

<https://doi.org/10.35401/2500-0268-2021-23-3-24-30>

© **А.В. Спиридонов**^{1,2}, **Ю.Я. Пестряков**^{1,2},
А.А. Калинин^{2,3}, **В.А. Бывальцев**^{2,3*}



АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПОЗВОНОЧНО-ТАЗОВОГО БАЛАНСА НА РИСК РАЗВИТИЯ ДЕГЕНЕРАЦИИ И ДЕГЕНЕРАТИВНОГО ЗАБОЛЕВАНИЯ СМЕЖНЫХ СЕГМЕНТОВ ПОСЛЕ ПРОВЕДЕНИЯ ПОЯСНИЧНОЙ РИГИДНОЙ ФИКСАЦИИ

¹ Краевая клиническая больница, Красноярск, Россия

² Иркутский государственный медицинский университет, Иркутск, Россия

³ Клиническая больница «РЖД-Медицина», Иркутск, Россия

✉ *В.А. Бывальцев, Иркутский государственный медицинский университет, 664003, Иркутск, ул. Красного Восстания, д. 1, byval75vadim@yandex.ru

Поступила в редакцию 16 января 2021 г. Исправлена 19 июля 2021 г. Принята к печати 19 августа 2021 г.

Актуальность	Повышение нагрузки на смежные сегменты выступает причиной изменения параметров позвоночно-тазового баланса и, как следствие, ведет к развитию, так называемого, биомеханического «стресса». Такие нагрузки представляют собой ключевое звено патогенеза дегенерации смежных сегментов (ДСС), а при наличии клинической симптоматики – дегенеративного заболевания смежных сегментов (ДЗСС).
Цель исследования	Оценка влияния параметров позвоночно-тазового баланса на риск развития ДСС и ДЗСС после проведения дорсальных декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств (ДДСВ).
Материал и методы	Изучены медицинские карты респондентов, которым проведены ДДСВ по поводу дегенеративной болезни поясничного отдела позвоночника. Оценивались клинические и инструментальные параметры.
Результаты	Исходя из критериев включения, в исследование вошло 98 пациентов (48 с признаками ДСС и ДЗСС и 50 пациентов без таковых). Средний период послеоперационного наблюдения составил $46,6 \pm 9,8$ месяцев. При значении параметра PI/LL < 10 и отношении сегментарного и глобального поясничных лордозов (LIV-SI/LI-SI) равном 50% и более, частота встречаемости ДСС и ДЗСС у пациентов, перенесших операцию ригидной поясничной стабилизации, была достоверно меньше.
Заключение	Значения параметров PI/LL и отношение сегментарного и глобального поясничных лордозов являются очевидными факторами риска развития ДЗСС после проведения ригидных ДДСВ на поясничном отделе позвоночника.
Ключевые слова:	смежный позвоночно-двигательный сегмент, дегенерация, дегенеративное заболевание, позвоночно-тазовый баланс, поясничный отдел позвоночника, ригидная поясничная стабилизация
Цитировать:	Спиридонов А.В., Пестряков Ю.Я., Калинин А.А., Бывальцев В.А. Анализ влияния параметров позвоночно-тазового баланса на риск развития дегенерации и дегенеративного заболевания смежных сегментов после проведения поясничной ригидной фиксации. <i>Инновационная медицина Кубани</i> . 2021;(3):24–30. https://doi.org/10.35401/2500-0268-2021-23-3-24-30

© **Alexei V. Spiridonov**^{1,2}, **Yuriy Ya. Pestryakov**^{1,2},
Andrey A. Kalinin^{2,3}, **Vadim A. Byvaltsev**^{2,3*}

ANALYSIS OF THE INFLUENCE PARAMETERS SPINE-PELVIC BALANCE ON THE RISK OF DEVELOPMENT DEGENERATION AND DEGENERATIVE DISEASE OF ADJACENT SEGMENTS AFTER LUMBAR SPINE RIGID FIXATION

¹ Krasnoyarsk Regional Clinical Hospital, Krasnoyarsk, Russian Federation

² Irkutsk State Medical University, Irkutsk, Russian Federation

³ Railway Clinical Hospital, Irkutsk, Russian Federation

✉ *V.A. Byvaltsev, Irkutsk State Medical University, Irkutsk, 1, Krasnogo Vosstaniya str., Russia, 664003, byval75vadim@yandex.ru

Received: January 16, 2021. Received in revised form: July 19, 2021. Accepted: August 19, 2021.

