

НЕВРОЛОГИЯ И НЕЙРОХИРУРГИЯ NEUROLOGY AND NEUROSURGERY

АНАЛИЗ ОСЛОЖНЕНИЙ И НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ДЕГЕНЕРАТИВНОГО СТЕНОЗА ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНОГО КАНАЛА У ЛИЦ ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА

Очкал С.В.¹,
Сороковиков В.А.^{1,2},
Потапов В.Э.²,
Ларионов С.Н.²

¹ Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования – филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России (664049, г. Иркутск, Юбилейный, 100, Россия)

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

Автор, ответственный за переписку:
Очкал Сергей Владимирович,
e-mail: ostin.vl@mail.ru

РЕЗЮМЕ

Обоснование. Результаты лечения пациентов пожилого возраста, оперированных по поводу стеноза позвоночного канала, позволяют утверждать, что каскад дегенеративных изменений в позвоночно-двигательных сегментах приводит к формированию синдрома смежного уровня, псевдоартроза, а в ряде наблюдений – к нестабильности фиксирующей конструкции.

Цель исследования. Определение прогностических факторов возникновения синдрома смежного уровня у пациентов после декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств на позвоночнике.

Методы. Проведено ретроспективное когортное исследование хирургического лечения 129 больных пожилого возраста (старше 60 лет) за период с января 2018 по март 2022 г., которым выполнено оперативное вмешательство на пояснично-крестцовом уровне по поводу дегенеративного стеноза позвоночного канала.

Результаты. Исходы хирургического лечения 129 пациентов и результаты дискриминантного анализа морфометрических исследований данных компьютерной томографии свидетельствуют о том, что наибольшей значимостью развития синдрома смежного уровня обладают показатели угла лордозирования на смежном к оперированному сегменту (среднее значение в анализируемой группе – $12,87 \pm 2,22^\circ$; в группе контроля – $11,92 \pm 2,97^\circ$), высоты примыкающего межпозвонкового диска в переднем отделе (среднее значение в анализируемой группе – $12,70 \pm 2,44$ мм; в группе контроля – $11,46 \pm 3,58$ мм) и разница высоты диска в передних и задних отделах на смежном уровне (среднее значение в анализируемой группе – $5,48 \pm 2,84$ мм; в группе контроля – $6,27 \pm 2,71$ мм).

Заключение. При анализе исходов лечения 129 пациентов пожилого возраста, оперированных по поводу дегенеративного стеноза позвоночного канала с выполнением инструментального спондилодеза, выявлено, что у 16 из них развился синдром смежного уровня с увеличением угла лордозирования на смежном к оперированному сегменту уровне. Увеличение высоты примыкающего межпозвонкового диска в переднем отделе и снижение разницы высоты диска в передних и задних отделах на смежном уровне могут рассматриваться как неблагоприятные прогностические факторы ($p = 0,83$).

Ключевые слова: синдром смежных позвоночных сегментов, последствия декомпрессивно-стабилизирующих операций на позвоночнике, стеноз позвоночного канала

Для цитирования: Очкал С.В., Сороковиков В.А., Потапов В.Э., Ларионов С.Н. Анализ осложнений и неудовлетворительных результатов хирургического лечения дегенеративного стеноза поясничного отдела позвоночного канала у лиц пожилого возраста. Acta biomedica scientifica. 2022; 7(6): 137-145. doi: 10.29413/ABS.2022-7.6.14

Статья поступила: 05.06.2022

Статья принята: 20.12.2022

Статья опубликована: 29.12.2022

ANALYSIS OF COMPLICATIONS AND UNSATISFACTORY RESULTS OF SURGICAL TREATMENT OF DEGENERATIVE LUMBAR SPINAL STENOSIS IN THE ELDERLY PATIENTS

Ochkal S.V.¹,
Sorokovikov V.A.^{1,2},
Potapov V.E.²,
Larionov S.N.²

¹ Irkutsk State Medical Academy
of Postgraduate Education – Branch
Campus of the Russian Medical Academy
of Continuing Professional Education
(Yubileyniy 100, Irkutsk 664049,
Russian Federation)

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

Corresponding author:
Sergey V. Ochkal,
e-mail: ostin.vl@mail.ru

ABSTRACT

Background. The results of treatment of the elderly patients operated for spinal stenosis allow us to suggest that a cascade of degenerative changes in the spinal motion segments causes the formation of an adjacent level syndrome, pseudarthrosis, and in some cases – the instability in the fixing structure.

The aim of the study. To determine the prognostic factors for the adjacent level syndrome in patients after decompressive and stabilizing spinal surgeries.

Methods. We carried out a retrospective cohort study of the surgical treatment of 129 elderly patients (over 60 years of age) for the period from January 2018 to March 2022, who underwent surgery at the lumbosacral level of spine for degenerative spinal stenosis.

Results. The outcomes of surgical treatment of 129 patients and the results of discriminant analysis of morphometric studies of computed tomography data indicate that the most significant indicators for the development of the adjacent level syndrome are the lordosis angle in the segment adjacent to the operated one (the mean value in the analyzed group is $12.87 \pm 2.22^\circ$; in the control group – $11.92 \pm 2.97^\circ$); the anterior height of the adjacent intervertebral disc (the mean value in the analyzed group is 12.70 ± 2.44 mm; in the control group – 11.46 ± 3.58 mm) and the difference of anterior and posterior disc heights at the adjacent level (the mean value in the analyzed group is 5.48 ± 2.84 mm; in the control group – 6.27 ± 2.71 mm).

