

УДК616–092.18

ДЕГЕНЕРАЦИЯ И ДЕГЕНЕРАТИВНОЕ ЗАБОЛЕВАНИЕ СМЕЖНОГО СЕГМЕНТА ПОСЛЕ ДОРСАЛЬНЫХ ДЕКОМПРЕССИВНО–СТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ НА ПОЯСНИЧНОМ ОТДЕЛЕ ПОЗВОНОЧНИКА: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

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

¹ ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Министерства
здравоохранения РФ, г. Иркутск,

² ЧУЗ «Клиническая больница «РЖД-Медицина» г. Иркутск»,

³ КГБУЗ «Краевая клиническая больница» Министерства здравоохранения РФ, г. Красноярск

ADJACENT SEGMENT DEGENERATION AND DISEASE AFTER DORSAL DECOMPRESSION- STABILIZING INTERVENTIONS AT THE LUMBAR SPINE: A REVIEW OF THE LITERATURE

Byvaltsev V.A.^{1,2}, Kalinin A.A.^{1,2}, Pestryakov Yu.Y.^{1,3}, Spiridonov A.V.^{1,3}

¹ Irkutsk State Medical University, Irkutsk,

² Road Clinical Hospital at st. Irkutsk-Passenger, Irkutsk,

³ Regional Clinical Hospital, Krasnoyarsk

АННОТАЦИЯ. Статья представляет собой обзор современных литературных данных, посвященных изучению этиологии, распространенности, факторов риска развития дегенерации смежного сегмента (ДСС) и дегенеративного заболевания смежного сегмента (ДЗСС) после выполнения дорсальных декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств в поясничном отделе позвоночника. Под ДЗСС принято понимать инструментально подтвержденную дегенерацию смежных с оперированным уровнем, сопровождающуюся определенными неврологическими симптомами. При отсутствии клинических проявлений и наличии только инструментальных признаков дегенерации смежных сегментов, правомочным является термин ДСС. Представлен анализ экспериментальных и клинических исследований, изучающих проблему ДСС и ДЗСС. Авторами изложены современные данные о подходах к лечению ДЗСС, а также представлено обоснование выбора рациональной лечебно-диагностической тактики ведения пациентов с указанной патологией. Обозначены актуальные и нерешенные вопросы, обуславливающие необходимость в проведении дальнейших исследований с целью разработки единых клинических рекомендаций по диагностике и лечению пациентов с ДСС и ДЗСС.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: дорсальные декомпрессивно-стабилизирующие вмешательства, дегенерация смежного сегмента, дегенеративное заболевание смежного сегмента, распространенность, этиология, факторы риска, хирургическое лечение.

ABSTRACT. The paper is a review of modern literature on the etiology, risk factors for development, the prevalence of the adjacent segment degeneration (ASD) and the adjacent segment disease (ASd) after performing dorsal decompression-stabilizing interventions at the lumbar spine. The term ASD is understood to mean the presence of instrumentally confirmed degeneration of segments adjacent to the operated, accompanied by certain neurological symptoms. In the absence of clinical manifestations and the presence of only instrumental signs of degeneration of segments adjacent to the operated segment, the term ASd is eligible. The analysis of experimental and clinical studies studying the problem of ASD and ASd. The authors set out modern data on approaches to the treatment of ASd, as well as the rationale for choosing a rational treatment and diagnostic tactics for managing patients with the specified pathology. Relevant outstanding issues are identified, which necessitates further research in order to develop uniform clinical recommendations for the diagnosis and treatment of patients with ASD and ASd.

KEYWORDS: dorsal decompression-stabilizing interventions, adjacent segment degeneration, adjacent segment disease, etiology, incidence, risk factors, surgical treatment.

Введение.

Дорсальные декомпрессивно-стабилизирующие вмешательства (ДДСВ) представляют собой «золотой» стандарт хирургического лечения дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника

[1,2]. Методика таких операций позволяет достигнуть полноценного регресса клинико-неврологической симптоматики и улучшения качества жизни у подавляющего большинства пациентов [3]. Тем не менее, операция поясничной фиксации сопряжена

с развитием ряда нежелательных явлений, среди которых наиболее распространенным является дегенерация смежного сегмента (ДСС) [4–6]. Как известно, ведущей причиной развития ДСС после выполнения ДДСВ является нарушение нормальной биомеханики поясничного отдела позвоночника [7,8]. По мнению Radcliff и соавт. [9] и Lawtence и соавт. [10] риск развития дегенеративного заболевания смежного сегмента (ДЗСС) после выполнения указанного вида оперативного вмешательства ежегодно увеличивается в среднем на 0,6–3,9%. Важно различать понятия ДСС и ДЗСС. Так, под термином ДЗСС принято понимать инструментально подтвержденную дегенерацию смежных с оперированным позвоночно-двигательных сегментов (ПДС), сопровождающуюся клинической симптоматикой [11]. В случае отсутствия неврологических проявлений и наличии только инструментальных признаков дегенерации смежных уровней, правомочным является термин ДСС [11].

К основным факторам риска развития ДСС принято относить возраст пациентов (старше 60 лет), гиперэкспрессию рецепторов эстрогенов, дегенерацию дугоотростчатых суставов (ДС) и межпозвонковых дисков (МПД) смежных ПДС [9,10,12]. Проведение ДДСВ на трех и более уровнях без включения сегмента L_4-S_1 в большинстве случаев приводит к развитию дегенерации последнего [12]. В работе Jang и соавт. [13] показано, что выполнение ламинэктомии на прилежащих с оперированным ПДС и наличие признаков сагиттального дисбаланса являются доказанными факторами риска развития ДСС.

Поиск литературных источников в базах данных Pubmed, EMBASE, Cochrane Library и eLibrary продемонстрировал наличие ряда исследований, посвященных изучению этиологии, распространенности и факторов риска развития ДСС и ДЗСС у пациентов после проведения ДДСВ. Всего изучено 103 публикации, 75 из них задействовано в научном обзоре. Важно отметить, что результаты указанных исследований во многом согласуются и дополняют друг друга.

Цель настоящего обзора — анализ современных литературных данных, посвященных изучению этиологии, распространенности, факторов риска ДСС и ДЗСС после выполнения ДДСВ в поясничном отделе позвоночника, а также способов их хирургического лечения.