Introduction An increase in the load on adjacent segments causes changes in the parameters of the spine-pelvic balance and, as a consequence, the development of the so-called biomechanical «stress». Such pressures are a key link in the pathogenesis of degeneration, and in the presence of clinical and neurological manifestations of the latter and adjacent segment degenerative disease (ASD/ASDd).



Статья доступна по лицензии Creative Commons Attribution 4.0.

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 License.

Objective	of this study was to assess the effect of the parameters of the spinal pelvic balance on the risk of developing ASD/ASDd after dorsal decompression-stabilizing interventions (DDSI).
Material and Methods	The study included medical records of patients who underwent DDSI for lumbar spine degenerative diseases. Clinical and instrumental parameters were assessed.
Results	Based on the inclusion criteria, 98 patients (48 with signs of ASD/ASDd and 50 without) were included in the study. The average postoperative follow-up period for the respondents was 46.6 ± 9.8 months. If PI/LL parameters were <10 and the ratio of segmental and global lumbar lordosis (LIV-SI/LI-SI) was 50% or more, the incidence of ASD/ASDd was significantly lower in patients who underwent rigid lumbar stabilization surgery.
Conclusion	The values of PI/LL parameters and the ratio of segmental and global lumbar lordosis are obvious risk factors for the development of ASD/ASDd after rigid lumbar spine DDSI.
Keywords:	adjacent vertebral-motor segment, degeneration, degenerative disease, spino-pelvic balance, lumbar spine, rigid lumbar stabilization
Cite this article as:	Spiridonov A.V., Pestryakov Yu.Ya., Kalinin A.A., Byvaltsev V.A. Analysis of the influence parameters spine-pelvic balance on the risk of development degeneration and degenerative disease of adjacent segments after lumbar spine rigid fixation. <i>Innovative Medicine of Kuban</i> . 2021;(3):24–30. https://doi.org/10.35401/2500-0268-2021-23-3-24-30

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время дорсальные декомпрессионно-стабилизирующие вмешательства (ДДСВ) представляют собой наиболее распространенный способ хирургического лечения целого ряда патологических состояний поясничного отдела позвоночного столба [1]. Известно, что выполнение операции ригидной поясничной фиксации приводит к «выключению» подвижности оперированного позвоночно-двигательного сегмента и увеличению биомеханической нагрузки на смежные сегменты [2]. Вышеперечисленное является причиной изменения параметров позвоночно-тазового баланса и, как следствие, ведет к развитию, так называемого, биомеханического «стресса». Такие нагрузки представляют собой ключевое звено патогенеза дегенерации смежных сегментов (ДСС), а при наличии клинической симптоматики – дегенеративного заболевания смежных сегментов (ДЗСС) [3].

Важность сохранения физиологических параметров позвоночно-тазового баланса и их влияние на клинико-рентгенологических исходы у пациентов, перенесших хирургические вмешательства на поясничном отделе позвоночного столба, наглядно продемонстрированы в ряде клинических серий [3, 4]. При этом поиск информации в отечественной и зарубежной литературе показал наличие небольшого количества исследований, посвященных изучению влияния параметров позвоночно-тазового баланса на частоту развития ДСС и ДЗСС после выполнения ДДСВ [5–7]. Стоит отметить, что результаты данных сообщений во многом неоднозначны и противоречивы, что побудило авторов к проведению настоящего исследования.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценить влияние параметров позвоночно-тазового баланса на риск развития дегенерации и дегенеративного заболевания смежных сегментов после выполнения ДДСВ.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Проведено ретроспективное наблюдательное когортное исследование, в котором изучены медицинские карты пациентов, которым проведены ригидные ДДСВ по поводу дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночного столба (стеноз позвоночного канала с/без признаков нестабильности позвоночно-двигательных сегментов). Все больные были прооперированы на нижне-поясничном отделе позвоночника (LIII-SI), а патология смежного сегмента отмечалась только на вышележащем уровне. Из исследования исключены пациенты со следующими параметрами: (1) наличие оперативных вмешательств на позвоночном столбе в анамнезе, (2) остеопения/остеопороз, (3) перенесенные травмы позвоночника, (4) деформации позвоночного столба, (5) индекс массы тела более 30 кг/м^2 (5) наличие очагов хронической инфекции и (6) аллергическая реакция на металлы.

Исследование проведено на базах нейрохирургического отделения Краевой клинической больницы г. Красноярск и центра Нейрохирургии «Клиническая больница «РЖД-Медицина»» г. Иркутск в период с 2017 по 2020 г.