Conclusion. When analyzing the treatment outcomes of 129 elderly patients operated for degenerative spinal stenosis using instrumented spinal fusion, we revealed that in 16 patients, the adjacent level syndrome developed with an increase in the lordosis angle at the level adjacent to the operated segment. An increase in the anterior height of the adjacent intervertebral disc and the decrease in the difference of anterior and posterior disc heights at the adjacent level can be considered as unfavorable prognostic factors ($p = 0.83$).

Key words: adjacent segment syndrome, consequences of decompressive and stabilizing spinal surgeries, spinal stenosis

Received: 05.06.2022

Accepted: 20.12.2022

Published: 29.12.2022

For citation: Ochkal S.V., Sorokovikov V.A., Potapov V.E., Larionov S.N. Analysis of complications and unsatisfactory results of surgical treatment of degenerative lumbar spinal stenosis in the elderly patients. *Acta biomedica scientifica*. 2022; 7(6): 137-145. doi: 10.29413/ABS.2022-7.6.14

ОБОСНОВАНИЕ

Старение населения с увеличением продолжительности жизни закономерно привело к увеличению количества дегенеративно-дистрофических заболеваний позвоночника среди лиц пожилого и старческого возраста, а лечение дегенеративного стеноза поясничного отдела позвоночника стало ординарным нейрохирургическим вмешательством. Согласно данным Всемирной организации здравоохранения, проявления стеноза позвоночного канала встречаются в 95–98 % наблюдений у лиц преклонного возраста [1]. Возрастные дегенеративные изменения позвоночного столба являются проявлением естественных инволютивных процессов с исходом в стенозирование позвоночного канала и межпозвонковых отверстий. Дегенеративные изменения позвоночника и дугоотростчатых суставов выявляются при рентгенологических исследованиях у пациентов возраста 60–70 лет в 60 % случаев, а в более старшей категории показатель достигает 80–95 % [2].

Арсенал современных методов оперативного лечения дегенеративного стеноза поясничного отдела позвоночника у пожилых пациентов широк, но не всегда позволяет достичь желаемого результата [3], а полифакторная этиология патологии, грубые костно-суставные изменения закономерно накладывают отпечаток на исходы хирургического и восстановительного лечения [4–6].

Прогрессирующий дегенеративно-дистрофический процесс приводит не только к сужению позвоночного канала и межпозвонковых отверстий с развитием многоуровневого компрессионного синдрома, но и к развитию сегментарной нестабильности. Консервативные методы лечения позволяют на непродолжительное время уменьшить выраженность симптомов заболевания, но эффект, как правило, кратковременный.

Сопутствующая соматическая патология у пациентов пожилого возраста закономерно увеличивает риски послеоперационных осложнений и неудовлетворительных результатов лечения.

Внедрение в хирургическую практику технологий стабилизации позвоночника позволило снизить процент неудовлетворённых результатов [7]. Однако изучение результатов лечения этих пациентов позволяет утверждать, что каскад дегенеративных изменений приводит к формированию синдрома смежного уровня, псевдоартроза, а в ряде наблюдений – к несостоятельности конструкции фиксирующей системы вследствие остеопороза и нестабильности опорных винтовых элементов [8].

Высокая частота рецидива болевого синдрома в хирургии позвоночного стеноза стимулирует специалистов к поиску и определению эффективных диагностических критериев, позволяющих прогнозировать исходы лечения дегенеративной патологии позвоночника, предотвращать развитие осложнений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведено ретроспективное когортное исследование хирургического лечения больных пожилого воз-

раста (старше 60 лет) за период с января 2018 по март 2022 г., которым выполнено оперативное вмешательство на пояснично-крестцовом уровне по поводу дегенеративного стеноза позвоночного канала. В промежутке от двух до четырёх лет у 16 из 129 больных рецидивировали боли, неврологическая симптоматика и был диагностирован синдром смежного уровня. Распределение пациентов по возрасту: от 60 до 65 лет – 9 пациентов; от 66 до 70 лет – 4 пациента; от 71 до 75 лет – 2 пациента; 75 лет и старше – 1 пациент. Количество мужчин и женщин составило 6 и 10 пациентов соответственно. Диагноз стеноза позвоночного канала подтверждён инструментальными исследованиями (магнитно-резонансная томография (МРТ), мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) пояснично-крестцового отдела позвоночника), а клинические проявления характеризовались болью (оценка по визуально-аналоговой шкале (ВАШ) > 7 баллов) и синдромами люмбоишалгии, радикулопатии, каудогенной перемежающейся хромоты, реже – тазовыми нарушениями. Микрохирургическая техника оперативного лечения заключалась в резекции дуги позвонка либо её части с дугоотростчатым суставом на стороне компрессии, удалении жёлтой связки и выполнении фораминотомии. Ортопедический компонент оперативного лечения подразумевал применение ригидной 4-винтовой системы транспедикулярной стабилизации. Уровни стабилизации позвоночно-двигательных сегментов были представлены следующим образом: L_{III}–L_{IV} – 2 пациента; L_{IV}–L_V – 8 пациентов; L_V–S_I – 6 пациентов.

У всех пациентов выявлены различные сочетания и выраженность сопутствующих соматических патологий, а именно гипертоническая болезнь, ишемическая болезнь сердца, сахарный диабет II типа, остеопенический синдром, ожирение I, II степени.