Этиология

В настоящее время, основной причиной развития ДСС и ДЗСС после выполнения операции ригидной стабилизации является фактор биомеханического «стресса». В исследовании Lee и Lagrana [14] наглядно продемонстрировано значение биомеханической нагрузки в развитии ДСС. Авторами наблюдения выполнено изучение кадаверных моделей поясничного отдела позвоночника ($L_{III}-S_1$) с моносегментарной ригидной стабилизацией. Исследователи пришли к заключению, что сгибание в сагиттальной плоскости (не более 20°) приводит к значительному

возрастанию биомеханической нагрузки на смежные с фиксированным ПДС. На и соавт. [15] на моделях одноуровневой фиксации поясничного отдела позвоночника собак ($L_{VII}-S_1$) доказали, что сгибание в сагиттальной и фронтальной плоскостях (не более 30°) также приводит к значительному увеличению напряжения на смежные с оперированным ПДС. Тем не менее авторами исследования не отмечено повышения нагрузки на ДС прилежащего к фиксированному уровню. Ряд других исследований, изучающих модели позвоночника *invitro*, также подтверждают увеличение мобильности смежных ПДС и биомеханического стресса на них [16–18]. Последующие работы, изучающие анатомо-функциональные особенности позвоночного столба после ригидной стабилизации *invivo*, подтвердили наличие высокой степени подвижности смежных с оперированным ПДС. Так, используя модель позвоночника собаки *invivo*, Dekutoski и соавт. [19] отметили увеличение мобильности проксимальных ДС от оперированного сегмента. Frymoyer и соавт. [20] и Stokes и соавт. [21] показали достоверное повышение амплитуды движений смежных с фиксированным уровнем по данным ретроспективного анализа поясничных спондилограмм с функциональными пробами. Аналогичные результаты получены в проспективном исследовании Axelsson и соавт. [22], изучавших группу пациентов после выполнения неинструментального заднебокового спондилодеза с применением костных аутографтов. В экспериментальных исследованиях *invitro* Chen и соавт. [23, 24] и Weinholder и соавт. [25] доказано, что внутридисковое давление увеличивается только в тех ПДС, которые непосредственно прилегают к фиксированному сегменту. Изучая напряжение внутри МПД на кадаверной модели поясничного отдела позвоночника с выполненным одноуровневым задним спондилодезом, Cunningham и соавт. [26] отметили повышение значений данного биомеханического параметра в смежных с оперированным сегментах в среднем на 45%. По мнению Kim и соавт. [27] именно возрастающее внутридисковое давление выступает одним из ведущих факторов риска развития ДСС у пациентов после выполнения ДДСВ. Lotz и соавт. [28], основываясь на изучении влияния осевой нагрузки на напряжение внутри МПД на моделях позвоночника мышей, также подтвердили ключевую роль данного фактора в развитии их дегенерации. Особое внимание необходимо уделить обзорной статье Newell и соавт. [29], в которой представлены исследования, изучающие морфологические и иммуногистохимические изменения в МПД собак, после выполнения ригидной стабилизации. Результаты указанных наблюдений подтвердили изменение метаболизма клеток пульпозного ядра и снижение синтеза белков внеклеточного матрикса фиброзного кольца и, в частности, протеогликанов.

Несмотря на тот факт, что экспериментальные исследования подтверждают ключевую роль биомеханического стресса в развитии ДСС и ДЗСС

на моделях фиксации позвоночного столба у животных и кадаверов, клинические исследования являются неоднозначными и во многом противоречивыми. Так, по мнению ряда исследователей, развитие ДСС и ДЗСС у пациентов после выполнения ДДСВ не связано с изменениями нормальной биомеханики позвоночного столба и является результатом прогрессирования процесса дегенерации МПД и ДС [30–33]. В работе Van Horn и Bohnen [34] не обнаружено статистически значимых различий в частоте развития ДСС между группами пациентов с выполненной методикой поясничной фиксации и без таковой. Seitsalo и соавт. [35] также не отметили достоверных различий в распространенности ДСС и ДЗСС между группами респондентов с проведенными ДДСВ и без инструментальной стабилизации по поводу различных форм спондилолистезов. Hambly и соавт. [36] получили аналогичные результаты при ретроспективном анализе медицинских карт 42 пациентов. По мнению Okuda и соавт. [37] именно возрастная дегенерация опорных элементов позвоночника выступает ведущим фактором риска развития ДСС и ДЗСС у пациентов после выполнения стабилизации на поясничном уровне. Изменение нормальных параметров биомеханики позвоночного столба только лишь способствует прогрессированию дегенеративного процесса в ПДС. С другой стороны, в исследовании Guigui и соавт. [38] наглядно продемонстрировано достоверное увеличение частоты встречаемости ДСС в группе пациентов, которые перенесли операцию заднебокового поясничного спондилодеза.

Необходимо подчеркнуть, что обозначенные выше клинические исследования имеют ретроспективный характер и изучают малое количество пациентов, что не позволяет однозначно высказаться в отношении доминирующей роли биомеханического стресса в формировании ДСС и ДЗСС.

Распространенность

Анализ литературных источников, посвященных изучению частоты встречаемости ДСС и/или ДЗСС, указывает на широкое варьирование данного показателя (от 5,2% до 100%) [5,6,12,39–42]. Такого рода широкий диапазон распространенности ДСС и ДЗСС обусловлен преимущественно ретроспективным дизайном исследований, малым числом респондентов, а также различными подходами к диагностике и определению ДСС и ДЗСС. В подавляющем большинстве указанных публикаций диагностика ДСС основывалась только на рентгенологическом обследовании и не согласовывалась с изучением клинической симптоматики. К ДСС авторы относили «потемнение» смежных МПД, дегенерацию смежных ДС, стеноз позвоночного канала, грыжи МПД, а также спондилолистез и нестабильность прилежащих сегментов. При исследовании только рентгенологических результатов, распространенность ДСС составила от 8% до 100%. При этом анализ данных наличия неврологических проявлений при ДСС выявил частоту встречаемости ДЗСС от 5,2% до 18,5%.

Факторы риска

Основные факторы риска развития ДСС и/или ДЗСС у пациентов после проведения ДДСВ представлены в таблице 1. Многие исследователи сходятся во мнении, что собственно выполнение инструментального спондилодеза на поясничном уровне выступает основным фактором риска развития ДСС. Так, в работе Aota и соавт. [43] отмечено, что признаки ДСС после выполнения ДДСВ возникают в среднем спустя 25 месяцев. Etebar и Cahill [44] в своем наблюдении также отметили, что развитие ДЗСС у пациентов, перенесших процедуру поясничной фиксации, наступает в среднем через 26,8 месяцев. С другой стороны, при выполнении неин-

Таблица 1.

Факторы риска развития ДСС и/или ДЗСС.

	Фактор риска	Автор, % ДСС/ДЗСС	Автор, % ДСС/ДЗСС
1	Выполнение ДДСВ	Wang H. 83,2/6,3 [50]	Etebar S. 79/11,2 [33]
2	Дегенерация ДС смежного МПД	Bredow J. –/13,2 [56]	Kim J.Y. –/9,5 [27]
3	Дегенерация смежного МПД	Kim J.Y. –/8,9 [27]	Wimmer C. –/7,7 [51]
4	Выполнение ДДСВ на двух и более уровнях	Rahm M.D. 85/12 [48]	Etebar S. 78/13 [44]
5	Нарушение параметров сагиттального баланса (CVII PL и SSA)	Ghasemi A.A. –/1,04 [52]	Liang J. –/0,74 [55]
6	Поясничный спинальный стеноз	Melancia 65,4/13,1 [53]	Guigui P. 72/11 [38]
7	Высокий ИМТ (более 25 кг/м ²)	Zhong Z.M. 69/14 [49]	Liang J. 76/12 [55]
8	Тропизм ДС	Liang J. –/31 [55]	Bredow J. –/27 [56]
9	Горизонтализация замыкательных пластинок	Bagheri S.R. –/10 [58]	Wimmer C. –/23 [51]
10	Недостаточность развития m.multifidus	Yamasaki K. –/9,2 [61]	Bagheri S.R. –/10 [58]
11	Возраст (старше 55 лет)	Masevnin S. –/13,1 [54]	Yamasaki K. –/9,2 [61]
12	Женский пол	Scemama C. –/14 [62]	Liang J. –/13,1 [55]
13	Постменопаузальный период	Bydon M. 76/23 [57]	Liang J. –/13 [55]
14	Остеопороз	Ghasemi A.A. 81/20 [52]	Alentado V.J. 86/21 [59]

