

НЕВРОЛОГИЯ И НЕЙРОХИРУРГИЯ NEUROLOGY AND NEUROSURGERY

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛАЗЕРНОЙ НУКЛЕОПЛАСТИКИ И РАДИОЧАСТОТНОЙ НЕЙРОМОДУЛЯЦИИ В ЛЕЧЕНИИ ДИСКОГЕННОЙ ПОЯСНИЧНОЙ РАДИКУЛОПАТИИ

Ларионов С.Н.¹,
Животенко А.П.¹,
Сорокиников В.А.^{1,2},
Горбунов А.В.¹,
Потапов В.Э.¹

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

² 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

Боль в спине и нижних конечностях вмешивается в повседневную жизнь пациентов и в конечном итоге снижает качество их жизни. Для уменьшения и предотвращения формирования хронического болевого синдрома предложено множество интервенционных методов лечения.

Цель исследования. Оценить эффективность симультанного применения лазерной нуклеопластики и радиочастотной нейромодуляции корешковых нервов и ганглиев в лечении дискогенных поясничных радикулопатий.

Материалы и методы. В исследование было включено 20 пациентов; их средний возраст составил $39 \pm 9,1$ года. Всем пациентам проводилась лазерная нуклеопластика межпозвонкового диска L_{IV}/L_V и радиочастотная нейромодуляция корешкового нерва в фораминальном пространстве заинтересованного уровня и локализации боли. Проводилась оценка изменения интенсивности боли и качества жизни по шкалам в до- и послеоперационном периоде и выполнялась контрольная магнитно-резонансная томография (МРТ) на момент выписки и на 3-й месяц наблюдения с оценкой волюметрических показателей межпозвонкового диска.

Результаты. У пациентов отмечено снижение интенсивности боли по визуально-аналоговой шкале и улучшение качества жизни, оценённого опросниками Oswestry Disability Index и Short Form 36. По данным МРТ-исследований, волюметрические показатели увеличились после операции и последующем снижались к 3-му месяцу наблюдения.

Выводы. В исследовании показана возможность одновременного использования нескольких интервенционных методов лечения с воздействием на различный морфологический субстрат, являющийся причиной формирования болевого синдрома. Показано, что снижение интенсивности болевого синдрома коррелирует с увеличением волюметрических показателей межпозвонкового диска по данным МРТ сразу после операции с последующим снижением к 3-му месяцу наблюдения. Симультанное использование лазерной нуклеопластики и радиочастотной нейромодуляции оправдано в лечении радикулопатии, позволяет снизить интенсивность болевого синдрома и увеличить волюметрические показатели межпозвонкового диска, что является признаком, повышающим амортизационные свойства межпозвонкового диска.

Ключевые слова: лазерная вапоризация, поясничный отдел позвоночника, радиочастотная абляция, нейромодуляция, дискогенная радикулопатия, болевой синдром, клиническая эффективность

Для цитирования: Ларионов С.Н., Животенко А.П., Сорокиников В.А., Горбунов А.В., Потапов В.Э. Эффективность лазерной нуклеопластики и радиочастотной нейромодуляции в лечении дискогенной поясничной радикулопатии. *Acta biomedica scientifica*. 2024; 9(6): 138-148. doi: 10.29413/ABS.2024-9.6.14

Статья поступила: 01.08.2024

Статья принята: 05.11.2024

Статья опубликована: 28.12.2024

EFFICACY OF LASER NUCLEOPLASTY AND RADIOFREQUENCY NEUROMODULATION IN THE TREATMENT OF DISCOGENIC LUMBAR RADICULOPATHY

Larionov S.N.¹,
Zhivotenko A.P.¹,
Sorokovikov V.A.^{1,2},
Gorbunov A.V.¹,
Potapov V.E.¹

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

² Irkutsk State Medical Academy
of Postgraduate Education – Branch
Campus of the Russian Medical Academy
of Continuing Professional Education
(Yubileyny 100, Irkutsk 664049,
Russian Federation)

Corresponding author:
Alexander P. Zhivotenko,
e-mail: sivotenko1976@mail.ru

ABSTRACT

Back and lower limb pain interferes with patients' daily lives and ultimately reduces their quality of life. Many interventional treatments have been proposed to reduce and prevent the development of chronic pain syndrome.

The aim of the study. To evaluate the effectiveness of the simultaneous use of laser nucleoplasty and radiofrequency neuromodulation of radicular nerves and ganglia in the treatment of discogenic lumbar radiculopathy.

Materials and methods. The study included 20 patients; the mean age was 39 ± 9.1 years. All patients underwent laser nucleoplasty of the L_{IV}/L_V intervertebral disc and radiofrequency neuromodulation of the radicular nerve in the foraminal space of the level of interest and localization of pain. An assessment of changes in pain intensity and quality of life was carried out according to scales in the pre- and postoperative period and a control magnetic resonance imaging (MRI) study at the time of discharge, 3 months of observation, with an assessment of the volumetric indicators of the intervertebral disc.

Results. Patients showed a decrease in pain intensity according to the Visual Analogue Scale and an improvement in quality of life assessed by the ODI (Oswestry Disability Index) and SF-36 (Short Form 36) questionnaires. According to MRI studies, volumetric indicators increased after surgery and subsequently decreased by the 3rd month of observation.

Conclusion. The study demonstrates the possibility of using several interventional treatment methods simultaneously with an impact on various morphological substrates that cause the formation of pain syndrome. It is shown that a decrease in the intensity of pain syndrome correlates with an increase in the volumetric indicators of the intervertebral disc according to MRI data immediately after surgery, with a subsequent decrease by 3 months of observation. Simultaneous use of laser nucleoplasty and radiofrequency neuromodulation is justified in the treatment of radiculopathy, allowing reducing the intensity of pain syndrome and increasing the volumetric indicators of the intervertebral disc, which is a sign that increases the shock-absorbing properties of the intervertebral disc.

Key words: laser vaporization, lumbar spine, radiofrequency ablation, neuromodulation, discogenic radiculopathy, pain syndrome, clinical efficacy

Received: 01.08.2024
Accepted: 05.11.2024
Published: 28.12.2024

For citation: Larionov S.N., Zhivotenko A.P., Sorokovikov V.A., Gorbunov A.V., Potapov V.E. Efficacy of laser nucleoplasty and radiofrequency neuromodulation in the treatment of discogenic lumbar radiculopathy. *Acta biomedica scientifica*. 2024; 9(6): 138-148. doi: 10.29413/ABS.2024-9.6.14

ВВЕДЕНИЕ

Заболевания поясничного отдела позвоночника проявляются полиморфной клинической симптоматикой, приводящей к хроническому болевому синдрому, который вмешивается в повседневную жизнь пациентов и в конечном итоге снижает качество их жизни. Наиболее распространёнными состояниями при хроническом заболевании диска и межпозвонковые грыжи поясничного отдела позвоночника, которые связаны с отражённой и корешковой болью в нижних конечностях соответственно [1, 2].