С целью выявления прогностических критериев исходов хирургического лечения дегенеративного стеноза позвоночного канала больные разделены на две группы в зависимости от наличия или отсутствия патологии смежного уровня. В первую группу включены пациенты с рецидивом болевого синдрома, возникшим в послеоперационном периоде и подтверждённым рентгенологически синдромом смежного уровня. Оставшиеся пациенты с благоприятным исходом первичного оперативного вмешательства составили вторую группу. Из базы данных получены рентгенологические снимки, данные МСКТ и МРТ поясничного отдела в формате DICOM, выполненные до и после декомпрессивно-стабилизирующего вмешательства на пояснично-крестцовом отделе позвоночника. При анализе предоперационных методов инструментального исследования рассчитывались углы лордозирования на уровне поражённого сегмента и двух смежных с ним сегментов, угол Кобба на уровне L_I–S_I, высота передних и задних отделов межпозвонкового диска в сагиттальной и фронтальной проекциях и разница этих показателей на смежных уровнях (рис. 1). Все полученные данные были проанализированы с применением статистических методов в программе Statistica v. 10.0 (StatSoft Inc., США).

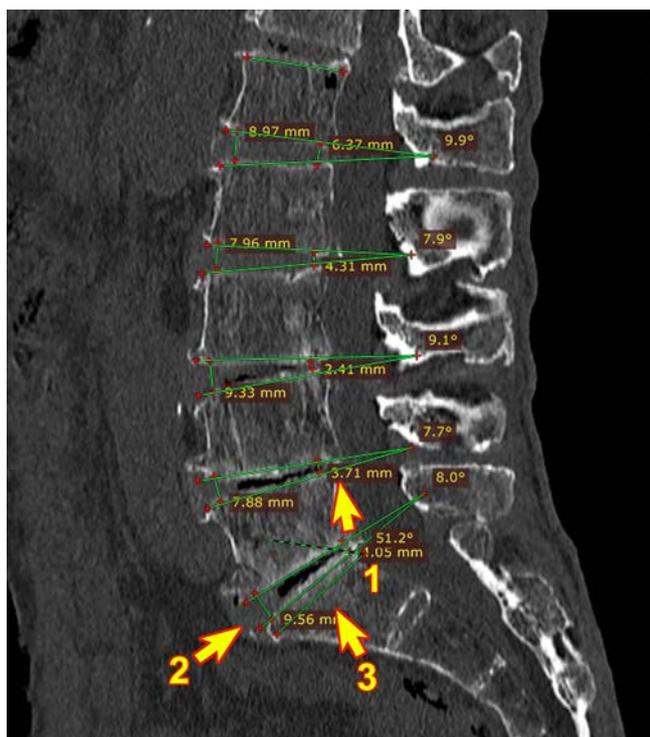


РИС. 1.

МСКТ пояснично-крестцового отдела позвоночника с расчётом углов лордозирования (1), угла Кобба (3), высоты межпозвонковых дисков (2) в сагиттальной и фронтальной проекциях

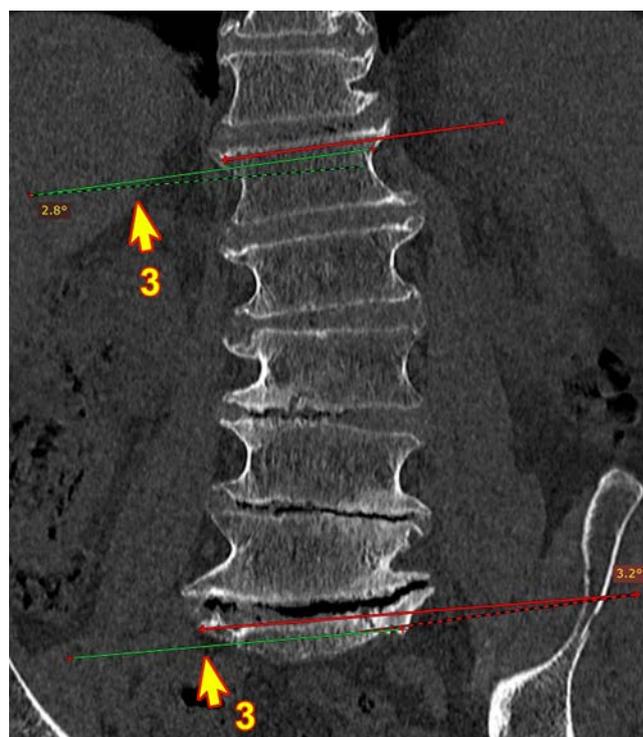


FIG. 1.

MSCT of the lumbosacral spine with calculation of lordosis angles (1), Cobb angle (3), intervertebral discs height (2) in sagittal and frontal views

Исследование одобрено локальным этическим комитетом Иркутской государственной медицинской академии последипломного образования – филиала ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России (протокол № 10 от 24.12.2020). Все пациенты подписали добровольное информированное согласие.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Оперативное лечение позволило достичь улучшение состояния со значительным снижением болевого синдрома (ВАШ < 4 баллов) у 79,64 % пациентов, регресса неврологической симптоматики (радикулопатии, каудогенной перемежающейся хромоты, тазовых нарушений) у 85,8 % пациентов, улучшения качества жизни по шкале Макнаб у 85,8 % пациентов. В 16 случаях диагностированы рецидив болевых проявлений и синдром патологии смежного уровня.

Результаты морфометрических исследований у пациентов обеих групп сгруппированы и проверены на соответствие возможностям статистического анализа. Выявлено, что группы обладают нормальным групповым распределением признака и могут быть подвергнуты анализу дискриминантных функций (рис. 2).