Описание хирургического вмешательства

ДДСВ проводились с использованием традиционной хирургической техники, применялся как открытый срединный, так и минимально-инвазивный доступ с декомпрессией невралных структур, с выполнением межтелового спондилодеза и транспедикулярной фиксации (Minimally Invasive/Open Transforaminal Lumbar Interbody Fusion, MI/O-TLIF) на уровнях позвоночно-двигательных сегментов LIII-LIV, LIV-LV, LV-SI.

Исходы исследования

Медицинские карты пациентов, включенных в исследование, разделены на две группы: больные с признаками ДСС/ДЗСС и без признаков.

Оценивались следующие клинико-рентгенологические параметры: пол, возраст респондентов, наличие признаков ДСС/ДЗСС (стеноз позвоночного канала, грыжа межпозвоночного диска (МПД) на уровне смежных сегментов по результатам магнитно-резонансной томографии (МРТ) с или без клинических проявлений), глобальный поясничный лордоз (LL на уровнях LI-SI), сегментарный поясничный лордоз (LL на уровнях LIV-SI), отношение сегментарного и глобального поясничных лордозов (LIV-SI/LI-SI), наклон таза (PI), а также отклонение таза от вертикальной оси (PT) и наклон верхней поверхности крестца к горизонтали (SS) (рис. 1). Измерение параметров позвоночно-тазовых отношений проводилось с использованием традиционных методов (рис. 1а, б). Параметры цифровых рентгеновских снимков изучены при помощи программы архивации и передачи изображений PACS (Picture Archiving and Communication System), используемой в клинике. Для изучения аналоговых снимков использовалось программное обеспечение системы IOS «Sagittal Meter Lite» pro version. Измерения проводились двумя специалистами, которые не были осведомлены о характере проводимого исследования.

Этическая экспертиза

Исследование одобрено локально-этическим комитетом Иркутского государственного медицинского университета № 3 от 15.11.2019 г.

Статистическая обработка данных

Статистическая обработка данных проведена с помощью программных обеспечений Microsoft Excel 2016 (Microsoft Corp., Redmond, Вашингтон, США) и SPSS 18.0 (SPSS Inc., Чикаго, США). С целью изучения статистических различий между параметрами изучаемых групп респондентов использованы U-тест Манна-Уитни и тест Колмогорова-Смирнова. Факторы риска развития ДСС и ДЗСС изучены с помощью модели логистической регрессии. Степень надежности между экспертами, изучающими клинико-инструментальные параметры, оценивалась с помощью коэффициента к Коэна. Значимость p выбрана равной 0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Исходя из критериев включения, в исследование вошло 98 пациентов (48 респондентов с признаками ДСС/ДЗСС и 50 пациентов без таковых). Средний период послеоперационного наблюдения составил $46,6 \pm 9,8$ месяцев. Общая характеристика пациентов представлена в таблице 1. Статистически значимых различий между изучаемыми группами в отношении пола, возраста, значений индекса массы тела, числа вовлеченных в стабилизацию позвоночно-двигательных сегментов и периода послеоперационного наблюдения не выявлено. Сравнение предоперационных значений степени дегенерации поясничных