Примечание: «–»: данные не представлены

струментального спондилодеза поясничного отдела позвоночника, период развития ДСС варьирует от 8,5 до 13,1 лет [45]. Chen [46] и Kumar и соавт. [47] в своих клинических сериях также подтверждают более раннее развитие признаков ДСС и ДЗСС у пациентов, которым выполнялись ДДСВ. По мнению Rahm и Hall [48] выполнение дополнительной ригидной стабилизации поясничного отдела позвоночника увеличивает риск развития ДСС. Другим немаловажным фактором риска развития ДСС и/или ДЗСС является позиция транспедикулярных стабилизирующих систем. Так, установка винтовой конструкции на границе с замыкательной пластиной может приводить к ее повреждению и, как следствие, нарушению нормального питания структур МПД с развитием дегенерации последнего [49]. Исходная дегенерация ДС также выступает в роли фактора риска развития ДСС [50].

Кроме этого, количество фиксированных ПДС имеет взаимосвязь с развитием ДСС. В работе Etebar и Cahill [44] ДСС верифицирована у 78% респондентов, перенесших ДДСВ на двух и более сегментах. Rahm и Hall [48] и Wimmer и соавт. [51] также подтвердили высокую частоту встречаемости ДСС и ДЗСС у пациентов после выполнения полисегментарной поясничной фиксации. Еще одним важнейшим фактором риска формирования ДСС выступает нарушение параметров сагиттального баланса. В наблюдении Ghasemi и соавт. [52] наглядно показано, что изменение нормальных параметров сагиттального баланса (C_{VII} PL и SSA) ассоциировано с высокой частотой встречаемости ДСС.

Начальное состояние смежных ПДС играет немаловажную роль в развитии ДСС и ДЗСС. Кроме того, некоторые патологические состояния позвоночного столба могут выступать в роли ведущих факторов риска развития дегенерации смежных ПДС. В исследовании Melancia и соавт. [53] отмечено, что наибольшая частота встречаемости ДСС верифицирована в группе пациентов, перенесших ДДСВ, по поводу стенозирования позвоночного канала. По мнению авторов данного исследования, наличие дегенеративного стеноза позволяет утверждать о развитии дегенерации всего поясничного отдела позвоночника, а потому выполнение операции ригидной стабилизации будет нарушать нормальные биомеханические параметры и приводить к прогрессированию дегенеративно-дистрофического процесса в опорных элементах позвоночного столба.

Некоторые индивидуальные характеристики соматического статуса пациентов могут быть факторами риска развития ДСС и/или ДЗСС. Так, ряд исследователей сходятся во мнении, что возраст пациентов старше 60 лет является ведущим фактором риска развития ДСС, что в свою очередь связано с возрастными изменениями биомеханики позвоночного столба [54]. Женский пол, постменопаузальный период и остеопороз также могут провоцировать развитие ДСС после выполнения ДДСВ [55]. В систематическом обзоре Bredow и соавт. [56] к ведущим факторам риска фор-

мирования ДСС отнесли дегенерацию и тропизм ДС, горизонтализацию замыкательных пластинок и недостаточность развития m. multifidus. Безусловно, для более достоверной оценки влияния различных причин развития ДСС и/или ДЗСС у пациентов, перенесших ДДСВ, необходимо проведение мультицентровых рандомизированных контролируемых исследований с включением большого количества респондентов.

Хирургическое лечение

Основываясь на исследованиях, посвященных изучению рентгенологических результатов после выполнения ДДСВ, можно сделать вывод о том, что ДСС представляет собой наиболее распространенное нежелательное явление ригидной стабилизации. При этом, наличие инструментальных признаков ДСС не всегда имеет неврологические проявления с последующим развитием ДЗСС. Установлено, что у подавляющего большинства пациентов, оперированных при использовании ДДСВ, подтвержденные признаки ДСС не имеют соответствующей симптоматики. Развитие же ДЗСС может сопровождаться изолированным болевым синдромом в нижней части спины, корешковым компрессионным синдромом в различных его стадиях (радикулоневралгия, радикуневрит и радикулопатия), а также признаками сдавления дурального мешка на различных уровнях (синдром перемежающейся хромоты, синдромы поражения эпиконуса, конуса и конского хвоста) [57]. Выбор тактики хирургического лечения ДЗСС зависит напрямую от имеющейся у пациента симптоматики и данных инструментальных методов исследований. В работах Bagheri и соавт. [58] и Alentado и соавт. [59] отмечается высокая степень клинико-рентгенологической эффективности выполнения повторных ДДСВ по поводу ДЗСС с признаками нестабильности. Стоит отметить, что критерии патологической подвижности значительно отличаются в различных исследованиях, посвященных хирургическому лечению ДЗСС у пациентов после выполнения операции ДДСВ. Schlegel и соавт. [45] к признакам нестабильности ПДС отнесли наличие значительного сагиттально-коронарного смещения тел позвонков. В работе Chen и соавт. [46] в качестве таковых критериев считали достоверно определенный спондилолистез, динамическую сагиттальную трансляцию 4 мм и более, а также изменение угла наклона более 10°. Учитывая ретроспективный дизайн вышеуказанных публикаций с включением небольшого количества пациентов, однозначно утверждать об эффективности повторной ДДСВ по поводу ДЗСС не представляется возможным. С другой стороны, выполнение неинструментального спондилодеза у пациентов с ДЗСС, приводит к развитию псевдоартроза на указанном уровне с соответствующими клинико-неврологическими проявлениями [60].

Несмотря на развитие технологий хирургического лечения ДЗСС, удельный вес неудовлетворительных исходов лечения пациентов, оперированных по поводу рецидива болевого синдрома остается высоким.

Так, в клинической серии Yamasaki и соавт. [61] отмечено, что у большинства пациентов после выполнения ревизионных ДДСВ на поясничном отделе позвоночника по поводу ДЗСС сохранялся болевой синдром и низкий уровень качества жизни, требующий постоянного применения обезболивающих лекарственных средств. Кроме этого авторы отметили, что нарушение параметров сагиттального баланса у пациентов с ДЗСС увеличивает риск развития неудовлетворительного клинического исхода в среднем в 5 раз. Scemama и соавт. [62] показали, что основными морфологическими проявлениями ДЗСС выступали стеноз позвоночного канала, спондилолистез и уменьшение высоты МПД. Авторами продемонстрировано, что у 26 (70,2%) пациентов после выполнения повторной декомпрессии и стабилизации поясничного отдела позвоночника по поводу ДЗСС верифицированы преимущественно хорошие и отличные результаты по шкале субъективной удовлетворенности оперативным вмешательством Masnab.