По результатам дискриминантного анализа (табл. 1) определено, что наибольшей статистической значимо-

стью в развитии синдрома смежного уровня обладают величина угла лордозирования на смежном к оперированному сегменту уровне (среднее значение в анализируемой группе – $12,87 \pm 2,22^\circ$, в группе контроля – $11,92 \pm 2,97^\circ$), высота примыкающего межпозвонкового диска в переднем отделе (среднее значение в анализируемой группе – $12,70 \pm 2,44$ мм, в группе контроля – $11,46 \pm 3,58$ мм) и разница высот диска в передних и задних отделах на смежном уровне (среднее значение в анализируемой группе – $5,48 \pm 2,84$ мм, в группе контроля – $6,27 \pm 2,71$ мм). То есть, вероятно, увеличение угла лордозирования на смежном к оперированному сегменту относительно средних значений контроля, как и увеличение высоты примыкающего межпозвонкового диска в переднем отделе и снижение разницы высоты диска в передних и задних отделах на смежном уровне способствуют развитию синдрома смежного сегмента ($p = 0,83$).

Анализ исходов хирургического лечения спинального стеноза с использованием инструментальной фиксации в корреляции с морфометрией данных интроскопии до и после оперативного вмешательства позволили выявить ряд прогностических факторов у пациентов пожилого возраста, позволяющих оценить риск рецидива болевого синдрома и развития синдрома смежного уровня. Наиболее значимым из них является показатель угла лордозирования на смежном к уровню оперативного вмешательства позвоночно-двигательном сегменте ($p = 0,83$). Определение угол Кобба для прогнозиро-

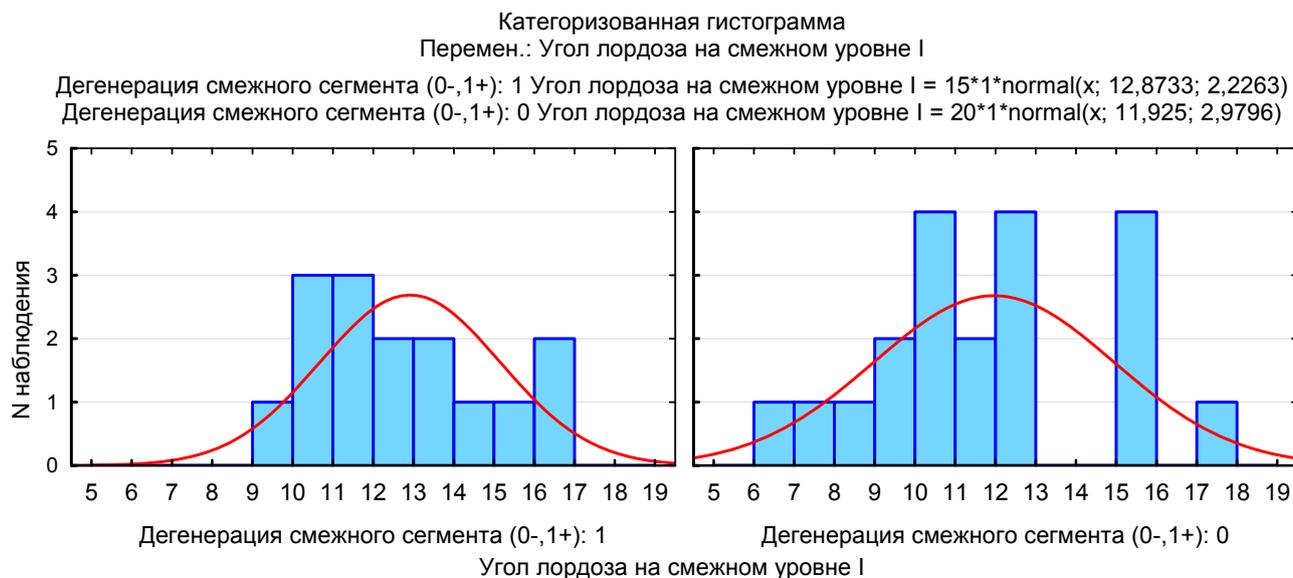


РИС. 2.
Категоризованная гистограмма угла лордоза на смежном уровне

FIG. 2.
Categorized histogram of the lordosis angle at the adjacent level

ТАБЛИЦА 1
РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА ДИСКРИМИНАНТНЫХ ФУНКЦИЙ

TABLE 1
RESULTS OF THE ANALYSIS OF DISCRIMINANT FUNCTIONS

N = 35	Переменных в модели – 12. Группировка: дегенерация смежного сегмента (0-,1+) (2 группы) Лямбда Уилкса = 0,49317; прилб. F (12,22) = 1,8841; p < 0,0954						
	Лямбда Уилкса	Частная лямбда	F-исключ. (1,22)	p	Толер.	1-толер. (R ²)	
Угол лордоза на уровне стеноза	0,637806	0,773227	6,452189	0,018654	0,301628	0,698372	
Угол лордоза на смежном уровне I	0,494282	0,997746	0,049693	0,825655	0,468298	0,531702	
Угол лордоза на смежном уровне II	0,496557	0,993176	0,151170	0,701158	0,690345	0,309655	
Угол Кобба (аксиальный) L _v -S ₁	0,589330	0,836829	4,289723	0,050275	0,543708	0,456292	
Угол Кобба слева L ₁ -S ₁	0,620711	0,794521	5,689632	0,026108	0,030138	0,969862	
Угол Кобба справа L ₁ -S ₁	0,583186	0,845645	4,015643	0,057546	0,032407	0,967593	
Высота А/Б передняя на уровне стеноза	0,493717	0,998889	0,024461	0,877144	0,341809	0,658191	
Высота А/Б передняя на смежном уровне I	0,493631	0,999062	0,020648	0,887051	0,244228	0,755772	
Высота А/Б передняя на смежном уровне II	0,520899	0,946764	1,237046	0,278048	0,546716	0,453284	
Высота А/Б на уровне стеноза	0,553646	0,890765	2,697865	0,114701	0,360349	0,639651	
Высота А/Б на смежном уровне I	0,519551	0,949220	1,176933	0,289727	0,323539	0,676461	
Высота А/Б на смежном уровне II	0,498357	0,989588	0,231468	0,635188	0,696944	0,303057	
N = 36	Переменных в модели – 3. Группировка: дегенерация смежного сегмента (0-,1+) (2 группы) Лямбда Уилкса = 0,94837; прилб. F (3,32) = 0,58071; p < 0,6320						
	Лямбда Уилкса	Частная лямбда	F-исключ. (1,32)	p	Толер.	1-толер. (R ²)	
	А/Б передняя – А/Б задняя на уровне стеноза	0,977883	0,969819	0,995853	0,325803	0,832850	0,167150
	А/Б передняя – А/Б задняя на смежном уровне I	0,950069	0,998211	0,057365	0,812237	0,758693	0,241307
А/Б передняя – А/Б задняя на смежном уровне II	0,970781	0,976914	0,756214	0,390992	0,879414	0,120586	

