



ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ СПОНДИЛОЛИСТЕЗОВ НИЗКОЙ СТЕПЕНИ ГРАДАЦИИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ

А.В. Булатов, В.С. Климов, А.В. Евсюков

Федеральный центр нейрохирургии, Новосибирск

Представлен литературный обзор по современным проблемам хирургического лечения спондилолистезов низкой степени градации. Приводятся результаты различных методов хирургического лечения, вплоть до современных минимально-инвазивных методик. Указывается важность подбора метода хирургического вмешательства в зависимости от вида формирования спондилолистеза, крестцово-тазового баланса и в целом сагиттального баланса и их влияние на качество жизни пациентов. Обсуждаются осложнения и причины развития псевдоартроза при различных методиках межтелового спондилодеза. Выбор оптимальной тактики лечения является основной проблемой хирургии спондилолистезов низкой степени градации.

Ключевые слова: спондилолистез, листез low grade, псевдоартроз, сагиттальный баланс.

SURGICAL TREATMENT
OF LOW GRADE SPONDYLOLISTHESIS:
THE MODERN STATE OF THE PROBLEM
A.V. Bulatov, V.S. Klimov, A.V. Evsyukov

The paper presents a literature review on contemporary problems of surgical treatment of low grade spondylolisthesis. The results of various surgical techniques including modern minimally invasive methods of treatment are provided. The importance of selecting a method of surgical intervention depending on the type of spondylolisthesis, sacro-pelvic balance, and global sagittal balance is indicated, as well as their influence on the quality of life of patients. Complications and causes of pseudoarthrosis development depending on different methods of interbody fusion are discussed. The choice of optimal treatment tactic is the main problem in surgery of low grade spondylolisthesis.

Key Words: spondylolisthesis, low grade spondylolisthesis, pseudoarthrosis, global sagittal balance.

Для цитирования: Булатов А.В., Климов В.С., Евсюков А.В. Хирургическое лечение спондилолистезов низкой степени градации: современное состояние проблемы // Хирургия позвоночника. 2016. Т. 13. № 3. С. 68–77. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2016.3.68-77>.

Please cite this paper as: Bulatov AV, Klimov VS, Evsyukov AV. Surgical treatment of low grade spondylolisthesis: the modern state of the problem. Hir. Pozvonoc. 2016;13(3):68–77. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2016.3.68-77>.

Спондилолистез – это патологический процесс, при котором происходит трансляция одного позвонка по отношению к другому, может протекать бессимптомно либо с клиническими проявлениями. Историю изучения спондилолистеза можно разделить на два этапа: XIX в. (до появления рентгенологии) и XX – начало XXI в. (эра лучевой диагностики).

Первое описание спондилолистеза дал бельгийский акушер Herbinaux (1782), который отметил костную выпуклость, препятствовавшую родоразрешению. Термин «спонди-

лолистез» предложил Kilian (1854): от spondylos (греч. «позвонок») и olysthesis (греч. «соскальзывание»), положивший начало изучению данной проблемы [Цит. по: 8].

Теории происхождения

С начала XIX в. существовали разнообразные мнения о природе происхождения и механизмах формирования спондилолистеза. В литературе описаны теории о врожденном и приобретенном характере заболевания. В 1836 г. Rokitansky описал два анато-

мических препарата переднего смещения L₅ позвонка в полость малого таза (спондилоптоз). Автор считал, что в одном случае смещение было врожденным, а в другом – вызвано болезнью пояснично-крестцового межпозвонкового диска.

Kiwisch (1851) и Seyffert (1853), сообщили о двух выявленных случаях смещения позвонка и присоединились к мнению Rokitansky о врожденной природе этого заболевания. Kilian (1853) подробно проанализировал четыре препарата, представленных Rokitansky, Kiwisch и Seyffert, и выска-

зал предположение, что в одном из них причиной смещения был врожденный дефект, а в других изменения вызваны туберкулезом. Несколько позже Д.Ф. Лямбль (1858) выявил у больного со спондилолистезом недостаточность оксификации дуги позвонка, этот дефект он назвал спондилолизом. Hartmann (1865), заметив, что при смещении тела позвонка вперед остистый отросток остается на месте, пришел к заключению о возможности подобного смещения при разъединении дуги на две части. Ф.Л. Нейгенбауэр (1881, 1890) описал смещение тела позвонка без разъединения дуги позвонка. По мнению автора, смещение произошло в результате удлинения и изгиба позвонка в сагиттальной плоскости, главным образом, в межсуставной части дуги [Цит. по: 9].

Ф.Л. Нейгенбауэр (1888) предложил теорию врожденного происхождения спондилолиза. В противовес его мнению, Lane (1893) утверждал, что спондилолиз развивается в течение жизни. Причиной заболевания он считал перелом или повреждение межсуставной части дуги в результате разделения ее суставными отростками вышележащего и нижерасположенных позвонков по типу механизма ножниц.

Настоящий интерес к изучению спондилолистеза появился с внедрением лучевых методов диагностики. Первое рентгенологическое описание спондилолистеза дал Codivill в 1908 г. [Цит. по: 8]. В настоящее время лучевые методы визуализации стали основными в диагностике спондилолистеза и определении природы его происхождения.

Эпидемиология

Частота спондилолистеза составляет 2–4 %, а среди больных с пояснично-крестцовыми болями, обусловленными спондилолистезом, достигает 7–10 %. В 89 % случаев этим заболеванием страдает трудоспособное население от 35 до 60 лет [10].