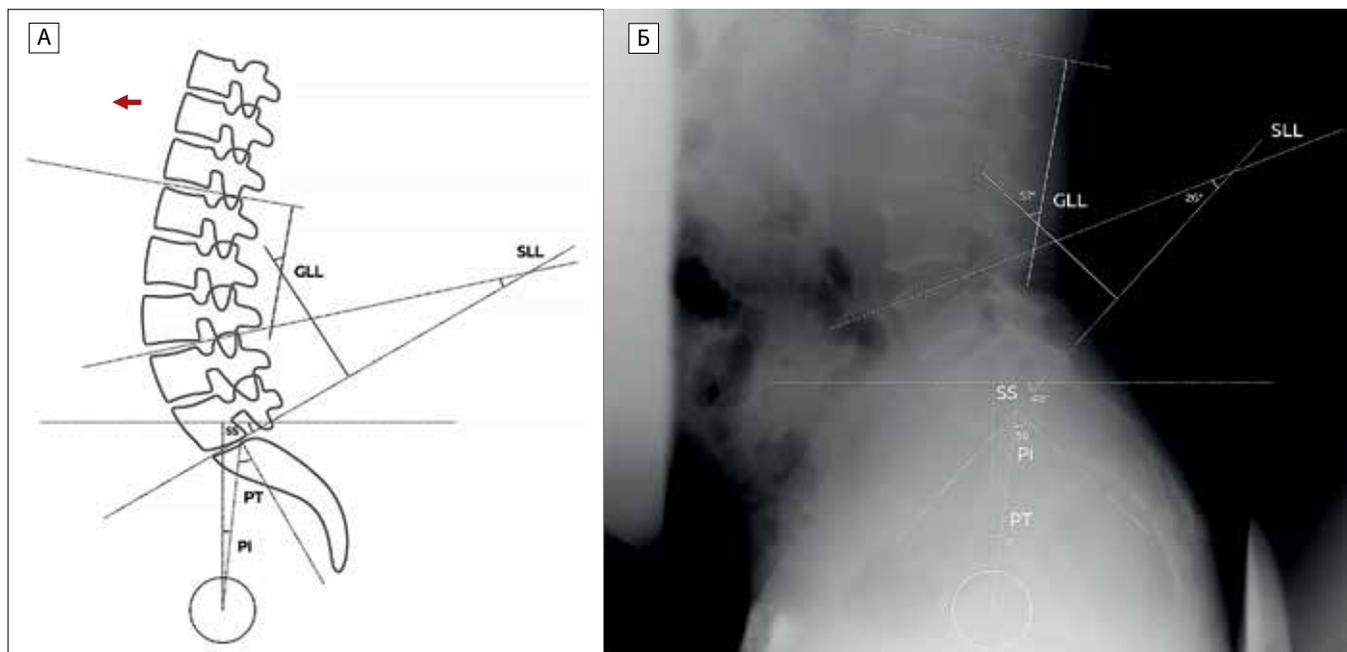


Рисунок 1. Анализируемые параметры позвоночно-тазового баланса: (а) схема выполнения расчетов; (б) боковая рентгенограмма пациента

Прим.: GLL – общий поясничный лордоз, SLL – сегментарный поясничный лордоз, PI – наклон таза, PT – отклонение таза от вертикальной оси, SS – наклон верхней поверхности крестца к горизонтали

Figure 1. Analyzed parameters of the spinal pelvic balance: (a) calculation flow chart; (b) lateral radiograph of the patient

Note: GLL – general lumbar lordosis, SLL – segmental lumbar lordosis, PI – pelvic tilt, PT – pelvic deviation from the vertical axis, SS – tilt of the upper surface of the sacrum to the horizontal

межпозвоночных дисков по классификации Pfirrmann и соавт. [8] пациентов, включенных в исследование, также продемонстрировало отсутствие достоверных различий.

Исходы исследования

Установлено, что качество межэкспертного согласования при анализе позвоночно-тазовых взаимоотношений по всем параметрам на основании каппа статистики было отличным – $0,904 \pm 0,084$ (0,808–1,000, 95% ДИ).

Корреляционный анализ зависимости значений отношения сегментарного и глобального поясничных лордозов (LIV-SI/LI-SI) и послеоперационных параметров позвоночно-тазового баланса показал результаты: прямая достоверная корреляционная зависимость между изучаемыми рентгенологическими параметрами отмечена при значениях отношения сегментарного и глобального поясничных лордозов (LIV-SI/LI-SI) равная 50% ($p = 0,047$), 60% ($p = 0,033$) и 70% ($p = 0,041$) соответственно (табл. 2).

Анализ пред- и послеоперационных значений сегментарного и глобального поясничных лордозов в изучаемых группах пациентов не показал достоверных статистических различий. Аналогичные результаты получены при сравнении послеоперационных значений параметров позвоночно-тазового баланса. При этом сравнение послеоперационных параметров PI/LL у исследуемых групп респондентов наглядно продемонстрировало достоверно меньшие значения данного рентгенологического параметра в контрольной группе без признаков ДСС/ДЗСС ($p = 0,026$, $\kappa = 0,253$) (табл. 3).

Построение модели бинарной логистической регрессии позволило сделать следующий вывод. При значении параметра PI/LL < 10 и отношении сегментарного и глобального поясничных лордозов (LIV-SI/LI-SI) равных 50% и более, частота распространенности ДСС и ДЗСС у пациентов после проведения ДДСВ достоверно ниже (табл. 2).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Впервые термины «ДСС» и «ДЗСС» в 2004 г. ввели в клиническую практику спинальных хирургов и ортопедов A.S. Hilibrand и M. Robbins [21]. Как уже отмечалось, ДСС представляет собой наличие только рентгенологических признаков дегенерации смежного с оперированным сегмента. В случае существования клинических проявлений дегенерации принято говорить о ДЗСС.

