

## РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ И ФАКТОРЫ РИСКА РАЗВИТИЯ ДЕГЕНЕРАТИВНОГО ЗАБОЛЕВАНИЯ СМЕЖНЫХ ПОЯСНИЧНЫХ СЕГМЕНТОВ ПОСЛЕ ДОРЗАЛЬНЫХ ДЕКОМПРЕССИВНО-СТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ

Пестряков Ю.Я.<sup>1,2</sup>, Спиридонов А.В.<sup>1,2</sup>, Калинин А.А.<sup>1</sup>, Бывальцев В.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет Минздрава России», Иркутск, e-mail: byval75vadim@yandex.ru;

<sup>2</sup>КГБУЗ «Краевая клиническая больница» Министерства здравоохранения РФ, Красноярск

Цель исследования - изучить распространенность и провести анализ факторов риска развития дегенерации смежных сегментов (ДСС) / дегенеративного заболевания смежных сегментов (ДЗСС) у пациентов, перенесших дорсальные декомпрессивно-стабилизирующие вмешательства (ДДСВ) с использованием ригидных систем. В исследование включены медицинские карты 164 пациентов (97 мужчин, 67 женщин, со средним возрастом 54,2±10,4 года), которым в период с января 2016 г. по январь 2019 г. на базе отделения нейрохирургии Краевой клинической больницы (Красноярск, Российская Федерация) выполнены ДДСВ. Оценивались индивидуальные особенности пациентов, хирургические параметры и инструментальные данные. Признаки ДСС/ДЗСС верифицированы у 11 (6,7%) пациентов, при этом во всех случаях отмечены на уровне вышележащего ПДС. Построение модели логистической регрессии продемонстрировало достоверное влияние избыточной массы тела (индекс массы тела более 25 кг/м<sup>2</sup>), высокой степени дегенерации смежных межпозвонковых дисков (МПД) (III-IV степень по классификации Pfirrmann) и низкого значения ангуляции смежного уровня (менее 10,5°) на риск развития ДСС/ДЗСС у пациентов, которые перенесли ДДСВ. У пациентов перед проведением ДДСВ и выявлением факторов риска формирования ДСС/ДЗСС для предотвращения развития неблагоприятных клинических исходов и проведения повторных хирургических вмешательств целесообразно либо вовлекать в ригидную стабилизацию вышележащий уровень, либо использовать динамические фиксирующие устройства с профилактической целью.

Ключевые слова: поясничный отдел позвоночника, ригидная стабилизация, смежный позвоночно-двигательный сегмент, дегенерация, дегенеративное заболевание, распространенность, факторы риска.

## INCIDENCE AND RISK FACTORS OF ADJACENT LUMBAR SEGMENT DEGENERATIVE DISEASE FOLLOWING DORSAL DECOMPRESSION-STABILIZING SURGERY

Pestryakov Y.Y.<sup>1,2</sup>, Spiridonov A.V.<sup>1,2</sup>, Kalinin A.A.<sup>1</sup>, Byvaltsev V.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>FSBIHE "Irkutsk state medical university of the ministry of public health of the Russian Federation", Irkutsk, e-mail: byval75vadim@yandex.ru;

<sup>2</sup>RSBHI Regional Clinical Hospital Krasnoyarsk

To analyze the prevalence and risk factors for the adjacent segment degeneration s (ADS)/ adjacent segment degenerative disease (ASDd) development in patients undergoing dorsal decompression-stabilizing interventions. The study included medical records of 164 patients (97 men, 67 women, the average age was 54.2±10.4 years) which in the period from January 2016 to January 2019 on the basis of the Department of Neurosurgery of the Regional Clinical Hospital (Krasnoyarsk, Russian Federation) performed dorsal decompression-stabilizing interventions for lumbar spine degenerative diseases. Individual patient characteristics, surgical parameters, and instrumental data were evaluated. Signs of ADS/ASDd were verified in 11 (6.7%) patients, while in all cases they were noted at the level of the overlying segment. The construction of a logistic regression model clearly demonstrated the significant effect of a high body mass index (more than 25 kg/m<sup>2</sup>), a high degree of degeneration of adjacent intervertebral discs (grade III-IV by Pfirrmann C. classification, and a low value of adjacent segments angulation (less than 10.5°) at risk of developing ADS/ASDd in patients who have undergone dorsal decompression-stabilizing interventions. In patients before dorsal decompression-stabilizing interventions and identifying risk factors for the formation of ADS/ASDd to prevent the development of adverse clinical outcomes and repeated surgical interventions, it is advisable to either involve an overlying level in rigid stabilization or use dynamic fixation devices for prophylactic purposes.