В формировании болевого синдрома принимают участие два компонента – ноцицептивный и нейропатический [3, 4]. Первый возникает при активации сенсорных нервных окончаний фиброзного кольца межпозвонковых дисков, капсулы суставов и связок позвоночника и может быть спровоцирован повреждением тканей, воспалением или чрезмерной нагрузкой на позвоночный столб [5, 6]. В свою очередь нейропатический компонент появляется на фоне травмы или дегенеративно-дистрофического заболевания и последующего сдавления нервных корешков.

Стандартным методом диагностики патологии нервной системы и дегенеративных заболеваний межпозвонковых дисков, изменений межпозвонковых суставов и замыкательных пластинок позвонков является магнитно-резонансная томография (МРТ), которая обеспечивает исследователя информацией о стадии и характере патологического процесса и позволяет определить тактику лечения [7, 8].

Лечение затянувшегося или хронического болевого синдрома при дегенеративной патологии позвоночника является серьёзной проблемой, которая требует значительных затрат – как прямых, связанных с медицинскими процедурами и лекарствами, так и косвенных, которые могут быть не менее значимыми, включая снижение производительности на рабочем месте, увеличение в течение года дней нетрудоспособности. Таким образом, боль в спине является не только проблемой личного здоровья, но и предметом внимания социально-экономической сферы государства [9].

Для лечения ноцицептивного компонента хронического болевого синдрома при поясничных дорсопатиях используются различные интервенционные методы лечения: эпидуральные и паравертебральные блокады, радиочастотная абляция и лазерная нуклеопластика с дерезацией фасеточных суставов, микрохирургические и декомпрессивно-стабилизирующие вмешательства. Результаты лечения пациентов не всегда однозначны, а при катамнезе на протяжении 3–5 лет мало отличаются, в связи с чем широкое использование малоинвазивных технологий видится обоснованным и оправданным [10–12].

Импульсное радиочастотное воздействие на корешковый нерв и ганглий является одним из способов лечения нейропатического болевого синдрома и применяется для эффективного облегчения боли [13–15]. Радио-

частотное воздействие снижает риск повреждения тканей и является более безопасным, чем открытые хирургические вмешательства. G. Facchini и соавт. утверждают, что пациенты, получившие радиочастотное хирургическое лечение, в 80 % наблюдений отказались от открытой операции на позвоночнике в краткосрочной и 76 % – в долгосрочной перспективе [16]. Радиочастотное хирургическое вмешательство может приводить к лучшим клиническим исходам для пациента [16, 17].

Разработка новых технологий не только воздействия на межпозвонковый диск, но и симультанного воздействия на спинальные ганглии и корешковые нервы увеличивает эффективность лечения хронического болевого синдрома и является одним из приоритетных направлений в современной нейронауке.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценить эффективность симультанного применения лазерной нуклеопластики и радиочастотной нейромодуляции корешковых нервов и ганглиев в лечении дискогенных поясничных радикулопатий.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В пилотное исследование включено 20 пациентов (10 мужчин и 10 женщин) с дорсопатиями поясничного отдела позвоночника с нозологической формой M51.1 – поражение межпозвонкового диска с радикулопатией. Возраст исследуемых составил $39 \pm 9,1$ года. В до- и послеоперационном периоде, на 3-й месяц наблюдения, произведена оценка болевого синдрома – по визуально-аналоговой шкале (ВАШ), Pain Detect, DN4 (Douleur Neuropathique en 4 Questions), клинически значимой тревоги и депрессии – по Госпитальной шкале тревоги и депрессии (HADS, Hospital Anxiety and Depression Scale), качества жизни – по опросникам Oswestry Disability Index (ODI) и Short Form 35 (SF-36), удовлетворённости от проведённого хирургического лечения – по субъективно-оценочным шкалам Macnab и Nurick. Протокол исследования одобрен этическим комитетом ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии» (ИНЦХТ; № 5 от 11.05.2023). Пациентами подписано добровольное информированное согласие на участие в исследовании. Дизайн пилотного исследования представлен на рисунке 1.

Использованы следующие критерии включения и исключения.

Критерии включения:

- 1) нозологическая форма по МКБ-10 – M51.1;
- 2) наличие хронического болевого синдрома;
- 3) протрузия диска и величина выпячивания не более 6 мм при срединной локализации и без признаков секвестрации;
- 4) дегенерация межпозвонкового диска по C.W. Pfirrmann от I до III степени (наличие гидрофильности диска);
- 5) индекс массы тела (ИМТ) $< 32 \text{ кг/м}^2$.



РИС. 1.
Дизайн исследования

FIG. 1.
Research design

Критерии исключения:

- 1) наличие воспалительных заболеваний кожи в месте манипуляции;
- 2) наличие заболевания в стадии декомпенсации;
- 3) наличие аллергии на местные анестетики;
- 4) наличие коагулопатии с показателями высокого риска кровотечения и формированием гематом;
- 5) ранее проведённые операции на поясничном отделе позвоночника;
- 6) дегенеративный стеноз позвоночного канала больше степени В по C. Schizas и соавт, больше I степени по S. Lee и соавт.;
- 7) наличие противопоказаний для проведения МРТ-исследования;
- 8) наличие онкологических заболеваний и психических расстройств;
- 9) ИМТ > 32 кг/м².

Наряду с клинико-неврологическим обследованием пациентам проводились электронейромиография (ЭНМГ) нижних конечностей, мультиспиральная компьютерная томография и МРТ поясничного отдела позвоночника с определением волюметрического коэффициента дегенерации в до- и послеоперационном пе-

риоде. Показатель (ROI, region of interest) интенсивности сигнала межпозвонкового диска оценивался в режиме T₂-взвешенного изображения на уровне позвоночно-двигательных сегментов L_{III}/L_{IV}, L_{IV}/L_V и L_V/S_I и ликвора в просвете позвоночного канала на уровне L_{III}/L_{IV}, рассчитан автоматически с помощью программной обеспечения и отображён в виде параметрической карты, на которой и выделены области интереса: pA – средняя интенсивность сигнала от диска; pL – интенсивность сигнала от ликвора. Количественная оценка интенсивности сигнала межпозвонковых дисков и использование ликвора в качестве «фантома» позволяют снизить ошибку шума, получаемого при формировании T₂-изображения пульпозного ядра и унифицировать показатель для различных по мощности МРТ-аппаратов. Измерения производились в сагиттальной плоскости 3–4 смежных межпозвонковых дисков поясничного отдела, а расчёт коэффициента осуществлялся по формуле: $x = pA / pL$, где x – коэффициент дегенерации; pA – средний показатель интенсивности сигнала диска на сагиттальном и смежных парасагиттальных сечениях; pL – показатель интенсивности сигнала ликвора на уровне L_{III}/L_{IV} позвоночного канала, свободного от невральных структур.