К настоящему времени в современной отечественной и зарубежной специализированной литературе имеется достаточное количество исследований, в которых изучены факторы риска ДСС и ДЗСС после проведения ДДСВ. Среди наиболее распространенных – пол, возраст пациентов, минеральная плотность

Таблица 1
Общая характеристика респондентов, включенных в исследование

Table 1

General characteristics of the respondents included in the study

Параметры	Группы респондентов	
	с признаками ДСС и ДЗСС, n = 48	без признаков ДСС и ДЗСС, n = 50
Период послеоперационного наблюдения, месяцы	44,5 ± 8,3	47,1 ± 7,9
Возраст, лет	57,6 ± 6,8	52,3 ± 10,2
Пол (мужчины: женщины)	18:30	24:26
Индекс массы тела, кг/м ²	27,3 ± 3,4	26,6 ± 5,0
Количество оперированных сегментов		
	1	31
	2	17
	3	2
Период выполнения ревизионного хирургического вмешательства по поводу ДСС и ДЗСС, месяцы	39,5 ± 7,5	–

Прим.: данные представлены в виде средних значений и их стандартных отклонений (M ± SD)

Notes: results are presented as mean and standard deviation (M ± SD)

Таблица 2

Показатели корреляционного анализа зависимости значений отношения сегментарного и глобального поясничных лордозов (LIV-SI/LI-SI) и послеоперационных параметров позвоночно-тазового баланса

Table 2

Indicators of correlation analysis of the relationship between the values of the ratio of segmental and global lumbar lordosis (LIV-SI / LI-SI) and postoperative parameters of the spinal pelvic balance

LIV-SI/LI-SI	Группы респондентов			
	с признаками ДСС и ДЗСС, n = 48		без признаков ДСС и ДЗСС, n = 50	
	PI/LL < 10, n = 15	PI/LL > 10, n = 33	PI/LL < 10, n = 29	PI/LL > 10, n = 21
< 20	1	2	1	1
20–30	3	4	1	1
30–40	4	10	2	2
40–50	5	12	6	4
50–60	1	2	14	8
60–70	1	3	3	3
70–80	0	0	1	1
> 80	0	0	1	1

Прим.: PI – наклон таза, LL – поясничный лордоз

Notes: PI – pelvic incidence, LL – lumbar lordosis

Таблица 3
Рентгенологические параметры изучаемых групп респондентов
Table 3
Radiological parameters of the studied groups of respondents

Параметры	Группы респондентов			
	с признаками ДСС и ДЗСС, n = 48		без признаков ДСС и ДЗСС, n = 50	
	До хирургического вмешательства	После хирургического вмешательства	До хирургического вмешательства	После хирургического вмешательства
Глобальный поясничный лордоз (LIV-SI), °	40,4 ± 9,7	40,8 ± 11,5	41,5 ± 10,3	44,9 ± 11,1
Сегментарный поясничный лордоз (LI-SI), °	22,1 ± 8,9	20,2 ± 9,5	22,3 ± 8,6	24,9 ± 6,9
Отношение лордозов (LIV-SI/LI-SI), %	49,9 ± 1,6	48,3 ± 1,8	52,7 ± 1,5	54,8 ± 1,9
PI/LL, °	15,3 ± 11,9	13,4 ± 13,7*	12,2 ± 9,1	7,7 ± 9,8*
Отклонение таза от вертикальной оси (PT), °	23,8 ± 9,5	22,1 ± 8,3	21,4 ± 8,8	22,2 ± 7,2
Наклон верхней поверхности крестца к горизонтали (SS), °	31,5 ± 6,9	31,9 ± 8,8	30,7 ± 7,5	33,5 ± 8,1
Наклон таза (PI), °	55,1 ± 9,2	–	53,2 ± 11,1	–

Прим.: данные представлены в виде средних значений и стандартных отклонений (M ± SD);

* p = 0,041

Notes: results are presented as mean and standard deviation (M ± SD);

* p = 0,041

костной ткани, наличие признаков нестабильности, а также нарушение параметров позвоночно-тазового баланса и число вовлеченных в стабилизацию сегментов позвоночника [9–11].

Так, в работах С.С. Lee и Y. Aota и соавт. [11, 12] показано, что возраст > 55 лет выступает очевидным фактором риска ДСС и ДЗСС. Тип и способ выполненного ДДСВ также влияет на частоту встречаемости ДСС и ДЗСС. В клиническом наблюдении М.Д. Rahm [13] показал, что распространенность ДСС и ДЗСС была ниже у пациентов, кому проведено ДДСВ с использованием межтеловых кейджей и транспедикулярной системы, в отличие от группы больных, которым выполнялась только ламинэктомия и винтовая фиксация без применения межтеловых имплантатов. Исследователи сообщили, что выполнение межтеловой и винтовой фиксации позволяет восстанавливать физиологическую высоту межтелового пространства на уровне оперированного сегмента и таким образом сохранять параметры позвоночно-тазовых взаимоотношений. Тем не менее, Т. Kaito и соавт. в проспективном клиническом наблюдении показали, что чрезмерная дистракция на уровне оперируемого сегмента выступает главным фактором риска ДСС и ДЗСС у пациентов после проведения ДДСВ [14]. J.C. Lee и соавт. в своем наблюдении продемонстрировали, что выполнение заднебоковой поясничной ригидной стабилизации ассоциировано с достоверно большим

процентом развития ДСС/ДЗСС, в сравнении с задней методикой поясничной ригидной стабилизации [15].