Keywords: lumbar spine, dorsal decompression-stabilizing interventions, adjacent segment, degeneration, degenerative disease, prevalence, risk factors.

Дорсальные декомпрессивно-стабилизирующие вмешательства (ДДСВ) являются оптимальным методом хирургического лечения пациентов с дегенеративными заболеваниями поясничного отдела позвоночника [1]. Такие операции позволяют достигнуть полноценного купирования клиничко-неврологической симптоматики и значимого улучшения качества жизни у большинства пациентов [2]. На сегодняшний день накопленный практический опыт продемонстрировал, что ДДСВ сопряжены с развитием определенных нежелательных явлений, среди которых наиболее распространенным является дегенерация смежных сегментов (ДСС), а при наличии клиничко-неврологических проявлений последней – дегенеративное заболевание смежных сегментов (ДЗСС) [3]. Как известно, ведущей причиной формирования ДСС/ДЗСС после выполнения ДДСВ с использованием ригидных систем, является нарушение естественной биомеханики позвоночного столба, что влечет за собой увеличение нагрузки на смежные с оперированным сегменты [4].

Поиск специализированной литературы в отечественных и зарубежных базах данных показал наличие ряда исследований, посвященных изучению распространенности и факторов риска развития ДСС/ДЗСС после выполнения ДДСВ [5; 6]. Согласно результатам исследований, к основным предикторам формирования ДСС/ДЗСС после ригидной стабилизации относят пожилой возраст, женский пол, количество оперированных позвоночно-двигательных сегментов (ПДС), исходное состояние смежных уровней, а также изменение параметров сагиттального баланса [7]. При этом указанные клиничческие серии основаны на анализе малочисленных когорт респондентов, включают изучение влияния различных клиничко-рентгенологических параметров на развитие ДСС/ДЗСС, а их результаты во многом противоречивы и неоднозначны [8; 9].

Цель исследования - изучить распространенность и провести анализ факторов риска развития дегенерации смежных сегментов (ДСС) / дегенеративного заболевания смежных сегментов (ДЗСС) у пациентов, перенесших дорсальные декомпрессивно-стабилизирующие вмешательства (ДДСВ) с использованием ригидных систем.

### **Материал и методы исследования**

Выполнено одноцентровое ретроспективное наблюдательное когортное исследование в период с января 2016 г. по январь 2019 г. на базе отделения нейрохирургии Краевой клиничческой больницы (Красноярск, Российская Федерация). Исследование одобрено этическим комитетом ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России, протокол № 3 от 15.11.2019 года.

В исследование включено 164 пациента (97 мужчин, 67 женщин, со средним возрастом  $54,2 \pm 10,4$  года), которым выполнены ДДСВ по поводу дегенеративного заболевания поясничного отдела позвоночника. Пациенты разделены на две группы, первую

(n=11) составили респонденты с развитием ДСС/ДЗСС, вторую (n=153) – респонденты без клинико-рентгенологических признаков синдрома смежного уровня. ДДСВ выполнялись по общепринятой хирургической методике с применением минимально инвазивного и открытого доступов (Minimally Invasive/Transforaminal Lumbar Interbody Fusion, MI/O-TLIF).

Критериями исключения из исследования являлись: травмы, опухоли, инфекционные поражения позвоночного столба, наличие сопутствующих соматических нозологических форм в стадии декомпенсации и аллергическая реакция на материалы имплантатов.