Методы статистической обработки

Статистическая обработка полученных результатов проведена с использованием программы статистика Statistica v. 10.0 (StatSoft Inc., США). Данные представлены в виде среднего значения и стандартного отклонения ($M \pm SD$) с медианой (25-й; 75-й перцентили). Для динамической оценки коэффициента дегенерации до и после хирургического лечения использовали дисперсионный анализ Фридмана. Для сравнения показателей использовался ранговый критерий Манна – Уитни и критерий Вилкоксона. Для статистической значимости было установлено значение $p < 0,05$.

Методика оперативного вмешательства

Техника выполнения и воздействия лазером на межпозвонковый диск подробно описана и представлена в научных работах, выполненных в ИНЦХТ [18]. Лазерную аутопластику проводили при использовании диодного аппарата АЛОД-01 (Медлаз-Нева, Санкт-Петербург) с длиной волны 1061 нм (регистрационное удостоверение в сфере здравоохранения и социального развития № ФС 02262006/2929-06 от 29.03.2006; регистрационный № РОСС RU.0001.21МЭ-60. На межпозвонковый диск проводилось воздействие в импульсном режиме. Через иглу с мандреном в пульпозное ядро вводят световодное оптоволокно и по траектории введения иглы поочередно обрабатывают дистальную, центральную и проксимальную части диска: дистальную часть – мощностью 4,5 Вт, центральную – 5,5 Вт, проксимальную – 4,5 Вт. Длительность каждого

импульса составляла 0,5 с, интервал между импульсами – 0,3 с, количество импульсов в каждой зоне – 10.

Следующим этапом проводится пульсовая радиочастотная нейромодуляция (на примере протрузии диска L_{IV} – L_V и радикулопатии корешка L_5). Под контролем электронно-оптического преобразователя в области нижнего треугольника межпозвонкового отверстия на уровне L_{IV} – L_V , образованного дугоотростчатými суставами в месте прохождения корешкового нерва, произведена установка канюли с тефлоновой изоляцией длиной 200 мм, диаметром 20 G, активным кончиком 10 мм (рис. 2). Контроль расположения конца канюли осуществлён посредством рентгеноскопии и введения 1 мл йодсодержащего контраста йогексол 300. В просвет канюли введён электрод из термопары для осуществления сенсорной и моторной стимуляции: при воздействии на корешковый нерв определяются парестезии, покалывания и/или сокращение мышц. Исследование выполняется под контролем импедансометрии – диапазон составляет 200–300 Ом. Двукратно проведено импульсное радиочастотное воздействие в режиме нейромодуляции с использованием генератора COSMAN G4 (Cosman Medical, США) при 42 °C в течение 120 с (вверх и медиально, затем вниз и медиально). По завершении сеанса канюли удалены, наложена асептическая повязка.

Пациенты активизировались через 4–6 часов после вмешательства в жёстком пояснично-крестцовом корсете.

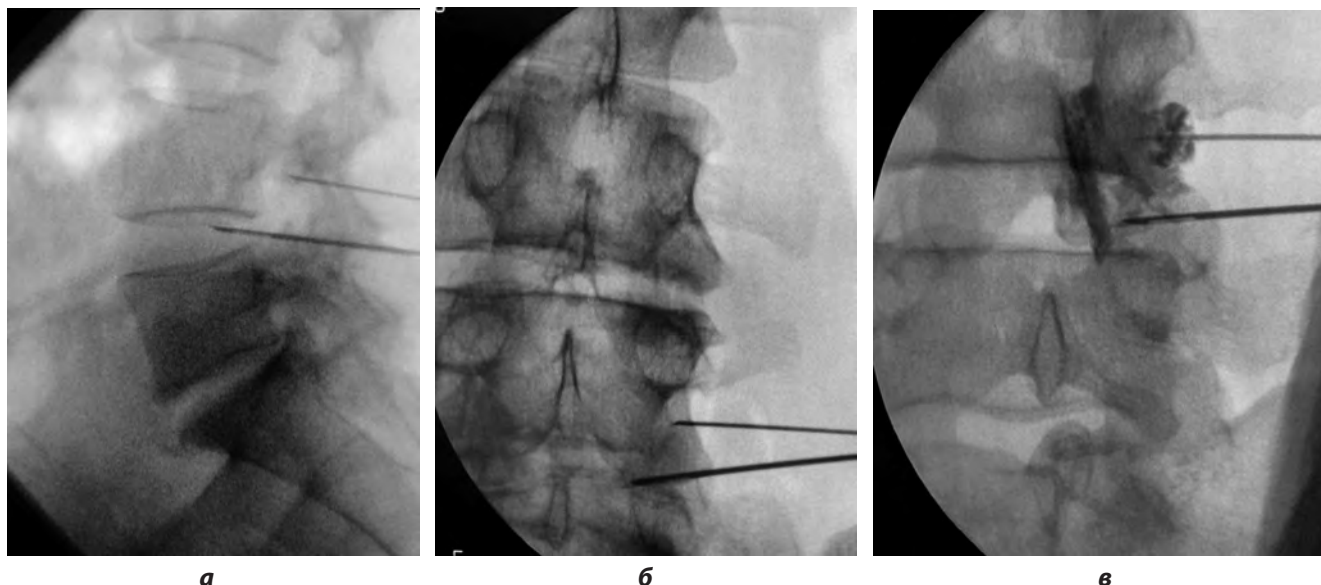


РИС. 2.

Установка канюли в области нижнего треугольника межпозвонкового отверстия на уровне L_{IV} – L_V , образованного дугоотростчатыми суставами в месте прохождения корешкового нерва: **а** – боковая проекция; **б** – прямая проекция; **в** – прямая проекция (игла в межпозвонковом диске и фораминально – в проекции корешка; окраска йогексолом 300

FIG. 2.

Installation of a cannula in the area of the lower triangle of L_{IV} – L_V intervertebral foramen, formed by the facet joints at the site of the radicular nerve passage: **a** – lateral projection; **b** – frontal projection; **v** – frontal projection (needle in the intervertebral disc and foraminally in the projection of the root; stained with iogexol 300

КЛИНИЧЕСКИЙ ПРИМЕР

Пациент Г.В.Э., 19 лет, находился на лечении в нейрохирургическом стационаре ИНЦХТ. Пациента беспокоила постоянная боль в пояснично-крестцовом отделе позвоночника с периодами усиления её интенсивности в течение суток, иррадиацией в правую нижнюю конечность, распространяющуюся по задней наружной поверхности бедра, и периодическим ощущением онемения и мурашек с наружной стороны стопы справа. Анамнез заболевания: боли в спине с 14 лет – отмечает их усиление при физической нагрузке. Живёт в сельской местности. Боли в правой нижней конечности отмечает с конца января 2023 г. Консервативно лечился у невролога по месту жительства – с временным эффектом. На момент госпитализации в стационар боль в спине и правой нижней конечности носила постоянный характер – в течение 3 месяцев, пациент отмечал усиление её интенсивности.

