = 0.144 and p = 0.145, respectively).

**Conclusion.** Bimammary bypass surgery in patients with type 2 diabetes is a safe and effective method of surgical treatment of coronary artery disease in both short- and long-term period and may be the operation of choice in patients with multivessel disease. There were no differences in patient survival up to 45 months; bimammary revascularization was associated with 100 % absence of cardiac mortality.

**Keywords:** coronary bypass surgery, bimammary bypass surgery, diabetes mellitus, deep sternal infection

Received: 04.05.2023  
Accepted: 31.10.2023  
Published: 05.12.2023

**For citation:** Muradov A.G., Grinshtein Yu.I., Drobot D.B., Miller A.Yu., Sakovich V.A. Short-term and long-term results of bimammary bypass surgery in patients with multivessel coronary disease and type 2 diabetes mellitus after propensity score matching. *Acta biomedica scientifica*. 2023; 8(5): 211-224. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.23

## ОБОСНОВАНИЕ

Ишемическая болезнь сердца (ИБС) на протяжении многих десятилетий занимает лидирующие позиции в структуре смертности и инвалидизации среди всех сердечно-сосудистых заболеваний [1]. Несмотря на успехи современной интервенционной кардиологии, связанной с применением стентов с лекарственным покрытием последнего поколения, хирургическая реваскуляризация миокарда у пациентов со сложным многососудистым поражением коронарных артерий (КА) является предпочтительным методом лечения, в том числе и у пациентов с сахарным диабетом (СД) [2].

Коронарное шунтирование (КШ) является наиболее широко выполняемой кардиохирургической операцией во всём мире, при этом на долю изолированного КШ приходится более половины всех операций на сердце [3]. Современный уровень коронарной хирургии позволяет выполнять операции с госпитальной летальностью, не превышающей 2–3 % [3]. Превосходные отдалённые результаты, полученные с использованием левой внутренней грудной артерии (ВГА) для реваскуляризации передней нисходящей артерии и большой подкожной вены для других целевых КА, в сравнении с использованием только венозных графтов подтолкнули к возможности использования и правой ВГА. Результаты операций бимаммарного КШ в многочисленных исследованиях продемонстрировали сопоставимые госпитальные исходы и лучшие отдалённые результаты в сравнении с методикой традиционного шунтирования у пациентов с многососудистым коронарным поражением [4, 5]. Несмотря на эти обнадеживающие результаты, данная методика не получила широкого применения в повседневной практике кардиохирурга в связи с необходимостью высокой прецизионности для формирования коронарных анастомозов и связанным с этим увеличением продолжительности оперативного вмешательства, длительности искусственного кровообращения (ИК), опасениями по поводу развития кровотечений и тяжёлых стернальных инфекционных осложнений из-за снижения васкуляризации грудины, в особенности у пациентов высокого хирургического риска (сахарный диабет, избыточная масса тела, старческий возраст, хроническая обструктивная болезнь лёгких (ХОБЛ)).

Среди пациентов, перенёсших хирургическую реваскуляризацию миокарда, доля пациентов, страдающих СД, составляет около 40 % [6]. Остаётся нерешённым вопрос об оптимальном выборе метода проведения хирургического вмешательства, который может обеспечить лучший результат для данной категории пациентов. Наличие сопутствующего СД сопряжено с риском послеоперационных осложнений и более низкой отдалённой выживаемостью после КШ. Одной из главных проблем, препятствующих широкому внедрению бимаммарного шунтирования у пациентов с СД, является высокий риск развития глубокой стернальной инфекции вследствие развития метаболических и выраженных микроциркуляторных нарушениях. Забор только одной левой ВГА может привести к снижению кровоснабжения половины грудины до 90 %, в то время как забор обеих ВГА может привести к деваскуляризации

всей грудины и препятствовать заживлению стернотомной раны [7]. В связи с этим проблема коморбидности ИБС и СД у пациентов, нуждающихся в хирургической реваскуляризации миокарда, является весьма актуальной. Учитывая вышеизложенное, необходимо оценить эффективность использования методики бимаммарного КШ в сравнении с традиционной методикой реваскуляризации миокарда с целью выявления преимуществ хирургического лечения за счёт снижения времени операции ввиду уменьшения количества сформированных анастомозов, снижения стернальных инфекционных осложнений, летальности и уменьшения больших цереброваскулярных событий у пациентов с многососудистым поражением КА и сопутствующим СД.

## ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ ближайших и отдалённых результатов бимаммарного и традиционного коронарного шунтирования у пациентов с многососудистым коронарным поражением и сопутствующим сахарным диабетом.

## МЕТОДЫ

Проведён анализ результатов хирургического лечения ИБС у 176 пациентов с многососудистым поражением коронарного русла и компенсированным СД 2-го типа, которым за период с 2018 по 2021 г. в кардиохирургическом отделении № 1 ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии» Минздрава России (ФЦССХ) (г. Красноярск) выполнено изолированное КШ. Показания для КШ соответствовали рекомендациям ESC/EACTS (European Society of Cardiology/European Association for Cardio-Thoracic Surgery) по реваскуляризации миокарда 2018 г. Исследование было выполнено как ретроспективно-проспективное, одноцентровое, контролируемое. Ретроспективная часть исследования представлена госпитальными исходами, а проспективная – отдалёнными результатами. Были сформированы две группы пациентов: в группу 1 ( $n = 45$ ) (исследуемая группа) вошли пациенты, которым реваскуляризация миокарда проводилась с использованием обеих ВГА; в группу 2 ( $n = 131$ ) (контрольная) – пациенты, которым реваскуляризация проводилась традиционным методом коронарного шунтирования (ТКШ), а именно наложением анастомоза между левой ВГА и передней нисходящей артерией, остальные поражённые КА шунтировались с использованием большой подкожной вены. У всех пациентов применялась тактика полной реваскуляризации по критериям исследования SYNTAX, в том числе рекомендации ESC/EACTS по реваскуляризации миокарда 2018 г.: реваскуляризация эпикардиальных сосудов диаметром не менее 1,5 мм и стенозированием просвета в области поражения 50 % и более. При диффузном атеросклерозе КА дистальный анастомоз стремились сформировать в наименее изменённом участке. Исследование проводилось в соответствии со стандартами надлежащей клинической практики и принципами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации

ции. Протокол исследования одобрен биоэтическим комитетом ФЦССХ (протокол № 3 от 06.07.2021). Критерии включения в исследование: пациенты в возрасте от 35 до 80 лет со стенокардией напряжения II функционального класса (ФК) и выше (по критериям Канадского кардиологического общества (CCS, Canadian Cardiovascular Society)) с сопутствующим СД 2-го типа имеющие гемодинамически значимые поражения 2 и более КА или изолированное поражение ствола левой коронарной артерии более 50 %. Критерии исключения: возраст пациентов старше 80 лет; сопутствующая кардиальная патология либо патология аорты, требующая одномоментной хирургической коррекции; однососудистое поражение, подходящее для стентирования КА; предшествующие хирургические вмешательства на сердце. Первичные точки исследования – госпитальная летальность и летальность в отдалённом послеоперационном периоде; летальность от кардиальных причин в отдалённом периоде; инфаркт миокарда (ИМ); острое нарушение мозгового кровообращения (ОНМК) в раннем и отдалённом послеоперационных периодах; глубокая стерильная инфекция за период госпитализации; повторная реваскуляризация в отдалённом периоде; свобода от больших кардиоваскулярных событий (смерть от кардиальных причин + свобода от ИМ + свобода от ОНМК + свобода от повторной реваскуляризации). Вторичные конечные точки исследования – клиника возвратной стенокардии. Основные дооперационные клинические показатели представлены в таблице 1.

Группы были сопоставимы по возрасту ( $p = 0,295$ ), гендерной принадлежности ( $p = 0,561$ ), индексу массы тела ( $p = 0,856$ ). Не было установлено различий по сопутствующей патологии: артериальной гипертензии ( $p = 0,432$ ), хронической болезни почек (скорость клубочковой фильтрации менее 60 мл/мин/1,73 м<sup>2</sup>;  $p = 0,130$ ), ХОБЛ ( $p = 0,662$ ); группы были схожи по никотиновой зависимости у пациентов ( $p = 0,07$ ). Оценка функционального класса стенокардии проводилась по классификации CCS. Большинство пациентов из обеих групп имели III ФК стенокардии. В группе 1 в основном преобладала сердечная недостаточность III ФК (57,8 %), в группе 2 – II ФК (51,1 %) по классификации Нью-Йоркской кардиологической ассоциации (NYHA, New York Heart Association).

Группы были сопоставимы по гемодинамически значимому (стеноз более 60 %) поражению в системе брахиоцефальных артерий (БЦА) ( $p = 0,513$ ); количество пациентов с выраженным кальцинозом восходящего отдела аорты было статистически значимо больше в группе бимаммарного КШ ( $p = 0,001$ ); группы были идентичны по количеству гемодинамически значимых поражений КА ( $p = 0,629$ ). По данным эхокардиографии (ЭхоКГ) не установлены различия между группами по контрактильной функции левого желудочка ( $p = 0,266$ ). По шкале риска послеоперационных осложнений EuroScore II в группе 1 риск неблагоприятного исхода был статистически значимо выше ( $p = 0,016$ ).

С целью минимизации систематических ошибок, что может привести к неверной интерпретации полученных результатов, и обеспечения максимальной эквивалентности обеих групп между собой было выполнено компьютерное уравнение групп с помощью корректировки исход-

ных данных методом псевдорандомизации. Данный статистический метод позволил сформировать контрольную группу исследования с минимальным отклонением исходных параметров, кодированных в различные вмешивающиеся факторы (конфаундеры), которые были включены в модель оценки коэффициентов склонности («Propensity Score Matching»). Для минимального отклонения дооперационных данных, которые могли бы повлиять на исходы оперативных вмешательств, были использованы следующие параметры: возраст; пол; индекс массы тела; курение; хроническая болезнь почек (скорость клубочковой фильтрации менее 60 мл/мин/1,73 м<sup>2</sup>); ХОБЛ; атеросклероз нижних конечностей; гипертоническая болезнь; фракция выброса левого желудочка; инфаркт миокарда; чрескожные коронарные вмешательства в анамнезе. Использовался метод ближайшего соседа (Nearest Neighbor Matching) с величиной калибра 0,85 (caliper) без предварительного отсева неподходящих пациентов в группах (discarding), с заданным соотношением искомым групп 1:1. Для проведения псевдорандомизации использовали программу RStudio (версия 2022.02.0, build 443, США). После выполнения псевдорандомизации обе группы были эквивализированы по базовым характеристикам, отобрано по 45 пациентов в каждую группу. Группы были сопоставимы по исходным характеристикам (табл. 1). Большая часть пациентов в обеих группах имели инсулиннезависимый СД. В группах преобладали пациенты мужского пола ( $p = 0,460$ ), большинство из них были пожилого возраста (старше 60 лет) ( $p = 0,571$ ), с ожирением (индекс массы тела более 30) ( $p = 0,997$ ), хорошей контрактильной функцией левого желудочка (фракция выброса более 50 %) ( $p = 0,405$ ). В группе 1 с фракцией выброса левого желудочка менее 40 % было 4 (8,9 %) пациента, в группе 2 – 2 (2,2 %) пациента. В обеих группах, по результатам дооперационной коронароангиографии, преобладали пациенты с множественным (более двух) поражением КА. Кальциноз восходящего отдела аорты статистически значимо чаще встречался у пациентов из группы бимаммарного КШ (группа 1) ( $p = 0,007$ ), соответственно и риск хирургических осложнений был статистически значимо выше в этой группе ( $p = 0,012$ ).

Критерием выбора методики бимаммарного КШ было предпочтение хирурга, основанное на опыте использование данной методики, а также отсутствие кондуита из большой подкожной вены надлежащего качества. Использование методики бимаммарного КШ у пациентов с СД рассматривалось в индивидуальном порядке, во внимание принимались такие критерии, как возраст пациента, индекс массы тела, тяжесть сопутствующей патологии.

Критерием выбора в пользу проведения операций в условиях работающего сердца (РС) являлись: опыт хирурга в проведении бимаммарного многососудистого КШ; гемодинамически значимое поражение БЦА; выраженный кальциноз восходящего отдела аорты.

Большинству пациентов проводили контроль проходимости шунтов после завершения основного этапа операции. Для оценки функционирования шунтов использовалась ультразвуковая флоуметрия (Medistim Mira Q, Норвегия) с использованием датчиков различного диаметра, оценивалась объёмная скорость кровото-

**ТАБЛИЦА 1**  
**ПРЕДОПЕРАЦИОННАЯ КЛИНИЧЕСКАЯ**  
**ХАРАКТЕРИСТИКА ПАЦИЕНТОВ**

**TABLE 1**  
**PREOPERATIVE CLINICAL CHARACTERISTICS OF PATIENTS**

Параметры	До псевдорандомизации			После псевдорандомизации		
	Группа 1 (n = 45)	Группа 2 (n = 131)	p	Группа 1 (n = 45)	Группа 2 (n = 45)	p
ИЗСД, n (%)	11 (24,4 %)	21 (16 %)	–	11 (24,4 %)	8 (17,8 %)	–
ИНСД, n (%)	34 (75,5 %)	110 (84 %)	–	34 (75,5 %)	37 (82,2 %)	–
Уровень гликированного гемоглобина						
M ± SD	7,5 ± 0,37	7,5 ± 0,41	0,762	7,5 ± 0,37	7,6 ± 0,43	0,568
Me [Q1; Q3]	7,5 [7,4; 7,7]	7,5 [7,4; 8,0]		7,5 [7,4; 7,7]	7,5 [7,5; 8,0]	
6–8,4 %, n (%)	44 (97,8 %)	129 (98,5 %)		44 (97,8 %)	43 (95,6 %)	
8,5–10 %, n (%)	1 (2,2 %)	2 (1,5 %)		1 (2,2 %)	2 (4,4 %)	
Возраст, лет						
M ± SD	62,3 ± 7,1	63,3 ± 6,8	0,295	62,3 ± 7,1	63,3 ± 4,3	0,571
Me [Q1; Q3]	62 [60,2; 64,5]	64 [62,1; 64,5]		62 [60,2; 64,5]	64 [61,2; 65]	
45–59 лет, n (%)	9 (20,0 %)	24 (18,3 %)		9 (20,0 %)	8 (17,8 %)	
60–74 года, n (%)	33 (73,3 %)	97 (74,0 %)		33 (73,3 %)	35 (77,8 %)	
> 74 лет, n (%)	3 (6,7 %)	10 (7,6 %)		3 (6,7 %)	2 (4,4 %)	
Мужской пол, n (%)	33 (73,3 %)	90 (68,7 %)	0,561	33 (73,3 %)	36 (80 %)	0,460
ИМТ, кг/м²						
M ± SD	31,3 ± 5,4	31,1 ± 4,8	0,856	31,3 ± 5,4	31,2 ± 4,4	0,997
Me [Q1; Q3]	32 [27,5; 35,2]	32 [28,1; 34,7]		32 [27,5; 35,2]	32 [28,7; 34]	
Постоянное курение, n (%)	10 (22,2 %)	15 (11,5 %)	0,075	10 (22,2 %)	10 (22,2 %)	0,998
Артериальная гипертензия, n (%)	44 (97,8 %)	130 (99,2 %)	0,432	44 (97,8 %)	45 (100 %)	0,328
ХБП (СКФ < 60 мл/мин/1,73 м²), n (%)	22 (48,9 %)	81,6 (61,8 %)	0,130	22 (48,9 %)	13 (73,3 %)	0,051
ХОБЛ, n (%)	2 (4,4 %)	4 (3,05 %)	0,662	2 (4,4 %)	2 (4,4 %)	0,990
Ожирение (ИМТ > 30), n (%)	29 (64,4 %)	81 (64,4 %)	0,757	29 (64,4 %)	26 (57,8 %)	0,522
Стенокардия по CCS, n (%)						
II ФК	11 (24,4 %)	50 (38,2 %)	–	11 (24,4 %)	22 (48,9)	–
III ФК	31 (68,9 %)	62 (47,3 %)	–	31 (68,9 %)	15 (33,3)	–
IV ФК	3 (6,7 %)	10 (7,6 %)	–	3 (6,7 %)	4 (8,9)	–

ТАБЛИЦА 1 (продолжение)

TABLE 1 (continued)

Сердечная недостаточность по NYHA, n (%)						
II ФК	19 (42,2 %)	67 (51,1 %)	–	19 (42,2 %)	25 (55,6 %)	–
III ФК	26 (57,8 %)	60 (45,8 %)	–	26 (57,8 %)	20 (44,4 %)	–
Атеросклероз БЦА (более 60 %), n (%)	8 (17,8 %)	18 (13,7 %)	0,513	8 (17,8 %)	5 (11,1 %)	0,374
Кальциноз аорты, n (%)	11 (24,4 %)	2 (1,5 %)	0,001	11 (24,4 %)	2 (4,4 %)	0,007
Количество пораженных КА, M ± SD	2,8 ± 0,6	2,7 ± 0,5	0,629	2,8 ± 0,6	2,8 ± 0,6	0,970
2 КА, n (%)	14 (31,1 %)	39 (29,8 %)	–	14 (31,1 %)	12 (26,7 %)	–
3 КА, n (%)	25 (55,6 %)	85 (64,9 %)	–	25 (55,6 %)	30 (66,7 %)	–
4 КА, n (%)	6 (13,3 %)	5 (3,82 %)	–	6 (13,3 %)	2 (4,44 %)	–
5 КА, n (%)	–	2 (1,53 %)	–	–	1 (2,22 %)	–
Фракция выброса левого желудочка, %						
M ± SD	51,3 ± 7,6	52,8 ± 9,2		51,3 ± 7,6	52,3 ± 7,2	
Me [Q1; Q3]	52 [49; 53,5]	54 [49; 54,3]		52 [49; 53,5]	54 [50,1; 54,4]	
< 40 %, n (%)	4 (8,9 %)	11 (8,4 %)	0,266	4 (8,9 %)	2 (4,4 %)	0,405
40–49 %, n (%)	10 (22,2 %)	28 (21,4 %)		10 (22,2 %)	10 (22,2 %)	
> 50 %, n (%)	31 (68,9 %)	92 (70,2 %)		31 (68,9 %)	33 (73,3 %)	
Оценка по EuroSCORE II						
M ± SD	2,9 ± 1,7	3,2 ± 9,7		2,9 ± 1,7	4,7 ± 16,4	
Me [Q1; Q3]	2,6 [2,5; 3,5]	2,1 [1,5; 4,8]	0,016	2,6 [2,5; 3,5]	2,1 [0,2; 9,6]	0,012

Примечание. ИЗСД – инсулинзависимый сахарный диабет; ИНСД – инсулиннезависимый сахарный диабет; СКФ – скорость клубочковой фильтрации.

ка по шунту (Q) (норма – не менее 15–20 мл/мин) и пульсовой индекс (Pi) (не более 5).

Все операции проводились с использованием техники скелетизации ВГА, другие артериальные кондуиты для реваскуляризации пораженных КА не использовались. Методика бимаммарного КШ применялась в двух модификациях: «in situ» – каждая ВГА отсекалась дистально перед бифуркацией и формировался анастомоз с пораженной КА; комбинированное шунтирование – правая ВГА после мобилизации отсекалась проксимально до отхождения от правой подключичной артерии и дистально до разветвления и вшивалась в левую ВГА (Y-графт). Использование методики комбинированного-секвенциального шунтирования позволяло сформировать более 2 дистальных анастомозов, тем самым давая возможность хирургу выполнить полную реваскуляризацию миокарда у пациентов с поражением 3 и более КА. Выбор метода бимаммарного КШ определялся исходя от количества целевых артерий и топогра-

фии поражения. Более подробно с техническим аспектами проведения хирургической реваскуляризации миокарда с применением обеих ВГА можно ознакомиться в наших предыдущих публикациях [4]. ТКШ выполнялось с применением левой ВГА, выделенной техникой скелетизации для шунтирования передней нисходящей артерии и кондуитом из большой подкожной вены для реваскуляризации остальных целевых КА. Забор аутовенозных кондуитов проводился открытым способом техникой скелетизации.