вания риска развития стеноза смежного уровня менее эффективно ($p = 0,05$).

ОБСУЖДЕНИЕ

Одним из основных факторов риска развития синдрома смежного уровня у пожилых пациентов, оперированных по поводу стеноза позвоночного канала, является нарушение биомеханики позвоночно-двигательного сегмента после спондилодеза [9, 10], а дегенеративные и возрастные изменения нередко выступают провоцирующими факторами ускоряющими процессы [11–13]. Также фактором, влияющим на ускоренное развитие дегенеративного процесса позвоночника у женщин, является постменопаузальный остеопороз [14, 15].

Следствием дегенеративных изменений является нарушение подвижности и перераспределение динамической нагрузки на смежный к оперированному уровню [16]. Стабилизация нижележащего сегмента увеличивает внутрисконное давление на смежных уровнях и сопровождается изменением распределения нагрузки на передний, средний и задний опорные комплексы позвоночно-двигательного сегмента [17].

Результаты исследования позволяют предположить, что для прогнозирования возникновения синдрома смежного уровня может быть использован алгоритм оценки углов лордозирования, высоты смежных дисков и разницы их величины как признаков риска возникновения осложнений в прилежащих к стабилизированным сегментах позвоночника.

Данные исследования подтверждаются фактами российских и зарубежных исследователей, где сообщается, что у пациентов пожилого и старческого возраста после декомпрессивно-стабилизирующих операций в 5–7 % наблюдений формируется псевдоартроз, который является причиной неудовлетворительных результатов и реопераций. O. Adogwa и соавт. сообщили, что у 10,3 % пациентов в возрасте старше 60 лет проводятся повторные операции вследствие рестеноза, формирования болезни смежного уровня или псевдоартроза [18].

Одной из задач профилактики дегенерации смежного уровня является сохранение естественной подвижности оперированного позвоночно-двигательного сегмента [10]. Одним из вариантов сохранения амортизирующей функции позвоночника является использование динамических систем стабилизации, к которым относятся: использование динамических стержней, имплантов диска с функцией амортизации, динамических межкостистых имплантов, трансфасеточных имплантов [19–26]. Применение вышеуказанных технологий активно изучается и анализируется исследователями посредством 3D-моделирования и анализа результатов оперативного лечения пациентов в проспективных исследованиях [26–30].

Результаты проведённого исследования свидетельствуют о необходимости дальнейших исследований для определения групп риска формирования синдрома смежного уровня разработки и на этой основе новых технологий дифференцированного хирургическо-

го лечения стеноза позвоночного канала у лиц пожилого возраста [12, 13].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При анализе исходов лечения 129 пациентов пожилого возраста, оперированных по поводу дегенеративного стеноза позвоночного канала с выполнением инструментального спондилодеза, выявлено, что у 16 развился синдром смежного уровня, а морфометрические МСКТ-данные показали увеличение угла лордозирования на смежном к оперированному сегменту уровне, увеличение высоты межпозвонкового диска в переднем отделе относительно среднего значения и снижение разницы высоты диска в передних и задних отделах на смежном уровне относительно среднего значения, которые могут привести к развитию синдрома смежного сегмента.

Вопросы исходов и прогноза отдалённых результатов оперативного лечения стеноза позвоночного канала у пациентов пожилого возраста ещё далеки до своего разрешения. Применяемые методы декомпрессивно-стабилизирующих операций в ряде случаев не приносят ожидаемого результата у пациентов старше 60 лет.

Причины неудовлетворительных результатов многофакторны. Одним из важных моментов является выбор и обоснованность метода оперативного лечения на основе анализа данных морфометрических исследований. Остаются открытыми вопросы прогнозирования течения дегенеративного процесса в послеоперационном периоде, влияющие на качество жизни пациентов, а также вопросы реабилитации таких пациентов.