Объективно: поясничный лордоз сглажен. Отмечается ограничение в объёме активных движений в поясничном отделе позвоночника. Локально при пальпации определяется напряжение паравerteбральных мышц. Симптомы натяжения с нижних конечностей положительные, больше выражены справа. Выполнена МРТ поясничного отдела позвоночника с оценкой коэффициента дегенерации для дисков (рис. 3).

Диагноз клинический: Дорсопатия. Дегенеративно-дистрофические изменения поясничного отдела по-

звоночника. Протрузия диска на уровне L_{IV} – L_V . Люмбоишалгия справа. Умеренно выраженные болевой и мышечно-тонический синдромы (M51.1 по МКБ-10).

Рекомендован интервенционный метод лечения с симультанным применением импульсной радиочастотной модуляции дорзальных ганглиев и корешковых нервов на уровне фораминальных отверстий L_{IV}/L_V , L_V/S_I справа и лазерной нуклеопластики межпозвонкового диска L_{IV} – L_V из правостороннего латерального доступа.

Проведено хирургическое вмешательство: импульсная радиочастотная модуляция дорзальных ганглиев и корешковых нервов на уровне фораминальных отверстий L_{IV}/L_V , L_V/S_I справа и лазерная нуклеопластика межпозвонкового диска L_{IV} – L_V из правостороннего латерального доступа по методике, описанной выше. В послеоперационном периоде пациент отмечает снижение интенсивности болевого синдрома в позвоночном столбе и нижней конечности с улучшением показателей качества жизни, оцененных опросниками ODI и SF-36.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По вышеописанной методике пролечено 20 пациентов. Комплексная оценка интенсивности болевого синдрома в до- и послеоперационном периоде, удовлетворённости пациентов исходами проведённого хирургического лечения представлена в таблице 1 и на рисунке 4.

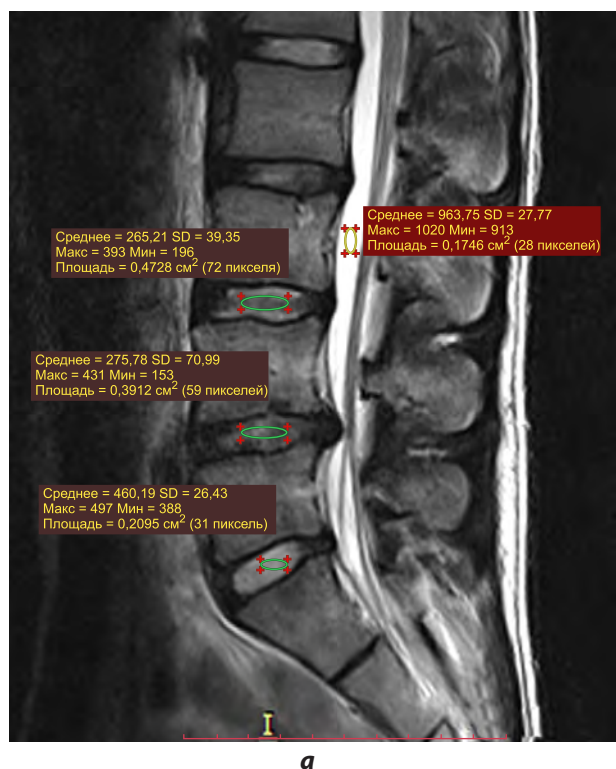


РИС. 3.

Пациент Г.В.Э., МРТ поясничного отдела позвоночника:
а – T_2 -взвешенное изображение, сагиттальная проекция с измеряемыми параметрами; б – T_2 -взвешенное изображение, аксиальная проекция; SD – стандартное отклонение (standard deviation)

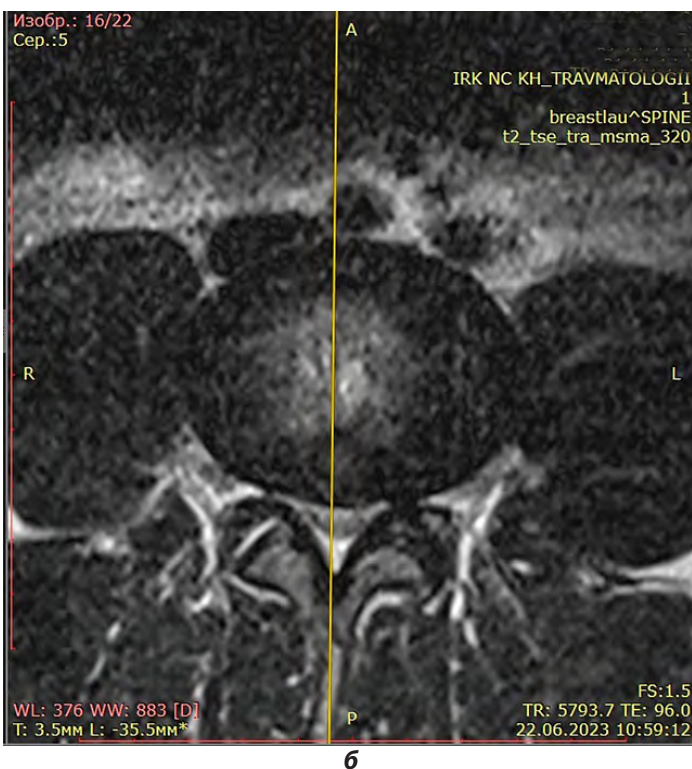


FIG. 3.

Patient G.V.E., MRI of the lumbar spine: а – T_2 -weighted image, sagittal projection with measured parameters; б – T_2 -weighted image, axial projection; SD – standard deviation