Оценивались: общая характеристика пациентов (пол, возраст, значение индекса массы тела (ИМТ), минеральная плотность костной ткани (МПКТ), длительность заболевания (от дебюта до момента выполнения оперативного вмешательства)), параметры хирургических вмешательств (количество оперированных ПДС, продолжительность операции, объем кровопотери, методика выполнения трансфораминального межтелового спондилодеза (MI/O-TLIF)) и инструментальные данные (значения поясничного лордоза и ангуляции смежных тел, измеренных по данным боковой рентгенограммы поясничного отдела позвоночника (рис. 1) [10]; степень дегенерации смежных межпозвонковых дисков (МПД) по классификации Pfirrmann с соавт. [11], а также коэффициент жировой инфильтрации *mm. multifidi* и *m. erector spinae*, вычисленный путем отношения площадей жировой инфильтрации и интактной скелетной мышечной ткани по данным магнитно-резонансной томографии (МРТ) на аксиальных срезах и с применением программы Image J (LOCI, Университет штата Висконсин, США) [12] (рис. 2).

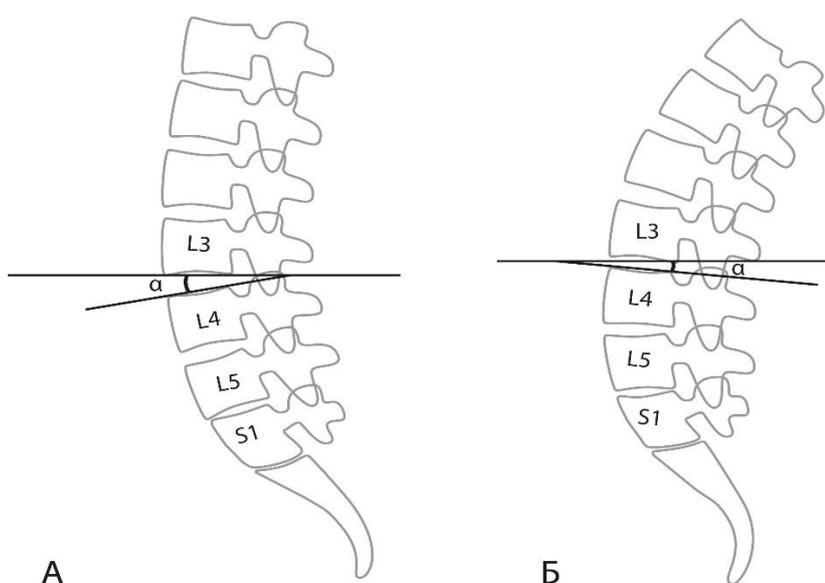


Рис. 1. Способ измерения ангуляции верхнего фиксированного позвонка. Наклон определяется как угол, образованный пересечением горизонтальной линии и линии, проведенной по краниальной замыкательной пластине верхнего фиксированного позвонка. Угол считается положительным, когда вершина угла направлена дорзально (А). Угол считался отрицательным, когда вершина угла была направлена вентрально (Б)