Для проведения статистического анализа использовали программу RStudio (версия 2022.02.0, build 443, США). С целью определения вида распределения средних значений исследуемых показателей, между группами был проведен тест Шапиро – Уилка. Для каждого из показателей было выявлено отсутствие нормального распределения средних, таким образом в дальнейшем использовалась непараметрическая статистика. Для анализа непрерывных переменных независимых групп применял-

ся Wilcoxon-rank sum test, категориальные переменные оценивались с применением тест Pearson's  $\chi^2$ . В качестве контрольного значения уровня статистической значимости  $p$  выбрано 0,05. Данные представлены в таблице в двух вариантах: среднее значение вместе со значением стандартного отклонения и медианное значение вместе с 25%-м и 75%-м квартильными значениями. Значения категориальных переменных также представлены по дискретным значениям как абсолютное количество пациентов и их процент от общего количества пациентов в группе. Анализ выживаемости и сердечно-сосудистых событий в отдаленном периоде проводили по методу Каплана – Мейера. Считалось, что значение  $p < 0,05$  указывает на статистическую значимость для основного исхода.

## ГОСПИТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

По результатам нашего исследования, в группе 1 в условиях ИК проведено 23 (51,1 %) операции (группа 1ИК), а в условиях РС – 22 (49,9 %) (группа 1РС). Дальнейший сравнительный анализ проводился между группой 2 и группами 1ИК и 1РС. Основные послеоперационные результаты представлены в таблице 2.

Группа 2 была сопоставима с группами 1ИК и 1РС по общей продолжительности оперативного вмешательства ( $p = 0,431$  и  $p = 0,142$  соответственно); мы не увидели межгрупповых различий и по количеству сформированных дистальных анастомозов ( $p = 0,263$  и  $p = 0,901$  соответственно). Несмотря на то что при выполнении методики бимаммарного КШ не формировались проксимальные анастомозы, время окклюзии аорты и длительность ИК были статистически значимо больше, чем в группе 2 ( $p = 0,05$  и  $p = 0,05$  соответственно). Мы это объясняем тем, что бимаммарная реваскуляризация сердца и техника секвенциальных анастомозов требуют от хирурга большой прецизионности при формировании шунтов и, соответственно, длительности проведения хирургического вмешательства. В группе 1ИК экстубация пациентов в отделении реанимации и интенсивной терапии

на 1ИК), а в условиях РС – 22 (49,9 %) (группа 1РС). Дальнейший сравнительный анализ проводился между группой 2 и группами 1ИК и 1РС. Основные послеоперационные результаты представлены в таблице 2.

ТАБЛИЦА 2  
ИНТРАОПЕРАЦИОННЫЕ И ГОСПИТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

TABLE 2  
INTRAOPERATIVE AND HOSPITAL OUTCOMES

Параметры	Группа 1ИК (n = 23)	p	Группа 2 (n = 45)	p	Группа 1РС (n = 22)
Продолжительность ИК, мин					
Me [Q1; Q3]	78 [67; 99,7]	0,05	78 [74,4; 89,1]	–	–
M ± SD	83,3 ± 37,8		81,7 ± 24,4		–
Продолжительность окклюзии аорты, мин					
Me [Q1; Q3]	58 [45; 67,9]	0,05	48 [44,8; 53]	–	–
M ± SD	56,4 ± 26,4		48,9 ± 13,6		–
Продолжительность операции, мин					
Me [Q1; Q3]	220 [201; 229]	0,431	201 [200; 222]	0,142	189 [178; 211]
M ± SD	215 ± 32,9		211 ± 36,5		194 ± 37,2
Количество дистальных анастомозов					
Me [Q1; Q3]	2,9 ± 0,6	0,263	2,7 ± 0,5	0,901	2,7 ± 0,6
M ± SD	3 [2,6; 3,1]		3 [2,5; 2,8]		3 [2,4; 3]
2 анастомоза, n (%)	6 (26,1 %)	–	15 (33,3 %)	–	8 (36,4 %)
3 анастомоза, n (%)	14 (60,9 %)	–	29 (64,4 %)	–	12 (54,5 %)
4 анастомоза, n (%)	3 (13 %)	–	1 (2,2 %)	–	2 (9,1 %)
Длительность ИВЛ, ч					
Me [Q1; Q3]	7 [6,2; 8,5]	0,022	9 [8,4; 11,5]	0,114	7 [6,7; 9,7]
M ± SD	9,9 ± 5,1		9,9 ± 5,1		8,2 ± 3,3
Кровопотеря, мл					
Me [Q1; Q3]	250 [193; 397]	0,214	300 [287; 385]	0,243	200 [187; 333]
M ± SD	295 ± 236		336 ± 163		260 ± 164

ТАБЛИЦА 2 (продолжение)

TABLE 2 (continued)

Пребывание в ОРИТ, дни					
Me [Q1; Q3]	2 [2,05; 3,1]	0,756	2 [1,8; 3,8]	0,375	2 [1,8; 2,6]
M ± SD	2,6 ± 1,2		2,8 ± 3,5		2,2 ± 0,8
Пребывание в стационаре, дни					
Me [Q1; Q3]	11 [8,9; 18,7]	0,932	11 [9,9; 17,3]	0,214	10 [9,1; 16,3]
M ± SD	10 ± 11,2		13,6 ± 12,3		12,7 ± 8,1
Коронарошунтография, n (%)	1 (4,3)	0,645	1 (2,2)	–	–
Фракция выброса левого желудочка, %					
Me [Q1; Q3]	53 [50,4; 54,6]	0,932	53 [49,8; 55,9]	0,241	51 [46,2; 53,3]
M ± SD	52,5 ± 4,9		52,8 ± 10,2		49,8 ± 8
Показатели флоуметрии					
Q, мл/мин					
Me [Q1; Q3]	72 [64,2; 77,3]	< 0,001	47 [42,5; 56,5]	< 0,001	60,5 [56,1; 70,2]
M ± SD	70,7 ± 11,2		49,5 ± 11		63,1 ± 12
Pi					
Me [Q1; Q3]	1,9 [1,3; 3,7]	0,474	3 [2,5; 3,2]	0,526	2,1 [1,9; 2,5]
M ± SD	2,5 ± 2,8		2,9 ± 0,7		2,2 ± 0,6

(ОРИТ) наступала позже, чем в группе 2 ( $p = 0,022$ ), но была сопоставимой по длительности с группой 1PC ( $p = 0,114$ ). Дренажные потери за первые сутки в ОРИТ были сопоставимы между группами ( $p = 0,214$  и  $p = 0,243$  соответственно). Диагностическая коронарошунтография в раннем послеоперационном периоде проводилась в группе 1ИК у 1 (4,3 %) пациента, в группе 2 – у 1 (2,2 %) пациента ( $p = 0,645$ ) в связи с ишемическими изменениями, зафиксированными на электрокардиограмме (ЭКГ) и ЭхоКГ. В группе 1ИК проходимость шунтов была не нарушена; в группе 2 выявлен перегиб аутовенозного шунта к правой КА со стенозированием просвета кондуита до 80 %, в экстренном порядке была выполнена рестернотомия с исправлением перегиба. По данным ЭхоКГ, перед выпиской из стационара не установлено статистически значимой разницы между группой 2 и группами 1ИК и 1PC по сократительной способности левого желудочка ( $p = 0,932$  и  $p = 0,241$  соответственно). По результатам флоуметрического исследования в обеих подгруппах бимаммарного КШ объёмная скорость кровотока (Q) была статистически значимо выше, чем в группе традиционного КШ ( $p < 0,001$  и  $p < 0,001$  соответственно), но при этом, во всех группах показатели были в пределах референсных значений; пульсовой индекс (Pi) был сопоставим между группой 2 и группами 1ИК и 1PC ( $p = 0,474$  и  $p = 0,526$  соответственно), усреднённые показатели были в пределах нормы.

Анализ основных госпитальных осложнений представлен в рисунке 1. Госпитальная летальность была только в 1 (2,2 %) случае в группе 2 ( $p = 0,491$  и  $p = 0,503$  соответственно) и была связана с развитием острого мезенте-

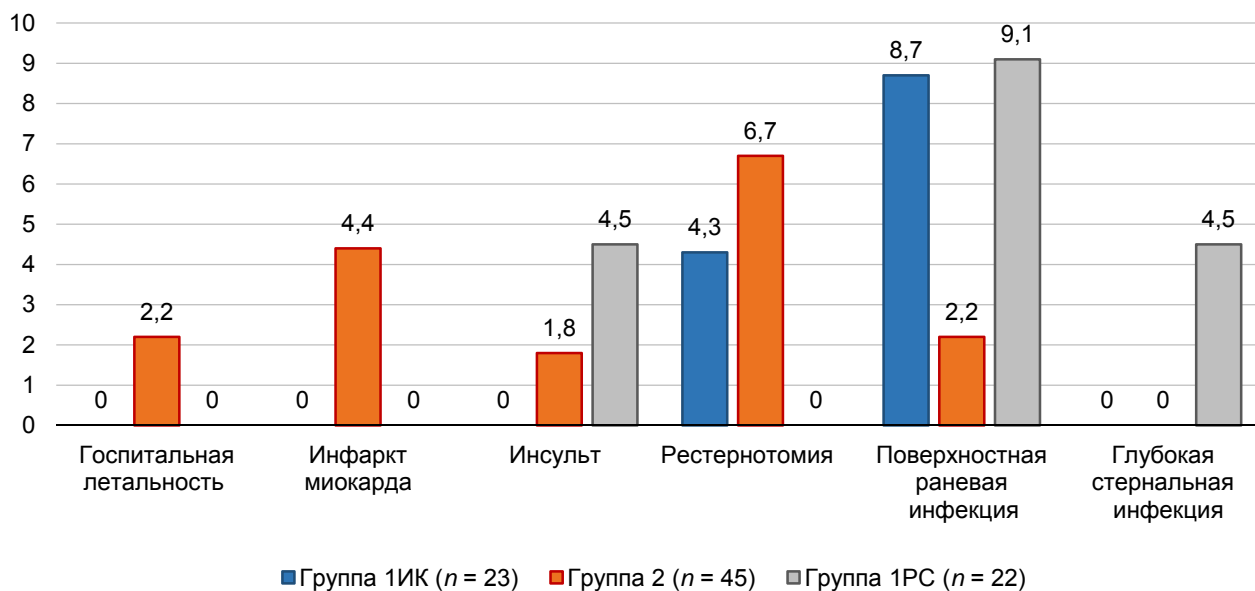
рального тромбоза. Острый периоперационный инфаркт миокарда отмечен только в группе 2 у 2 (4,4 %) пациентов ( $p = 0,322$  и  $p = 0,334$ ). В одном случае был связан с нарушением проходимости аутовенозного кондуита, во втором – с ишемическими изменениями, зафиксированными на ЭКГ на начальном этапе операции ввиду тяжести коронарного поражения. Острое нарушение мозгового кровообращения осложнило послеоперационный период у 1 (4,5 %) пациента в группе 1PC и у 1 (1,8 %) пациента в группе 2 ( $p = 0,307$ ). В обоих случаях вероятной причиной послужило исходно тяжёлое поражение каротидных артерий. Кровотечения, потребовавшие проведения рестернотомии, развились в 1 (4,3 %) случае в группе 1ИК и у 3 (6,7 %) пациентов в группе 2 ( $p = 0,714$ ), при этом активных источников кровотечения выявлено не было ни в одном из случаев; в группе 1PC данное осложнение отсутствовало ( $p = 0,236$ ). Группа 2 и группы 1ИК и 1PC были сопоставимы по развитию поверхностной раневой инфекции ( $p = 0,231$  и  $p = 0,227$  соответственно). Тяжёлый медиастинит развивался в 1 (4,5 %) случае в группе 1PC ( $p = 0,328$ ) – у пациента с инсулинзависимым СД 2-го типа.

## ОТДАЛЁННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Медиана продолжительности наблюдения составила 30,8 месяца (диапазон – от 14 до 45 мес.). В отдалённом периоде обследовано 86,7 % пациентов от общего количества. Нам не удалось отследить судьбу 4 (8,9 %) пациентов из группы 2, 5 (21,7 %) пациентов из группы 1ИК

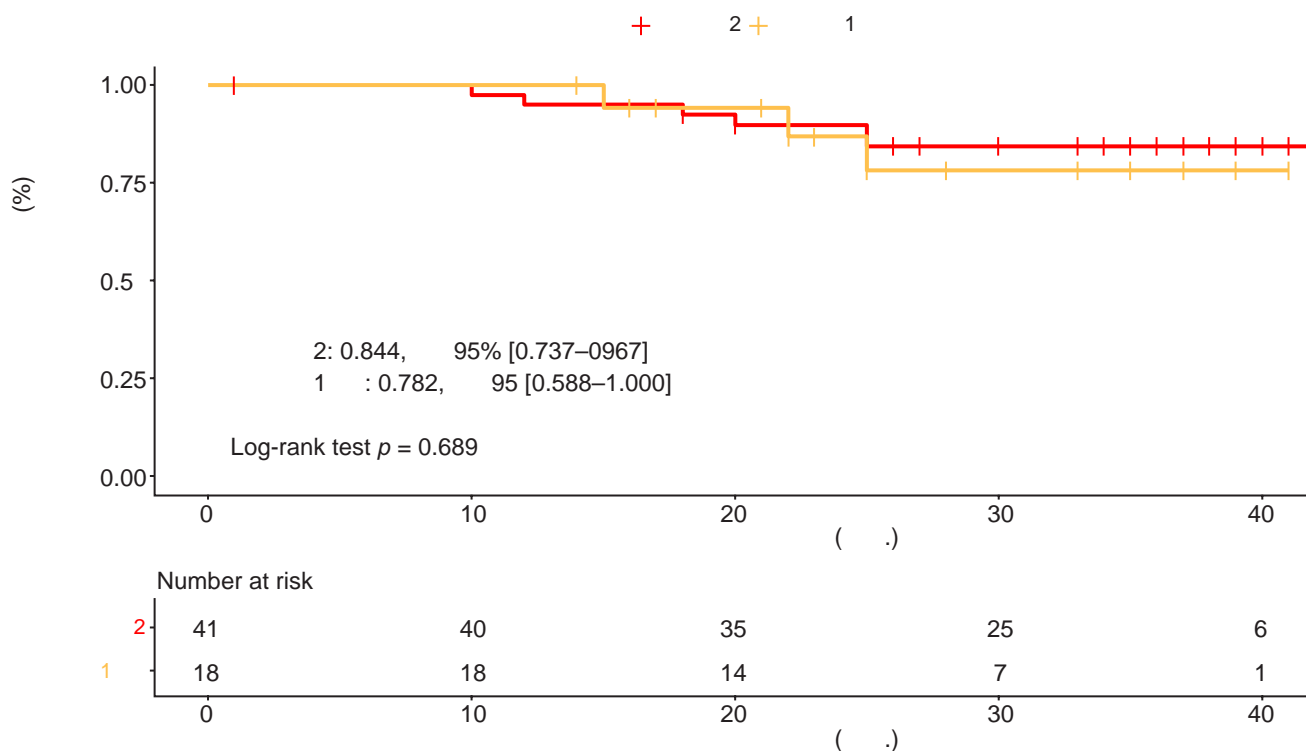
и 3 (13,6 %) пациентов из группы 1РС. Кривые выживаемости Каплана – Мейера продемонстрировали 1-летнюю, 2-летнюю и 3-летнюю выживаемость при смертности от всех причин: соответственно 100 %, 88,9 % и 83,3 % – в группе 1ИК; 100 %, 84,2 % и 84,2 % – в группе 1РС; 95,1 %, 92,7 % и 85,3 % – в группе 2. Анализ оценок выживаемости по кривым Каплана – Мейера не по-

казал статистически значимого преимущества в общей выживаемости между группами 1ИК и 2 ( $p = 0,689$ ) и 1РС и 2 ( $p = 0,739$ ) (рис. 2, 3). Но важно отметить, что в группах бимаммарного КШ свобода от кардиальной смертности составила 100 %, в то время как в группе 2 в 50 % случаев (3 пациента) летальность была связана с развитием острого инфаркта миокарда, в остальных случаях –



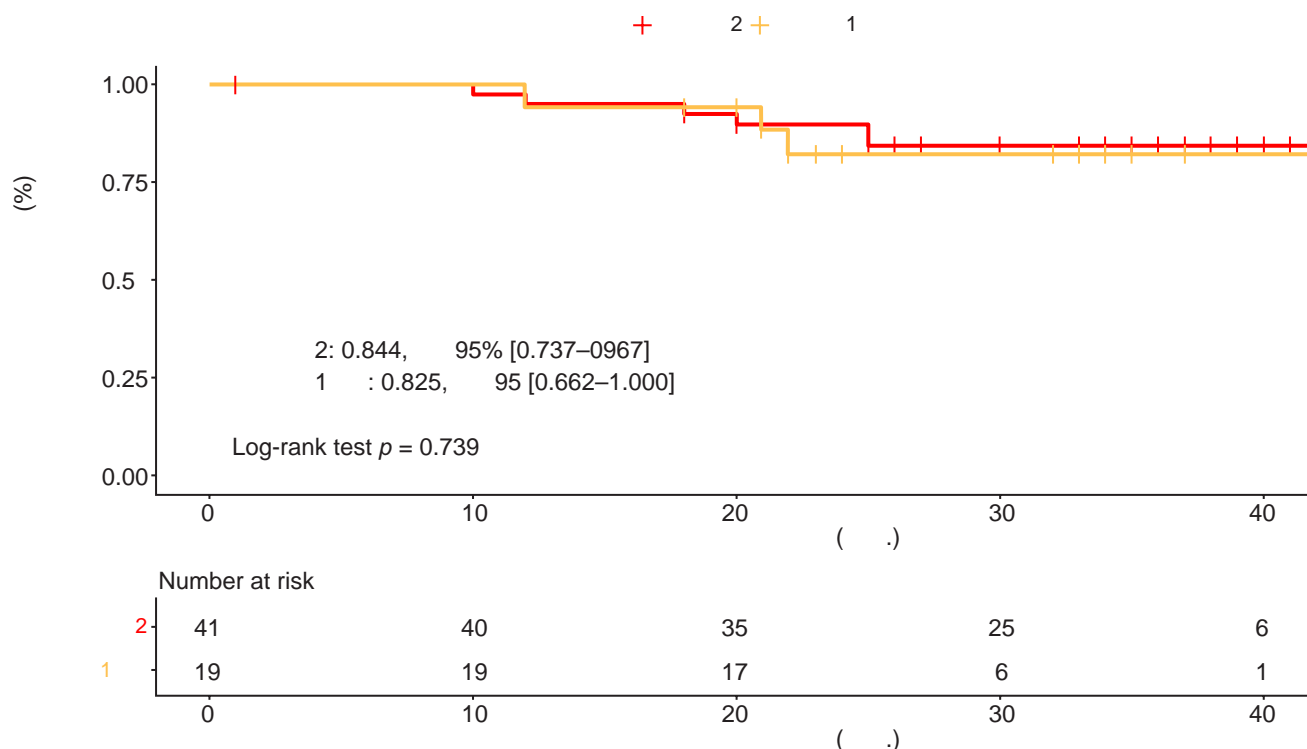
**РИС. 1.**  
Осложнения в послеоперационном периоде

**FIG. 1.**  
Complications in the postoperative period



**РИС. 2.**  
Кривые выживаемости Каплана – Мейера от всех причин между группами 1ИК и 2

**FIG. 2.**  
Kaplan – Meier all-cause survival curves between group 1CPB (cardiopulmonary bypass surgeries) and group 2



**РИС. 3.**

Кривые выживаемости Каплана – Мейера от всех причин между группами 1PC и 2

**FIG. 3.**

Kaplan – Meier all-cause survival curves between group 1OP (off-pump surgeries) and group 2

с осложнениями COVID-19. В группе 1ИК в 1 случае пациент умер от осложнений онкологического заболевания, в 2 случаях – от осложнений COVID-19. В группе 1PC один пациент скончался от осложнений онкологического заболевания, второй пациент – от осложнений COVID-19, третий пациент – от несчастного случая.

В группах 1ИК и 1PC свобода от инфарктов миокарда в отдалённом периоде составила 100 %, в то время как в группе 2 – 97,6 % ( $p = 0,683$  и  $p = 0,683$  соответственно): у 1 пациента инфаркт миокарда развился на фоне окклюзии аутовенозного шунта к бассейну правой коронарной артерии.

Свобода от острых церебральных осложнений в группе 2 составила 97,6 %: у 1 пациента отдалённый послеоперационный период осложнился развитием острого нарушения мозгового кровообращения по ишемическому типу. В группах 1ИК и 1PC данный вид осложнений отсутствовал ( $p = 0,547$  и  $p = 0,500$  соответственно).