ТАБЛИЦА 1
РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ

TABLE 1
RESULTS OF THE ASSESSMENT OF SURGICAL TREATMENT

Показатели		До операции	После операции	3-й месяц наблюдения	p
		1	2	3	
ODI		14,15 ± 4,87 15 [10,5; 17]	6,75 ± 4,62 6 [3,5; 8,5]	6,88 ± 6,28 5 [2; 12]	$p_{K-W} = 0,000$ $p_{1-2} = 0,00008$ $p_{1-3} = 0,00021$ $p_{2-3} = 0,704$
ВАШ, поясница		5,8 ± 1,88 6 [5; 7]	2,05 ± 1,7 2 [1; 2,5]	2,47 ± 2,35 1 [1; 3]	$p_{K-W} = 0,000$ $p_{1-2} = 0,000005$ $p_{1-3} = 0,00005$ $p_{2-3} = 1,0$
ВАШ, конечность		2,95 ± 1,75 3 [0,5; 5]	0,9 ± 1,68 0 [0; 1,5]	1,29 ± 2,11 0 [0; 2]	$p_{K-W} = 0,0039$ $p_{1-2} = 0,003$ $p_{1-3} = 0,012$ $p_{2-3} = 0,483$
DN4		2,20 ± 1,36 2 [2; 3]	0,95 ± 1,15 0,5 [0; 2]	1,88 ± 1,87 2 [0; 3]	
PainDetect		12,15 ± 6,44 12 [8; 16,5]	3,95 ± 6,12 1,5 [0,5; 5,5]	7 ± 7,11 2 [0; 3]	$p_{K-W} = 0,11$ $p_{1-2} = 0,042$ $p_{1-3} = 0,27$ $p_{2-3} = 0,31$
Нейропатическая боль	нет	14 (70 %)	19 (95 %)	17 (85 %)	
	да	6 (30 %)	1 (5 %)	3 (15 %)	
SF-36, физическое благополучие		36,38 ± 8,1 38,31 [30,03; 41,91]	42,43 ± 6,96 42,17 [38,79; 48,09]	45,97 ± 8,54 47,92 [40,78; 52,28]	$p_{K-W} = 0,0015$ $p_{1-2} = 0,022$ $p_{1-3} = 0,0006$ $p_{2-3} = 0,13$
< 50 баллов		20 (100 %)	18 (90 %)	12 (60 %)	
> 50 баллов		0 (0 %)	2 (10 %)	8 (40 %)	
SF-36, психическое благополучие		45,84 ± 11,79 46,88 [35,19; 54,68]	46,02 ± 12,39 45,43 [36,51; 56,35]	52,65 ± 8,22 54,97 [48,28; 57,90]	$p_{K-W} = 0,14$ $p_{1-2} = 0,925$ $p_{1-3} = 0,068$ $p_{2-3} = 0,12$
< 50 баллов		11 (55 %)	12 (60 %)	7 (35 %)	
> 50 баллов		9 (45 %)	8 (40 %)	13 (65 %)	
HADS, баллы		11,55 ± 4,76 11,50 [8; 15]	6,80 ± 3,91 7 [4; 9]	6,35 ± 5,01 4 [3; 8]	
Депрессия по HADS	нет (0–7 баллов)	3 (15 %)	13 (65 %)	12 (60 %)	$p_{K-W} = 0,0017$ $p_{1-2} = 0,002$ $p_{1-3} = 0,002$ $p_{2-3} = 0,63$
	субклиническая (8–10 баллов)	4 (20 %)	4 (20 %)	4 (20 %)	
	клиническая (> 11 баллов)	13 (65 %)	3 (15 %)	4 (20 %)	
Шкала Macnab	Отлично	–	4 (20 %)	2 (10 %)	
	Хорошо	–	15 (75 %)	12 (60 %)	$p_{2-3} = 0,17$
	Удовлетворительно	–	1 (5 %)	6 (30 %)	
Шкала Nurick	Полный регресс	–	3 (15 %)	0 (0 %)	
	Улучшение	–	15 (75 %)	17 (85 %)	$p_{2-3} = 0,12$
	Без изменений	–	2 (10 %)	3 (15 %)	

Примечания. p_{K-W} – критерий Краскела – Уоллиса, сравнивающий показатели до и после лечения; $p_{1-2, 1-3, 2-3}$ – статистическая значимость различий показателей между группами по критерию Манна – Уитни.

Анализ полученных данных выявил статистически значимое снижение болевого синдрома в поясничном отделе и нижних конечностях, что сказалось на улучшении качества жизни по шкалам ODI и SF-36 физического благополучия и на снижении показателей тревоги по шкале HADS; данные тенденции сохранялись при дальнейшем наблюдении. Так, удовлетворённость пациентов после хирургического лечения, оцениваемая по шкалам Macnab ($p_{2-3} = 0,17$) и Nurick ($p_{2-3} = 0,12$), статистиче-

ски значимо не изменилась в течение трёх месяцев после операции. Однако хирургическое лечение оказало менее значимое влияние за короткий интервал времени на нейропатический болевой синдром, так, на момент выписки из стационара $p_{1-2} = 0,042$.

Анализ данных T_2 -взвешенных МРТ-изображений до, на 2-е сутки и через 3 месяца после вмешательства позволил характеризовать изменение интенсивность сигнала, зависящее от вязкости пульпозного ядра, как ну-