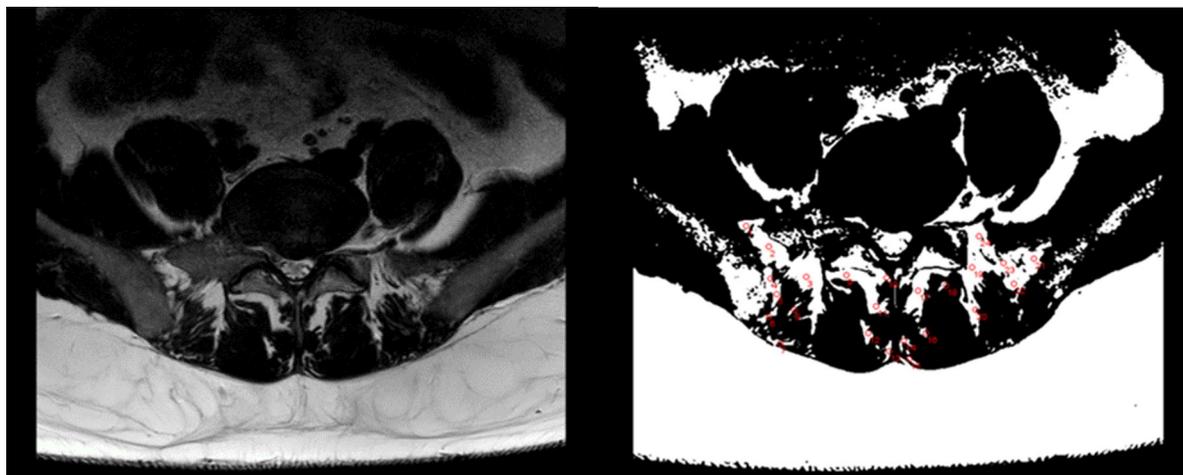


Рис. 2. Расчет степени жировой дегенерации *mm. multifidi* и *m. erector spinae* по данным аксиальной МР-томограммы с помощью программы Image J (LOCI, Университет штата Висконсин, США)

Для диагностики ДСС/ДЗСС использованы критерии Hilibrand и соавт. [13]: (1) наличие признаков дегенерации смежных МПД по данным МРТ-исследования, (2) наличие клиничко-неврологических симптомов, обусловленных дегенерацией структурных элементов смежных сегментов (МПД, дугоотростчатые суставы (ДС), *ligg. flavum et longitudinale posterius*), (3) стенозирование позвоночного канала, а также (4) верифицированные признаки нестабильности смежных ПДС.

Статистический анализ выполнен с помощью программных обеспечений Microsoft Excel 2016 (Microsoft Corp., Redmond, Вашингтон, США) и SPSS 22.0 (IBM Corp. Armonk, Нью-Йорк, США). Непрерывные переменные представлены в виде средних значений и их стандартных отклонений, категориальные переменные – в процентах или их частотах встречаемости. Статистическая достоверность показателей определялась с помощью *t*-теста Стьюдента для непрерывных переменных и с помощью  $\chi^2$ -теста и точного критерия Фишера для категориальных переменных. Модель логистической регрессии построена с целью определения статистически значимых факторов риска развития ДСС/ДЗСС у пациентов, перенесших ДДСВ с использованием ригидных стабилизирующих систем. Результаты построения модели представлены в виде отношения шансов (ОШ) и их 95% доверительных интервалов (ДИ). Достоверными считали различия  $p < 0,05$ .

**Результаты исследования и их обсуждение.** Общая характеристика пациентов исследуемых групп представлена в таблице 1. При сравнении установлено отсутствие межгрупповых различий по изучаемым параметрам, за исключением показателя индекса массы тела, в виде преобладания последнего в 1-й группе.

Таблица 1

Общая характеристика исследуемой группы пациентов

Параметры		1-я группа (n=11)	2-я группа (n=153)	p
Возраст, лет		56,1±10,2	54,8±11,2	0,721
Мужской пол, n (%)		7 (63,6)	90 (58,8)	0,534
ИМТ, кг/м <sup>2</sup>		27,5±3,1	23,8±2,3	0,025
Длительность заболевания, месяцы		15,2±8,6	13,6±2,5	0,239
МПК, T-критерий		-1,0±0,3	-1,3±0,2	0,512
Период наблюдения, лет		3,6±1,9	3,4±1,6	0,641
Показания к операции	Грыжа МПД, n (%)	6 (54,5)	75 (49)	0,406
	Спинальный стеноз	3 (27,2)	61 (39,8)	0,819
	Спондилолистез	2 (18,1)	17 (11,1)	0,681

*Примечание.* ИМТ – индекс массы тела; МПД – межпозвонковый диск; МПК – минеральная плотность костной ткани.