Конфликт интересов

Авторы данной статьи сообщают об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Халепа Р.В., Климов В.С. Стеноз позвоночного канала поясничного отдела у пациентов пожилого и старческого возраста: состояние проблемы, особенности хирургического лечения. *Нейрохирургия*. 2017; 1: 100-108.
2. Балязин В.А., Балязина Е.В. Боль в спине у пожилых людей: особенности лечения. *РМЖ*. 2016; 24(7): 439-441.
3. Machado GC, Ferreira PH, Harris IA, Pinheiro MB, Koes BW, van Tulder M, et al. Effectiveness of surgery for lumbar spinal stenosis: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2015; 10(3): e0122800. doi: 10.1371/journal.pone.0122800
4. Гринь А.А., Никитин А.С., Юсупов С.Э.Р. Хирургическая тактика лечения стеноза позвоночного канала на поясничном уровне у пациентов пожилого и старческого возраста. *Нейрохирургия*. 2020; 22(1): 93-102.
5. Lurie J, Tomkins-Lane C. Management of lumbar spinal stenosis. *BMJ*. 2016; 352: h6234. doi: 10.1136/bmj.h6234
6. Covaro A, Vilà-Canet G, de Frutos AG, Ubierna MT, Ciccolo F, Caceres E. Management of degenerative lumbar spinal stenosis:

An evidence-based review. *EFORT Open Rev.* 2017; 1(7): 267-274. doi: 10.1302/2058-5241.1.000030

7. Machado GC, Ferreira PH, Yoo RI, Harris IA, Pinheiro MB, Koes BW, et al. Surgical options for lumbar spinal stenosis. *Cochrane Database Syst Rev.* 2016; 11(11): CD012421. doi: 10.1002/14651858.CD012421

8. Kalf R, Ewald C, Waschke A, Gobisch L, Hopf C. Degenerative lumbar spinal stenosis in older people: Current treatment options. *Dtsch Arztebl Int.* 2013; 110(37): 613-624. doi: 10.3238/arztebl.2013.0613

9. Zhao X, Du L, Xie Y, Zhao J. Effect of lumbar lordosis on the adjacent segment in transforaminal lumbar interbody fusion: A finite element analysis. *World Neurosurg.* 2018; 114: e114-e120. doi: 10.1016/j.wneu.2018.02.073

10. Park P, Garton HJ, Gala VC, Hoff JT, McGillicuddy JE. Adjacent segment disease after lumbar or lumbosacral fusion: Review of the literature. *Spine (Phila Pa 1976).* 2004; 29(17): 1938-1944. doi: 10.1097/01.brs.0000137069.88904.03

11. Chen BL, Wei FX, Ueyama K, Xie DH, Sannohe A, Liu SY. Adjacent segment degeneration after single-segment PLIF: The risk factor for degeneration and its impact on clinical outcomes. *Eur Spine J.* 2011; 20(11): 1946-1950. doi: 10.1007/s00586-011-1888-1

12. 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(1): 1-6. doi: 10.1186/s13018-014-0097-0

13. Ma Z, Huang S, Sun J, Li F, Sun J, Pi G. Risk factors for upper adjacent segment degeneration after multi-level posterior lumbar spinal fusion surgery. *J Orthop Surg Res.* 2019; 14(1): 89. doi: 10.1186/s13018-019-1126-9

14. Sears WR, Sergides IG, Kazemi N, Smith M, White GJ, Osburg B. Incidence and prevalence of surgery at segments adjacent to a previous posterior lumbar arthrodesis. *Spine J.* 2011; 11(1): 11-20. doi: 10.1016/j.spinee.2010.09.026

15. Axelsson P, Johnsson R, Strömquist B. Adjacent segment hypermobility after lumbar spine fusion: No association with progressive degeneration of the segment 5 years after surgery. *Acta Orthop.* 2007; 78(6): 834-839. doi: 10.1080/17453670710014635

16. Cao L, Liu Y, Mei W, Xu J, Zhan S. Biomechanical changes of degenerated adjacent segment and intact lumbar spine after lumbosacral topping-off surgery: A three-dimensional finite element analysis. *BMC Musculoskelet Disord.* 2020; 21(1): 104. doi: 10.1186/s12891-020-3128-5

17. 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

18. Adogwa O, Carr RK, Kudyba K, Karikari I, Bagley CA, Gokaslan ZL, et al. Revision lumbar surgery in elderly patients with symptomatic pseudarthrosis, adjacent-segment disease, or same-level recurrent stenosis. Part 1. Two-year outcomes and clinical efficacy: Clinical article. *J Neurosurg Spine.* 2013; 18(2): 139-146. doi: 10.3171/2012.11.SPINE12224

19. Kaner T, Ozer AF. Dynamic stabilization for challenging lumbar degenerative diseases of the spine: A review of the literature. *Adv Orthop.* 2013; 2013: 753470. doi: 10.1155/2013/753470

20. Zhou ZJ, Xia P, Zhao X, Fang XQ, Zhao FD, Fan SW. Can posterior dynamic stabilization reduce the risk of adjacent

segment deterioration? *Turk Neurosurg.* 2013; 23(5): 579-589. doi: 10.5137/1019-5149.JTN.6573-12.1

21. Lu K, Liliang PC, Wang HK, Liang CL, Chen JS, Chen TB, et al. Reduction in adjacent-segment degeneration after multilevel posterior lumbar interbody fusion with proximal DIAM implantation. *J Neurosurg Spine.* 2015; 23(2): 190-196. doi: 10.3171/2014.12.SPINE14666

22. Lee CH, Kim YE, Lee HJ, Kim DG, Kim CH. Biomechanical effects of hybrid stabilization on the risk of proximal adjacent-segment degeneration following lumbar spinal fusion using an interspinous device or a pedicle screw-based dynamic fixator. *J Neurosurg Spine.* 2017; 27(6): 643-649. doi: 10.3171/2017.3.SPINE161169

23. Lee CH, Hyun SJ, Kim KJ, Jahng TA, Yoon SH, Kim HJ. The efficacy of lumbar hybrid stabilization using the DIAM to delay adjacent segment degeneration: An intervention comparison study with a minimum 2-year follow-up. *Neurosurgery.* 2013; 73(Suppl 2): ons224-ons232. doi: 10.1227/NEU.0b013e31828e8ddc