Свобода от повторной реваскуляризации в группе 2 составила 97,6 %, в группах 1ИК и 1PC – 100 % ( $p = 0,564$  и  $p = 0,645$  соответственно). В группе 2 дисфункция шунтов выявлена у 2 пациентов. В одном случае была выявлена окклюзия кондуита от среднего участка, но из-за обеднённого дистального нативного русла за областью наложения анастомоза была показана консервативная медикаментозная терапия. Второму пациенту потребовалось стентирование правой КА вследствие возобновления клиники стенокардии, на КШГ была вы-

явлена окклюзия аутовенозного шунта к проксимальному отделу задней межжелудочковой артерии.

Проходимость левой и правой ВГА в сроке до 45 месяцев во всех группах была 100 %, проходимость венозных шунтов была ниже и составила 96,1 %.

Свобода от возвратной стенокардии была отмечена в 94,1 % случаев в группе 2, в 100 % и 87,5 % – в группах 1ИК и 1PC ( $p = 0,450$  и  $p = 0,208$ ) соответственно. В группе 1PC по результатам мультиспиральной компьютерной томографии КА нарушение проходимости шунтов не выявлено; вероятная причина развития возвратной стенокардии обусловлена прогрессированием атеросклероза в нативном коронарном русле. В группе 2 в обоих случаях оно было обусловлено дисфункцией аутовенозных шунтов.

Свобода от кардиоваскулярных событий (МАССЕ, major adverse cardiac and cerebrovascular event) (смерть от кардиальных причин + свобода от ИМ + свобода от ОНМК + свобода от повторной реваскуляризации) в группах с использованием двух ВГА была 100 %, в группе 2 – 84,2 %, но статистически значимой разницы получено не было ( $p = 0,144$  и  $p = 0,145$ ).

При оценке функциональных классов сердечной недостаточности (по NYHA) в отдалённом периоде у прооперированных пациентов мы не увидели статистически значимых различий при межгрупповом исследовании ( $p = 0,429$  и  $p = 0,484$  соответственно), но при внутигрупповом анализе, при сравнении дооперационных данных и результатов в отдалённом периоде отмечалось статистически значимое снижение функциональных классов сердечной не-

достаточности в каждой из групп: в группе 1ИК  $p < 0,005$ ; в группе 1РС –  $p < 0,001$ ; в группе 2 –  $p < 0,001$ .

## ОБСУЖДЕНИЕ

Количество пациентов с СД, перенёсших КШ, стабильно увеличивается во всём мире. Наличие СД 2-го типа характеризуется повышенной склонностью к прогрессированию мультифокального атеросклероза, более высокой частотой обширного поражения периферических и висцеральных артерий, а также ассоциируется с высоким риском периоперационной смертности. Оптимизация клинических исходов у пациентов с сопутствующим СД, перенёсших КШ, в настоящее время весьма актуальна.

В нашем исследовании использование техники скелетизации обеих ВГА не увеличило частоту как поверхностной раневой инфекции ( $p = 0,23$  и  $p = 0,22$ ), так и глубоких стернальных осложнений ( $p = 0,47$  и  $p = 0,42$ ). Данная методика может безопасно использоваться для реваскуляризации миокарда у пациентов с многососудистым коронарным поражением и СД 2-го типа. Подобную точку зрения разделяют ряд авторов. В работе U. Benedetto и соавт. было показано, что количество стернальных осложнений не увеличивается при заборе обеих ВГА методикой скелетизации и сопоставимо с использованием левой ВГА за счёт сохранения коллатерального кровотока в грудине (отношение шансов (ОШ) – 1,00; 95%-й доверительный интервал (95% ДИ): 0,65–1,53) [8]. Также не было получено разницы в частоте развития глубокой стернальной инфекции у пациентов с бимаммарным и традиционным шунтированием в работе D.J. LaParo и соавт. (0,4 % против 0,2 %;  $p = 0,48$ ) [9]. Напротив, в исследовании японских коллег частота развития глубокой стернальной инфекции у пациентов с СД 2-го типа была выше в группе, где использовалась методика бимаммарного КШ (2,7 % против 1,2 %;  $p > 0,05$ ), при этом о способе забора ВГА в работе не сообщается [10]. В обзорной статье, охватывающей литературу с 1970 по 2017 г., сообщается, что глубокая стернальная инфекция является многофакторной проблемой, а использование методики скелетизации ВГА не влияет на развитие инфекционных осложнений [11]. В единственном на сегодняшний день рандомизированном многоцентровом исследовании ART (The Arterial Revascularization Trial) оценивались результаты операций с использованием методики бимаммарного и традиционного КШ: около 50 % пациентов страдали СД, более 40 % всех операций были выполнены без ИК [12]. По результатам исследования, госпитальная летальность была сопоставима между группами (относительный риск (ОР) – 0,96 (0,79–1,17);  $p = 0,9$ ), но частота реконструкции грудины была выше у пациентов, где использовались обе ВГА (ОР = 2,91; 95% ДИ: 1,42–5,95;  $p = 0,002$ ). При этом в работе не акцентируется внимание на методиках выделения кондуитов. Авторы полагают, что необходим индивидуальный подход для применения методики бимаммарного КШ у пациентов с СД. Противопоказанием к забору обеих ВГА, по мнению авторов, является инсулинозависимый СД, особенно у пациентов женского пола с избы-

точной массой тела. К относительным противопоказаниям относят возраст старше 70 лет. Несмотря на продолжающуюся дискуссию о роли скелетизации ВГА в предотвращении стернальной инфекции, большинство авторов полагают, что данная методика остаётся основной в профилактике инфекционных осложнений, в том числе такая методика является основной в последних рекомендациях по реваскуляризации миокарда.

Основные госпитальные исходы были сопоставимы между исследуемыми группами: госпитальная летальность отмечена только в группе 2 у 1 (2,2 %) пациента ( $p = 0,49$  и  $p = 0,50$  соответственно): пациент скончался от острой ишемии кишечника. Острый периоперационный инфаркт миокарда развился также в группе 2 у 2 (4,4 %) пациентов ( $p = 0,32$  и  $p = 0,33$  соответственно): в одном случае он был связан с перегибом аутовенозного шунта, во втором – с исходно тяжёлым поражением коронарного русла, проводившимся ранее многократным стентированием КА, выраженным кальцинозом в стенках артерий, усложнявшим формирование анастомозов. Острое нарушение мозгового кровообращения было отмечено в одном случае (4,5 %) в группе 1РС ( $p = 0,31$  и  $p = 0,30$  соответственно).

Схожие с нашими результаты были получены в работе L. Di Vasso и соавт., включавшей 268 пациентов с ИБС и сопутствующим СД, из которых половина пациентов были прооперированы с использованием методики бимаммарного КШ. Не было выявлено статистически значимой разницы между группами по госпитальной летальности ( $p = 0,89$ ), острому периоперационному инфаркту миокарда ( $p = 0,86$ ), неврологическим осложнениям ( $p = 0,98$ ), рестернотомиям по поводу острого кровотечения ( $p = 0,32$ ). Авторы исследования пришли к выводу, что использование методики бимаммарного КШ не ухудшает госпитальные результаты у пациентов с ИБС и сопутствующим СД и может являться операцией выбора у данной когорты пациентов [13]. В свою очередь, в исследовании A.M. Calafiore и соавт. использование одной ВГА в сравнении с использованием двух ВГА ассоциировалось со статистически значимо более высокой госпитальной летальностью от всех кардиальных причин ( $p = 0,015$ ) [14]. В работе D. Pevni и соавт. госпитальная смертность была схожа в обеих группах (2,6 % и 3,0 %;  $p = 0,113$ ), но в группе бимаммарного КШ отмечалось увеличение частоты инсультов в раннем послеоперационном периоде (4,87 % против 2,13 %;  $p = 0,003$ ), несмотря на то, что применялась методика «no touch aorta» [15].

По результатам нашего исследования группы были сопоставимы по количеству сформированных дистальных анастомозов: в группе 2 –  $2,7 \pm 0,5$ , в группе 1ИК –  $2,9 \pm 0,6$  ( $p = 0,26$ ), в группе 1РС –  $2,7 \pm 0,6$  ( $p = 0,90$ ). Небольшая статистическая разница была получена в длительности проведения ИК и времени пережатия аорты ( $p = 0,05$ ); эту разницу мы связываем с высокой прецизионностью бимаммарной реваскуляризации миокарда и техникой формирования дистальных анастомозов. Экстубация пациентов в группе 2 наступала позже, чем в группе 1ИК ( $p = 0,02$ ), но разницы по клинической картине между группами мы не отметили. В исследова-

нии В. Gansera и соавт. [16] среднее количество сформированных дистальных анастомозов с использованием обеих ВГА было выше, чем у нас, но при межгрупповом сравнении по количеству сформированных дистальных анастомозов исследования были сопоставимы ( $3,3 \pm 0,8$  против  $3,2 \pm 0,9$  соответственно;  $p = 0,921$ ), что согласуется и с нашими результатами. В исследовании А. Iribarne и соавт., включавшем 430 пациентов с ИБС и сопутствующим СД, перенёвших хирургическую реваскуляризацию миокарда (217 ТКШ и 213 бимаммарных КШ), не было получено разницы между группами по количеству поражённых КА и количеству выполненных дистальных анастомозов ( $p < 0,503$ ). Группы были схожи по длительности проведения ИК ( $p = 0,177$ ), но при этом время пережатия аорты в группе бимаммарного КШ было статистически значимо выше ( $p < 0,001$ ), что схоже с нашими результатами, но в группе с использованием обеих ВГА пациенты экстубировались раньше ( $p = 0,049$ ) [17].

Анализ состоятельности шунтов проводился посредством флоуметрического исследования. Результаты флоуметрии сформированных шунтов показали статистически значимую разницу между группами 2 и 1ИК, а также 1РС в линейной скорости кровотока (Q) на сформированных шунтах ( $p < 0,001$  и  $p < 0,001$  соответственно). В группах бимаммарного КШ линейная скорость кровотока была выше, но по пульсовому индексу (Pi) группы были абсолютно сопоставимы ( $p = 0,47$  и  $p = 0,52$  соответственно). Несмотря на полученную разницу в линейной скорости кровотока, во всех группах данный гидродинамический параметр находился в референсных пределах. Статистически значимую разницу по параметру Q мы связываем с тем, что в группе бимаммарного КШ в большинстве случаев использовалась методика комбинированного и комбинировано-секвенциального шунтирования, а сопоставимые межгрупповые результаты по параметру Pi объясняются тем, что у всех пациентов реваскуляризация проводилась с КА с гемодинамически значимым поражением и с удовлетворительным дистальным руслом за местом поражения. При комбинированном и комбинировано-секвенциальном шунтировании гидродинамические показатели в шунтах с ромбовидными анастомозами были статистически значимо выше, чем при использовании техники параллельных анастомозов, что связано с более высокой скоростью пульсового кровотока по кондуитам через зону анастомоза и меньшей вероятностью деформации шунта в этой области [18]. В работе D. Glineur и соавт. оценивались 7-летние результаты бимаммарного шунтирования в зависимости от конфигурации шунтов; не было выявлено статистически значимой разницы в выживаемости пациентов в отдалённом периоде ( $p = 0,3$ ), но методика комбинированного шунтирования ассоциировалась с меньшей частотой развития кардиоваскулярных событий ( $p = 0,01$ ) и повторных реваскуляризаций ( $p = 0,009$ ) [19]. В то же время результаты исследования PREVENT IV продемонстрировали, что использование комбинировано-секвенциальной технологии ассоциируется с более низкой проходимостью шунтов и, соответственно, худшими клиническими исходами в сравнении с использованием линейных шунтов (ОШ = 1,24; 95% ДИ: 1,03–1,48) [20].

В нашей работе выживаемость пациентов в отдалённом периоде (медиана наблюдения – 30,8 месяца) была сопоставимой между группами бимаммарного и традиционного КШ ( $p = 0,689$  и  $p = 0,739$  соответственно), что коррелирует с результатами других исследований. В исследовании А. Iribarne и соавт. выживаемость пациентов в отдалённом периоде (медиана наблюдения – 9,5 лет) после бимаммарного шунтирования было статистически значимо выше (ОР = 0,75; 95 % ДИ: 0,57–0,98;  $p < 0,034$ ) [17]. Напротив, в работе В. Gansera и соавт. авторы исследования не обнаружили разницы в выживаемости между группами: 5-, 10- и 14-летняя выживаемость составили 93,4 %, 76,6 % и 67,5 % в группе бимаммарного шунтирования и 89,5 %, 81,5 % и 32,8 % в группе традиционного КШ ( $p = 0,288$ ) соответственно [16]. Смертность, связанная с кардиальными причинами, составила в группе ТКШ 30,8 %, а в группе бимаммарного КШ – 30,0 %. В нашем исследовании при анализе по причинам летальных исходов было выявлено, что в группе ТКШ 50 % летальных исходов было связано с развитием инфарктов миокарда, в то время как в подгруппах бимаммарного шунтирования летальность пациентов не была связана с кардиальной патологией. Важно отметить, что в вышеупомянутых исследованиях период наблюдения был выше, чем в нашей работе. По мнению ряда исследователей, преимущество в выживаемости у пациентов после бимаммарного КШ начинает проявляться после 7 лет наблюдения [21]. Возможно, более короткий срок наблюдения в отдалённом периоде явился причиной отсутствия различий в нашем исследовании.

Анализ частоты развития МАССЕ в отдалённом послеоперационном периоде не выявил преимуществ одной методики проведения операций над другой, несмотря на то, что фактически в группах бимаммарного КШ эти осложнения отсутствовали. Свобода от МАССЕ в группе 2 составила 84,2 %, в группах 1ИК и 1РС – 100 % ( $p = 0,144$  и  $p = 0,145$  соответственно). Похожие результаты были получены в недавней публикации где оценивалось влияние множественного артериального шунтирования в сравнении с традиционным КШ в ретроспективном анализе 10-летних результатов у пациентов с СД из исследования ART. В когорте пациентов с СД частота развития МАССЕ фактически была выше в группе ТКШ (35,4 %) (28,9 %; ОР = 0,80; 95% ДИ: 0,61–1,03), но эффект взаимодействия подгрупп не был значительным ( $p = 0,93$ ); даже поправка на потенциально искажающие факторы мало повлияла на результаты: скорректированное ОШ для МАССЕ составило 0,80 (95% ДИ: 0,61–1,05;  $p = 0,93$ ) [22]. Напротив, в работе L. Di Vasso и соавт. было показано, что использование артериальных кондуитов обеспечивает значительно лучшие результаты по сравнению с традиционной реваскуляризацией, с точки зрения свободы от больших сердечных и цереброваскулярных событий ( $77 \pm 6,0$  % против  $53 \pm 5,8$  % соответственно;  $p < 0,001$ ) [13].

Наше исследование продемонстрировало, что использование методики бимаммарного шунтирования у пациентов с многососудистым поражением КА и СД 2-го типа сопоставимо с госпитальными и средне-отдалёнными результатами традиционной методики ре-

васкуляризации миокарда. Использование методики бимаммарного КШ на РС стоит рассматривать как операцию выбора у пациентов со значимым поражением брахиоцефальных и висцеральных артерий, у пациентов с низкой сократительной функцией миокарда левого желудочка. Применение техники скелетизации ВГА не увеличило количество инфекционных осложнений в области хирургического вмешательства, были получены сопоставимые результаты с группой, где применялась одна ВГА, что может свидетельствовать о высокой эффективности и безопасности данной техники забора кондуитов. Принимая во внимание тот факт, что использование обеих ВГА не увеличило количество госпитальных осложнений, полагаем, что использование данной стратегии реваскуляризации миокарда у пациентов с СД 2-го типа необходимо рассматривать в индивидуальном порядке, учитывая такие факторы, как тяжесть основного и сопутствующего заболевания, возраст, пол и индекс массы тела пациента. В отдалённом периоде мы не увидели статистически значимой разницы между группами по летальности и цереброваскулярным событиям, но использование методики бимаммарной реваскуляризации миокарда в нашей работе ассоциировалось со 100%-й свободой от цереброваскулярных событий и кардиальной летальности.

#### Ограничения исследования

Ограничением исследования является его одноцентровый характер, небольшая выборка пациентов и тот факт, что операции выполнены несколькими хирургами. Исследование ретроспективно-проспективное и не обладает такой мощностью, как проспективные рандомизированные многоцентровые исследования с большой выборкой пациентов.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Бимаммарное шунтирование может являться подходящим вариантом хирургической реваскуляризации миокарда для пациентов с СД 2-го типа как на РС, так и в условиях ИК. Бимаммарное КШ в условиях РС необходимо рассматривать как операцию выбора у пациентов с гемодинамически значимым поражением брахиоцефальных и висцеральных артерий. В период от 14 до 45 месяцев различий в общей выживаемости в группах бимаммарного и традиционного коронарного шунтирования у пациентов с сахарным диабетом 2-го типа не выявлено; в группах с использованием двух ВГА для реваскуляризации миокарда кардиальная причина смерти не была выявлена ни в одном из случаев, что может говорить об высокой эффективности данной методики хирургического лечения ИБС. Применение методики бимаммарной реваскуляризации миокарда ассоциировалось с полной свободой от больших сердечно-сосудистых осложнений. Необходим дальнейший анализ результатов в более отдалённом сроке для оценки эффективности методики бимаммарного коронарного шунтирования у пациентов с СД 2-го типа.

#### Конфликт интересов

Авторы данной статьи сообщают об отсутствии конфликта интересов.

#### ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Virani SS, Alonso A, Aparicio HJ, Benjamin EJ, Bittencourt MS, Callaway CW, et al. Heart disease and stroke statistics – 2021 update: A report from the American Heart Association. *Circulation*. 2021; 143(8): e254-e743. doi: 10.1161/CIR.0000000000000950
2. Neumann FJ, Sousa-Uva M, Ahlsson A, Alfonso F, Banning AP, Benedetto U, et al. ESC Scientific Document Group. 2018 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization. *Eur Heart J*. 2019; 40(2): 87-165. doi: 10.1093/eurheartj/ehy394
3. D'Agostino RS, Jacobs JP, Badhwar V, Fernandez FG, Paone G, Wormuth DW, et al. The Society of Thoracic Surgeons Adult Cardiac Surgery database: 2018 update on outcomes and quality. *Ann Thorac Surg*. 2018; 105(1): 15-23. doi: 10.1016/j.athoracsur.2017.10.035
4. Мурадов А.Г., Дробот Д.Б., Гринштейн Ю.И., Сакович В.А., Андин А.В. Непосредственные результаты полного традиционного и бимаммарного шунтирования у пациентов с многососудистым коронарным поражением. *Креативная кардиология*. 2022; 16(3): 355-369. [Muradov AG, Drobot DB, Grinshteyn Yul, Sakovich VA, Andin AV. Immediate results of complete conventional and bimarmary bypass grafting in patients with multivessel coronary disease. *Creative Cardiology*. 2022; 16(3): 355-369. (In Russ.)]. doi: 10.24022/1997-3187-2022-16-3-355-369
5. Rocha RV, Tam DY, Karkhanis R, Wang X, Austin PC, Ko DT, et al. Long-term outcomes associated with total arterial revascularization vs non-total arterial revascularization. *Eur Heart J*. 2020; 5(5): 507-514. doi: 10.1001/jamacardio.2019.6104
6. Безденежных Н.А., Сумин А.Н., Барбараш О.Л. Пациенты с сахарным диабетом и реваскуляризация миокарда с позиции доказательной медицины: взгляд кардиолога. Часть 1. *Российский кардиологический журнал*. 2017; 4(144): 105-113. [Bezdenezhnykh NA, Sumin AN, Barbarash OL. Patients with diabetes and myocardial revascularization from evidence-based medicine positions: Cardiologist's opinion. Part 1. *Russian Journal of Cardiology*. 2017; 4(144): 105-113. (In Russ.)]. doi: 10.15829/1560-4071-2017-4-105-113
7. Raza S, Sabik JF 3rd, Ainkaran P, Blackstone EH. Coronary artery bypass grafting in diabetics: A growing health care cost crisis. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2015; 150(2): 304-302.e2. doi: 10.1016/j.jtcvs.2015.03.041
8. Benedetto U, Altman DG, Gerry S, Gray A, Lees B, Pawlaczek R, et al. Arterial revascularization trial Investigators. Pedicled and skeletonized single and bilateral internal thoracic artery grafts and the incidence of sternal wound complications: Insights from the arterial revascularization trial. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2016; 152: 270-276. doi: 10.1016/j.jtcvs.2016.03.056
9. LaPar DJ, Crosby IK, Rich JB, Quader MA, Speir AM, Kern JA, et al. Bilateral internal mammary artery use for coronary artery bypass grafting remains underutilized: A propensity-matched multi-institution analysis. *Ann Thorac Surg*. 2015; 100(1): 8-14; discussion 14-15. doi: 10.1016/j.athoracsur.2015.02.088
10. Hirotsu T, Kameda T, Kumamoto T, Shirota S, Yamano M. Effects of coronary artery bypass grafting using internal mammary

arteries for diabetic patients. *J Am Coll Cardiol*. 1999; 34(2): 532-538. doi: 10.1016/s0735-1097(99)00215-6