Признаки ДСС/ДЗСС верифицированы у 11 (6,7%) пациентов, при этом во всех случаях отмечены на уровне вышележащего ПДС. Средняя продолжительность послеоперационного наблюдения за пациентами с признаками ДСС/ДЗСС составила 3,6±1,9 года, в группе респондентов с интактными смежными сегментами – 3,4±1,6 года. Достоверных различий в периодах послеоперационного наблюдения между группами с признаками ДСС/ДЗСС и без таковых не отмечено ( $p=0,641$ ).

Хирургические параметры исследуемых групп пациентов не имели достоверных различий (табл. 2).

Таблица 2

Хирургические параметры исследуемой группы пациентов

Параметры		1-я группа (n=11)	2-я группа (n=153)	p
Хирургическая методика, n (%)	O-TLIF	7 (63,6)	39 (25,4)	0,819
	MI-TLIF	4 (36,3)	114 (74,5)	0,915
Количество оперируемых сегментов, n (%)	Один	9 (81,8)	131 (85,6)	0,647
	Два	2 (18,1)	22 (14,3)	0,511
Уровень операции, n (%)	LIV-LV	3 (27,2)	59 (38,5)	0,877
	LV-SI	6 (54,5)	72 (47,9)	0,924
	LIV-LV-SI	2 (18,3)	22 (14,3)	0,831
Продолжительность операции, мин.		168,4±10,5	163,8±12,3	0,467
Объем кровопотери, мл		356,5±25,8	345,5±27,4	0,491

*Примечание.* O-TLIF – Open Transforaminal Interbody Fusion, открытый трансфораминальный межтеловой спондилодез, MI-TLIF – Minimally Invasive Transforaminal Interbody Fusion, минимально инвазивный трансфораминальный межтеловой спондилодез.

Изучение инструментальных данных показало преобладание высокой степени дегенерации МПД (III-IV степень по классификации Pfirrmann C.) и меньших значений сегментарной ангуляции вышележащего уровня в группе респондентов с признаками ДСС/ДЗСС (табл. 3).

Таблица 3

Инструментальные параметры исследуемой группы пациентов

Параметры	1-я группа (n=11)	2-я группа (n=153)	p
Предоперационный поясничный лордоз, град.	24,3±2,1	24,5±1,7	0,437
Ангуляция смежных сегментов, град.	9,6±2,3	10,9±3,0	0,007
Степень дегенерации смежных МПД по Pfirrmann и соавт. (I/II/III/IV/V)	2/5/4/0/0	42/61/50/0/0	0,018
Коэффициент жировой инфильтрации <i>mm. multifidi</i> и <i>m. erector spinae</i>	14,8±6,5	11,6±5,9	0,088

*Примечание.* МПД – межпозвонковый диск.

Построение модели логистической регрессии продемонстрировало достоверное влияние высокого значения ИМТ (более 25 кг/м<sup>2</sup>), большей степени дегенерации смежных МПД (III-IV степень по классификации Pfirrmann и соавт.) и меньшей ангуляции смежного уровня (менее 10,5°) на риск развития ДСС/ДЗСС у пациентов, которые перенесли ДДСВ (табл. 4).

Таблица 4

Результаты построения модели логистической регрессии

Параметры	ОШ [95% ДИ]	p
ИМТ более 25 кг/м <sup>2</sup>	1,355 [1,678–6,338]	0,003
Ангуляция смежных сегментов (менее 10,5°)	4,285 [5,876–29,479]	<0,001
III-IV степень дегенерации смежных МПД по Pfirrmann и соавт.	1,984 [2,873–17,514]	<0,001

*Примечание.* ИМТ – индекс массы тела; МПД – межпозвонковый диск.

Согласно результатам проведенного исследования распространенность ДСС/ДЗСС у пациентов, перенесших ДДСВ, составила 6,7%, что подтверждает современные литературные данные [3; 5; 14]. Необходимо подчеркнуть, что чаще всего указанное нежелательное явление верифицировалось на уровне вышележащего ПДС. Построенная модель логистической регрессии показала, что статистически значимое влияние на риск развития ДСС/ДЗСС после выполнения ДДСВ оказали следующие факторы: избыточная

масса тела, высокая степень дегенерации МПД и низкое значение ангуляции на смежном уровне.