Доказано, что избыточная масса тела является очевидным фактором риска развития хирургических осложнений, в том числе и изменений параметров сагиттального баланса с развитием ДСС и ДЗСС у пациентов в раннем и отдаленном периодах после операции. D.P. Symmons и соавт. сообщают, что наличие ожирения у женщин в возрасте от 44 до 65 лет выступает очевидным фактором развития ДСС и ДЗСС [16]. M. Liuke и T. Wang и соавт. в своих исследованиях получили аналогичные результаты [17, 18].

Поиск информации в базах данных отечественных и зарубежных доступных систем поиска литературы показал наличие небольшого числа работ, изучающих влияние параметров позвоночно-тазового баланса на риск появления ДСС и ДЗСС после проведения операции ригидной поясничной стабилизации. Наиболее близкими по дизайну исследования с настоящим являются труды D.A. Rothenfluh и W.J. Kim и соавт. [5, 7]. Но при этом указанные разработки включают в себя незначительное количество респондентов и оценивают изменение параметров биомеханики позвоночного столба в короткий период послеоперационного наблюдения. Результаты данных анализов во многом согласуются друг с другом и сходны в выводах, что при значении отноше-

ния параметров PI/LL < 10 частота появления ДСС и ДЗСС у лиц, перенесших ДДСВ, достоверно увеличивается в 10 раз. Кроме того, авторами наглядно продемонстрировано, что при отношении сегментарного и глобального поясничных лордозов (LIV-SI/LI-SI) равном 50% и более, частота встречаемости ДСС и ДЗСС у пациентов, которым проведено ДДСВ, достоверно меньше. Тем не менее в работе Т. Matsumoto и соавт. показано, что лишь изменение значения вертикальной сагиттальной оси (SVA > 50 мм) позвоночника выступает очевидным фактором риска развития ДСС и ДЗСС у пациентов, которым было проведено ДДСВ [19]. В клинической серии С. Varrey и соавт. не обнаружено достоверного влияния изменений параметров позвоночно-тазового баланса на развитие ДСС/ДЗСС [20]. В свою очередь, проведенное нами исследование полностью подтвердило и дополнило результаты наблюдений D.A. Rothenfluh и W.J. Kim и соавт. [5, 7].

ОГРАНИЧЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Следует отметить, что описанное нами исследование имеет определенные ограничения. Во-первых, проведено ретроспективное наблюдение, изучено небольшое число пациентов, что может исказить результат статистической обработки данных. Во-вторых, не анализировалось влияние положения вертикальной сагиттальной оси на развитие ДСС и ДЗСС. В-третьих, в исследование включено малое количество респондентов, перенесших многоуровневые ригидные ДДСВ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При значении параметра PI/LL < 10 и отношении сегментарного и глобального поясничных лордозов (LIV-SI/LI-SI) равном 50% и более, частота развития ДСС и ДЗСС у пациентов, которым было проведено ДДСВ, статистически значимо меньше.

Для более качественной оценки влияния параметров позвоночно-тазового баланса на риск развития ДСС и ДЗСС после выполнения одно-, двух- и многоуровневых ригидных декомпрессивно-стабилизирующих оперативных вмешательств, необходимо проведение крупных многоцентровых исследований с включением большего количества пациентов.

ЛИТЕРАТУРА/ REFERENCES

1. Бывальцев В.А., Калинин А.А., Пестряков Ю.Я., Спиридонов А.В. Дегенерация и дегенеративное заболевание смежного сегмента после дорсальных декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств на поясничном отделе позвоночника: обзор литературы. *Российский нейрохирургический журнал имени профессора А.Л. Поленова*. 2020;12(3):37–46.

Byvaltsev V.A., Kalinin A.A., Pestryakov Y.Y., Spiridonov A.V. Adjacent segment degeneration and disease after dorsal decompression-stabilizing interventions at the lumbar spine: a review of the literature. *Rossiiskii neurohirurgicheskii journal*

imeni professora Polenova=Polenov Russian neurosurgical journal. 2020;12(3):37–46. (In Russ).