График показателей наблюдения

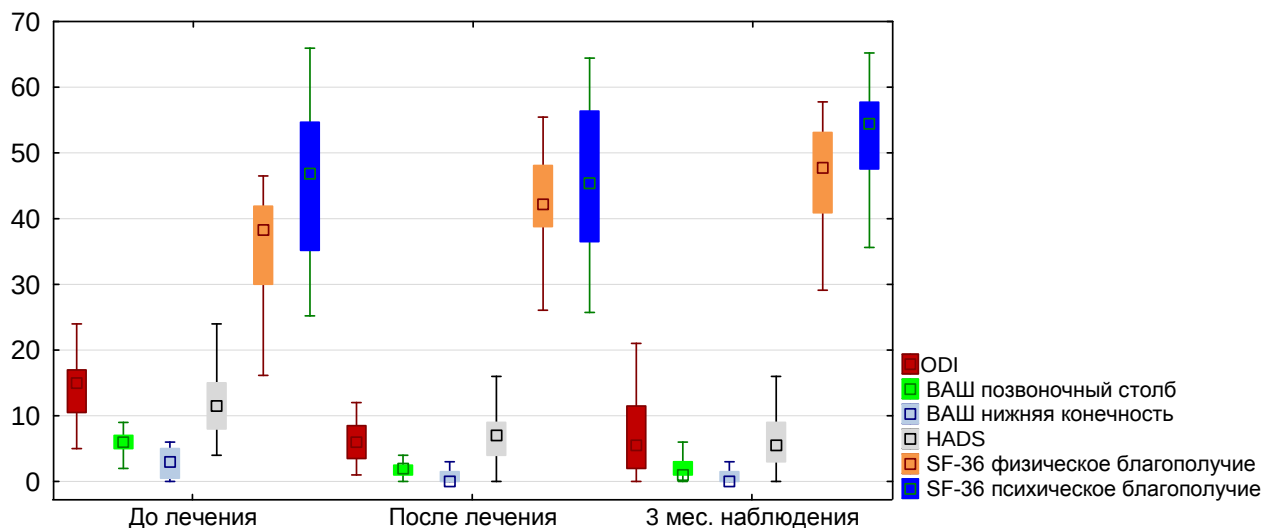


РИС. 4.
График показателей наблюдения до и после хирургического лечения

FIG. 4.
Graph of observation parameters before and after surgical treatment

ТАБЛИЦА 2
ВОЛЮМЕТРИЧЕСКИЙ ПОКАЗАТЕЛЬ – КОЭФФИЦИЕНТ
ДЕГЕНЕРАЦИИ МЕЖПОЗВОНКОВЫХ ДИСКОВ

TABLE 2
VOLUMETRIC INDEX – COEFFICIENT OF INTERVERTEBRAL
DISC DEGENERATION

ПДС	До операции 1	После операции 2	3-й месяц наблюдения 3	p
L_{III}/L_{IV}	$0,27 \pm 0,076$ $0,27 [0,22; 0,34]$	$0,28 \pm 0,085$ $0,29 [0,21; 0,35]$	$0,23 \pm 0,09$ $0,23 [0,18; 0,28]$	$p_F = 0,047$ $p_{1-2} = 0,23$ $p_{1-3} = 0,028$ $p_{2-3} = 0,0065$
L_{IV}/L_V	$0,20 \pm 0,078$ $0,19 [0,13; 0,28]$	$0,22 \pm 0,061$ $0,23 [0,17; 0,26]$	$0,18 \pm 0,079$ $0,16 [0,13; 0,22]$	$p_F = 0,056$ $p_{1-2} = 0,030$ $p_{1-3} = 0,905$ $p_{2-3} = 0,044$
L_V/S_I	$0,20 \pm 0,078$ $0,19 [0,13; 0,28]$	$0,20 \pm 0,108$ $0,15 [0,12; 0,24]$	$0,18 \pm 0,105$ $0,13 [0,10; 0,22]$	$p_F = 0,79$ $p_{1-2} = 0,80$ $p_{1-3} = 0,62$ $p_{2-3} = 0,65$
p	$p_{K-W} = 0,0066$ $p_{L_{III}/L_{IV}-L_{IV}/L_V} = 0,0066$ $p_{L_{III}/L_{IV}-L_V/S_I} = 0,0066$ $p_{L_{IV}/L_V-L_V/S_I} = 0,989$	$p_{K-W} = 0,0039$ $p_{L_{III}/L_{IV}-L_{IV}/L_V} = 0,029$ $p_{L_{III}/L_{IV}-L_V/S_I} = 0,0033$ $p_{L_{IV}/L_V-L_V/S_I} = 0,068$	$p_{K-W} = 0,157$ $p_{L_{III}/L_{IV}-L_{IV}/L_V} = 0,085$ $p_{L_{III}/L_{IV}-L_V/S_I} = 0,131$ $p_{L_{IV}/L_V-L_V/S_I} = 0,582$	

Примечания. p_F – критерий Фридмана, используемый для дисперсионного анализа повторных измерений (динамического наблюдения за коэффициентом дегенерации); $p_{1-2}, 1-3, 2-3$ – статистически значимые различия показателей между группами по критерию Вилкоксона; p_{K-W} – критерий Краскела – Уоллиса, сравнивающий показатели до и после лечения; $p_{L_{III}/L_{IV}, L_{IV}/L_V, L_V/S_I}$ – статистически значимые различия показателей коэффициента дегенерации межпозвонковых дисков по критерию Манна – Уитни.

леопластику, так как на T_2 -взвешенном изображении отмечалось повышение интенсивности сигнала и коэффициента дегенерации межпозвонкового диска сразу после операции с последующим снижением к 3-му месяцу наблюдения (табл. 2; рис. 5, 6).

При сравнении вязкости дисков (коэффициентов дегенерации) L_{III}/L_{IV} , L_{IV}/L_V и L_V/S_I отмечено, что показатели статистически значимо отличались между собой. Для рассчитанного параметра на T_2 -взвешенном изображении критерий Краскела – Уоллиса составил 0,0066,

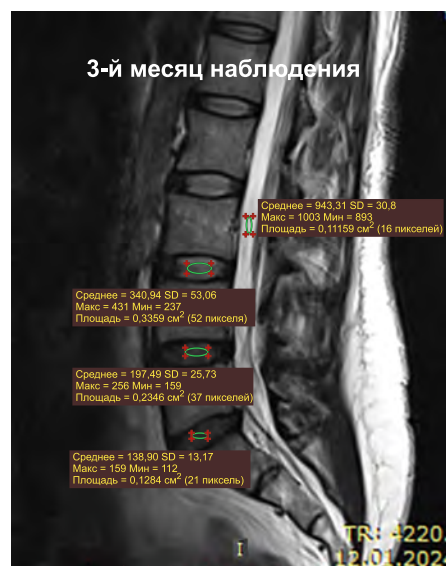
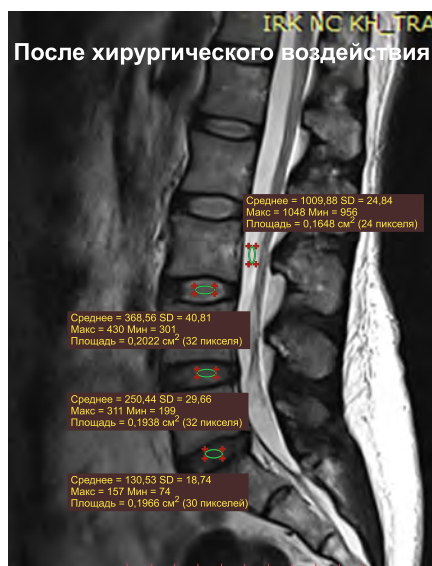
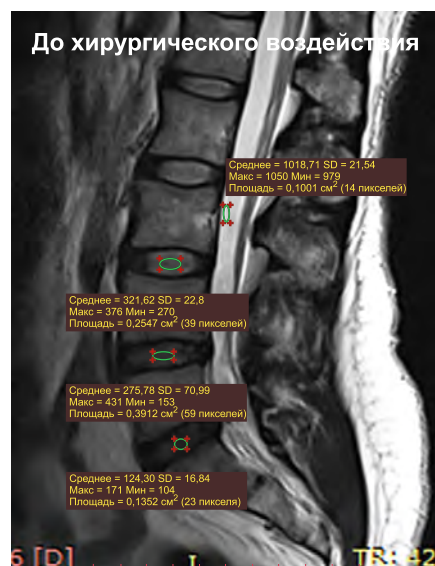


РИС. 5.

T_2 -взвешенные МРТ-изображения: сагиттальная проекция с измеряемыми волюметрическими показателями до, после и через 3 месяца после лазерной вапоризации межпозвонкового диска L_{IV}/L_V ; SD – стандартное отклонение (standard deviation)

FIG. 5.

T_2 -weighted MRI: sagittal view with measured volumetric parameters before, after and 3 months after laser vaporization of L_{IV}/L_V intervertebral disc; SD – standard deviation

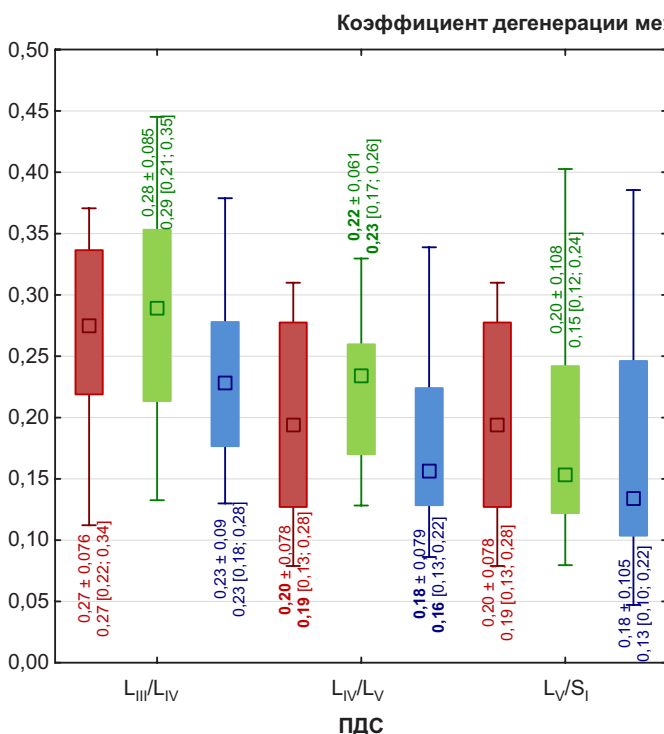


РИС. 6.