Согласно определению Всемирной организации здравоохранения, избыточный вес и ожирение представляют собой превышение показателей ИМТ более 25 и 30 кг/м<sup>2</sup> соответственно. Доказано, что высокие значения ИМТ выступают достоверными факторами риска развития нежелательных явлений в раннем и отдаленном послеоперационных периодах у пациентов, которым выполнены операции на позвоночном столбе. Так, в исследовании Symmons и соавт. [15] отмечено, что увеличение значения ИМТ у лиц женского пола в возрасте от 45 до 64 лет выступает достоверным предиктором дегенерации межпозвонковых дисков. Wang и соавт. [16] и Liuke и соавт. [17] в своих наблюдениях получили аналогичные результаты.

Как уже отмечалось ранее, нарушение естественной биомеханики позвоночника после выполнения ДДСВ приводит к повышенной нагрузке на структурные элементы смежных уровней. Одним из важнейших параметров, регулирующих физиологические осевые нагрузки на позвоночник, является состояние параспинальных мышц. В клинической серии Wang и соавт. [14] показано, что структура *mm. multifidi* и *m. erector spinae* играет важнейшую роль в скорости формирования ДСС/ДЗСС у пациентов, перенесших многоуровневые ДДСВ. По мнению Ranger и соавт. [18], структурные особенности и функциональная активность паравертебральной мускулатуры, а также толщина тораколюмбальной фасции участвуют в регуляции амплитуды движений грудного и пояснично-крестцового отделов позвоночника. В проспективном рандомизированном исследовании Zhu и соавт. [19] отмечено, что высокие значения ИМТ ассоциированы с жировой инфильтрацией параспинальных мышц, что в свою очередь достоверно влияет на клиничко-рентгенологические исходы у респондентов, перенесших одноуровневые ДДСВ.

Кроме этого, на формирование ДЗС/ДЗСС, после выполнения ДДСВ, оказывают влияние признаки исходной дегенерации смежных МПД. Так, Anandjiwala и соавт. [20] в своем проспективном исследовании выявили высокую частоту встречаемости признаков ДСС/ДЗСС у респондентов с исходной дегенерацией смежных МПД высокой степени.

Другим немаловажным фактором риска развития ДСС/ДЗСС выступает тип ДДСВ. В клинической серии Rahm и соавт. [21] показано, что распространенность ДСС/ДЗСС встречалась достоверно реже в группе респондентов, которым выполнена операция задней поясничной ригидной стабилизации с использованием межтеловых имплантов и транспедикулярной винтовой системы, в отличие от группы ламинэктомии и изолированной транспедикулярной фиксации. По мнению авторов обозначенного исследования, использование межтеловых имплантов и транспедикулярных винтовых систем позволяет

эффективно восстановить и поддержать высоту межтелового промежутка на уровне оперированного сегмента, а также сохранить поясничный лордоз. С другой стороны, Kaito и соавт. [22] в своей работе показали, что чрезмерная дистракция оперируемого ПДС может выступить определяющим фактором формирования ДСС/ДЗСС у пациентов, перенесших ДДСВ.

#### *Ограничения исследования*

Данная работа имеет ряд ограничений, которые необходимо учитывать при интерпретации его результатов: (1) исследование носит ретроспективный характер и имеет малую выборку, что может оказать влияние на итоговое заключение математического анализа; (2) клиничко-инструментальные исходы у пациентов изучены в большинстве случаев в среднесрочном периоде послеоперационного наблюдения.

#### **Заключение**

При изучении результатов ДДСВ с использованием ригидных систем частота встречаемости ДСС/ДЗСС составила 6,7%. Анализ построенной модели логистической регрессии показал, что достоверное влияние на развитие ДСС/ДЗСС избыточной массы тела (ИМТ более 25 кг/м<sup>2</sup>), высокой степени дегенерации смежных МПД (III-IV степень по классификации Pfirrmann и соавт.) и низкого значения ангуляции смежного уровня (менее 10,5°).