Немаловажное значение в достижении высокой клинической и рентгенологической эффективности проведенной операции у пациентов с ДЗСС выступает выбор способа хирургической коррекции. В настоящее время, оперативное лечение ДЗСС осуществляется с помощью двух основных методик ДДСВ — открытой и минимально-инвазивной. Открытые вмешательства у пациентов с ДЗСС позволяют осуществлять полноценный анатомический доступ к структурам позвоночного столба, мобилизацию рубцовой ткани, визуализацию желтой связки и полноценную декомпрессию корешков спинного мозга и дурального мешка [63,64]. Сторонники минимально-инвазивных ДДСВ отмечают, что использования таковых подходов позволяет сохранить нормальную структуру параспинальной мускулатуры и связочного аппарата, уменьшить объем кровопотери, безопасно мобилизовать рубцовую ткань, визуализировать невральные структуры и выполнить их полноценную декомпрессию [65–67]. По мнению Bancerowski и соавт. [68] применение открытой методики хирургического лечения пациентов с ДЗСС приводит к большему повреждению паравертебральных мягких тканей с увеличением степени их рубцевания, и, как следствие, к дополнительному изменению биомеханики позвоночного столба с прогрессированием ДСС и/или ДЗСС. Наибольшая эффективность применения минимально-инвазивных методик наглядно продемонстрирована в группе пациентов пожилого и старческого возраста, где практически исключено использование открытых методик ввиду наличия соматических противопоказаний [69,70]. Так, применение малотравматичных хирургических методик в вышеуказанной когорте пациентов, позволяет достигнуть преимущественно хороших и отличных клинических результатов в отношении выраженности болевого синдрома в нижней части спины по визуальной аналоговой шкале и уровня качества жизни по Oswestry

Disability Index при практически минимальном количестве нежелательных явлений (менее 3%).

Среди наиболее распространенных видов поясничного спондилодеза, как метода хирургического лечения ДЗСС, являются методики трансфораминального (Transforaminal), прямого (бокового) (Direct/Lateral) и переднего (Anterior) поясничных (Lumbar) межтеловых (Interbody) фиксаций (Fusion). Каждый из указанных выше видов поясничных фиксаций (TLIF, D(L)LIF, ALIF) подтвердили свою клинико-рентгенологическую эффективность в лечении пациентов с ДЗСС в отдельных ретроспективных наблюдениях [3,4,69,71,72]. Учитывая низкий уровень доказательности этих исследований, интерпретация их результатов и рекомендации к их применению в широкой клинической практике являются неоднозначными.

Особое внимание необходимо уделить видам и распространенности неблагоприятных последствий, которые наблюдаются у пациентов при выполнении повторных оперативных вмешательств по поводу ДЗСС. В ретроспективном когортном исследовании Tsai и соавт. [73] отмечено, что частота встречаемости нежелательных явлений при выполнении ревизионных хирургических вмешательств у пациентов с ДЗСС составила 1,4% (повреждение твердой мозговой оболочки и ликвора — 0,82%, симптоматические эпидуральные гематомы — 0,26% и недостаточная декомпрессия невральных структур — 0,36%). В работе Kang и соавт. [74] наглядно показано, что распространенность периоперационных осложнений при использовании минимально-инвазивной методики TLIF у пациентов с ДЗСС составила 19% (во всех случаях верифицировано повреждение твердой мозговой оболочки). Cammisa и соавт. [75] также отметили, что при выполнении ревизионных оперативных вмешательств на поясничном отделе позвоночника по поводу ДЗСС наиболее распространенным осложнением выступает повреждение твердой мозговой оболочки (3,1%). Авторы вышеуказанных исследований сходятся во мнении, что выполнение повторных ДДСВ у пациентов с ДЗСС ассоциировано с высокой частотой развития нежелательных явлений, снижением качества жизни пациентов, увеличением длительности пребывания в стационаре и сроков временной нетрудоспособности, а также с дополнительными экономическими расходами практического здравоохранения.

Алгоритм выбора тактики хирургического лечения

На основании аналитических данных современной специализированной литературы и собственного многолетнего клинического опыта представлен алгоритм выбора тактики хирургического лечения ДЗСС. Так, выбор способа хирургической коррекции определяется несколькими ключевыми моментами: (1) детальным сбором анамнеза заболевания, (2) изучением особенностей ранее выполненного опера-

тивного вмешательства, (3) подробным клинико-неврологическим обследованием пациентов, а также (4) тщательным изучением результатов инструментальных методов исследований до и после выполнения ДДСВ. При этом, особое внимание необходимо уделить данным рентгенологического исследования (измерение параметров сагиттального баланса и исключение признаков псевдоартроза) и определить наличие симптомов компрессии невралных структур, сопоставив с результатами комплексного инструментального обследования — магнитно-резонансной, мультиспиральной компьютерной томографии поясничного отдела позвоночника и электронеуромиографии нижних конечностей.

Пациенты с ДЗСС, имеющие в неврологическом статусе изолированный болевой синдром в нижней части спины и/или элементы псевдорадикулярной симптоматики, как правило, подвергаются консервативным (нестероидные противовоспалительные лекарственные средства, ненаркотические анальгетики, витамины группы В, а также миорелаксанты центрального действия и некоторые противосудорожные лекарственные препараты) или парахирургическим методам (паравerteбральные и эпидуральные блокады с глюкокортикостероидными лекарственными средствами) лечения в комплексе с мультидисциплинарной реабилитацией (курс гипербарической оксигенации, образовательные лекции, индивидуальные беседы с пациентами, занятия лечебной физической культурой, массаж, аквааэробика с последующим физиотерапевтическим и санаторно-курортным лечением продолжительностью не менее 3–5 недель). При неэффективности данных методов лечения пациентам выполняются пункционные методы хирургического лечения ДЗСС, такие как денервация ДС на оперированном и смежных уровнях и лазерная нуклеопластика смежных МПД [70]. Повторные декомпрессивные или декомпрессивно-стабилизирующие оперативные вмешательства у пациентов с подтвержденным диагнозом ДЗСС, выполняются в случаях неэффективности обозначенных выше методов лечения, а также при наличии признаков неврологического дефицита. Важно подчеркнуть, что ревизионные операции у изучаемой группы пациентов, необходимо выполнять с применением малоинвазивных методик, что позволит минимизировать операционную травму, сохранив при этом радикальность лечения и обеспечив раннюю активизацию с быстрой трудовой реабилитацией.

На рисунке 1 показан клинический пример использования минимально-инвазивного ДДСВ при разви-

тии грыжи МПД вышележащего уровня от ранее выполненной ригидной стабилизации ПДС.

Заключение.

ДСС является одним из наиболее частых нежелательных явлений, развивающегося у пациентов после выполнения ДДСВ. ДЗСС с различными его клиническими проявлениями, в отличие от ДСС, встречается намного реже. При этом, прогрессирование ДЗСС может приводить к развитию выраженного болевого синдрома и компрессии невралных структур с формированием грубого неврологического дефицита. Факторами риска развития ДСС и/или ДЗСС могут выступать как анатомо-биомеханические особенности поясничного отдела позвоночника пациентов, так и их соматический статус.