11. Lazar HL. The risk of mediastinitis and deep sternal wound infections with single and bilateral, pedicled and skeletonized internal thoracic arteries. *Ann Cardiothorac Surg*. 2018; 7(5): 663-672. doi: 10.21037/acs.2018.06.11

12. Taggart DP, Altman DG, Gray AM, Lees B, Gerry S, Benedetto U, et al. Randomized trial of bilateral versus single internal-thoracic-artery grafts. *N Engl J Med*. 2016; 375(26): 2540-2549. doi: 10.1056/NEJMoa1610021

13. Di Bacco L, Repossini A, Muneretto C, Torkan L, Bisleri G. Long-term outcome of total arterial myocardial revascularization versus conventional coronary artery bypass in diabetic and non-diabetic patients: A propensity-match analysis. *Cardiovasc Revasc Med*. 2020; 21(5): 580-587. doi: 10.1016/j.carrev.2019.09.018

14. Calafiore AM, Di Mauro M, Di Giammarco G, Teodori G, Iacò AL, Mazzei V, et al. Single versus bilateral internal mammary artery for isolated first myocardial revascularization in multivessel disease: long-term clinical results in medically treated diabetic patients. *Ann Thorac Surg*. 2005; 80(3): 888-895. doi: 10.1016/j.athoracsur.2005.03.077

15. Pevni D, Medalion B, Mohr R, Ben-Gal Y, Laub A, Nevo A, et al. Should bilateral internal thoracic artery grafting be used in patients with diabetes mellitus? *Ann Thorac Surg*. 2017; 103(2): 551-558. doi: 10.1016/j.athoracsur.2016.06.044

16. Gansera B, Delalic A, Eszlari E, Eichinger W. 14-year results of bilateral versus single internal thoracic artery grafts for left-sided myocardial revascularization in young diabetic patients. *Thorac Cardiovasc Surg*. 2017; 65(4): 272-277. doi: 10.1055/s-0036-1593864

17. Iribarne A, Westbrook BM, Malenka DJ, Schmoker JD, McCullough JN, Leavitt BJ, et al. Should diabetes be a contraindication to bilateral internal mammary artery grafting? *Ann Thorac Surg*. 2018; 105(3): 709-714. doi: 10.1016/j.athoracsur.2017.08.054

18. Matsuura K, Jin WW, Liu H, Matsumiya G. Computational fluid dynamics study of the endside and sequential coronary artery bypass anastomoses in a native coronary occlusion model. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2017; 26(4): 583-589. doi: 10.1093/icvts/ivx376

19. Glineur D, Boodhwani M, Hanet C, de Kerchove L, Navarra E, Astarci P, et al. Bilateral internal thoracic artery configuration for coronary artery bypass surgery: A prospective randomized trial. *Circ Cardiovasc Interv*. 2016; 9(7): e003518. doi: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.115.003518

20. Mehta RH, Ferguson TB, Lopes RD, Hafley GE, Mack MJ, Kouchoukos NT, et al. Saphenous vein grafts with multiple versus single distal targets in patients undergoing coronary artery bypass surgery: one-year graft failure and five-year outcomes from the Project of Ex-Vivo Vein Graft Engineering via Transfection (PREVENT) IV Trial. *Circulation*. 2011; 124(3): 280-288. doi: 10.1161/circulationaha.110.99

21. Wang C, Li P, Zhang F, Kong Q, Li J. Does bilateral internal mammary artery grafting better suit patients with diabetes? Two different ways to explore outcomes. *Circ J*. 2020; 84(3): 436-444. doi: 10.1253/circj.CJ-19-1050

22. Taggart DP, Audisio K, Gerry S, Robinson NB, Rahouma M, Soletti GJ, et al. Single versus multiple arterial grafting in diabetic patients at 10 years: The Arterial Revascularization Trial. *Eur Heart J*. 2022; 43(44): 4644-4652. doi: 10.1093/eurheartj/ehac199

#### Сведения об авторах

**Мурадов Асим Гасанович** – врач сердечно-сосудистый хирург кардиохирургического отделения № 1, ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии» Минздрава России, e-mail: ranjer1986@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4096-0375>

**Гринштейн Юрий Исаевич** – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой терапии, Институт последипломного образования, ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого» Минздрава России, e-mail: grinstein.yi@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8847-235X>

**Дробот Дмитрий Борисович** – доктор медицинских наук, начальник научно-методического отдела, врач-методист, ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии» Минздрава России; профессор кафедры и клиники сердечно-сосудистой хирургии, Институт последипломного образования, ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого» Минздрава России, e-mail: DrobotDB@krascor.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9003-4818>

**Миллер Александр Юрьевич** – врач сердечно-сосудистый хирург кардиохирургического отделения № 4, ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии» Минздрава России, e-mail: mralexandermiller2020@outlook.com, <https://orcid.org/0000-0003-4969-4640>

**Сакович Валерий Анатольевич** – доктор медицинских наук, профессор, главный врач, ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии» Минздрава России; заведующий кафедрой и клиникой сердечно-сосудистой хирургии, Институт последипломного образования, ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого» Минздрава России, e-mail: SakovichVA@krascor.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7743-8770>

#### Information about the authors

**Asim G. Muradov** – Cardiovascular Surgeon at the Cardiovascular Department No. 1, Federal Center for Cardiovascular Surgery, e-mail: ranjer1986@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4096-0375>

**Yury I. Grinshtein** – Dr. Sc. (Med.), Professor, Head of the Department of Internal Medicine. Institute of Postgraduate Education, Professor V.F. Voyno-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University, e-mail: grinstein.yi@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8847-235X>

**Dmitriy B. Drobot** – Dr. Sc. (Med.), Head of the Research and Methodological Department, Registrar, Federal Center for Cardiovascular Surgery; Professor at the Department and Clinic of Cardiovascular Surgery, Professor V.F. Voyno-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University, e-mail: DrobotDB@krascor.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9003-4818>

**Alexander Yu. Miller** – Cardiovascular Surgeon at the Cardiovascular Department No. 1, Federal Center for Cardiovascular Surgery, e-mail: mralexandermiller2020@outlook.com, <https://orcid.org/0000-0003-4969-4640>

**Valeriy A. Sakovich** – Dr. Sc. (Med.), Professor, Chief Physician, Federal Center for Cardiovascular Surgery; Head of the Department and Clinic of Cardiovascular Surgery, Professor V.F. Voyno-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University, e-mail: SakovichVA@krascor.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7743-8770>

Статья опубликована в рамках Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 25-летию Иркутского научного центра хирургии и травматологии.

# КАЧЕСТВО ЖИЗНИ ПАЦИЕНТОВ С СОЛИТАРНЫМ И МНОЖЕСТВЕННЫМ ПОРАЖЕНИЕМ ОКОЛОЩИТОВИДНЫХ ЖЕЛЁЗ ПРИ СПОРАДИЧЕСКОМ ПЕРВИЧНОМ ГИПЕРПАРАТИРЕОЗЕ ДО И ПОСЛЕ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ

Ильичева Е.А.,  
Берсенов Г.А.,  
Рой Т.А.

ФГБНУ «Иркутский научный центр  
хирургии и травматологии» (664003,  
г. Иркутск, ул. Борцов Революции, 1,  
Россия)

Автор, ответственный за переписку:  
Берсенов Глеб Александрович,  
e-mail: glbersenev17@gmail.com

## РЕЗЮМЕ

**Обоснование.** Причиной первичного гиперпаратиреоза (ПГПТ) в 15–25 % случаев является множественное поражение околощитовидных желёз (ОЩЖ). Сложность клинико-лабораторного прогнозирования, низкая эффективность методов визуализации, неточная оценка радикальности операции – составляющие проблемы данного варианта заболевания. Оценка качества жизни (КЖ) – важный критерий эффективности оперативного лечения. Исследование КЖ пациентов с множественным поражением ОЩЖ при ПГПТ ранее в нашей стране не проводилось.

**Цель исследования.** Оценить качество жизни пациентов с солитарным и множественным поражением околощитовидных желёз при спорадическом первичном гиперпаратиреозе до и после паратиреоидэктомии (ПТЭ).

**Методы.** В рамках проспективного наблюдательного исследования оценено КЖ 64 пациентов с ПГПТ до и после ПТЭ методом анкетирования с использованием опросника SF-36 (Short Form 36): основная группа (n = 13) – множественное поражение ОЩЖ; группа сравнения (n = 51) – солитарное. Показатели КЖ больных сравнивали с аналогичными в сопоставимой по полу и возрасту выборке населения Иркутской области.

**Результаты.** До выполнения ПТЭ КЖ больных с ПГПТ было ниже показателей жителей региона. Наибольшее снижение обоих компонентов здоровья было в основной группе. У 90 % больных КЖ после ПТЭ улучшилось, при этом в основной группе изменения установлены спустя 1 год после операции, в группе сравнения – через полгода. Транзиторные осложнения (парез гортани) и исходы заболевания (гипокальциемия, гипопаратиреоз) не мешали улучшению КЖ в обеих группах. При выявленной персистенции значимого улучшения КЖ не установлено.

**Заключение.** КЖ больных ПГПТ значительно снижено. ПТЭ улучшает качество жизни этих пациентов, и лишь персистенция заболевания не позволяет этого достичь. Поэтому хирургическая тактика, направленная на снижение частоты персистенции, позволит добиться приличного качества жизни у большинства пациентов с множественным поражением ОЩЖ при ПГПТ.

**Ключевые слова:** множественное поражение околощитовидных желёз, первичный гиперпаратиреоз, паратиреоидэктомия, качество жизни

**Для цитирования:** Ильичева Е.А., Берсенов Г.А., Рой Т.А. Качество жизни пациентов с солитарным и множественным поражением околощитовидных желёз при спорадическом первичном гиперпаратиреозе до и после хирургического лечения. *Acta biomedica scientifica*. 2023; 8(5): 225-234. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.24

Статья поступила: 30.05.2023

Статья принята: 07.11.2023

Статья опубликована: 05.12.2023

## QUALITY OF LIFE OF PATIENTS WITH SINGLE- AND MULTIGLAND PARATHYROID DISEASE IN SPORADIC PRIMARY HYPERPARATHYROIDISM BEFORE AND AFTER SURGICAL TREATMENT

Ilyicheva E.A.,  
Bersenev G.A.,  
Roy T.A.

Irkutsk Scientific Centre of Surgery  
and Traumatology  
(Bortsov Revolyutsii str. 1, Irkutsk 664003,  
Russian Federation)

Corresponding author:  
**Gleb A. Bersenev,**  
e-mail: glbersenev17@gmail.com

### ABSTRACT

**Background.** In 15–25 % of cases, the cause of primary hyperparathyroidism (PHPT) is multigland parathyroid disease. The complexity of clinical and laboratory prognosis, low efficiency of imaging methods, inaccurate assessment of the radicality of the surgery are the components of the problem of this variant of the disease. Quality of life (QOL) is an important criterion for the effectiveness of surgical treatment. A study of the QOL in patients with multigland parathyroid disease in PHPT has not been previously conducted in our country.

**The aim of the study.** To assess the quality of life of patients with single- and multigland parathyroid disease in sporadic primary hyperparathyroidism before and after parathyroidectomy (PTE).

**Methods.** As part of a prospective observational study, the quality of life of 64 patients with PHPT before and after PTE was assessed using SF-36 (Short Form 36) questionnaire: main group (n = 13) – patients with multigland parathyroid disease; comparison group (n = 51) – patients with single-gland parathyroid disease. The quality of life indicators of the patients were compared with those in a sample of the Irkutsk region population similar in gender and age.

**Results.** Before performing PTE, the quality of life of patients with PHPT was lower than that of the Irkutsk region population. The greatest decrease in both health components was registered in the main group. In 90 % of patients, the quality of life improved after PTE, while in the main group changes were established 1 year after the surgery, in the comparison group – 6 months after the surgery. Transient complications (laryngeal paresis) and disease outcomes (hypocalcemia, hypoparathyroidism) did not interfere with the improvement of quality of life in both groups. When persistence was detected, no significant improvement in QOL was established.

**Conclusion.** The quality of life of patients with PHPT is significantly reduced. PTE improves the QOL of these patients, and only persistence of the disease does not allow this to be achieved. Therefore, surgical tactics aimed at reducing the frequency of persistence will achieve a decent quality of life in the majority of patients with multigland parathyroid disease in PHPT.

**Key words:** multigland parathyroid disease, primary hyperparathyroidism, parathyroidectomy, quality of life

Received: 30.05.2023  
Accepted: 07.11.2023  
Published: 05.12.2023

**For citation:** Ilyicheva E.A., Bersenev G.A., Roy T.A. Quality of life of patients with single- and multigland parathyroid disease in sporadic primary hyperparathyroidism before and after surgical treatment. *Acta biomedica scientifica*. 2023; 8(5): 225-234. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.24

## ОБОСНОВАНИЕ

В настоящее время первичный гиперпаратиреоз (ПГПТ) занимает 3-е место в структуре эндокринологических заболеваний [1]. Данные Российского регистра пациентов с ПГПТ показывают, что его выявляемость составляет 1,3 случая на 100 тыс. населения, причём в большинстве случаев (67,1 %) при первичном обращении диагностируется симптомная форма [2].

Этиологическая основа заболевания – автономная продукция паратиреоидного гормона (ПТГ) sporadической аденомой (80–90 % случаев – солитарное поражение околощитовидных желёз (ОЩЖ)) или гиперплазией двух и более желёз (15–25 % случаев – множественное поражение ОЩЖ) [3]. Клиническая картина ПГПТ многообразна и включает в себя костные (общая мышечная слабость, утомляемость; боль в костях; деформация скелета; малотравматичные длительно заживающие переломы; формирование ложных суставов; расшатывание и выпадение зубов), висцеральные (нефролитиаз с рецидивирующими приступами почечной колики; артериальная гипертензия; нарушения ритма сердца, нарушения жирового и углеводного обменов) и неспецифические (усталость; слабость; умеренная депрессия; нейрокогнитивные расстройства; неопределённая боль в животе; запоры) проявления [4].

Единственный радикальный метод лечения – хирургический [5]. Мировым стандартом лечения солитарного поражения ОЩЖ является селективная паратиреоидэктомия (ПТЭ), которая заключается в удалении только одной поражённой железы, опираясь на данные предоперационных методов визуализации [6]. В новом проекте клинических рекомендаций по диагностике и лечению ПГПТ у взрослых пациентов говорится, что множественное поражение ОЩЖ ассоциируется со снижением эффективности всех методов визуализации и требует проведения двусторонней ревизии шеи с обнаружением всех желёз и удалением патологически изменённых желёз [7]. Отсутствие клиничко-лабораторных критериев, сниженная диагностическая эффективность ультразвукового исследования и скинтиграфии, невозможность оценить радикальность операции методом интраоперационного мониторинга интактного паратиреоидного гормона – основы проблематики лечения множественно-поражения ОЩЖ при ПГПТ [1, 3, 7].

Учитывая позднюю диагностику гиперпаратиреоза в симптомной форме с яркой клинической картиной, закономерно исследование качества жизни (КЖ) этих пациентов с оценкой динамики после хирургического лечения. В основе КЖ лежит субъективное восприятие состояния здоровья человека, которое включает совокупную характеристику физического и психологического функционирования. Оценка КЖ – важный критерий эффективности оперативного лечения. Согласно данным информационной системы eLibrary, в нашей стране изучение КЖ пациентов со sporadическим ПГПТ с множественным поражением ОЩЖ не выполнялось.

## ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценить качество жизни пациентов с солитарным и множественным поражением околощитовидных желёз при sporadическом первичном гиперпаратиреозе до и после хирургического лечения.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведено проспективное исследование сплошной когорты из 100 пациентов, которым в течение 2019–2021 гг. выполнено хирургическое лечение по поводу первичного, вторичного и третичного гиперпаратиреоза. Критерий включения: диагноз ПГПТ. Критерии исключения: диагноз вторичного или третичного гиперпаратиреоза; подозрение на наследственный характер ПГПТ; наличие абсолютных противопоказаний к оперативному лечению (острая сердечно-сосудистая патология); декомпенсация хронических заболеваний.

В исследование включены 64 пациента. Основная группа – пациенты с ПГПТ с множественным поражением ОЩЖ ( $n = 13$ ); группа сравнения – пациенты с ПГПТ с солитарным поражением ОЩЖ ( $n = 51$ ). В основной группе медиана возраста пациентов составила 60 (56–66) лет; женщин было 12 (92 %). В группе сравнения медиана возраста пациентов – 61 (56–67) год; женщин было 44 (86 %). Симптомная форма заболевания была выявлена у 11 (84,6 %) пациентов основной группы и у 46 (90,1 %) пациентов группы сравнения. Гиперкальциемический вариант отмечен у 9 (69,2 %) больных основной группы и у 40 (78,4 %) – в группе сравнения.

Удаление более одной патологически изменённой ОЩЖ или выявление персистенции после удаления хотя бы одной патологически изменённой ОЩЖ считали критериями множественного поражения ОЩЖ при ПГПТ.

Структура оперативных вмешательств, выполненных анкетированным пациентам, представлена в таблице 1. Всего выполнено 64 оперативных вмешательства на ОЩЖ, в том числе в 1 случае – в сочетании с операцией на щитовидной железе в объёме тиреоидэктомии (ТЭ).

Из таблицы 1 видно, что объём операций варьировал от селективной до субтотальной ПТЭ: в основной группе преобладала двойная (47 %), в группе сравнения – селективная (80 %) (рис. 1, 2).

На рисунке 1 представлено клиническое наблюдение множественного поражения ОЩЖ: двусторонняя ревизия шеи с субтотальной ПТЭ у пациента из основной группы.

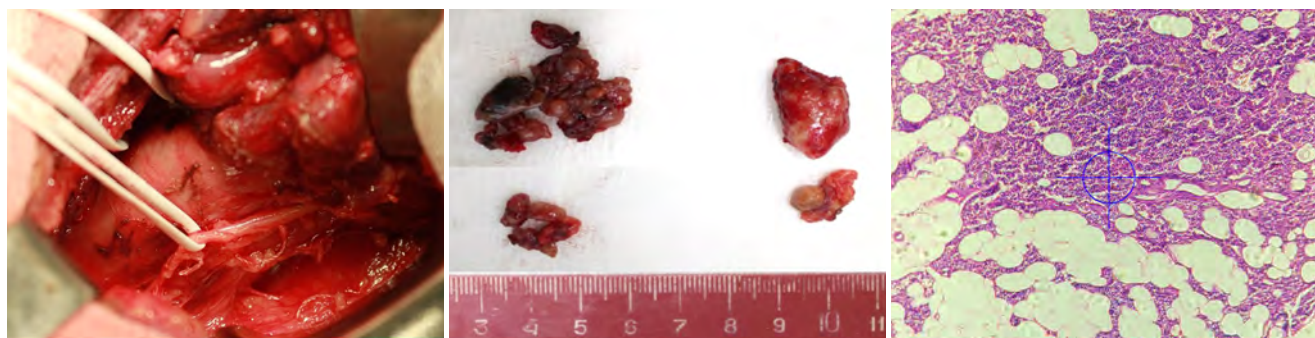
На рисунке 2 представлено клиническое наблюдение солитарного поражения ОЩЖ: односторонняя ревизия шеи и селективная ПТЭ у пациента из группы сравнения.

В послеоперационном периоде персистенция ПГПТ наблюдалась у 4 (6,25 %) пациентов в основной группе. Транзиторная гипокальциемия выявлена у 15 (23,4 %) больных (у 2 в основной группе, у 13 – в группе сравнения), а транзиторный гипопаратиреоз – у 20 (31,25 %) (у 4 в основной группе, у 15 – в группе сравнения).