2. Афаунов А.А., Басанкин И.В., Кузьменко А.В., и др. Предоперационное планирование при хирургическом лечении больных с поясничным спинальным стенозом дегенеративной этиологии. *Инновационная медицина Кубани*. 2020;17(1):6–15. <https://doi.org/10.35401/2500-0268-2020-17-1-6-15>

Afaunov A.A., Basankin I.V., Kuzmenko A.V., et al. Pre-operative planning in surgical treatment patient lumbar with lumbar spinal stenosis of degenerative etiology. *Innovacionaa medicina Kubani = Innovative Medicine of Kuban*. 2020;17(1):6–15. (In Russ.) <https://doi.org/10.35401/2500-0268-2020-17-1-6-15>

3. Масевнин С.В., Пташников Д.А., Волков И.В., Конавалов Н.А. Влияние позвоночно-тазовых параметров на частоту развития нестабильности смежного сегмента при моносегментарной фиксации в поясничном отделе. *Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко*. 2019;83(2):80–84. <https://doi.org/10.17116/neiro20198302180>

Masevnin S.V., Ptashnikov D.A., Volkov I.V., Kononov N.A. The impact of spinopelvic parameters on the rate of adjacent segment instability after short – segment spinal fusion. *Journal neurohirurgii Burdenko = Burdenko's journal of neurosurgery*. 2019;83(2):80–84. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/neiro20198302180>

4. Labelle H, Mac-Thiong JM, Roussouly P. Spino-pelvic sagittal balance of spondylolisthesis: a review and classification. *Eur Spine J*. 2011;20(5):641–646. PMID: 21809015. PMID: PMC3175928. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2004.07.007>

5. Kim WJ, Ma CH, Kim SH, et al. Prevention of Adjacent Segmental Disease after Fusion in Degenerative Spinal Disorder: Correlation between Segmental Lumbar Lordosis Ratio and Pelvic Incidence-Lumbar Lordosis Mismatch for a Minimum 5-Year Follow-up. *Asian Spine J*. 2019;13(4):654–662. PMID: 30962413. PMID: PMC6680035. <https://doi.org/10.31616/asj.2018.0279>

6. 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 Disord*. 2019;20(1):470. PMID: 31651312. PMID: PMC6814138. <https://doi.org/10.1186/s12891-019-2886-4>

7. Rothenfluh DA, Mueller DA, Rothenfluh E, Min K. Pelvic incidence-lumbar lordosis mismatch predisposes to adjacent segment disease after lumbar spinal fusion. *Eur Spine J*. 2015;24(6):1251–1258. PMID: 25018033. <https://doi.org/10.1007/s00586-014-3454-0>

8. Pfirrmann CW, Metzdorf A, Zanetti M, et al. Magnetic resonance classification of lumbar intervertebral disc degeneration. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001;26(17):1873–1878. PMID: 11568697. <https://doi.org/10.1097/00007632-200109010-00011>

9. Ma Z, Huang S, Sun J, et al. Risk factors for upper adjacent segment degeneration after multi-level posterior lumbar spinal fusion surgery. *J Orthop Surg Res*. 2019;14(1):89. PMID: 30922408. PMID: PMC6437868. <https://doi.org/10.1186/s13018-019-1126-9>

10. Ramirez-Villaescusa J, López-Torres Hidalgo J, Martin-Benlloch A, et al. Risk factors related to adjacent segment degeneration: retrospective observational cohort study and survivorship analysis of adjacent unfused segments. *Br J Neurosurg*. 2019;33(1):17–24. PMID: 30317889. <https://doi.org/10.1080/02688697.2018.1523365>

11. Lee CS, Hwang CJ, Lee SW, et al. Risk factors for adjacent segment disease after lumbar fusion. *Eur Spine J*. 2009;18(11):1637–1643. PMID: 19533182. PMID: PMC2899393. <https://doi.org/10.1007/s00586-009-1060-3>

12. Aota Y, Kumano K, Hirabayashi S. Postfusion instability at the adjacent segments after rigid pedicle screw fixation for degenerative lumbar spinal disorders. *J Spinal Disord.* 1995;8(6):464–473. PMID: 8605420. <https://doi.org/10.1097/00024720-199512000-00006>

13. Rahm MD, Hall BB. Adjacent-segment degeneration after lumbar fusion with instrumentation: a retrospective study. *J Spinal Disord.* 1996;9(5):392–400. PMID: 8938607. <https://doi.org/10.1097/00002517-199610000-00005>

14. Kaito T, Hosono N, Mukai Y, et al. Induction of early degeneration of the adjacent segment after posterior lumbar interbody fusion by excessive distraction of lumbar disc space. *J Neurosurg Spine.* 2010;12(6):671–679. PMID: 20515354. <https://doi.org/10.3171/2009.12.SPINE08823>