Лечение пациентов с ДЗСС, сопровождающегося изолированным болевым синдромом в нижней части спины и/или с признаками псевдорадикулярной симптоматики, должно включать в себя прохождение курсов консервативного, парахирургического методов лечения и мультидисциплинарной реабилитации. Хирургическое лечение пациентов с ДЗСС также должно иметь этапную последовательность с использованием пункционных методик и минимально-инвазивных декомпрессивных и декомпрессивно-стабилизирующих оперативных вмешательств в зависимости от имеющихся клинико-неврологических проявлений.

Отсутствие на сегодняшний день единой лечебно-диагностической тактики ведения пациентов с ДСС и/или ДЗСС после выполнения ДДСВ приводит к регистрации различных клинико-рентгенологических результатов лечения. Безусловно, для разработки единых клинических рекомендаций по ведению указанной группы пациентов, необходимо проведение крупных мультицентровых рандомизированных контролируемых клинических исследований, а также систематических обзоров и метаанализов, основанных на результатах последних.

Финансирование

Исследование не имело финансовой поддержки.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ORCID авторов:

Бывальцев Вадим Анатольевич [http — 0000-0003-4349-7101](http://orcid.org/0000-0003-4349-7101)

Калинин Андрей Андреевич — 0000-0002-6059-4344

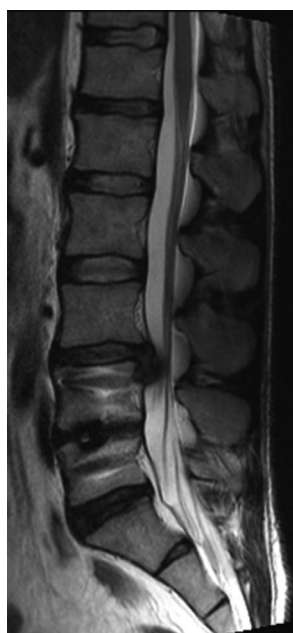
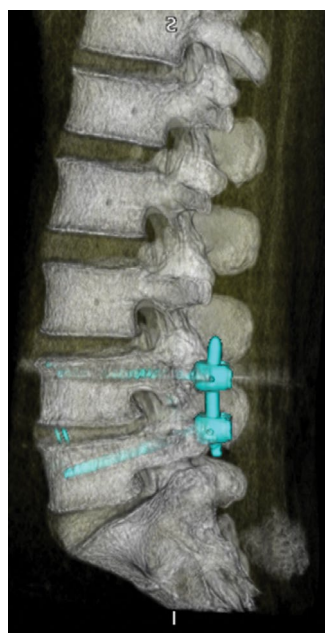
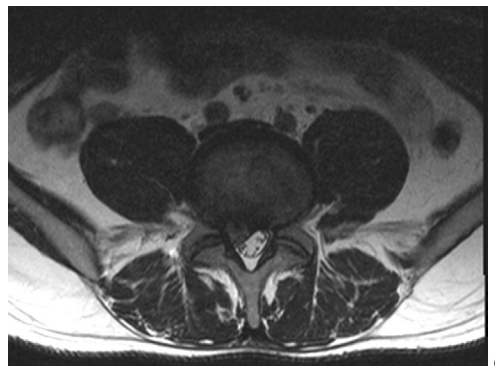
Пестряков Юрий Яковлевич — 0000-0001-7076-571X

Спиридонов Алексей Викторович — 0000-0003-3244-4688

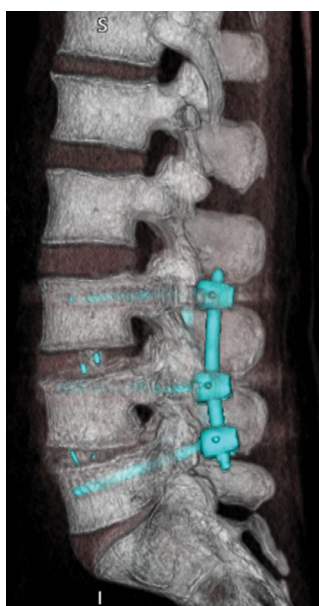
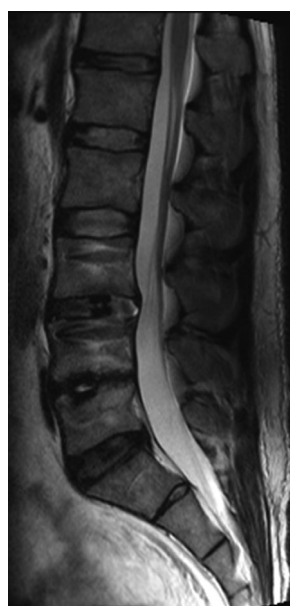
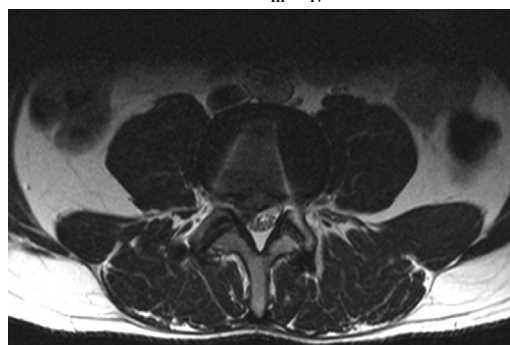


Рис. 1. Клинический пример лечения пациента 3., 33 года, с развитием и хирургической коррекцией ДЗСС:

а — сагиттальная спондилография до операции;
б — сагиттальная МРТ-грамма поясничного отдела, грыжа МПД L_{IV}-L_V;
в — фронтальная МРТ-грамма поясничного отдела, правосторонняя грыжа МПД L_{IV}-L_V;



з — сагиттальная МСКТ-грамма поясничного отдела позвоночника, 3 месяца после минимально-инвазивного трансфораминального межтелового спондилодеза, транскутанной транспедикулярной стабилизации в сегменте L_{IV}-L_V;
д — сагиттальная МРТ-грамма поясничного отдела, 6 месяцев после минимально-инвазивной дорсальной ригидной стабилизации в сегменте L_{IV}-L_V, грыжа смежного уровня в МПД L_{III}-L_{IV};



е — фронтальная МРТ-грамма поясничного отдела, правосторонняя грыжа МПД L_{III}-L_{IV};
жс — сагиттальная МРТ-грамма;
з — сагиттальная МСКТ-грамма поясничного отдела позвоночника, 3 месяца после продления системы ригидной стабилизации при использовании минимально-инвазивных технологий — трансфораминального межтелового спондилодеза в сегменте L_{III}-L_{IV}, транскутанной транспедикулярной стабилизации в сегментах L_{III}-L_{IV}-L_V.