24. Wang H, Peng J, Zeng Q, Zhong Y, Xiao C, Ye Y, et al. Dynesys system vs posterior decompression and fusion for the treatment of lumbar degenerative diseases. *Medicine (Baltimore).* 2020; 99(21): e19784. doi: 10.1097/MD.00000000000019784

25. Kuo CH, Huang WC, Wu JC, Tu TH, Fay LY, Wu CL, et al. Radiological adjacent-segment degeneration in L4-5 spondylolisthesis: comparison between dynamic stabilization and minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion. *J Neurosurg Spine.* 2018; 29(3): 250-258. doi: 10.3171/2018.1.SPINE17993

26. Hu A, Sun C, Liang Y, Wang H, Li X, Dong J. Multi-segmental lumbar spinal stenosis treated with Dynesys stabilization versus lumbar fusion in elderly patients: A retrospective study with a minimum of 5 years' follow-up. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2019; 139(10): 1361-1368. doi: 10.1007/s00402-019-03234-3

27. Tsuang FY, Tsai JC, Lai DM. Effect of lordosis on adjacent levels after lumbar interbody fusion, before and after removal of the spinal fixator: A finite element analysis. *BMC Musculoskelet Dis.* 2019; 20(1): 470. doi: 10.1186/s12891-019-2886-4

28. Zhou C, Cha T, Li G. An upper bound computational model for investigation of fusion effects on adjacent segment biomechanics of the lumbar spine. *Comput Methods Biomech Biomed Engin.* 2019; 22(14): 1126-1134. doi: 10.1080/10255842.2019.1639047

29. Jiang S, Li W. Biomechanical study of proximal adjacent segment degeneration after posterior lumbar interbody fusion and fixation: A finite element analysis. *J Orthop Surg Res.* 2019; 14(1): 135. doi: 10.1186/s13018-019-1150-9

30. Bieri KS, Goodwin K, Aghayev E, Riesner HJ, Greiner-Perth R. Dynamic posterior stabilization versus posterior lumbar intervertebral fusion: A matched cohort study based on the Spine Tango Registry. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg.* 2018; 79(3): 224-230. doi: 10.1055/s-0037-1615264

REFERENCES

1. Khalepa RV, Klimov VS. Lumbar spinal stenosis in elderly and senile patients: problem state and features of surgical treatment. *Russian Journal of Neurosurgery.* 2017; 1: 100-108. (In Russ.).

2. Balyazin VA, Balyazina EV. Back pain in the elderly: Features of treatment. *Russian Medical Journal.* 2016; 24(7): 439-441. (In Russ.).