У пациентов перед проведением ДДСВ и выявлением факторов риска формирования ДСС/ДЗСС для предотвращения развития неблагоприятных клинических исходов и проведения повторных хирургических вмешательств целесообразно либо вовлекать в ригидную стабилизацию вышележащий уровень, либо использовать динамические фиксирующие устройства с профилактической целью.

Для объективной оценки распространенности ДСС/ДЗСС и выявления степени влияния различных факторов риска на их развитие необходимо проведение многоцентровых рандомизированных контролируемых испытаний на большем числе респондентов.

#### **Список литературы**

1. 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. С. 86–93.
2. Коновалов Н.А., Назаренко А.Г., Асютин Д.С. Современные методы лечения дегенеративных заболеваний межпозвонкового диска. Обзор литературы // Вопросы нейрохирургии. 2016. № 4 (80). С. 102.

3. Масевнин С.В., Пташников Д.А., Михайлов Д.А., Смекаленков О.А., Заборовский Н.С., Лапаева О.А., Ян Л., Мураби З. Роль основных факторов риска в раннем развитии синдрома смежного уровня у пациентов после спондилодеза поясничного отдела позвоночника // Хирургия позвоночника. 2016. Т. 13. № 3. С. 60–67. DOI:10.14531/ss2016.3.60-67.
4. Belykh E., Kalinin A.A., Martirosyan N.L., Kerimbayev T., Theodore N., Preul M.C., Byvaltsev V.A. Facet Joint Fixation and Anterior, Direct Lateral, and Transforaminal Lumbar Interbody Fusions for Treatment of Degenerative Lumbar Disc Diseases: Retrospective Cohort Study of a New Minimally Invasive Technique. *World Neurosurg.* 2018. Vol. 114. P. 959–968. DOI:10.1016/j.wneu.2018.03.121.
5. Zhong Z.M., Deviren V., Tay B., Burch S., Berven S.H. Adjacent segment disease after instrumented fusion for adult lumbar spondylolisthesis: Incidence and risk factors. *Clin. Neurol. Neurosurg.* 2017. Vol. 156. P. 29–34. DOI:10.1016/j.clineuro.2017.02.020.
6. Bredow J., Löhner L., Oppermann J., Scheyerer M.J., Sobottke R., Eysel P., Siewe J. Pathoanatomic Risk Factors for Instability and Adjacent Segment Disease in Lumbar Spine: How to Use Topping Off? *Biomed Res Int.* 2017. Vol. 2017. Article ID 2964529. DOI:10.1155/2017/2964529.
7. Wu J.C., Chang H.K., Huang W.C., Chen Y.C. Risk factors of second surgery for adjacent segment disease following anterior cervical discectomy and fusion: A 16-year cohort study. *Int J Surg.* 2019. Vol. 68. P. 48–55. DOI:10.1016/j.ijssu.2019.06.002.
8. Yamasaki K., Hoshino M., Omori K., Igarashi H., Nemoto Y., Tsuruta T., Matsumoto K., Iriuchishima T., Ajiro Y., Matsuzaki H. Risk Factors of Adjacent Segment Disease After Transforaminal Inter-Body Fusion for Degenerative Lumbar Disease. *Spine.* 2017. Vol. 42. no 2. P. 86–92. DOI:10.1097/BRS.0000000000001728.
9. Бывальцев В.А., Калинин А.А. Возможности применения минимально инвазивных дорсальных декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств у пациентов с избыточной массой тела и ожирением // Вопросы нейрохирургии им Бурденко. 2018. Т. 82. № 5. С. С69–80. DOI:10.17116/neiro20188205169.
10. Ushio S, Hirai T, Yoshii T, Inose H, Yuasa M, Kawabata S, Okawa A, Preoperative Risk Factors for Adjacent Segment Degeneration after Two-Level Floating Posterior Fusion at L3-L5, *Spine Surg. Relat. Res* 2019 Vol. 4. no 1. P. 43–49, DOI:10.22603/ssrr.2019-0003.
11. Pfirrmann C.W., Metzdorf A., Zanetti M., Hodler J., Boos N. Magnetic resonance classification of lumbar intervertebral disc degeneration. *Spine.* 2001. Vol. 26. no 17. P. 1873–1878. DOI:10.1097/00007632-200109010-00011.