Список литературы/ List of references:

- Макиров С. К. Современные возможности задней динамической стабилизации позвоночника в профилактике синдрома смежного уровня: обзор литературы / С. К. Макиров, Юз А. А., Джахаф М. Т., Гусев С. С. // Хирургия позвоночника. 2015. Т. 12. № 1. С. 46–62.
- Колесов С. В. Сравнение эффективности применения стержней из титанола и титановых стержней при хирургическом лечении дегенеративных заболеваний позвоночника с фиксацией пояснично-крестцового отдела / С. В. Колесов, А. И. Казьмин, В. В. Швец, А. О. Гуша, Е. Н. Полторако, И. В. Басанкин, А. Е. Кривошеин, К. М. Бухтин, А. А. Пантелеев, М. Л. Сажнев, В. С. Переверзев // Травматология и ортопедия России. 2019;25(2) С 59–70
- Крутько А. В. Сегментарная нестабильность позвоночника: нерешенные вопросы / А. В. Крутько, Е. С. Байков, Н. А. Коновалов, А. Г. Назаренко. // Хирургия позвоночника // 2017. Т. 14. № 3. С. 74–83.
- Афаунов А. А. Анализ причин ревизионных операций при хирургическом лечении больных с поясничными стенозами дегенеративной этиологии / А. А. Афаунов, И. В. Басанкин, А. В. Кузьменко, В. К. Шаповалов // Хирургия позвоночника. 2014. № 1. С. 86–93.
- Коновалов Н. А., Современные методы лечения дегенеративных заболеваний межпозвонкового диска. Обзор литературы / Н. А. Коновалов А. Г. Назаренко, Д. С. Асютин // Вопросы нейрохирургии. 2016. № 4 (80). С. 102.
- Масевнин С. В. Роль основных факторов риска в раннем развитии синдрома смежного уровня у пациентов после спондилодеза поясничного отдела позвоночника / С. В. Масевнин Д. А. Пташников, Д. А. Михайлов, О. А. Смекаленков, Н. С. Заборовский, О. А. Лапаева, Л. Ян, З. Мураби. // Хирургия позвоночника. 2016. Т. 13. № 3. С. 60–67.
- Симонович А. Е. Влияние динамической фиксации поясничных позвоночных сегментов на их подвижность / А. Е. Симонович, С. П. Маркин, Х. А. Нуралиев, И. И. Снежков // Хирургия позвоночника 2008 № 4 С. 30–36
- Бывальцев В. А. Динамическая фиксация поясничного отдела позвоночника / В. А. Бывальцев, А. А. Калинин, Ю. Я. Пестряков, М. А. Алиев // Вестник травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова. 2019 № 2 С. 43–55
- Radcliff, K. E. Adjacent segment disease in the lumbar spine following different treatment interventions / K. E. Radcliff, C. K. Kepler, A. Jakoi et al. // Spine J. — 2013. — Vol. 13(10). — P. 1339–1349.
- Lawrence, B. D. Predicting the risk of adjacent segment pathology in the cervical spine: a systematic review / B. D. Lawrence, A. S. Hili- brand, E. D. Brodt et al. // Spine (PhilaPa 1976). — 2012. — Vol. 37(22). — P. 52–64.
- Никитин А. С. Синдром поражения смежного уровня поясничного отдела позвоночника после спондилодеза / Никитин А. С. Асратян С. А. Новиков А. Е. // Вестник Ивановской медицинской академии Т. 20, № 2, 2015 С66–70.
- Okuda, S. Risk factors for adjacent segment degeneration after PLIF / S. Okuda, M. Iwasaki, A. Miyauchi et al. // Spine (PhilaPa 1976). — 2004. — Vol. 29(14). — P. 1535–1540.
- Jang, J. S. Surgical treatment of failed back surgery syndrome due to sagittal imbalance / J. S. Jang, S. H. Lee, J. H. Min et al. // Spine (PhilaPa 1976). — 2007. — Vol. 32(26). — P. 3081–3087.
- Lee, C. K. Lumbosacral spinal fusion. A biomechanical study / C. K. Lee, N. A. Langrana // Spine (Phila Pa 1976). — 1984. — Vol. 9(6). — P. 574–581.
- Ha, K. Y. Effect of immobilization and configuration on lumbar adjacent-segment biomechanics / K. Y. Ha, M. J. Schendel, J. L. Lewis et al. // J SpinalDisord. — 1993. — Vol. 6(2). — P. 99–105.
- Bastian, L. Evaluation of the mobility of adjacent segments after posterior thoracolumbar fixation: a biomechanical study / L. Bastian, U. Lange, C. Knop et al. // EurSpine J. — 2001. — Vol. 10(4). — P. 295–300.
- Chow, D. H. Effects of short anterior lumbar interbody fusion on bio- mechanics of neighboring unfused segments / D. H. Chow, K. D. Luk, J. H. Evans et al. // Spine (PhilaPa 1976). — 1996. — Vol. 21(5). — P. 549–555.
- Nagata, H. The effects of immobilization of long segments of the spine on the adjacent and distal facet force and lumbosacral motion / H. Nagata, M. J. Schendel, E. E. Transfeldt et al. // Spine (PhilaPa 1976). — 1993. — Vol. 18(16). — P. 2471–2479.
- Dekutoski, M. B. Comparison of in vivo and in vitro adjacent seg- ment motion after lumbar fusion / M. B. Dekutoski, M. J. Schendel, J. W. Ogilvie et al. // Spine (Phila Pa 1976). — 1994. — Vol. 19(15). — P. 1745–1751.
- Frymoyer, J. W. A comparison of radiographic findings in fusion and nonfusion patients ten or more years following lumbar disc surgery / J. W. Frymoyer, E. N. Hanley, J. Howe et al. // Spine (PhilaPa 1976). — 1979. — Vol. 4(5). — P. 435–440.
- Stokes, I. A. 1980 Volvo award in clinical sciences. Assessment of patients with low-back pain by biplanar radiographic measurement of intervertebral motion / I. A. Stokes, D. G. Wilder, J. W. Frymoyer et al. // Spine (PhilaPa 1976). — 1981. — Vol. 6(3). — P. 233–240.
- Axelsson, P. The spondylolytic vertebra and its adjacent segment. Mobility measured before and after posterolateral fusion / P. Axelsson, R. Johnsson, B. Strömqvist // Spine (Phila Pa 1976). — 1997. — Vol. 22(4). — P. 414–417.
- Chen, C. S. A biomechanical comparison of posterolateral fusion and posterior fusion in the lumbar spine / C. S. Chen, C. K. Cheng, C. L. Liu // J SpinalDisordTech. — 2002. — Vol. 15(1). — P. 53–63.
- Chen, C. S. Stress analysis of the disc adjacent to interbody fusion in lumbar spine / C. S. Chen, C. K. Cheng, C. L. Liu et al. // Med Eng Phys. — 2001. — Vol. 23(7). — P. 483–491.
- Weinhoffer, S. L. Intradiscal pressure measurements above an instru- mented fusion. A cadaveric study / S. L. Weinoffer, R. D. Guyer, M. Herbert et al. // Spine (Phila Pa 1976). — 1995. — Vol. 20(5). — P. 526–531.
- Cunningham, B. W. The effect of spinal destabilization and instru- mentation on lumbar intradiscal pressure: an in vitro biomechanical analysis / B. W. Cunningham, Y. Kotani, P. S. McNulty et al. // Spine (PhilaPa 1976). — 1997. — Vol. 22(22). — P. 2655–2663.
- Kim, Y. E. Effect of disc degeneration at one level on the adjacent level in axial mode / Y. E. Kim, V. K. Goel, J. N. Weinstein et al. // Spine (Phila Pa 1976). — 1991. — Vol. 16(3). — P. 331–335.
- Lotz, J. C. Compression-induced degeneration of the intervertebral disc: an in vivo mouse model and finite-element study / J. C. Lotz, O. K. Colliou, J. R. Chin et al. // Spine (PhilaPa 1976). — 1998. — Vol. 23(23). — P. 2493–2506.
- Newell, N. Biomechanics of the human intervertebral disc: A review