**ТАБЛИЦА 1**  
**СТРУКТУРА ОПЕРАТИВНЫХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ,**  
**ВЫПОЛНЕННЫХ АНКЕТИРОВАННЫМ ПАЦИЕНТАМ,**  
**И ДАННЫЕ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ**  
**ОКОЛОЩИТОВИДНЫХ ЖЕЛЁЗ**

Объём операции		Основная группа (n = 13)	Группа сравнения (n = 51)
Односторонняя ревизия шеи	селективная ПТЭ	2 (15 %)	41 (80 %)
	двойная ПТЭ	1 (9 %)	8 (15 %)
Двусторонняя ревизия шеи	двойная ПТЭ	5 (38 %)	–
	субтотальная ПТЭ	5 (38 %)	1 (2,5 %)
	селективная ПТЭ +ТЭ	–	1 (2,5 %)
Гистологическое заключение			
Аденома ОЩЖ		–	51 (100 %)
Гиперплазия ОЩЖ		12 (92,3 %)	–
Сочетания аденомы и гиперплазии ОЩЖ		1 (7,7 %)	–

**TABLE 1**  
**STRUCTURE OF SURGICAL INTERVENTIONS**  
**PERFORMED IN THE SURVEYED PATIENTS AND RESULTS**  
**OF MORPHOLOGICAL EXAMINATION OF PARATHYROID**  
**GLANDS**



**РИС. 1.**  
Клиническое наблюдение множественного поражения около-  
щитовидных желёз: двусторонняя ревизия шеи с субтоталь-  
ной паратиреоидэктомией у пациента из основной груп-  
пы. **а** – интраоперационная фотография: этап двусторон-  
ней ревизии шеи – оба возвратных гортанных нерва взяты  
на держалки; **б** – макропрепараты; **в** – микрофотография:  
гистологическая картина всех удалённых ОЩЖ идентична  
и представлена диффузной гиперплазией

**FIG. 1.**  
Clinical case of multigland parathyroid disease: bilateral neck revi-  
sion with subtotal parathyroidectomy in a patient from the main  
group. **a** – intraoperative photograph: bilateral neck revision –  
both recurrent laryngeal nerves are taken on holders; **б** – macro-  
scopic specimens; **в** – microphotograph: histological picture of all  
removed parathyroid glands is identical and is represented by dif-  
fuse hyperplasia

нения). В нашей когорте обратимый парез гортани после операции диагностирован у 5 (7,8 %) пациентов (у 1 в основной группе, у 4 – в группе сравнения).

Оценка КЖ проведена методом анкетирования с помощью общего опросника SF-36 (Short Form 36) [8]. Расчёт показателей выполнен по 8 шкалам по методике В.М. Амирджанова и соавт. [9]. Показатели физической и психической компоненты здоровья рассчитаны в соответствии с инструкцией компании «Эвиденс» – «Клинико-фармакологические исследования» [10].

Первичное анкетирование проведено всем пациентам за 1 сутки до оперативного лечения. Вторичное анкетирование 4 пациентам проведено в срок до 6 месяцев, 16 пациентам – в срок до 1 года, 44 пациентам – спустя 1 год после операции.

Результаты стандартизированных показателей представлены в виде балльной (0–100) оценки по 8 шкалам, где наибольший показатель соответствовал более высокому КЖ: физическое функционирование (PFст., Physical Functioning); ролевая деятельность (RPст., Role-



**РИС. 2.**

Клиническое наблюдение солитарного поражения околощитовидной железы: односторонняя ревизия шеи и селективная левая нижняя паратиреоидэктомия у пациента из группы сравнения. **а** – интраоперационная фотография: **1** – аденома левой нижней ОЩЖ; **2** – левый возвратный гортанный нерв; **3** – левая доля щитовидной железы; **4** – левый сосудисто-нервный пучок шеи. **б** – макропрепарат аденомы левой нижней ОЩЖ. **в** – микрофотография аденомы левой нижней ОЩЖ: **1** – островок неизменённой ткани ОЩЖ; **2** – соединительнотканная капсула; **3** – паренхима аденомы ОЩЖ

**б**

**FIG. 2.**

Clinical case of single-gland parathyroid disease: unilateral neck revision and selective left lower parathyroidectomy in a patient from the comparison group. **а** – intraoperative photo: **1** – adenoma of the left lower parathyroid gland; **2** – left recurrent laryngeal nerve; **3** – left lobe of the parathyroid gland; **4** – left neurovascular bundle of the neck. **б** – macroscopic specimen of an adenoma of the left lower parathyroid gland. **в** – microphotograph of an adenoma of the left lower parathyroid gland: **1** – an islet of unchanged parathyroid tissue; **2** – connective tissue capsule; **3** – parenchyma of a parathyroid gland adenoma

**в**

Physical Functioning); телесная боль (ВРст., Bodily Pain); общее здоровье (ГНст., General Health); жизнеспособность (ВТст., Vitality); социальное функционирование (СФст., Social Functioning); эмоциональное состояние (РЕст., Role-Emotional); психическое здоровье (МеНст., Mental Health).

После шкалы сформированы в два показателя – физический (РНст.) и психологический (МНст.) компоненты здоровья.

Показатели КЖ больных сравнивали с аналогичными в популяции населения Иркутской области [11]. Для получения сопоставимой по полу и возрасту выборки из базы данных отобраны лица с ограничением по возрасту 50–70 лет. Для определения процентного эквивалента КЖ до и после операции в исследуемых группах проводили сравнение полученных значений показателей физического и психологического компонента здоровья с аналогичными показателями у популяции населения Иркутской области [12].

Статистический анализ данных проводили с помощью пакета программ Statistica 10.0 (StatSoft Inc., США; лицензия № AXAR402G263414FA-V). Непрерывные данные представлены в виде медианы с нижним и верхним квартилями, категориальные – в виде числа наблюдений и частоты в процентах с указанием нижней и верхней границ 95%-го доверительного интервала (95% ДИ). Определение статистической значимости различий для непрерывных данных ( $p$ ) в сравниваемых выборках проведено по критериям Манна – Уитни ( $U$ ) и Вилкоксона ( $W$ ), для категориальных данных – по критериям Пирсона ( $\chi^2$ ), точного критерия Фишера. Различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании. Работа выполнялась в соответствии с планом научно-исследовательской работы ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии» (ИНЦХТ) № 063 «Биомедицинские технологии профилактики и лечения органной недостаточности в реконструктивной и восстановительной хирургии» (сроки выполнения 2013–2021 гг.). Исследование одобрено комитетом по биоэтике ИНЦХТ (протокол № 9 от 09.11.2012).

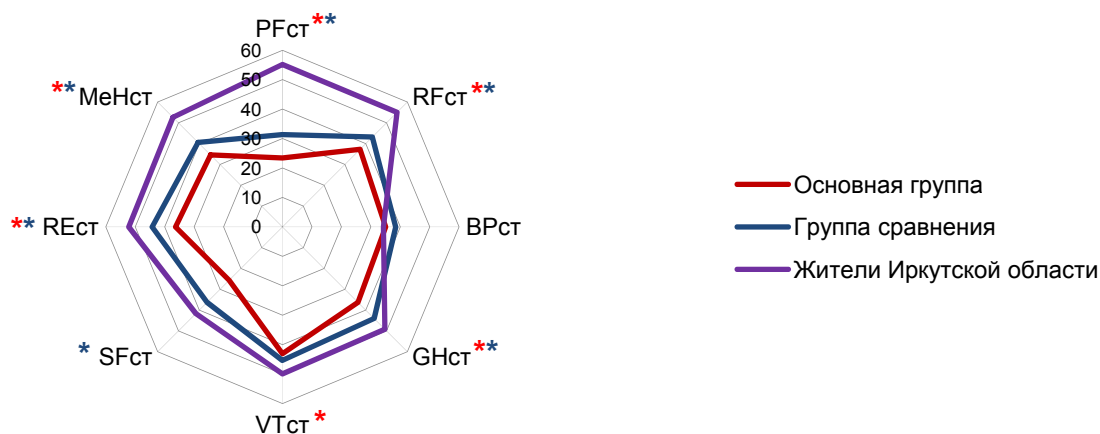
## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Показатели качества жизни пациентов до операции

На рисунке 3 представлены стандартизированные показатели КЖ пациентов основной группы и группы сравнения до хирургического лечения в сравнении с аналогичными показателями сопоставимой по полу и возрасту выборки жителей Иркутской области.

Из рисунка 3 видно, что КЖ пациентов, страдающих ПГПТ, до операции статистически значимо ниже, чем КЖ сопоставимых по полу и возрасту жителей Иркутской области по всем показателям, за исключением шкал ВРст. (интенсивность боли) и СФст. (социальное функционирование) в основной группе и ВРст. (интенсивность боли) в группе сравнения.

На рисунке 4 представлены физический и психологический компоненты здоровья пациентов основной группы и группы сравнения до хирургического лечения в сравнении с показателями сопоставимой по полу и возрасту выборки жителей Иркутской области.

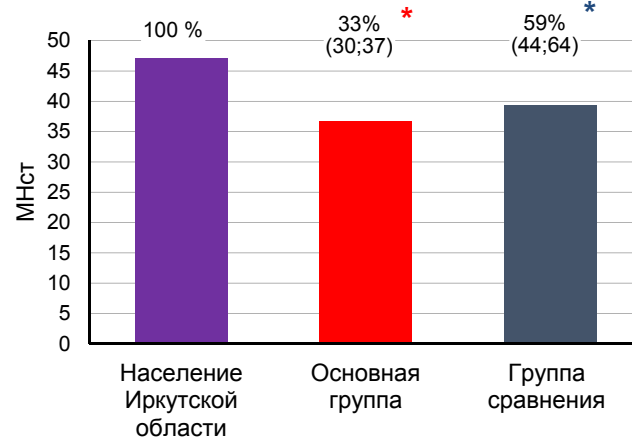
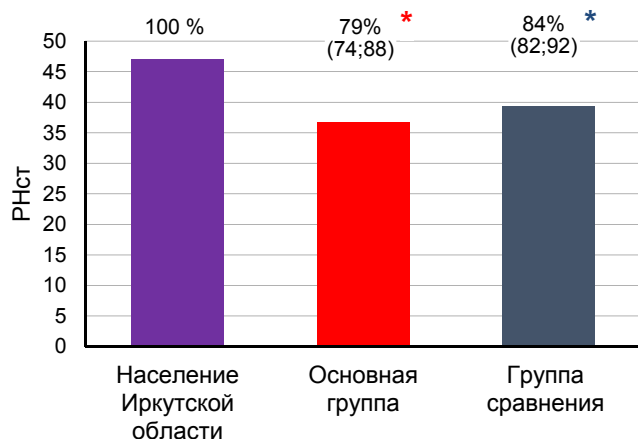


**РИС. 3.**

Стандартизированные показатели КЖ пациентов основной группы и группы сравнения до хирургического лечения в сравнении с показателями сопоставимой по полу и возрасту выборки жителей Иркутской области. Статистически значимые различия с сопоставимой по полу и возрасту выборкой жителей Иркутской области ( $p_U < 0,05$ ): \* – основной группы; \* – группы сравнения

**FIG. 3.**

Standardized indicators of quality of life of patients of the main and comparison groups before surgical treatment as compared with indicators of a sample of the Irkutsk region residents similar in gender and age. Statistically significant differences with a sample of the Irkutsk region residents similar in gender and age ( $p_U < 0.05$ ): \* – of the main group; \* – of the comparison group



**РИС. 4.**

Физический и психологический компоненты здоровья пациентов основной группы и группы сравнения до хирургического лечения в сравнении с показателями сопоставимой по полу и возрасту выборки жителей Иркутской области. Статистически значимые различия с сопоставимой по полу и возрасту выборкой жителей Иркутской области ( $p_U < 0,05$ ): \* – основной группы; \* – группы сравнения

**FIG. 4.**

Physical and psychological health components of patients of the main and comparison groups before surgical treatment as compared with indicators of a sample of the Irkutsk region residents similar in gender and age. Statistically significant differences with a sample of the Irkutsk region residents similar in gender and age ( $p_U < 0.05$ ): \* – of the main group; \* – of the comparison group

Как показано на рисунке 4, физический компонент здоровья (PHct) был статистически значимо ниже и составил от аналогичного показателя жителей региона (100 %): 79 (74; 88) % в основной группе и 84 (82; 92) % в группе сравнения ( $p_U < 0,05$ ). Психологический компонент здоровья (MHct) также был статистически значимо ниже популяционного показателя (100 %): 33 (30; 37) % в основной группе и 59 (44; 64) % в группе сравнения ( $p_U < 0,05$ ). Сравнение показателей КЖ показало, что у пациентов основной группы физический и психоло-

гический компоненты здоровья были соответственно на 6 % и 44 % ниже, чем в группе сравнения ( $p_U < 0,05$ ).

Таким образом, КЖ больных гиперпаратиреозом до хирургического лечения было статистически значимо ниже, чем в сопоставимой по полу и возрасту выборке жителей Иркутской области. Наибольшее снижение дооперационных показателей КЖ выявлено в группе пациентов с множественным поражением ОЩЖ при ПГПТ.

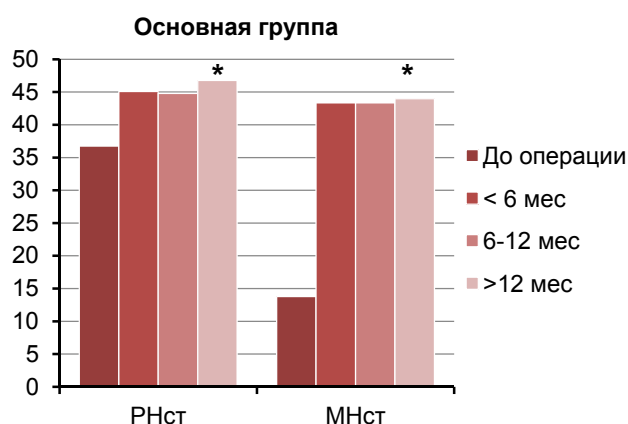
Анализ изменения КЖ после хирургического лечения показал, что улучшение установлено у 58 (90 %) ан-

кетированных пациентов, ухудшение по некоторым шкалам опросника – у 6 (10 %).

### Закономерности улучшения качества жизни пациентов после операции

На рисунке 5 представлены физический и психологический компоненты здоровья пациентов основной группы и группы сравнения на разных сроках анкетирования после оперативного лечения.

На рисунке 5 показано, что оперативное лечение ПГПТ статистически значимо улучшило физический и психологический компоненты здоровья в сравнении с дооперационными; при этом в группе сравнения улучшение определялось по прошествии полугода после операции, а в основной – спустя 1 год.

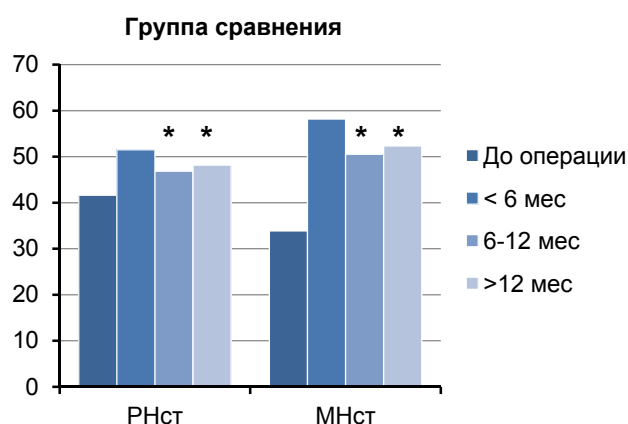


**РИС. 5.**

Физический и психологический компоненты здоровья пациентов основной группы и группы сравнения на разных сроках анкетирования после оперативного лечения. Статистически значимые различия показателей до и после операции: \* –  $p_w < 0,05$

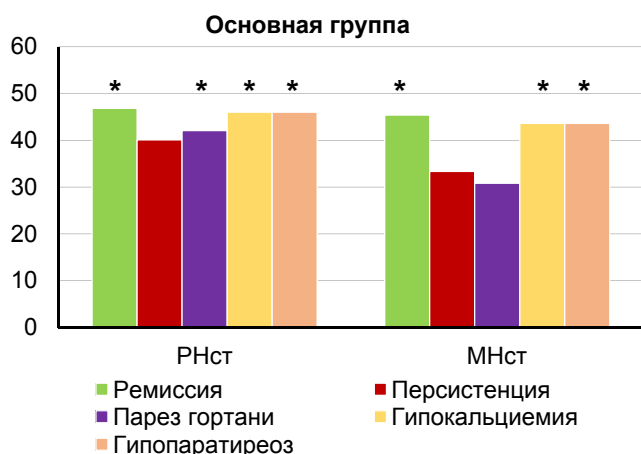
На рисунке 6 представлены физический и психологический компоненты здоровья пациентов основной группы и группы сравнения после операции в зависимости от исхода и осложнений.

Как показано на рисунке 6, несмотря на выявленные осложнения, компоненты здоровья пациентов основной группы и группы сравнения статистически значимо улучшались в случае достижения ремиссии заболевания, за исключением отсутствия улучшения психологического компонента в основной группе при выявленном парезе гортани. Персистенция заболевания – исход оперативного лечения, при котором статистически значимых различий компонентов здоровья по сравнению с дооперационными значениями не выявлено.



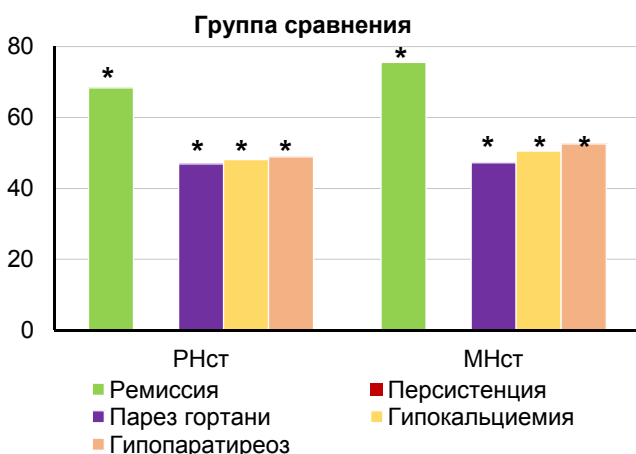
**FIG. 5.**

Physical and psychological health components of patients of the main and comparison groups at different periods of questioning after the surgery. Statistically significant differences in indicators before and after surgery: \* –  $p_w < 0.05$



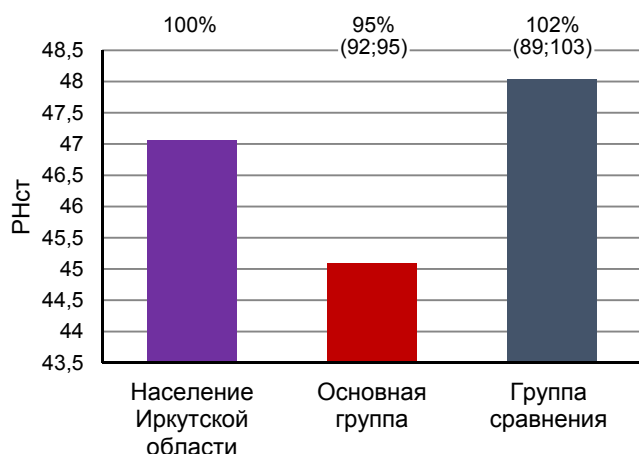
**РИС. 6.**

Физический и психологический компоненты здоровья пациентов основной группы и группы сравнения после операции в зависимости от исхода и осложнений. Статистически значимые различия показателей до и после операции: \* –  $p_w < 0,05$



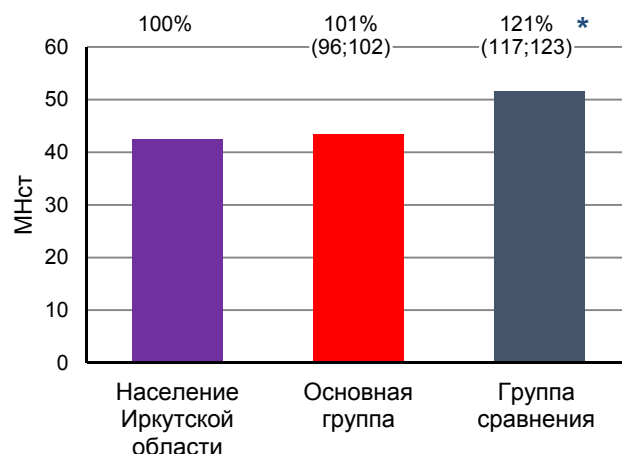
**FIG. 6.**

Physical and psychological health components of patients of the main and comparison groups after the surgery, depending on the outcome and complications. Statistically significant differences in indicators before and after surgery: \* –  $p_w < 0.05$



**РИС. 7.**

Физический и психологический компоненты здоровья пациентов основной группы и группы сравнения после операции в сравнении с показателями сопоставимой по полу и возрасту выборки жителей Иркутской области: \* – статистически значимые различия группы сравнения с сопоставимой по полу и возрасту выборкой жителей Иркутской области ( $p_U < 0,05$ )



**FIG. 7.**

Physical and psychological health components of patients of the main and comparison groups after the surgery as compared with indicators of a sample of the Irkutsk region residents similar in gender and age: \* – statistically significant differences between the comparison group and a sample of the Irkutsk region residents similar in gender and age ( $p_U < 0,05$ )

На рисунке 7 представлены физический и психологический компоненты здоровья пациентов основной группы и группы сравнения после операции в сравнении с показателями сопоставимой по полу и возрасту выборки жителей Иркутской области.