12. Barboriak D.P., Padua A.O., York G.E., Macfall J.R. Creation of DICOM-aware applications using ImageJ. *J. Digit Imaging*. 2005. Vol. 18. no 2. P. 91–99. DOI:10.1007/s10278-004-1879-4.
13. Hilibrand A.S., Robbins M. Adjacent segment degeneration and adjacent segment disease: the consequences of spinal fusion. *Spine J*. 2004. Vol. 4. no 6. P. 190–194. DOI:10.1016/j.spinee.2004.07.007.
14. Wang H., Ma L., Yang D., Wang T., Liu S., Yang S., Ding W. Incidence and risk factors of adjacent segment disease following posterior decompression and instrumented fusion for degenerative lumbar disorders. *Medicine*. 2017. Vol. 96. no 5. P. 6032. DOI:10.1097/MD.0000000000006032.
15. Symmons D.P., van Hemert A.M., Vandenbroucke J.P., Valkenburg H.A. A longitudinal study of back pain and radiological changes in the lumbar spines of middle aged women. I. Clinical findings. *Ann Rheum Dis*. 1991. Vol. 50. no. 3. P. 158–161. DOI:10.1136/ard.50.3.158.
16. Wang T., Han C., Jiang H., Tian P. The Effect of Obesity on Clinical Outcomes After Minimally Invasive Surgery of the Spine: A Systematic Review and Meta-Analysis. *World Neurosurg*. 2018. Vol. 110. P. 438–449. DOI:10.1016/j.wneu.2017.11.010.
17. Liuke M., Solovieva S., Lamminen A., Luoma K., Leino-Arjas P., Luukkonen R., Riihimäki H. Disc degeneration of the lumbar spine in relation to overweight. *Int. J. Obes*. 2005. Vol. 29. no 8. P. 903–908. DOI:10.1038/sj.ijo.0802974.
18. Ranger T.A., Newell N., Grant C.A., Barker P.J., Percy M.J. Role of the Middle Lumbar Fascia on Spinal Mechanics: A Human Biomechanical Assessment. *Spine*. 2017. Vol. 42. no 8. P. 459–465. DOI:10.1097/BRS.0000000000001854.
19. Zhu H.F., Wang G.L., Zhou Z.J., Fan S.W. Prospective Study of Long-term Effect between Multifidus Muscle Bundle and Conventional Open Approach in One-level Posterior Lumbar Interbody Fusion. *Orthop. Surg*. 2018. Vol. 10. no 4. P. 296–305. DOI:10.1111/os.12402.
20. Anandjiwala J., Seo J.Y., Ha K.Y., Oh I.S., Shin D.C. Adjacent segment degeneration after instrumented posterolateral lumbar fusion: a prospective cohort study with a minimum five-year follow-up. *Eur. Spine J*. 2011. Vol. 20. no 11. P. 1951–1960. doi:10.1007/s00586-011-1917-0
21. Rahm M.D., Hall B.B. Adjacent-segment degeneration after lumbar fusion with instrumentation: a retrospective study. *J. Spinal Disord*. 1996. Vol. 9. no 5 P. 392–400.
22. Kaito T., Hosono N., Mukai Y., Makino T., Fuji T., Yonenobu K. Induction of early degeneration of the adjacent segment after posterior lumbar interbody fusion by excessive distraction of lumbar disc space. *J. Neurosurg Spine*. 2010. Vol. 12. no 6. P. 671–679. DOI:10.3171/2009.12.SPINE08823.