- of testing techniques and results / N. Newell, J. P. Little, A. Christou et al. // *J MechBehav Biomed Mater.* — 2017. — Vol. 69. — P. 420–434.
30. Helgeson, M. D. Update on the evidence for adjacent segment degeneration and disease / M. D. Helgeson, A. J. Bevevino, A. S. Hilibrand // *Spine J.* — 2013. — Vol. 13(3). — P. 342–351.
 31. Malakoutian, M. Do in vivo kinematic studies provide insight into adjacent segment degeneration? A qualitative systematic literature review / M. Malakoutian, D. Volkheimer, J. Street et al. // *Eur Spine J.* — 2015. — Vol. 24(9). — P. 1865–1881.
 32. Carrier, C. S. Evidence-based analysis of adjacent segment degeneration and disease after ACDF: a systematic review / C. S. Carrier, C. M. Bono, D. R. Lebl // *Spine J.* — 2013. — Vol. 13(10). — P. 1370–1378.
 33. Berven, S. Sagittal Alignment of the Lumbar Spine / S. Berven, R. Wadhwa // *NeurosurgClin N Am.* — 2018. — Vol. 29(3). — P. 331–339.
 34. Van Horn, J. R. The development of discopathy in lumbar discs adjacent to a lumbar anterior interbody spondylodesis. A retrospective matched-pair study with a postoperative follow-up of 16 years / J. R. Van Horn, L. M. Bohnen // *ActaOrthopBelg.* — 1992. — Vol. 58(3). — P. 280–286.
 35. Seitsalo, S. Disc degeneration in young patients with isthmic spondylolisthesis treated operatively or conservatively: a long-term follow-up / S. Seitsalo, D. Schlenzka, M. Poussa et al. // *EurSpine J.* — 1997. — Vol. 6(6). — P. 393–397.
 36. Hambly, M. F. The transition zone above a lumbosacral fusion / M. F. Hambly, L. L. Wiltse, N. Raghavan et al. // *Spine (PhilaPa 1976).* — 1998. — Vol. 23(16). — P. 1785–1792.
 37. Okuda, S. Adjacent Segment Disease After Posterior Lumbar Interbody Fusion: A Case Series of 1000 Patients / S. Okuda, T. Yamashita, T. Matsumoto et al. // *Global Spine J.* — 2018. — Vol. 8(7). — P. 722–727.
 38. Guigui, P. Influence à long terme de l'arthrodèse associée sur les niveaux adjacents dans le traitement des sténoses lombaires [Long-term influence of associated arthrodesis on adjacent segments in the treatment of lumbar stenosis: a series of 127 cases with 9-year follow-up] / P. Guigui, P. Wodecki, P. Bizot et al. // *RevChirOrthopReparatriceApparMot.* — 2000. — Vol. 86(6). — P. 546–557.
 39. Liu, H. Protective effects of preserving the posterior complex on the development of adjacent-segment degeneration after lumbar fusion: clinical article / H. Liu, W. Wu, Y. Li et al. // *J NeurosurgSpine.* — 2013. — Vol. 19(2). — P. 201–206.
 40. Imagama, S. Radiographic Adjacent Segment Degeneration at 5 Years After L4/5 Posterior Lumbar Interbody Fusion With Pedicle Screw Instrumentation: Evaluation by Computed Tomography and Annual Screening With Magnetic Resonance Imaging / S. Imagama, N. Kawakami, Y. Matsubara et al. // *Clin Spine Surg.* — 2016. — Vol. 29(9). — P. 442–451.
 41. Makino, T. Low incidence of adjacent segment disease after posterior lumbar interbody fusion with minimum disc distraction: A preliminary report / T. Makino, H. Honda, H. Fujiwara et al. // *Medicine (Baltimore).* — 2018. — Vol. 97(2). — P. 9631.
 42. Yu, S. W. Radiographic and clinical results of posterior dynamic stabilization for the treatment of multisegment degenerative disc disease with a minimum follow-up of 3 years / S. W. Yu, C. Y. Yen, C. H. Wu et al. // *ArchOrthopTraumaSurg.* — 2012. — Vol. 132(5). — P. 583–589.
 43. Aota, Y. Postfusion instability at the adjacent segments after rigid pedicle screw fixation for degenerative lumbar spinal disorders / Y. Aota, K. Kumano, S. Hirabayashi. // *J SpinalDisord.* — 1995. — Vol. 8(6). — P. 464–473.
 44. Etebar, S. Risk factors for adjacent-segment failure following lumbar fixation with rigid instrumentation for degenerative instability / S. Etebar, D. W. Cahill // *J Neurosurg.* — 1999. — Vol. 90(2). — P. 163–169.
 45. Schlegel, J. D. Lumbar motion segment pathology adjacent to thoracolumbar, lumbar, and lumbosacral fusions / J. D. Schlegel, J. A. Smith, R. L. Schleusener // *Spine (PhilaPa 1976).* — 1996. — Vol. 21(8). — P. 970–981.
 46. Chen, W. J. Surgical treatment of adjacent instability after lumbar spine fusion / W. J. Chen, P. L. Lai, C. C. Niu et al. // *Spine (PhilaPa 1976).* — 2001. — Vol. 26(22). — P. 519–524.
 47. Kumar, M. N. Long-term follow-up of functional outcomes and radiographic changes at adjacent levels following lumbar spine fusion for degenerative disc disease / M. N. Kumar, F. Jacquot, H. Hall // *EurSpine J.* — 2001. — Vol. 10(4). — P. 309–313.
 48. Rahm, M. D. Adjacent-segment degeneration after lumbar fusion with instrumentation: a retrospective study / M. D. Rahm, B. B. Hall // *J SpinalDisord.* — 1996. — Vol. 9(5). — P. 392–400.
 49. Zhong, Z. M. Adjacent segment disease after instrumented fusion for adult lumbar spondylolisthesis: Incidence and risk factors / Z. M. Zhong, V. Deviren, B. Tay et al. // *ClinNeurolNeurosurg.* — 2017. — Vol. 156. — P. 29–34.
 50. Wang, H. Incidence and risk factors of adjacent segment disease following posterior decompression and instrumented fusion for degenerative lumbar disorders / H. Wang, L. Ma, D. Yang et al. // *Medicine (Baltimore).* — 2017. — Vol. 96(5). — P. 6032.
 51. Wimmer, C. AP-translation in the proximal disc adjacent to lumbar spine fusion. A retrospective comparison of mono- and polysegmental fusion in 120 patients / C. Wimmer, H. Gluch, M. Krismer et al. // *ActaOrthopScand.* — 1997. — Vol. 68(3). — P. 269–272.
 52. Ghasemi, A. A. Adjacent segment degeneration after posterior lumbar fusion: An analysis of possible risk factors / A. A. Ghasemi // *ClinNeurolNeurosurg.* — 2016. — Vol. 143. — P. 15–18.
 53. Melancia, J. L. Spinal stenosis / J. L. Melancia, A. F. Francisco, J. L. Antunes // *HandbClin Neurol.* — 2014. — Vol. 119. — P. 541–549.
 54. Masevnin, S. Risk factors for adjacent segment disease development after lumbar fusion / S. Masevnin, D. Ptashnikov, D. Michaylov et al. // *AsianSpine J.* — 2015. — Vol. 9(2). — P. 239–244.
 55. Liang, J. Risk factors for predicting symptomatic adjacent segment degeneration requiring surgery in patients after posterior lumbar fusion / J. Liang, Y. Dong, H. Zhao // *J OrthopSurgRes.* — 2014. — Vol. 9. — P. 97.
 56. Bredow, J. Pathoanatomic Risk Factors for Instability and Adjacent Segment Disease in Lumbar Spine: How to Use Topping Off? / J. Bredow, L. Löhrer, J. Oppermann et al. // *Biomed Res Int.* — 2017. — Vol. 2017. — Article ID2964529.
 57. Bydon, M. The incidence of adjacent segment disease after lumbar discectomy: A study of 751 patients / M. Bydon, M. Macki, P. Kerzoudis et al. // *J ClinNeurosci.* — 2017. — Vol. 35. — P. 42–46.
 58. Bagheri, S. R. Adjacent segment disease after posterior lumbar instrumentation surgery for degenerative disease: Incidence and risk factors / S. R. Bagheri, E. Alimohammadi, A. ZamaniFroushani et al. // *J OrthopSurg (HongKong).* — 2019. — Vol. 27(2). — Article ID2309499019842378.
 59. Alentado, V. J. Predisposing Characteristics of Adjacent Segment Disease After Lumbar Fusion / V. J. Alentado, D. Lubelski, A. T. Healy et al. // *Spine (Phila Pa 1976).* — 2016. — Vol. 41(14). — P. 1167–1172.
 60. Bindal, S. Noninstrumented Lumbar Fusion with Bone Morphogenetic Proteins for Spinal Stenosis with Spondylolisthesis in the Elderly