Коэффициент дегенерации межпозвонковых дисков до и после лазерной вапоризации межпозвонкового диска на уровне L_{IV}/L_V

ПДС	До операции 1	После операции 2	3 месяц наблюдения 3	p
L_{III}/L_{IV}	$0,27 \pm 0,076$ $0,27 [0,22; 0,34]$	$0,28 \pm 0,085$ $0,29 [0,21; 0,35]$	$0,23 \pm 0,09$ $0,23 [0,18; 0,28]$	$p = 0,047$ $p_{1-2} = 0,23$ $p_{1-3} = 0,028$ $p_{2-3} = 0,0065$
L_{IV}/L_V	$0,20 \pm 0,078$ $0,19 [0,13; 0,28]$	$0,22 \pm 0,061$ $0,23 [0,17; 0,26]$	$0,18 \pm 0,079$ $0,16 [0,13; 0,22]$	$p_{1,2,3} = 0,056$ $p_{1-2} = 0,030$ $p_{1-3} = 0,905$ $p_{2-3} = 0,044$
L_V/S_I	$0,20 \pm 0,078$ $0,19 [0,13; 0,28]$	$0,20 \pm 0,108$ $0,15 [0,12; 0,24]$	$0,18 \pm 0,105$ $0,13 [0,10; 0,22]$	$p_{1,2,3} = 0,79$ $p_{1-2} = 0,80$ $p_{1-3} = 0,62$ $p_{2-3} = 0,65$
p	$P_{K-W} = 0,0066$ $P_{LIII/LIV-LV/LV} = 0,0066$ $P_{LIII/LIV-LV/SI} = 0,0069$	$P_{K-W} = 0,0039$ $P_{LIII/LIV-LV/LV} = 0,029$ $P_{LIII/LIV-LV/SI} = 0,0033$ $P_{LV/LV-LV/SI} = 0,068$	$P_{K-W} = 0,157$ $P_{LIII/LIV-LV/LV} = 0,085$ $P_{LIII/LIV-LV/SI} = 0,131$ $P_{LV/LV-LV/SI} = 0,582$	

P_F – критерий Фридмана, используемый для дисперсионного анализа повторных измерений (динамического наблюдения за коэффициентом дегенерации);
 $P_{1-2}, 1-3, 2-3$ – статистически значимые различия показателей между группами по критерию Вилкоксона;
 P_{K-W} – критерий Краскела – Уоллиса, сравнивающий показатели до и после лечения;
 $P_{LIII/LIV, LV/LV, LV/SI}$ – статистически значимые различия показателей коэффициента дегенерации межпозвонковых дисков по критерию Манна – Уитни

FIG. 6.

Coefficient of degeneration of intervertebral discs before and after laser vaporization of the L_{IV}/L_V intervertebral disc

при сравнении коэффициента дегенерации дисков после лазерной нуклеопластики $p_{K-W} = 0,0039$ (изменился в 2 раза), однако через 3 месяца наблюдения статистически значимых различий не выявлено. При сравнении индексов дегенерации до и после хирургического вмешательства на уровне межпозвонкового диска L_{IV}/L_V по критерию Вилкоксона получено существенное различие ($p_{1-2} = 0,030$), тогда как индексы дегенерации смежных дисков L_{III}/L_{IV} ($p_{1-2} = 0,23$) и L_V/S_I ($p_{1-2} = 0,80$) не имели статистически значимых различий, а изменялись на 3-й месяц наблюдения на уровне межпозвонкового диска L_{III}/L_{IV} ($p_{1-3} = 0,028$ и $p_{2-3} = 0,0065$), что связано с течением дегенеративного процесса.

Таким образом, сравнение индексов дегенерации дисков L_{III}/L_{IV} , L_{IV}/L_V и L_V/S_I до и после лазерного воздействия продемонстрировало значительные изменения вязко-эластических свойств дисков, подвергнутых лазерной нуклеопластике, и подтвердило изменения их структуры по сравнению со смежными межпозвонковыми дисками.

Согласно MPT, отмечается повышение коэффициента дегенерации на 2-е сутки после операции и последующее его снижение к 3-му месяцу наблюдения. У всех пациентов отмечено снижение интенсивности боли по ВАШ и улучшение качества жизни, оцененного опросниками ODI и SF-36. Пациенты в 90 % случаев отмечают удовлетворённость от проведённого хирургического лечения по шкалам Macnab и Nurick. Однако хирургическое лечение оказало менее значимое влияние на нейропатический болевой синдром, в связи с чем важно выполнять комплексное преемственное лечение данных пациентов на всех этапах стационарного и амбулаторного звена с междисциплинарным подходом и проведением медикаментозной терапии, лечебной физкультуры и санаторно-курортного лечения [19–22].

В ходе исследования нежелательных явлений не выявлено. Однако полученные результаты необходимо интерпретировать с осторожностью, так как пилотное исследование представлено небольшим количеством участников и имеет небольшой период наблюдения. В ходе исследования выявлена высокая эффективность в снижении болевого синдрома с визуализационным контролем по MPT волюметрического коэффициента дегенерации межпозвонкового диска в до- и послеоперационном периоде. Необходимо проведение долгосрочных сравнительных исследований в лечении дискогенной радикулопатии с симультанным использованием лазерной нуклеопластики и радиочастотной нейромодуляции и изучением параметров эффективности и безопасности не только на раннем, но и в отдалённом периоде лечения.

ВЫВОДЫ

Симультанное применение лазерной нуклеопластики и радиочастотной нейромодуляции корешковых нервов и ганглиев в лечении дискогенных поясничных радикулопатий является результативным и высокоэф-

фективным методом, который способствует снижению боли и улучшению функционального состояния пациентов при воздействии на поражённые межпозвонковые диски. Их применение в лечении пациентов с дискогенной радикулопатией позволяет избежать открытого хирургического вмешательства и связанных с ним рисков для пациентов, а также улучшить качество их жизни. Настоящая работа демонстрирует высокую степень эффективности и безопасности такого метода лечения, что определяет его дальнейшее успешное использование в клинической практике.