Из рисунка 7 видно, что физический компонент здоровья (РНст.) пациентов после операции составил от аналогичного показателя жителей региона (100%): 95 (92; 95) % в основной группе, 102 (89; 103) % – в группе сравнения ( $p_U > 0,95$ ). Психологический компонент здоровья (МНст.) пациентов после операции составил от популяционного показателя (100%): 101 (96; 102) % в основной группе ( $p_U > 0,95$ ), 121 (117; 123) % – в группе сравнения ( $p_U < 0,05$ ).

Таким образом, персистенция заболевания – исход, не позволяющий статистически значимо улучшить КЖ после операции при ПГПТ. Наличие транзиторных осложнений не мешает улучшению показателей КЖ после операции при достижении ремиссии заболевания.

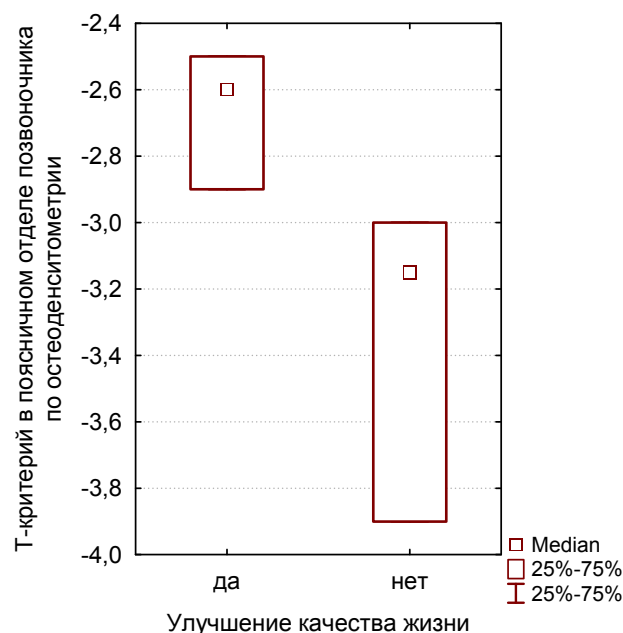
#### Закономерности ухудшения качества жизни пациентов после операции

Ухудшение КЖ по некоторым шкалам после операции установлено у 6 анкетированных пациентов: у 1 из 13 в основной группе, у 5 из 51 в группе сравнения.

Больные группы сравнения были анкетированы до полугода после операции и имели послеоперационную транзиторную гипокальциемию. У них не выявлено статистически значимой динамики показателей шкал VТст. (жизнеспособность), ВРст. (интенсивность боли) и МнСт. (психическое здоровье) ( $p_U > 0,05$ ) по сравнению с дооперационными.

Сравнительный анализ показал, что ухудшение КЖ установлено у 4 из 15 пациентов с гипокальциемией и у 2 из 49 пациентов с нормальным уровнем кальция крови ( $p_{\chi^2} < 0,05$ ). У пациентов группы сравнения с транзиторной

гипокальциемией значения Т-критерия в поясничных позвонках по остеоденситометрии составили: –2,5 (–2,9; –2,5) – при улучшении КЖ, –3,15 (–3,0; –3,9) – при ухудшении КЖ ( $p < 0,05$ ; критерий Манна – Уитни) (рис. 8).



**РИС. 8.**

Зависимость улучшения/ухудшения качества жизни от значения Т-критерия в поясничном отделе позвоночника по данным остеоденситометрии у пациентов группы сравнения с транзиторной гипокальциемией

**FIG. 8.**

Dependence of improvement/deterioration of the quality of life on the T-score in the lumbar spine based on osteodensitometry results in patients of the comparison group with transient hypocalcemia

Двое больных с ухудшением КЖ анкетированы в сроке больше года после операции: 1 пациент в основной группе, 1 – в группе сравнения.

У пациентки основной группы через 5 месяцев после перенесённой односторонней ревизии шеи, левой верхней ПТЭ диагностирована персистенция заболевания, причиной которой явились множественное поражение ОЩЖ и ложноположительная проба интраоперационного мониторинга интактного ПТГ. Вследствие функционирования клиники в качестве ковидного госпиталя повторная операция выполнена лишь спустя 2 года после первичной в объёме двусторонней ревизии шеи, двойной нижней билатеральной ПТЭ с достижением ремиссии заболевания.

В группе сравнения ухудшение КЖ отмечено у 1 пациента, у которого операция на ОЩЖ сочеталась с тиреоидэктомией. Последняя выполнена по поводу диффузного токсического зоба, осложнённого тиреотоксическим сердцем с пароксизмальной формой фибрилляции предсердий без послеоперационных осложнений.

## ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящем проспективном исследовании с использованием общего опросника SF-36 оценено качество жизни ограниченной выборки пациентов с ПГПТ до операции в сравнении с популяционными показателями жителей региона и на разных сроках после операции. В выборке присутствовали больные с солитарной аденомой и с множественным поражением ОЩЖ при спорадическом ПГПТ.

Полученные данные показали снижение как общего физического, так и психологического компонентов здоровья пациентов с ПГПТ до операции в сравнении с аналогичными показателями сопоставимых по полу и возрасту жителей региона. Впервые обнаружено, что наибольшее снижение показателей качества жизни наблюдалось у пациентов с множественным поражением ОЩЖ в сравнении с солитарным.

Данные литературы показывают, что хирургическое лечение улучшает качество жизни пациентов с ПГПТ независимо от объёма оперативного вмешательства [13–16]. Ранее сообщалось, что у больных ПГПТ улучшение показателей качества жизни происходит через 3 и 12 месяцев после ПТЭ [17].

В нашей работе обнаружено, что качество жизни больных ПГПТ улучшалось в срок до 1 года после операции при солитарном поражении ОЩЖ и спустя 1 год при множественном поражении. Персистенция заболевания – исход оперативного лечения, при котором наблюдалось статистически не значимое улучшение физического и психического компонентов здоровья по сравнению с дооперационными значениями. Транзиторные осложнения не мешали улучшению показателей качества жизни при достижении ремиссии гиперпаратиреоза.

Ухудшение качества жизни после операции обнаружено у 10% пациентов. У пациентов в срок до 6 месяцев после оперативного лечения солитарного поражения

ОЩЖ при ПГПТ ухудшение показателей качества жизни было связано с послеоперационной гипокальциемией, обусловленной тяжёлым остеопорозом и синдромом «голодных» костей.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

КЖ больных ПГПТ значительно снижено с наихудшими показателями при множественном поражении ОЩЖ. Хирургическое лечение, несмотря на транзиторные осложнения, не мешает улучшению показателей качества жизни при условии достижения ремиссии заболевания. Лишь персистенция заболевания не позволяет статистически значимо улучшить качество жизни. Поэтому хирургическая тактика, направленная на снижение частоты персистенции, позволит добиться приличного качества жизни у большинства пациентов с множественным поражением ОЩЖ при ПГПТ.

### Источник финансирования

Исследование и публикация статьи осуществляется в соответствии с планом научно-исследовательской работы (НИР) ИНЦХТ № 063 «Биомедицинские технологии профилактики и лечения органной недостаточности в реконструктивной и восстановительной хирургии» (сроки выполнения 2013–2021 гг.), а также НИР «Персонализированный подход к профилактике и коррекции полиорганной дисфункции в лечении хирургических заболеваний» (сроки выполнения 2022–2026 гг.).

### Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Мокрышева Н.Г., Еремкина А.К., Мирная С.С., Крупнинова Ю.А., Воронкова И.А., Ким И.В., и др. Клинические рекомендации по первичному гиперпаратиреозу, краткая версия. *Проблемы эндокринологии*. 2021; 67(4): 94–124. [Mokrysheva NG, Eremkina AK, Mirnaya SS, Krupinova JA, Voronkova IA, Kim IV, et al. The clinical practice guidelines for primary hyperparathyroidism, short version. *Problems of Endocrinology*. 2021; 67(4): 94–124. (In Russ.)]. doi: 10.14341/probl12801
2. Мокрышева Н.Г., Мирная С.С., Добрева Е.А., Маганева И.С., Ковалева Е.В., Крупинова Ю.А., и др. Первичный гиперпаратиреоз в России по данным регистра. *Проблемы эндокринологии*. 2019; 65(5): 300–310. [Mokrysheva NG, Mirnaya SS, Dobрева EA, Maganeva IS, Kovaleva EV, Krupinova JA, et al. Primary hyperparathyroidism in Russia according to the registry. *Problems of Endocrinology*. 2019; 65(5): 300–310. (In Russ.)]. doi: 10.14341/probl10126
3. Walker MD, Silverberg SJ. Primary hyperparathyroidism. *Nat Rev Endocrinol*. 2018; 14: 115–125. doi: 10.1038/nrendo.2017.104
4. Дедов И.И., Кузнецова Н.С., Мельниченко Г.А. *Эндокринная хирургия*. М.: Литтерра; 2014. [Dedov II, Kuznetsova NS, Melnichenko GA. *Endocrine surgery*. Moscow: Litterra; 2014. (In Russ.)].

5. Дедов И.И., Мельниченко Г.А., Мокрышева Н.Г., Рожинская Л.Я., Кузнецов Н.С., Пигарова Е.А., и др. Первичный гиперпаратиреоз: клиника, диагностика, дифференциальная диагностика, методы лечения. *Проблемы эндокринологии*. 2016; 6(62): 40-77. [Dedov II, Melnichenko GA, Mokrysheva NG, Rozhinskaya LY, Kusnezov NS, Pigarova EA, et al. Primary hyperparathyroidism: The clinical picture, diagnostics, differential diagnostics, and methods of treatment. *Problems of Endocrinology*. 2016; 62(6): 40-77. (In Russ.)]. doi: 10.14341/probl20166240-77

6. Udelsman R, Åkerström G, Biagini C, Duh QY, Miccoli P, Niederle B, et al. The surgical management of asymptomatic primary hyperparathyroidism: Proceedings of the Fourth International Workshop. *J Clin Endocrinol Metab*. 2014; 99(10): 3595-3606. doi: 10.1210/jc.2014-2000

7. Дедов И.И., Мельниченко Г.А., Мокрышева Н.Г., Андреева Е.Н., Анциферов М.Б., Бельцевич Д.Г., и др. Проект клинических рекомендаций по диагностике и лечению первичного гиперпаратиреоза у взрослых пациентов. *Эндокринная хирургия*. 2022; 16(4): 5-54. [Dedov II, Melnichenko GA, Mokrysheva NG, Andreeva EN, Antsiferov MB, Beltshevich DG, et al. Draft of clinical guidelines for the diagnosis and treatment of primary hyperparathyroidism in adult patients. *Endocrine Surgery*. 2022; 16(4): 5-54. (In Russ.)]. doi: 10.14341/serg12790

8. Ware JE, Snow KK, Kosinski M, Gandek B. *SF-36 Health Survey. Manual and interpretation guide*. Lincoln, RI: Quality Metric Incorporated; 2000.

9. Амирджанова В.Н., Горячев Д.В., Коршунов Н.И., Ребров А.П., Сороцкая В.Н. Популяционные показатели качества жизни по опроснику SF-36 (результаты многоцентрового исследования качества жизни «МИРАЖ»). *Научно-практическая ревматология*. 2008; 1: 36-48. [Amirdjanova VN, Goryachev DV, Korshunov NI, Rebrov AP, Sorotskaya VN. SF-36 questionnaire population quality of life indices "MIRAZH". *Rheumatology Science and Practice*. 2008; 46(1): 36-48. (In Russ.)]. doi: 10.14412/1995-4484-2008-852

10. Инструкция по обработке данных, полученных с помощью опросника SF-36. 2010. [Instruction for processing data obtained using the SF-36 questionnaire. 2010]. URL: <https://therapy.irkutsk.ru/doc/sf36.pdf> [дата доступа: 20.03.2023]

11. Ильичёва Е.А., Рой Т.А., Михлина И.А. Показатели анкетирования взрослых лиц, проживающих на территории

г. Иркутска и Иркутской области по стандартному опроснику SF-36: Свидетельство государственной регистрации базы данных № 2015620339; 20.02.2015. [Ilyicheva EA, Roy TA, Mikhлина IA. Indicators of questioning of adults living in Irkutsk and the Irkutsk region using the standard questionnaire SF-36: Certificate of state registration of the database No. 2015620339. 2015. (In Russ.)].

12. Новик А.А., Ионова Т.И. *Руководство по исследованию качества жизни в медицине*; 4-е изд., перераб. и доп. М.: Издательство Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова; 2021. [Novik AA, Ionova TI. *Guidelines for quality of life research in medicine*; 4th edition, revised and enlarged. Moscow: Publishing House of the National Medical and Surgical Center named after N.I. Pirogov; 2021. (In Russ.)].

13. Brito K, Edirimanne S, Eslick GD. The extent of improvement of health-related quality of life as assessed by the SF36 and Pa-seika scales after parathyroidectomy in patients with primary hyperparathyroidism – A systematic review and meta-analysis. *Int J Surg*. 2015; 13: 245-249. doi: 10.1016/j.ijsu.2014.12.004

14. Ryhänen EM, Heiskanen I, Sintonen H, Välimäki MJ, Roine RP, Schalin-Jäntti C. Health-related quality of life is impaired in primary hyperparathyroidism and significantly improves after surgery: a prospective study using the 15D instrument. *Endocr Connect*. 2015; 4(3): 179-186. doi: 10.1530/EC-15-0053

15. Ejlsmark-Svensson H, Sikjaer T, Webb SM, Rejnmark L, Rolighed L. Health-related quality of life improves 1 year after parathyroidectomy in primary hyperparathyroidism: A prospective cohort study. *Clin Endocrinol (Oxf)*. 2019; 90(1): 184-191. doi: 10.1111/cen.13865

16. Pretorius M, Lundstam K, Hellström M, Fagerland MW, Godang K, Mollerup C, et al. Effects of parathyroidectomy on quality of life: 10 years of data from a prospective randomized controlled trial on primary hyperparathyroidism (the SIPH-Study). *J Bone Miner Res*. 2021; 36(1): 3-11. doi: 10.1002/jbmr.4199

17. Никитина Т.П., Гладкова И.Н., Русаков В.Ф., Черников Р.А., Карелина Ю.В., Ефремов С.М., и др. Качество жизни пациентов с первичным гиперпаратиреозом после хирургического лечения. *Проблемы эндокринологии*. 2022; 68(1): 27-39. [Nikitina TP, Gladkova IN, Rusakov VF, Chernikov RA, Karelina YuV, Efremov SM, et al. Quality of life in patients with primary hyperparathyroidism after surgery. *Problems of Endocrinology*. 2022; 68(1): 27-39. (In Russ.)]. doi: 10.14341/probl12825

#### Сведения об авторах

**Ильичева Елена Алексеевна** – доктор медицинских наук, профессор, заведующая научным отделом клинической хирургии, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: [lina\\_isi@mail.ru](mailto:lina_isi@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-2081-8665>

**Берсенева Глеб Александрович** – аспирант научного отдела клинической хирургии, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: [glbersenev17@gmail.com](mailto:glbersenev17@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-6887-8325>

**Рой Татьяна Аркадьевна** – младший научный сотрудник научного отдела клинической хирургии, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: [t\\_roy@mail.ru](mailto:t_roy@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-3273-774X>

#### Information about the authors

**Elena A. Ilyicheva** – Dr. Sc. (Med.), Professor, Head of the Research Department of Clinical Surgery, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: [lina\\_isi@mail.ru](mailto:lina_isi@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-2081-8665>

**Gleb A. Bersenev** – Postgraduate at the Research Department of Clinical Surgery, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: [glbersenev17@gmail.com](mailto:glbersenev17@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-6887-8325>

**Tatiana A. Roy** – Junior Research Officer at the Research Department of Clinical Surgery, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: [t\\_roy@mail.ru](mailto:t_roy@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-3273-774X>

Статья опубликована в рамках Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 25-летию Иркутского научного центра хирургии и травматологии.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ EXPERIMENTAL RESEARCHES

### ВОССТАНОВЛЕНИЕ РЕНТГЕНОВСКОЙ ПЛОТНОСТИ КОСТИ ПРИ ЗАМЕЩЕНИИ ДЕФЕКТОВ КОРТИКАЛЬНОЙ ПЛАСТИНЫ ТКАНЕИНЖЕНЕРНОЙ КОНСТРУКЦИЕЙ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Анастасиева Е.А.,  
Черданцева Л.А.,  
Медведчиков А.Е.,  
Лукинов В.Л.,  
Кирилова И.А.

ФГБУ «Новосибирский  
научно-исследовательский институт  
травматологии и ортопедии  
им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России  
(630091, г. Новосибирск, ул. Фрунзе, 17,  
Россия)

Автор для переписки:  
Кирилова Ирина Анатольевна,  
e-mail: IKirilova@niito.ru

#### РЕЗЮМЕ

За последнее десятилетие в общемировой практике для оценки состояния губчатой и кортикальной кости значительно возросла частота применения мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) с высоким разрешением, позволяющим оценивать рентгеновскую плотность кости в различные сроки после замещения дефектов кортикальной пластины остеопластическими материалами.

**Цель исследования.** Изучить восстановление плотности кортикальной кости в области остеопластики тканеинженерной конструкцией в эксперименте.

**Материалы и методы.** В эксперименте *in vivo* на кроликах линии New Zealand White (NZW) в диафизарной части бедренной кости сформированы перфорационные дефекты кортикальной пластины. Сформированы три группы исследования: 1-я группа – без заполнения дефекта; 2-я группа – с заполнением дефекта депротенизированной губчатой костью; 3-я группа – с заполнением тканеинженерной конструкцией на основе депротенизированной губчатой кости с стромально-васкулярной фракцией жировой ткани. Сроки наблюдения составили 2, 4 и 6 недель после операции. Плотность кортикальной пластины измеряли в единицах Хаунсфилда (НУ). В качестве костно-замещающего материала для заполнения костных дефектов использовали фрагменты депротенизированной губчатой кости человека изолированно и в сочетании со стромально-васкулярной фракцией жировой ткани кролика линии NZW.

**Результаты.** Плотность кортикальной пластины в области дефекта в 3-й группе к 6-й неделе в среднем в 1,3 раза ниже аналогичного показателя интактной кортикальной пластины и при этом соответствует D1 по классификации Misch. Плотность кортикальной пластины в области дефекта со стороны костномозгового канала к 6-й неделе в 3-й группе соответствует D1 по Misch и составляет  $1351,25 \pm 221,18$  НУ (1052; 1805), что в 1,5 раза выше, чем во 2-й группе (D2 по Misch;  $p < 0,05$ ). Полученные результаты свидетельствуют о более раннем восстановлении рентгеновской плотности костной ткани при использовании тканеинженерной конструкции (3-я группа) по сравнению с показателями 1-й и 2-й групп.

**Ключевые слова:** рентгеновская плотность, тканеинженерная конструкция, МСКТ, стромально-васкулярная фракция жировой ткани, костный дефект, депротенизированная губчатая кость

**Для цитирования:** Анастасиева Е.А., Черданцева Л.А., Медведчиков А.Е., Лукинов В.Л., Кирилова И.А. Восстановление рентгеновской плотности кости при замещении дефектов кортикальной пластины тканеинженерной конструкцией в эксперименте. *Acta biomedica scientifica*. 2023; 8(5): 235-243. doi:10.29413/ABS.2023-8.5.25

Статья поступила: 11.09.2023

Статья принята: 05.10.2023

Статья опубликована: 05.12.2023

## RESTORATION OF X-RAY BONE DENSITY WHEN REPLACING CORTICAL PLATE DEFECTS WITH A TISSUE-ENGINEERED CONSTRUCT IN THE EXPERIMENT

Anastasieva E.A.,  
Cherdantseva L.A.,  
Medvedchikov A.E.,  
Lukinov V.L.,  
Kirilova I.A.

Novosibirsk Research Institute  
of Traumatology and Orthopedics  
n. a. Ya.L. Tsivyan (Frunze str. 17,  
Novosibirsk 630091, Russian Federation)

Corresponding author:  
Irina A. Kirilova,  
e-mail: IKirilova@niito.ru

### ABSTRACT

Over the past decade, in global practice, the frequency of using high-resolution multi-layer spiral computed tomography (MSCT) for assessing the state of cancellous and cortical bone tissue has significantly increased. Using high-resolution MSCT makes it possible to assess X-ray bone density at various times after replacement of cortical plate defects with osteoplastic materials.