- / S. Bindal, S. K. Bindal, M. Bindal et al. // *WorldNeurosurg.* — 2019. — Vol. 126. — P. 1427–1435.
61. Yamasaki, K. Risk Factors of Adjacent Segment Disease After Transforaminal Inter-Body Fusion for Degenerative Lumbar Disease / K. Yamasaki, M. Hoshino, K. Omori et al. // *Spine (Phila Pa 1976)*. — 2017. — Vol. 42(2). — P. 86–92.
62. Scemama, C. Risk of adjacent-segment disease requiring surgery after short lumbar fusion: results of the French Spine Surgery Society Series / C. Scemama, B. Magrino, P. Gillet et al. // *J Neurosurg-Spine*. — 2016. — Vol. 25(1). — P. 46–51.
63. McClelland, S. 3rd. Minimally Invasive versus Open Spine Surgery: What Does the Best Evidence Tell Us? / S. McClelland 3rd, J. A. Goldstein // *J Neurosci Rural Pract.* — 2017. — Vol. 8(2). — P. 194–198.
64. Liang, J. Q. Revision Surgery after Percutaneous Endoscopic Transforaminal Discectomy Compared with Primary Open Surgery for Symptomatic Lumbar Degenerative Disease / J. Q. Liang, C. Chen, H. Zhao // *Orthop Surg.* — 2019. — Vol. 11(4). — P. 620–627.
65. Бывальцев, В. А. Минимально инвазивная хирургия позвоночника: этапы развития / В. А. Бывальцев, А. А. Калинин, Н. А. Коновалов // *Вопр. нейрохир им Бурденко*. — 2019. — Т. 83, № 5. — С. 92–100.
66. Narain, A. S. Patient Perceptions of Minimally Invasive Versus Open Spine Surgery / A. S. Narain, F. Y. Hijji, G. Duhancioglu et al. // *Clin Spine Surg.* — 2018. — Vol. 31(3). — P. 184–192.
67. Масевнин, С. В. Влияние позвоночно-тазовых параметров на частоту развития нестабильности смежного сегмента при моносегментарной фиксации в поясничном отделе позвоночника / С. В. Масевнин, Д. А. Пташников, И. В. Волков и др. // *Вопросы нейрохирургии им. Н. Н. Бурденко*. — 2019. — Т. 83, № 2. — С. 80–84.
68. Banczerowski, P. Minimally invasive spine surgery: systematic review / P. Banczerowski, G. Czigléczi, Z. Papp et al. // *Neurosurg Rev.* — 2015. — Vol. 8(1). — P. 11–26.
69. Shamji, M. F. Minimally Invasive Spinal Surgery in the Elderly: Does It Make Sense? / M. F. Shamji, C. L. Goldstein, M. Wang et al. // *Neurosurgery*. — 2015. — Vol. 77 (4). — P. 108–115.
70. Яриков, А. В. Балльный способ верификации фасеточного болевого синдрома поясничного отдела позвоночника / А. В. Яриков, А. В. Морев, А. Ю. Ермолаев и др. // *Забайкальский медицинский вестник*. — 2019. — № 1. — С. 112–118.
71. Afathi, M. Anterior lumbar sagittal alignment after anterior or lateral interbody fusion / M. Afathi, F. Zairi, P. Devos et al. // *Orthop Traumatol Surg Res.* — 2017. — Vol. 103(8). — P. 1245–1250.
72. Salzmänn, S. N. Lateral Lumbar Interbody Fusion-Outcomes and Complications / S. N. Salzmänn, J. Shue, A. P. Hughes // *Curr Rev Musculoskelet Med.* — 2017. — Vol. 10(4). — P. 539–546.
73. Tsai, T. T. Unplanned revision spinal surgery within a week: a retrospective analysis of surgical causes / T. T. Tsai, S. H. Lee, C. C. Niu et al. // *BMC Musculoskelet Disord.* — 2016. — Vol. 17. — P. 28.
74. Kang, M. S. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion with unilateral pedicle screw fixation: comparison between primary and revision surgery / M. S. Kang, J. Y. Park, K. H. Kim et al. // *Biomed Res Int.* — 2014. — Vol. 2014. — Article ID919248.
75. Cammisa, F. P. Jr. Incidental durotomy in spine surgery / F. P. Cammisa Jr, F. P. Girardi, P. K. Sangani et al. // *Spine (Phila Pa 1976)*. — 2000. — Vol. 25(20). — P. 2663–2667.