Финансирование

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. Palada V, Ahmed AS, Finn A, Berg S, Svensson CI, Kosek E. Characterization of neuroinflammation and periphery-to-CNS inflammatory cross-talk in patients with disc herniation and degenerative disc disease. *Brain Behav Immun*. 2019; 75: 60-71. doi: 10.1016/j.bbi.2018.09.010
2. Zhang YG, Guo TM, Guo X, Wu SX. Clinical diagnosis for discogenic low back pain. *Int J Biol Sci*. 2009; 5(7): 647-658. doi: 10.7150/ijbs.5.647
3. Baron R, Binder A, Attal N, Casale R, Dickenson AH, Treede RD. Neuropathic low back pain in clinical practice. *Eur J Pain*. 2016; 20(6): 861-873. doi: 10.1002/ejp.838
4. Itz CJ, Geurts JW, van Kleef M, Nelemans P. Clinical course of non-specific low back pain: A systematic review of prospective cohort studies set in primary care. *Eur J Pain*. 2013; 17(1): 5-15. doi: 10.1002/j.1532-2149.2012.00170.x
5. Bielewicz J, Kamieniak M, Szymoniuk M, Litak J, Czyżewski W, Kamieniak P. Diagnosis and management of neuropathic pain in spine diseases. *J Clin Med*. 2023; 12(4): 1380. doi: 10.3390/jcm12041380
6. Attal N, Cruccu G, Baron R, Haanpaa M, Hansson P, Jensen TS, et al. EFNS guidelines on the pharmacological treatment of neuropathic pain: 2010 revision. *Eur J Neurol*. 2010; 17: 1113-1123. doi: 10.1111/j.1468-1331.2010.02999.x
7. Wu N, Liu H, Chen J, Zhao L, Zuo W, Ming Y, et al. Comparison of apparent diffusion coefficient and T2 relaxation time variation patterns in assessment of age and disc level related intervertebral disc changes. *PLoS One*. 2013; 8(7): e69052. doi: 10.1371/journal.pone.0069052
8. Alkalay R, David H. Diffusion based MR measurements correlates with age-related changes in human intervertebral disks. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2019; 61: 38-45. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2018.06.007
9. Потапов В.Э., Кошкарева З.В., Животенко А.П., Горбунов А.В., Сорокиников В.А. Пункционные хирургические технологии в лечении фасет-синдрома при спондилоартрозах в по-

ясничном отделе (обзор литературы). *Acta biomedica scientifica*. 2020; 5(2): 36-42. [Potapov VE, Koshkareva ZV, Zhivotenko AP, Gorbunov AV, Sorokovikov VA. Puncture surgical technologies in the treatment of facet syndrome for spondylarthrosis in the lumbar spine (literature review). *Acta biomedica scientifica*. 2020; 5(2): 36-42. (In Russ.)]. doi: 10.29413/ABS.2020-5.2.6

10. Zileli M, Crostelli M, Grimaldi M, Mazza O, Anania C, Fornari M, et al. Natural course and diagnosis of lumbar spinal stenosis: WFNS Spine Committee recommendations. *World Neurosurg*. 2020; 7: 100073. doi: 10.1016/j.wnsx.2020.100073

11. Sathish M, Eswar R. Systematic reviews and meta-analysis in spine surgery – How good are they in methodological quality? A systematic review. *Global Spine J*. 2021; 11(3): 378-399. doi: 10.1177/2192568220906810

12. Wan ZY, Shan H, Liu TF, Song F, Zhang J, Liu ZH, et al. Emerging issues questioning the current treatment strategies for lumbar disc herniation. *Front Surg*. 2022; 9:814531. doi: 10.3389/fsurg.2022.814531

13. Xu X, Fu S, Shi X, Liu R. Microglial BDNF, PI3K, and p-ERK in the spinal cord are suppressed by pulsed radiofrequency on dorsal root ganglion to ease SNI-induced neuropathic pain in rats. *Pain Res Manag*. 2019; 2019: 5948686. doi: 10.1155/2019/5948686

14. Jang JN, Park S, Park JH, Song Y, Choi S, Kim YU, et al. Comparison of efficacy according to voltage of pulsed radiofrequency treatment to lumbar dorsal root ganglion in patient with lumbar radiculopathy: Pilot study. *Medicine (Baltimore)*. 2023; 102(17): e33617. doi: 10.1097/MD.00000000000033617

15. Park S, Park JH, Jang JN, Choi SI, Song Y, Kim YU, et al. Pulsed radiofrequency of lumbar dorsal root ganglion for lumbar radicular pain: A systematic review and meta-analysis. *Pain Pract*. 2024; 24(5): 772-785. doi: 10.1111/papr.13351

16. Trinidad JM, Carnota AI, Failde I, Torres LM. Radiofrequency for the treatment of lumbar radicular pain: Impact on surgical indications. *Pain Res Treat*. 2015; 2015: 392856. doi: 10.1155/2015/392856

17. Facchini G, Spinnato P, Guglielmi G, Albisinni U, Bazocchi A. A comprehensive review of pulsed radiofrequency in the treatment of pain associated with different spinal conditions. *Br J Radiol*. 2017; 90(1073): 20150406. doi: 10.1259/bjr.20150406

18. Животенко А.П., Кошкарева З.В., Горбунов А.В., Сороковиков В.А. Хирургическое лечение фасет-синдрома при сегментарной нестабильности поясничного отдела позвоночника. *Acta biomedica scientifica*. 2021; 6(3): 95-102. [Zhivotenko AP, Koshkareva ZV, Gorbunov AV, Sorokovikov VA. Surgical treatment of facet syndrome in segmental instability of the lumbar spine. *Acta biomedica scientifica*. 2021; 6(3): 95-102. (In Russ.)]. doi: 10.29413/ABS.2021-6.3.10

19. Li C, Hou W, Ding D, Yang Y, Gu S, Zhu Y. Evidence mapping based on systematic reviews of cognitive behavioral therapy for neuropathic pain. *Neural Plast*. 2023; 2680620. doi: 10.1155/2023/2680620

20. Bates D, Schultheis BC, Hanes MC, Jolly SM, Chakravarthy KV, Deer TR, et al. A comprehensive algorithm for management of neuropathic pain. *Pain Med*. 2019; 20(Suppl 1): S2-S12. doi: 10.1093/pm/pnz075

21. Szewczyk AK, Jamroz-Wisniewska A, Haratym N, Rejdak K. Neuropathic pain and chronic pain as an underestimated interdisciplinary problem. *Int J Occup Med Environ Health*. 2022; 35(3): 249-264. doi: 10.13075/ijom.1896.01676

22. Moisset X. Neuropathic pain: Evidence based recommendations. *Presse Med*. 2024; 53(2): 104232. doi: 10.1016/j.lpm.2024.104232

Сведения об авторах

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, <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>

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, <https://orcid.org/0000-0002-9008-6383>

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>

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, <https://orcid.org/0000-0001-9167-637X>

Information about the authors

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, <https://orcid.org/0000-0001-9189-3323>

Aleksandr P. Zhivotenko – 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>

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>

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, <https://orcid.org/0000-0002-1352-0502>

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, <https://orcid.org/0000-0001-9167-637X>