15. Lee JC, Kim Y, Soh JW, et al. Risk factors of adjacent segment disease requiring surgery after lumbar spinal fusion: comparison of posterior lumbar interbody fusion and posterolateral fusion. *Spine (Phila Pa 1976).* 2014;39(5):339–345. PMID: 24365899. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000000164>

16. Symmons DP, van Hemert AM, Vandenbroucke JP, Valkenburg HA. A longitudinal study of back pain and radiological changes in the lumbar spines of middle aged women. II. Clinical findings. *Maturitas.* 1991;13(4):342–343. PMID: 1826597. PMID: PMC1004365. [https://doi.org/10.1016/0378-5122\(91\)90256-p](https://doi.org/10.1016/0378-5122(91)90256-p)

17. Liuke M, Solovieva S, Lamminen A, Luoma K, et al. Disc degeneration of the lumbar spine in relation to overweight. *Int J Obes (Lond).* 2005;29(8):903–908. PMID: 15917859. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0802974>

18. 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;110:438–449. PMID: 29138076. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2017.11.010>

19. Matsumoto T, Okuda S, Maeno T, et al. Spinopelvic sagittal imbalance as a risk factor for adjacent-segment disease after single-segment posterior lumbar interbody fusion. *J Neurosurg Spine.* 2017;26(4):435–440. PMID: 28059683. <https://doi.org/10.3171/2016.9.SPINE16232>

20. Barrey C, Jund J, Nosedo O, Roussouly P. Sagittal balance of the pelvis-spine complex and lumbar degenerative diseases. A comparative study about 85 cases. *Eur Spine J.* 2007;16(9):1459–1467. PMID: 17211522. PMID: PMC2200735. <https://doi.org/10.1007/s00586-006-0294-6>

21. Hilibrand AS, Robbins M. Adjacent segment degeneration and adjacent segment disease: the consequences of spinal fusion? *Spine J.* 2004;4(6):190S–194S. PMID: 15541666. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2004.07.007>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Спиридонов Алексей Викторович, аспирант кафедры нейрохирургии и инновационной медицины, Иркутский го-

сударственный медицинский университет; врач-нейрохирург отделения нейрохирургии, Краевая клиническая больница (Красноярск, Россия). <https://orcid.org/0000-0003-3244-4688>

Пестряков Юрий Яковлевич, к. м. н., докторант кафедры нейрохирургии и инновационной медицины, Иркутский государственный медицинский университет; заведующий нейрохирургическим отделением, Краевая клиническая больница (Красноярск, Россия). <https://orcid.org/0000-0001-7076-571X>

Калинин Андрей Андреевич, к. м. н., доцент кафедры нейрохирургии и инновационной медицины, Иркутский государственный медицинский университет; врач-нейрохирург центра нейрохирургии, Клиническая больница «РЖД-Медицина» (Иркутск, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-6059-4344>

Бывальцев Вадим Анатольевич, д. м. н., профессор, заведующий кафедрой нейрохирургии и инновационной медицины, Иркутский государственный медицинский университет; главный нейрохирург, руководитель центра нейрохирургии, Клиническая больница «РЖД-Медицина» (Иркутск, Россия). <https://orcid.org/0000-0003-4349-7101>

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CREDENTIALS

Alexei V. Spiridonov, Post-graduate student of the Department of Neurosurgery and Innovative Medicine, Irkutsk State Medical University; neurosurgeon of the Department of Neurosurgery, Regional Clinical Hospital (Krasnoyarsk, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0003-3244-4688>

Yuriy Ya. Pestryakov, Cand. of Sci. (Med.), Postdoctoral Student of the Department of Neurosurgery and Innovative Medicine, Irkutsk State Medical University; Head of the Neurosurgical Department, Regional Clinical Hospital (Krasnoyarsk, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0001-7076-571X>

Andrey A. Kalinin, Cand. of Sci. (Med.), Assistant Professor of the Department of Neurosurgery and Innovative Medicine, Irkutsk State Medical University; neurosurgeon of the Center for Neurosurgery, 'Clinical Hospital' Russian Railways-Medicine (Irkutsk, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-6059-4344>

Vadim A. Byvaltsev, Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Neurosurgery and Innovative Medicine, Irkutsk State Medical University; Chief Neurosurgeon, Head of the Center for Neurosurgery, 'Clinical Hospital' Russian Railways-Medicine (Irkutsk, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0003-4349-7101>

Funding: *the study was not sponsored.*

Conflict of interest: *none declared.*