**The aim of the research.** To study the restoration of cortical bone density in the area of osteoplasty using tissue-engineered construct in the experiment.

**Materials and methods.** In an in vivo experiment on New Zealand White (NZW) rabbits, perforation defects of cortical bone were formed in the femoral diaphysis. Three study groups were set up: group 1 – without bone defect replacement; group 2 – with bone defect replacement with deproteinized cancellous bone; group 3 – with bone defect replacement with tissue-engineered construct based on deproteinized cancellous bone with stromal vascular fraction of adipose tissue. Follow-up periods were 2, 4 and 6 weeks after the surgery. The X-ray density of cortical bone tissue was measured in Hounsfield units (HU). Fragments of deproteinized human cancellous bone were used alone and in combination with the stromal vascular fraction of NZW rabbit adipose tissue as a bone-replacing material for bone defect replacement.

**Results.** Cortical plate density in the area of the defect in the group 3 by the week 6 is on average 1.3 times lower than that of the intact cortical plate and corresponds to D1 according to Misch classification. Cortical plate density in the area of the defect on the side of medullary canal by the week 6 in the group 3 corresponds to D1 according to Misch classification and is equal to  $1351.25 \pm 221.18$  HU (1052; 1805), which is 1.5 times higher than in group 2 (D2 according to Misch classification;  $p < 0.05$ ). The obtained results indicate an earlier restoration of X-ray bone density when using a tissue-engineered construct (group 3) compared to the same indicators in groups 1 and 2.

**Key words:** X-ray density, tissue-engineered construct, MSCT, stromal vascular fraction of adipose tissue, bone defect, deproteinized cancellous bone

Received: 11.09.2023  
Accepted: 05.10.2023  
Published: 05.12.2023

**For citation:** Anastasieva E.A., Cherdantseva L.A., Medvedchikov A.E., Lukinov V.L., Kirilova I.A. Restoration of X-ray bone density when replacing cortical plate defects with a tissue-engineered construct in the experiment. *Acta biomedica scientifica*. 2023;8(5): 235-243. doi: 10.29413/ABS.2023-8.5.25

## ВВЕДЕНИЕ

При замещении дефектов костной ткани, в случае ограничений по использованию аутотрансплантата практические специалисты (травматологи-ортопеды, челюстно-лицевые хирурги и другие) отдают предпочтение материалам на основе аллогенной и ксеногенной кости ввиду их доступности и характерных свойств [1, 2]. В этой связи разработка новых материалов и тканеинженерных конструкций (ТИК) для восстановления костной ткани является перспективным направлением [2–4]. Для оценки изменения рентгеновской плотности костной ткани при использовании ТИК на основе аллогенной костной ткани основным является морфологический метод исследования. Однако он имеет ограничения в отношении «витальной» макро- и микроскопической оценки костной ткани [1].

За последнее десятилетие в общемировой практике для оценки состояния губчатой и кортикальной костной ткани значительно возросла частота применения МСКТ с высоким разрешением [1, 5, 6]. Метод мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) совместно со специализированным программным обеспечением позволяет не только провести количественную оценку плотности кости, но и получить пространственное изображение с возможностью 3D-моделирования [1]. Возможность визуализации изменения рентгеновской плотности костной ткани и оценки состояния кости и окружающих мягких тканей позволяет осуществить «витальную» оценку костной ткани. В связи с этим актуальным является изучение данных параметров в различные сроки после замещения костных дефектов за счёт получения необходимого числа градаций контрастности тканей [7–9].

## ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучить восстановление плотности кортикальной кости в области остеопластики тканеинженерной конструкцией в эксперименте.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа выполнена на 24 половозрелых кроликах-самцах линии New Zeland White (NZW) весом 2500–2800 г. Животные имели ветеринарный сертификат качества по состоянию здоровья, содержались в идентичных стандартных условиях питьевого режима и кормления (ГОСТ Р ISO 10993-2-2009). В качестве костно-замещающего материала для заполнения костных дефектов использовали фрагменты депротеинизированной губчатой кости человека изолированно и в сочетании со стромально-васкулярной фракцией жировой ткани кролика линии NZW.

Согласно действующим стандартам, в стерильных условиях под общей комбинированной анестезией в диафизарной части бедренной кости обеих задних лап каждого животного стерильным хирургическим инстру-

ментарием формировали по 3 перфорационных дефекта кортикальной пластины. Сформированы три группы исследования:

- 1-я группа – перфорационный дефект кортикальной пластины в участках диафиза бедренной кости без замещения;
- 2-я группа – перфорационный дефект кортикальной пластины в участках диафиза бедренной кости с заполнением фрагментами депротеинизированной губчатой кости (ДПГК);
- 3-я группа – перфорационный дефект кортикальной пластины в участках диафиза бедренной кости с заполнением тканеинженерной конструкцией на основе депротеинизированной губчатой кости со стромально-васкулярной фракцией (СВФ) жировой ткани (Патент US10512659B2).

Животных выводили из эксперимента способом передозировки эфирного наркоза через 2, 4 и 6 недель после операции.

Оценку рентгеновской плотности компактной кости в области остеопластики во все сроки наблюдения проводили методом МСКТ на томографе Aquilion Prime 2018 (Toshiba, Canon Medical Systems, Япония). Обработку сагиттальных срезов области костного регенерата осуществляли в режиме мультипланарной реконструкции (MPR, multiplanar reconstruction); параметры срезов – 120 кВ, 50 мА, фильтр Bone, толщина среза 0,5 мм. При проведении МСКТ-исследования дистального отдела большеберцовой кости кроликов оценивали плотность кости со стороны костномозгового канала и надкостницы, а также плотность интактной кортикальной пластины. Плотность кортикальной пластины измеряли в единицах Хаунсфилда (HU, Hounsfield unit). Используя пакет программ K-Pacs v. 1.6.0 для работы с DICOM, инструмент ROI (Region of Interest), проводили измерение плотности кортикальной пластины путём статистической оценки усреднённых показателей для каждой группы исследования в трёх областях: 1-я соответствовала области костного дефекта со стороны надкостницы; 2-я – области со стороны костномозгового канала; 3-я – области интактной кортикальной пластины. В соответствии со значениями HU костную ткань классифицировали по Misch [10].

Описательные статистики непрерывных показателей дефекта рассчитывались в виде медианы [первый квартиль; третий квартиль] (M [Q1; Q3]), среднее  $\pm$  стандартное отклонение (СРЕД  $\pm$  СО), минимальное и максимальное значение (мин–макс). Для сравнения показателей областей дефекта с зоной интактной кортикальной пластинки использовали непараметрический критерий Вилкоксона; статистически значимыми считались различия при  $p < 0,05$ . Статистические расчёты проводились в IDE RStudio (версия 2022.07.2, build 576; RStudio PBC, США) на языке R (версия 4.1.3, <https://www.R-project.org>; Австрия).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

В 1-й группе исследования через 2 недели после операции выявлены костные дефекты с признаками слабо

выраженного заполнения костной тканью, соответствующие типу D4 по классификации Misch (табл. 1).

При этом среднее значение рентгеновской плотности кости в области костного дефекта со стороны костномозгового канала составило  $27 \pm 6,32$  HU (14; 40), а со стороны надкостницы –  $202,92 \pm 65,35$  HU (66; 296). В зоне интактной костной пластинки рентгеновская плотность кости составила  $1880,88 \pm 475,65$  HU (1258; 3200) и была большей в сравнении с другими показателями областей измерения ( $p < 0,001$ ).

Через 4 недели после операции выявили соответствие рентгеновской плотности костной ткани показателям D3 по Misch в зоне дефекта со стороны надкостницы и показателям D4 со стороны костномозгового канала. При этом показатель средних значений рентгеновской плотности со стороны костномозгового канала ( $15,18 \pm 17,21$  HU (–12; 47)) не отличался от величины, отмеченной на предыдущем сроке исследования. Для области дефекта со стороны надкостницы показатель рентгеновской плотности составил  $824,92 \pm 252,64$  HU (349; 1242), что 4,1 раза больше, чем через 2 недели.

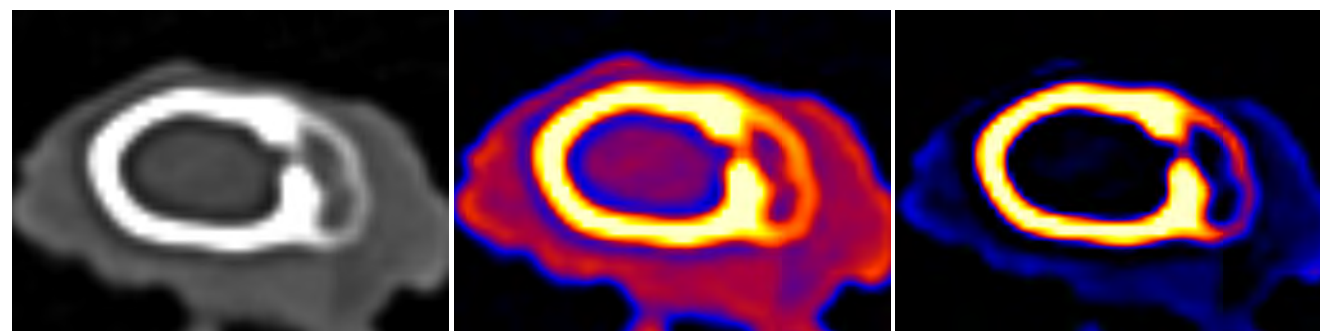
Через 6 недель плотность кости соответствовала D2 в области костного дефекта со стороны надкостницы, D4 – со стороны костномозгового канала. При увеличении

**ТАБЛИЦА 1**  
**ПОКАЗАТЕЛИ КОСТНОЙ ПЛОТНОСТИ ПО ДАННЫМ МСКТ В 1-Й ГРУППЕ ИССЛЕДОВАНИЯ (КОСТНЫЙ ДЕФЕКТ БЕЗ ЗАМЕЩЕНИЯ)**

Наименование показателя	Сроки наблюдения		
	2 недели М [Q1; Q3] СРЕД $\pm$ СО (мин–макс)	4 недели М [Q1; Q3] СРЕД $\pm$ СО (мин–макс)	6 недель М [Q1; Q3] СРЕД $\pm$ СО (мин–макс)
Области (точки измерения)			
со стороны костномозгового канала (область 1), HU	26,5 [24,75; 29,25] $27 \pm 6,32$ (14–40)	14 [2,97; 27] $15,18 \pm 17,21$ (–12–47)	29 [–46,25; 81,25] $30,5 \pm 78,01$ (–84–197)
со стороны надкостницы (область 2), HU	225 [155; 253,25] $202,92 \pm 65,35$ (66–296)	907 [628; 983] $824,92 \pm 252,64$ (349–1242)	1302,5 [696; 1459] $1103,25 \pm 440,15$ (421–1678)
Интактная кортикальная пластинка (область 3), HU	1792 [1417,5; 2083] $1850,88 \pm 475,65$ (1258–3200)	2182,5 [2073,5; 2444] $2220,33 \pm 311,95$ (1508–2850)	2184,5 [2069; 2252] $2178,67 \pm 268,51$ (1726–2791)
По Misch (обл. 1 / обл. 2 / обл. 3)	4 / 4 / 1	4 / 3 / 1	4 / 2 / 1
Сравнение точек измерения (p)			
область 1 – область 2	$p < 0,001^*$	$p < 0,001^*$	$p < 0,001^*$
область 1 – область 3	$p < 0,001^*$	$p < 0,001^*$	$p < 0,001^*$
область 2 – область 3	$p < 0,001^*$	$p < 0,001^*$	$p < 0,001^*$

Примечание. \* – статистически значимые различия ( $p < 0,05$ ).

**TABLE 1**  
**BONE DENSITY ACCORDING TO MULTI-LAYER SPIRAL COMPUTED TOMOGRAPHY IN GROUP 1 (WITHOUT BONE DEFECT REPLACEMENT)**



**РИС. 1.**  
Данные МСКТ на 6-й неделе в 1-й группе без замещения костного дефекта (обработка в программе K-Pacs v. 1.6.0, ув.  $\times 10$ )

**FIG. 1.**  
Multi-layer spiral computed tomography at week 6 in group 1 without bone defect replacement (processed by K-Pacs program v. 1.6.0, magnification  $\times 10$ )

нии сроков наблюдения отмечали увеличение в 1,3 раза показателя рентгеновской плотности кости в области с дефекта со стороны надкостницы и незначительное увеличение со стороны костномозгового канала (рис. 1). Плотность интактной костной пластинки составила  $2178,67 \pm 268,51$  HU (1726; 2791) и имела отличия по отношению к остальным областям измерения ( $p < 0,001$ ). Динамика показателей рентгеновской плотности кости в исследуемых участках костного дефекта в 1-й группе, демонстрирует постепенное увеличение и приближение к показателям плотности интактной кости.

Во 2-й группе исследования через 2 недели после операции рентгеновская плотность кости как со стороны надкостницы, так и со стороны костно-мозгового канала соответствовала D3 (табл. 2).

Через 4 недели отмечали увеличение показателей плотности кости во всех областях измерения. Через 6 недель рентгеновская плотность в участках заполнения дефекта со стороны костномозгового канала соответствовала типу D3–D2 и увеличилась в 1,6 раза с 4-й по 6-ю неделю (табл. 2; рис. 2). Для области замещения дефекта со стороны надкостницы отмечали незначительное

**ТАБЛИЦА 2**  
**ПОКАЗАТЕЛИ КОСТНОЙ ПЛОТНОСТИ ПО ДАННЫМ МСКТ ВО 2-Й ГРУППЕ ИССЛЕДОВАНИЯ (КОСТНЫЙ ДЕФЕКТ С ЗАМЕЩЕНИЕМ ДЕПРОТЕИНИЗИРОВАННОЙ ГУБЧАТОЙ КОСТЬЮ)**

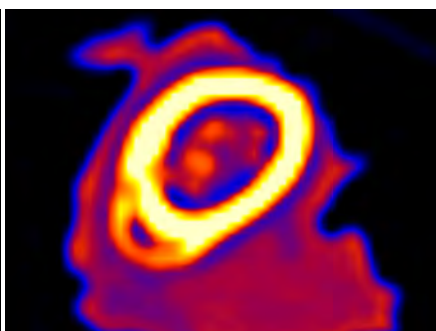
**TABLE 2**  
**BONE DENSITY ACCORDING TO MULTI-LAYER SPIRAL COMPUTED TOMOGRAPHY IN GROUP 2 (BONE DEFECT REPLACEMENT WITH DEPROTEINIZED CANCELLOUS BONE)**

Наименование показателя	Сроки наблюдения		
	2 недели (n = 8) М [Q1; Q3] СРЕД ± СО (мин–макс)	4 недели (n = 8) М [Q1; Q3] СРЕД ± СО (мин–макс)	6 недель (n = 8) М [Q1; Q3] СРЕД ± СО (мин–макс)
Области (точки измерения)			
со стороны костномозгового канала (область 1), HU	580,5 [492; 639,25] 575,25 ± 130,04 (383–759)	519,5 [352,5; 660] 529 ± 244,42 (195–958)	777 [683,5; 1032,5] 874,38 ± 283,51 (575–1336)
со стороны надкостницы (область 2), HU	406,5 [37,25; 601] 322,38 ± 370,1 (–188–727)	1399 [1368; 1409,75] 1388,75 ± 32,73 (1329–1430)	1490,5 [1351,75; 1609,5] 1426,25 ± 326,81 (742–1774)
Интактная кортикальная пластинка (область 3), HU	1749,5 [1678; 1870,25] 1826,25 ± 255,89 (1558–2344)	2143,5 [2094; 2339,75] 2183,5 ± 226,68 (1770–2462)	2269 [2078; 2672,5] 2329,12 ± 414,44 (1659–2852)
По Misch (обл. 1 / обл. 2 / обл. 3)	3 / 3 / 1	3 / 2 / 1	2 / 1 / 1
Сравнение точек измерения (p)			
область 1 – область 2	p = 0,195	p = 0,008*	p = 0,008*
область 1 – область 3	p = 0,012*	p = 0,008*	p = 0,008*
область 2 – область 3	p = 0,012*	p = 0,008*	p = 0,008*

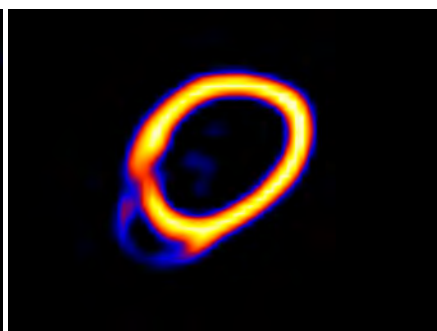
Примечание. \* – статистически значимые различия ( $p < 0,05$ )



**РИС. 2.**  
Данные МСКТ на 6-й неделе во 2-й группе с замещением костного дефекта депротенизированной губчатой костью (обработка в программе K-Pacs v. 1.6.0, ув. ×10)



**FIG. 2.**  
Multi-layer spiral computed tomography at week 6 in group 2 with bone defect replacement with deproteinized cancellous bone (processed by K-Pacs v. 1.6.0 program, magnification ×10)



увеличение рентгеновской плотности с 4-й по 6-ю неделю исследования.

В 3-й группе через 2 недели после операции рентгеновская плотность кости в области замещения костного дефекта соответствовала типу D3 и показателю во 2-й группе в аналогичный период исследования. Средний

показатель плотности кости со стороны костномозгового канала –  $572,38 \pm 178,07$  HU (322; 834), со стороны надкостницы –  $413,38 \pm 145,55$  HU (158; 649) (табл. 3).

Через 4 недели после операции рентгеновская плотность кости соответствовала D2 в области заполнения дефекта как со стороны надкостницы ( $1294,12 \pm 110,38$  HU

ТАБЛИЦА 3

**ПОКАЗАТЕЛИ КОСТНОЙ ПЛОТНОСТИ ПО ДАННЫМ МСКТ В 3-Й ГРУППЕ ИССЛЕДОВАНИЯ (КОСТНЫЙ ДЕФЕКТ С ЗАМЕЩЕНИЕМ ДЕПРОТЕИНИЗИРОВАННОЙ ГУБЧАТОЙ КОСТЬЮ СО СТРОМАЛЬНО-ВАСКУЛЯРНОЙ ФРАКЦИЕЙ ЖИРОВОЙ ТКАНИ)**

TABLE 3

**BONE DENSITY ACCORDING TO MULTI-LAYER SPIRAL COMPUTED TOMOGRAPHY IN GROUP 2 (BONE DEFECT REPLACEMENT WITH TISSUE-ENGINEERED CONSTRUCT BASED ON DEPROTEINIZED CANCELLOUS BONE WITH STROMAL VASCULAR FRACTION OF ADIPOSE TISSUE)**

Наименование показателя	Сроки наблюдения		
	2 недели (n = 8) М [Q1; Q3] СРЕД ± СО (мин–макс)	4 недели (n = 8) М [Q1; Q3] СРЕД ± СО (мин–макс)	6 недель (n = 8) М [Q1; Q3] СРЕД ± СО (мин–макс)
Области (точки измерения)			
со стороны костномозгового канала (область 1), HU	560 [480,5; 664,25] $572,38 \pm 178,07$ (322–834)	1028 [897,5; 1204,25] $1043,62 \pm 194,32$ (789–1271)	1363 [1235; 1391,25] $1351,25 \pm 221,18$ (1052–1805)
со стороны надкостницы (область 2), HU	435,5 [347,25; 467] $413,38 \pm 145,55$ (158–649)	1260 [1220; 1393,5] $1294,12 \pm 110,38$ (1149–1442)	1330,5 [1294,75; 1383,25] $1360,75 \pm 120,82$ (1235–1580)
<b>Интактная кортикальная пластинка (область 3), HU</b>	<b>1437 [1412,75; 1701,25] <math>1613,38 \pm 344,39</math> (1353–2172)</b>	<b>2303 [2155; 2542] <math>2341,12 \pm 213,97</math> (2113–2622)</b>	<b>1773 [1669; 1847,25] <math>1773,62 \pm 149,36</math> (1548–1992)</b>
По Misch (обл. 1 / обл. 2 / обл. 3)	3 / 3 / 1	2 / 2 / 1	1 / 1 / 1
Сравнение точек измерения (p)			
область 1 – область 2	$p = 0,148$	$p = 0,039^*$	$p = 0,547$
область 1 – область 3	$p = 0,012^*$	$p = 0,021^*$	$p = 0,045^*$
область 2 – область 3	$p = 0,012^*$	$p = 0,021^*$	$p = 0,023^*$

Примечание. \* – статистически значимые различия ( $p < 0,05$ )

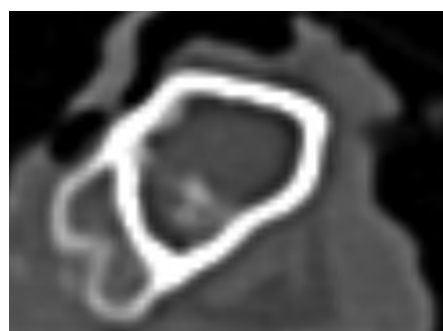


РИС. 3.