3. Machado GC, Ferreira PH, Harris IA, Pinheiro MB, Koes BW, van Tulder M, et al. Effectiveness of surgery for lumbar spinal stenosis: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2015; 10(3): e0122800. doi: 10.1371/journal.pone.0122800
4. Grin AA, Nikitin AS, Yusupov SR. Surgical treatment of spinal canal stenosis at the lumbar level in the elderly and senile patients. *Russian Journal of Neurosurgery*. 2020; 22(1): 93-102. (In Russ.).
5. Lurie J, Tomkins-Lane C. Management of lumbar spinal stenosis. *BMJ*. 2016; 352: h6234. doi: 10.1136/bmj.h6234
6. Covaro A, Vilà-Canet G, de Frutos AG, Ubierna MT, Ciccolo F, Caceres E. Management of degenerative lumbar spinal stenosis: An evidence-based review. *EFORT Open Rev*. 2017; 1(7): 267-274. doi: 10.1302/2058-5241.1.000030
7. Machado GC, Ferreira PH, Yoo RI, Harris IA, Pinheiro MB, Koes BW, et al. Surgical options for lumbar spinal stenosis. *Cochrane Database Syst Rev*. 2016; 11(11): CD012421. doi: 10.1002/14651858.CD012421
8. Kalff R, Ewald C, Waschke A, Gobisch L, Hopf C. Degenerative lumbar spinal stenosis in older people: Current treatment options. *Dtsch Arztebl Int*. 2013; 110(37): 613-624. doi: 10.3238/arztebl.2013.0613
9. Zhao X, Du L, Xie Y, Zhao J. Effect of lumbar lordosis on the adjacent segment in transforaminal lumbar interbody fusion: A finite element analysis. *World Neurosurg*. 2018; 114: e114-e120. doi: 10.1016/j.wneu.2018.02.073
10. Park P, Garton HJ, Gala VC, Hoff JT, McGillicuddy JE. Adjacent segment disease after lumbar or lumbosacral fusion: Review of the literature. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2004; 29(17): 1938-1944. doi: 10.1097/01.brs.0000137069.88904.03
11. Chen BL, Wei FX, Ueyama K, Xie DH, Sannohe A, Liu SY. Adjacent segment degeneration after single-segment PLIF: The risk factor for degeneration and its impact on clinical outcomes. *Eur Spine J*. 2011; 20(11): 1946-1950. doi: 10.1007/s00586-011-1888-1
12. 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(1): 1-6. doi: 10.1186/s13018-014-0097-0
13. Ma Z, Huang S, Sun J, Li F, Sun J, Pi G. Risk factors for upper adjacent segment degeneration after multi-level posterior lumbar spinal fusion surgery. *J Orthop Surg Res*. 2019; 14(1): 89. doi: 10.1186/s13018-019-1126-9
14. Sears WR, Sergides IG, Kazemi N, Smith M, White GJ, Osburg B. Incidence and prevalence of surgery at segments adjacent to a previous posterior lumbar arthrodesis. *Spine J*. 2011; 11(1): 11-20. doi: 10.1016/j.spinee.2010.09.026
15. Axelsson P, Johnsson R, Strömquist B. Adjacent segment hypermobility after lumbar spine fusion: No association with progressive degeneration of the segment 5 years after surgery. *Acta Orthop*. 2007; 78(6): 834-839. doi: 10.1080/17453670710014635
16. Cao L, Liu Y, Mei W, Xu J, Zhan S. Biomechanical changes of degenerated adjacent segment and intact lumbar spine after lumbosacral topping-off surgery: A three-dimensional finite element analysis. *BMC Musculoskelet Disord*. 2020; 21(1): 104. doi: 10.1186/s12891-020-3128-5
17. 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
18. Adogwa O, Carr RK, Kudyba K, Karikari I, Bagley CA, Gokaslan ZL, et al. Revision lumbar surgery in elderly patients with symptomatic pseudarthrosis, adjacent-segment disease, or same-level recurrent stenosis. Part 1. Two-year outcomes and clinical efficacy: Clinical article. *J Neurosurg Spine*. 2013; 18(2): 139-146. doi: 10.3171/2012.11.SPINE12224
19. Kaner T, Ozer AF. Dynamic stabilization for challenging lumbar degenerative diseases of the spine: A review of the literature. *Adv Orthop*. 2013; 2013: 753470. doi: 10.1155/2013/753470
20. Zhou ZJ, Xia P, Zhao X, Fang XQ, Zhao FD, Fan SW. Can posterior dynamic stabilization reduce the risk of adjacent segment deterioration? *Turk Neurosurg*. 2013; 23(5): 579-589. doi: 10.5137/1019-5149.JTN.6573-12.1
21. Lu K, Liliang PC, Wang HK, Liang CL, Chen JS, Chen TB, et al. Reduction in adjacent-segment degeneration after multilevel posterior lumbar interbody fusion with proximal DIAM implantation. *J Neurosurg Spine*. 2015; 23(2): 190-196. doi: 10.3171/2014.12.SPINE14666
22. Lee CH, Kim YE, Lee HJ, Kim DG, Kim CH. Biomechanical effects of hybrid stabilization on the risk of proximal adjacent-segment degeneration following lumbar spinal fusion using an interspinous device or a pedicle screw-based dynamic fixator. *J Neurosurg Spine*. 2017; 27(6): 643-649. doi: 10.3171/2017.3.SPINE161169
23. Lee CH, Hyun SJ, Kim KJ, Jahng TA, Yoon SH, Kim HJ. The efficacy of lumbar hybrid stabilization using the DIAM to delay adjacent segment degeneration: An intervention comparison study with a minimum 2-year follow-up. *Neurosurgery*. 2013; 73(Suppl 2): ons224-ons232. doi: 10.1227/NEU.0b013e31828e8ddc
24. Wang H, Peng J, Zeng Q, Zhong Y, Xiao C, Ye Y, et al. Dynesys system vs posterior decompression and fusion for the treatment of lumbar degenerative diseases. *Medicine (Baltimore)*. 2020; 99(21): e19784. doi: 10.1097/MD.00000000000019784
25. Kuo CH, Huang WC, Wu JC, Tu TH, Fay LY, Wu CL, et al. Radiological adjacent-segment degeneration in L4-5 spondylolisthesis: comparison between dynamic stabilization and minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion. *J Neurosurg Spine*. 2018; 29(3): 250-258. doi: 10.3171/2018.1.SPINE17993
26. Hu A, Sun C, Liang Y, Wang H, Li X, Dong J. Multi-segmental lumbar spinal stenosis treated with Dynesys stabilization versus lumbar fusion in elderly patients: A retrospective study with a minimum of 5 years' follow-up. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2019; 139(10): 1361-1368. doi: 10.1007/s00402-019-03234-3
27. Tsuang FY, Tsai JC, Lai DM. Effect of lordosis on adjacent levels after lumbar interbody fusion, before and after removal of the spinal fixator: A finite element analysis. *BMC Musculoskelet Dis*. 2019; 20(1): 470. doi: 10.1186/s12891-019-2886-4
28. Zhou C, Cha T, Li G. An upper bound computational model for investigation of fusion effects on adjacent segment biomechanics of the lumbar spine. *Comput Methods Biomech Biomed Engin*. 2019; 22(14): 1126-1134. doi: 10.1080/10255842.2019.1639047
29. Jiang S, Li W. Biomechanical study of proximal adjacent segment degeneration after posterior lumbar interbody fusion and fixation: A finite element analysis. *J Orthop Surg Res*. 2019; 14(1): 135. doi: 10.1186/s13018-019-1150-9
30. Bieri KS, Goodwin K, Aghayev E, Riesner HJ, Greiner-Perth R. Dynamic posterior stabilization versus posterior lumbar intervertebral fusion: A matched cohort study based on the Spine Tango Registry. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg*. 2018; 79(3): 224-230. doi: 10.1055/s-0037-1615264

Сведения об авторах

Очкал Сергей Владимирович – аспирант кафедры травматологии, ортопедии и нейрохирургии, Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования – филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, e-mail: ostin.vl@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9969-8845>

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: svladimir10@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9008-6383>

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, профессор, заведующий научно-клиническим отделом нейрохирургии, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: snlar@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9189-3323>

Information about the authors

Sergey V. Ochkal – Postgraduate, Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education – Branch Campus of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, e-mail: ostin.vl@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9969-8845>

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: svladimir10@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9008-6383>

Vitaly E. Potapov – Cand. Sc. (Med.), Head of the Neurosurgical Department, 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.), Professor, 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>