Данные МСКТ на 6-й неделе в 3-й группе с замещением костного дефекта при помощи тканеинженерной конструкции на основе депротеинизированной губчатой кости человека с аутологичной стромально-васкулярной фракцией в качестве клеточного материала (обработка в программе K-Pacs v. 1.6.0, ув.  $\times 10$ )

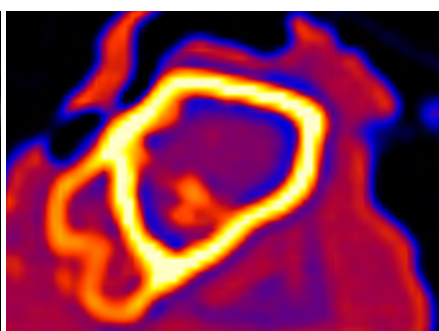
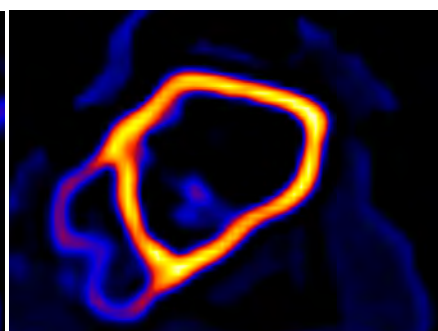


FIG. 3.

Multi-layer spiral computed tomography at week 6 in group 3 with bone defect replacement with tissue-engineered construct based on deproteinized human cancellous bone with autologous stromal vascular fraction as cellular material (processed by K-Pacs v. 1.6.0 program, magnification  $\times 10$ )



(1149; 1442)), так и со стороны костномозгового канала ( $1043,62 \pm 194,32$  HU (789; 1271)). При этом отмечали увеличение данных показателей в 3,1 и 1,8 раза соответственно по сравнению с показателями через 2 недели (табл. 3). В области интактной кортикальной пластинки средний показатель рентгеновской плотности кости был несколько меньшим по отношению к показателям в другие сроки наблюдения и соответствовал типу D1. Возможно, это обусловлено индивидуальными особенностями плотности костной ткани животных выбранной линии. Отличие величин исследуемых параметров в области замещения костного дефекта от показателя рентгеновской плотности кости области интактной кортикальной пластинки было статистически значимым ( $p = 0,021$ ).

Через 6 недель рентгеновская плотность кости в области замещения костного дефекта (рис. 3) соответствовала D1 с равномерно выраженным распределением компактного и губчатого вещества кости. Средние показатели рентгеновской плотности кости в области заполнения костного дефекта ТИК составили: со стороны надкостницы –  $1360,75 \pm 120,82$  HU (1235; 1580), со стороны костномозгового канала –  $1351,25 \pm 221,18$  HU (1052; 1805) (табл. 3). Отмечено увеличение данных параметров со 2-й по 6-ю неделю в 3,3 и 2,3 раза соответственно.

Показатель рентгеновской плотности интактной кортикальной пластинки через 6 недель составил  $1773,62 \pm 149,36$  HU (1548; 1992), соответствовал D1 (табл. 3; рис. 3) и незначительно отличался от показателей рентгеновской плотности кости в области замещения дефекта со стороны костномозгового канала и со стороны надкостницы ( $p = 0,045$  и  $p = 0,023$  соответственно). Это может свидетельствовать о более раннем восстановлении рентгеновской плотности костной ткани в области замещения дефекта при применении ТИК.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

По данным литературы, на скорость ремоделирования и регенерации костной ткани влияют три основных фактора. Первый фактор – замещение костного дефекта с помощью костно-замещающего материала – уменьшает сроки восстановления кости в зоне дефекта. При использовании костно-замещающего материала, полученного из головки бедренной кости человека, по данным МСКТ-исследования перестройку имплантированного материала отмечали уже к 45-м суткам [1, 11]. Однако эти данные не подтверждены морфологически.

Вторым фактором, влияющим на скорость восстановления костной ткани, может быть прорегенераторное влияние надкостницы, обладающей выраженным остеогенным потенциалом за счёт клеточных элементов [12].

Третьим фактором, влияющим на скорость восстановления кости, является наличие клеточных элементов в составе костно-замещающего материала либо тканеинженерной конструкции [6, 7, 12].

В проведённом исследовании выявлена вариативность значений рентгенологической плотности интактной кортикальной пластинки у кроликов линии

NZW, что соответствует данным литературы, описывающим вариативность значений рентгеновской плотности интактной кортикальной пластинки от  $1080 \pm 439$  до  $2890,0 \pm 63,1$  HU [8, 9, 13, 14].

При увеличении срока наблюдения во всех группах показатели рентгеновской плотности костной ткани в области замещения костного дефекта как со стороны костномозгового канала, так и со стороны надкостницы приближались к показателям рентгеновской плотности интактной кортикальной пластинки.

В 3-й группе на 6-й неделе исследования рентгеновская плотность костной ткани в области замещения дефекта соответствовала типу D1 – толстая компактная кость. При этом показатель рентгеновской плотности кости в области замещения костного дефекта со стороны костномозгового канала составил  $1351,25 \pm 221,18$  HU (1052; 1805) и был в 1,5 раза больше, чем во 2-й группе, где показатель рентгеновской плотности кости оставался сопоставимым с уровнем костной плотности D2–D3 ( $p < 0,05$ ).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Заполнение перфорационного дефекта кортикальной пластины бедренной кости кролика тканеинженерной конструкцией на основе депротеинизированной губчатой кости в сочетании со стромально-васкулярной фракцией жировой ткани быстрее приводит к восстановлению плотности кости по сравнению с незаполненным дефектом и изолированным использованием депротеинизированной губчатой кости, о чём свидетельствуют показатели рентгенологической плотности кости при МСКТ-исследовании.

### Этическая экспертиза

Выписка № 016/23 из протокола заседания локального этического комитета ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России № 006/23 от 31.07.2023.

### Конфликт интересов

Авторы данной статьи сообщают об отсутствии явных и потенциальных конфликтных интересов, связанных с публикацией материалов.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCE

1. Воробьёв К.А., Сушков И.В., Божкова С.А., Нетылько Г.И., Лабути Д.В. Предварительные результаты оценки ремоделирования костнозамещающих материалов по данным МСКТ в разные сроки после имплантации экспериментальным животным. *Актуальные проблемы травматологии и ортопедии: Сборник научных статей, посвященный 110-летию РНИИТО им. П.П. Вредена*. СПб.; 2016: 34-39. [Vorobyov KA, Sushkov IV, Bozhkova SA, Netylko GI, Labutin DV. Preliminary results of assessing the remodeling of bone replacement materials according to multi-layer spiral computed tomography at different times after

implantation in experimental animals. *Aktual'nye problemy travmatologii i ortopedii: Sbornik nauchnykh statey, posvyashchenny 110-letiyu RNIITO im. R.R. Vredena*. Saint Petersburg; 2016: 34-39. (In Russ.).

1. Бозо И.Я., Деев Р.В., Волков А.В., Еремин И.И., Корсаков И.Н., Ясиновский М.И., и др. Оценка влияния тканеинженерных конструкций на основе октакальциевого фосфата и стромальных клеток десны на остеоинтеграцию дентальных имплантатов. *Гены и клетки*. 2018; 13(4): 24-30. [Bozo IY, Deev RV, Volkov AV, Eremin II, Korsakov IN, Yasinovsky MI, et al. Evaluation of the effect of tissue-engineered constructs based on octacalcium phosphate and gingival stromal cells on dental implants osteointegration. *Genes & Cells*. 2018; 13(4): 24-30. (In Russ.)]. doi: 10.23868/201812043

2. Еремин И.И., Бозо И.Я., Воложин Г.А., Деев Р.В., Рожков С.И., Еремин П.С., и др. Возможности применения тканеинженерных костных графтов в челюстно-лицевой хирургии. *Кремлевская медицина. Клинический вестник*. 2015; 4: 151-157. [Eremin II, Bozo IYA, Volozhin GA, Deev RV, Rozhkov SI, Eremin PS, et al. Possibilities of using tissue-engineered bone grafts in the maxillofacial surgery. *Kremlin Medicine Journal*. 2015; 4: 151-157. (In Russ.)].

3. Huang Z, Chen Y, Feng QL, Zhao W, Yu B, Tian J, et al. *In vivo* bone regeneration with injectable chitosan/hydroxyapatite/collagen composites and mesenchymal stem cells. *Front Mater Sci*. 2011; 5: 301-310. doi: 10.1007/s11706-011-0142-4

4. Петухова В.В., Мушкин А.Ю., Костик М.М., Виноградова Т.И., Кафтырев А.С., Евсеев В.А., и др. Применение бисфосфонатов при экспериментальном туберкулезном остите: КТ-визуализация. *Гений ортопедии*. 2023; 1: 78-84. [Petukhova VV, Mushkin AYU, Kostik MM, Vinogradova TI, Kaftyrev AS, Evseev VV, et al. Use of bisphosphonates in experimental bone tuberculous osteitis: CT imaging. *Genij Ortopedii*. 2023; 29(1): 78-84. (In Russ.)]. doi: 10.18019/1028-4427-2023-29-1-78-84

5. Коробейникова Д.А., Житлова Е.А., Шакирова Ф.В. Компьютерная томография регенерата в зоне травмы у животных при введении препарата на основе этидронатов ионов лантаноидов и кальция. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2019; 12(182): 81-86. [Korobeynikova DA, Zhitlova YeA, Shakirova FV. Computerized tomography of the regenerate in the area of injury of animals at the introduction of a preparation based on etidronates of lanthanide and calcium ions. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2019; 12(182): 81-86. (In Russ.)].

6. Ахтямов Р.Х., Закиров Е.А., Житлова Ф.В., Шакирова И.Ф. Исследование эффективности препарата «Инрок» на остеогенерацию. *Хирургия повреждений, критические состояния. Спаси и сохрани: Сборник материалов Пироговского форума*. М.;

2017: 290. [Akhtyamov RKH, Zakirov EA, Zhitlova FV, Shakirova IF. Study of the effectiveness of the "Inroc" on osteoregeneration. *Khirurgiya povrezhdeniy, kriticheskie sostoyaniya. Spasi i sokhrani: Sbornik materialov Pirogovskogo foruma*. Moscow; 2017: 290. (In Russ.)].

7. Ахтямов И.Ф., Шакирова Ф.В., Ключкина Ю.А., Бакланова Д.А., Гатина Э.Б., Алиев Э.О. Анализ регенеративного процесса в области перелома большеберцовой кости (экспериментальное исследование). *Травматология и ортопедия России*. 2016; 22(1): 100-107. [Akhtyamov IF, Shakirova FV, Klushkina YA, Baklanova DA, Gatina EB, Aliev EI. Experimental analysis of the healing process in the area of tibial bone fracture. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2016; 22(1): 100-107. (In Russ.)]. doi: 10.21823/2311-2905-2016-0-1-100-107

8. Щепкина Е.А., Лебедев И.В., Нетылько Г.И., Соломин Л.Н., Анисимова Л.О., Трушников В.В., и др. Дистракционный остеогенез при комбинированном и последовательном применении чрескостного и интрамедуллярного остеосинтеза: экспериментальное исследование. *Травматология и ортопедия России*. 2021; 27(1): 19-36. [Shchepkina EA, Lebedev IV, Netylko GI, Solomin LN, Anisimova LO, Trushnikov VV, et al. Distraction osteogenesis in the combined and sequential use of transosseous and intramedullary osteosynthesis: Experimental study. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2021; 27(1): 19-36. (In Russ.)]. doi: 10.21823/2311-2905-2021-27-1-19-36

9. Morar L. Analysis of CBCT bone density using the Hounsfield scale. *Prosthesis*. 2022; 4(3): 414-423. doi: 10.3390/prosthesis4030033

10. Гилев М.В. *Аугментация костных внутрисуставных дефектов при хирургическом лечении пострадавших с импрессионными переломами костей конечностей*: автореф. дис. ... докт. мед. наук. М.; 2019. [Gilev MV. *Augmentation of bone intraarticular defects in the surgical treatment of patients with impression fractures of the extremity bones*: Abstract of the Dissertation of Dr. Sc. (Med.). Moscow; 2019. (In Russ.)].

11. Hayashi O, Katsube Y, Hirose M, Ohgushi H, Ito H. Comparison of osteogenic ability of rat mesenchymal stem cells from bone marrow, periosteum, and adipose tissue. *Calcif Tissue Int*. 2008; 82: 238-247. doi: 10.1007/s00223-008-9112-y

12. Oki Y, Doi K, Kobatake R, Makihara Y, Morita K, Kubo T, et al. Histological and histomorphometric aspects of continual intermittent parathyroid hormone administration on osseointegration in osteoporosis rabbit model. *PLoS One*. 2022; 17(6): e0269040. doi: 10.1371/journal.pone.0269040

13. Giambini H, Dragomir-Daescu D, Huddleston PM, Camp JJ, An KN, Nassr A. The effect of quantitative computed tomography acquisition protocols on bone mineral density estimation. *J Biomech Eng*. 2015; 137(11): 114502. doi: 10.1115/1.4031572

#### Сведения об авторах

**Анастасиева Евгения Андреевна** – врач травматолог-ортопед, ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, e-mail: evgeniya.anastasieva@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9329-8373>

**Черданцева Лилия Александровна** – кандидат медицинских наук, заведующая лабораторией заготовки и консервации тканей, врач-патологоанатом, ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, e-mail: cherdanceff@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4729-3694>

**Медведчиков Артем Евгеньевич** – кандидат медицинских наук, врач травматолог-ортопед, ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, e-mail: medikea@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1271-9026>

**Лукинов Виталий Леонидович** – кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, e-mail: vitaliy.lukinov@scibio.com, <https://orcid.org/0000-0002-3411-508X>

**Кирилова Ирина Анатольевна** – доктор медицинских наук, доцент, заместитель директора по научной работе, ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, e-mail: irinakirilova71@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1911-9741>

#### Information about the authors

**Evgeniya A. Anastasieva** – orthopedic traumatologist, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics n. a. Ya.L. Tsivyan, e-mail: evgeniya.anastasieva@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9329-8373>

**Lilia A. Cherdantseva** – Cand. Sci. (Med.), Head of the Laboratory for Procurement and Preservation of Tissues, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics n. a. Ya.L. Tsivyan, e-mail: cherdanceff@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4729-3694>

**Artem E. Medvedchikov** – Cand. Sc. (Med.), Orthopedic Traumatologist, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics n. a. Ya.L. Tsivyan, e-mail: medikea@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1271-9026>

**Vitaliy L. Lukinov** – Cand. Sc. (Phys. Math.), Leading Research Officer, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics n. a. Ya.L. Tsivyan, e-mail: vitaliy.lukinov@sciboost.com, <https://orcid.org/0000-0002-3411-508X>

**Irina A. Kirilova** – Dr. Sc. (Med.), Docent, Deputy Director for Science, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics n. a. Ya.L. Tsivyan, e-mail: irinakirilova71@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1911-9741>

Статья опубликована в рамках Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 25-летию Иркутского научного центра хирургии и травматологии.

## **СПИСОК ОПЕЧАТОК ERRATUM**

---

**ERRATUM: СУМИН А.Н., ВАХРУШЕВ А.К., ЩЕГЛОВА А.В. ОСОБЕННОСТИ КЛИНИЧЕСКОЙ СИМПТОМАТИКИ И ДАННЫХ ЭКГ У ЖЕНЩИН С ОСТРЫМ КОРОНАРНЫМ СИНДРОМОМ. ACTA BIOMEDICA SCIENTIFICA. 2023; 8(3): 70-80. DOI: 10.29413/ABS.2023-8.3.7**

**ERRATUM: SUMIN A.N., VAKHRUSHEV A.K., SHCHEGLOVA A.V. CLINICAL SYMPTOMS AND ECG DATA IN WOMEN WITH ACUTE CORONARY SYNDROME. ACTA BIOMEDICA SCIENTIFICA. 2023; 8(3): 70-80. DOI: 10.29413/ABS.2023-8.3.7**

Настоящим информируем читателей о том, что в статью «Особенности клинической симптоматики и данных ЭКГ у женщин с острым коронарным синдромом» (Сумин А.Н., Вахрушев А.К., Щеглова А.В.), опубликованную в Т. 8, № 3 (2023) журнала «Acta biomedica scientifica» (с. 70–80; doi: 10.29413/ABS.2023-8.3.7), по просьбе авторов статьи внесены изменения в раздел «Финансирование».

### **Финансирование**

Результаты получены при поддержке Российской Федерации в лице Министерства науки и высшего образования РФ в рамках Соглашения о предоставлении из федерального бюджета грантов в форме субсидий от 30 сентября 2022 г. № 075-15-2022-1202, комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла «Разработка и внедрение комплекса технологий в областях разведки и добычи твёрдых полезных ископаемых, обеспечения промышленной безопасности, биоремедиации, создания новых продуктов глубокой переработки из угольного сырья при последовательном снижении экологической нагрузки на окружающую среду и рисков для жизни населения» (утверждённой распоряжением Правительства Российской Федерации от 11 мая 2022 г. № 1144-р).

**ERRATUM: СУМИН А.Н., ЩЕГЛОВА А.В., АНЬЧКОВА М.И., ФЕДОРОВА Д.Н., ШАБАЛИНА К.А. КЛИНИКО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ КОРРЕЛЯЦИИ ПРИ ТИПЕ ЛИЧНОСТИ Д У БОЛЬНЫХ ХРОНИЧЕСКИМ КОРОНАРНЫМ СИНДРОМОМ. АСТА BIOMEDICA SCIENTIFICA. 2023; 8(4): 126-135. DOI: 10.29413/ABS.2023-8.4.14**

**ERRATUM: SUMIN A.N., SHCHEGLOVA A.V., ANICHKOVA M.I., FEDOROVA D.N., SHABALINA K.A. CLINICAL AND PSYCHOLOGICAL CORRELATIONS WITH TYPE D PERSONALITY IN PATIENTS WITH CHRONIC CORONARY SYNDROME. АСТА BIOMEDICA SCIENTIFICA. 2023; 8(4): 126-135. DOI: 10.29413/ABS.2023-8.4.14**

Настоящим информируем читателей о том, что в статью «Клинико-психологические корреляции при типе личности Д у больных хроническим коронарным синдромом» (Сумин А.Н., Щеглова А.В., Аньчкова М.И., Федорова Д.Н., Шабалина К.А.), опубликованную в Т. 8, № 4 (2023) журнала «Acta biomedica scientifica» (с. 126–135; doi: 10.29413/ABS.2023-8.4.14), по просьбе авторов статьи внесены изменения в раздел «Финансирование».

#### **Финансирование**

Результаты получены при поддержке Российской Федерации в лице Министерства науки и высшего образования РФ в рамках Соглашения о предоставлении из федерального бюджета грантов в форме субсидий от 30 сентября 2022 г. № 075-15-2022-1202, комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла «Разработка и внедрение комплекса технологий в областях разведки и добычи твёрдых полезных ископаемых, обеспечения промышленной безопасности, биоремедиации, создания новых продуктов глубокой переработки из угольного сырья при последовательном снижении экологической нагрузки на окружающую среду и рисков для жизни населения» (утверждённой распоряжением Правительства Российской Федерации от 11 мая 2022 г. № 1144-р).

---

Формат А4 (60х84/8). Бумага офсетная. Сдано в печать 21.11.2023.  
Подписано в печать 29.11.2023, дата выхода в свет 05.12.2023.  
Печ. л. 30,75. Усл. печ. л. 28,6. Уч. изд. л. 26,3. Зак. 038-23. Тир. 500.

---

Отпечатано в редакционно-издательском отделе ИНЦХТ.  
Адрес типографии: 664003, Иркутск, ул. Борцов Революции, 1.  
Тел. (3952) 29-03-37, 29-03-70. E-mail: arleon58@gmail.com