Существуют четкие половые и расовые различия по частоте спондилолистеза. Среди молодых пациентов

преобладают мужчины, а группу возрастных пациентов составляют женщины [32]. Среди женщин спондилолистез колеблется от 6 % в Тайвани [19], 8 % – в Дании [35] до 20–25 % в США [23, 63], среди мужчин 3–4 % в Тайвани и Дании, 4–31 % в США [19, 23, 32, 35, 63]. У женщин афроамериканской группы спондилолистез выявляют в 3 раза чаще, чем у европеоидной группы [23, 32].

Около 20–22 % пациентов находятся в возрасте от 7 до 20 лет [8]. При спондилолизном спондилолистезе у мужчин чаще наблюдается I и III ст. смещения, у женщин – II и IV–V ст. До 86 % случаев спондилолизного спондилолистеза локализуется на уровне L₅–S₁, 10 % – на уровне L₄–L₅ и около 4 % – на уровне L₃–L₄ [37].

При дегенеративной природе процесса смещение не превышает 45–50 % тела позвонка. До 80 % случаев выявления дегенеративного спондилолистеза происходят на уровне L₄–L₅, 20 % – на L₃–L₄ и L₅–S₁. Наиболее часто дегенеративный спондилолистез возникает у пациентов старше 40 лет, в 39 % случаев сопровождается остеопорозом [14].

Классификации

Учитывая столь широкое многообразие видов спондилолистеза, многие авторы предлагали разнообразные классификации. Большинство из них основаны на измерении степени смещения тела позвонка [8, 11, 29, 36, 50].

Наиболее распространенной является классификация Meyerding [50], основанная на измерении смещения тела позвонка в процентном соотношении и различающая четыре степени смещения. В 1956 г. Junge и Kuhl [36] дополнили эту классификацию, предложив V ст. – полное смещение тела позвонка кпереди относительно нижележащего.

И.М. Митбрейт [7] предложил классификацию степени спондилолистеза, основанную на величине угла смещения сползающего позвонка (угла между вертикалью и линией, соеди-

няющей центры позвонков). Им были предложены и научно обоснованы понятия стабильного и нестабильного спондилолистеза. При нестабильном спондилолистезе взаимоотношения между сместившимся и нижерасположенным позвонком меняются с изменением позы больного, а при стабильном спондилолистезе этого не происходит. Эта классификация, давая полное представление о степени смещения позвонка, не содержит информации о природе и характере патологического процесса.

Wiltse et al. [66] разработали классификацию спондилолизом и дали подробное описание возникновения и клинических проявлений при каждом его варианте. На сегодняшний день она является наиболее распространенной и используемой во всем мире.

В 2005 г. группа исследователей деформации позвоночника (Spinal Deformity Study Group – SDSG) начала исследование сагиттального позвоночно-тазового баланса при дегенеративных деформациях позвоночника. В 2006 г. Roussouly et al. [56] провели исследование на 133 пациентах со спондилолистезом и выявили две подгруппы крестцово-тазового взаимоотношения: 1) сбалансированный таз (balanced pelvis); 2) отклоненный кзади таз (retroverted pelvis) – компенсаторный механизм сагиттального баланса. На основании этого выявлены два механизма формирования спондилолистеза. При сбалансированном тазе происходит соскальзывание вышележащего тела позвонка, а при ретроверсии таза – механизм компрессии сверху (типа щелкунчик – nutcracker; рис. 1).

Labelle et al. [42] на основании полученных данных предложили новую классификацию спондилолистезов, основанную на трех важных параметрах, которые можно оценить на сагиттальной рентгенограмме позвоночника и таза: 1) степень смещения тела позвонка (низкий – low grade или высокий – high grade); 2) наклон таза (Pelvic Incidence – PI) – (низкий, нормальный или высокий); 3) позвоночно-тазовый баланс (сба-

лансированный или несбалансированный). Авторы упростили классификацию, исключив оценку дисплазии.

В этой классификации выделено две степени: 1) низкая степень смещения (low grade) – до 50 % смещения тела позвонка; 2) высокая степень смещения (high grade) – выше 50 % смещения тела позвонка. Для оценки позвоночно-тазового взаимоотношения используются следующие параметры: наклон таза (Pelvic Tilt – PI), наклон крестца (Sacral Slope – SS), отклонение таза (Pelvic Tilt – PT) и сагиттальная вертикальная ось (Sagittal Vertical Axis – SVA).

При спондилолистезе low grade выявлены три типа крестцово-тазового баланса: 1-й – низкий PI (<45°) – механизм формирования спондилолистеза типа щелкунчик (nutcracker); 2-й – PI (от 45 до 60°) – механизм формирования листеза может быть как по типу щелкунчика, так и по типу соскальзывания; 3-й – с высоким PI (>60°) – формирование спондилолистеза по принципу соскальзывания (рис. 2). В зависимости от индивидуальных показателей и типа крестцово-тазового баланса планируется объем хирургического вмешательства и уточняется направленность коррекции сагиттального баланса. Исследование под эгидой SDSG продолжается в настоящее время.

Этапы развития хирургического лечения

За 100-летний период хирургического лечения дегенеративно-дистрофического поражения пояснично-крестцового отдела позвоночника предложено большое количество операций, многие из которых в настоящее время имеют лишь исторический интерес. Первые попытки оперативной стабилизации позвоночника при спондилолистезе выполнялись с применением заднего спондилодеза. В 1915 г. Ryerson [58] произвел фиксацию позвоночника у больного со спондилолистезом: трансплантат из большеберцовой кости внедряли между остистыми отростками.

В 1930 г. Р.Р. Вреден [3] предложил применять трансплантат из малоберцовой кости, который располагался перпендикулярно к оси позвоночника, а концы его упирались в подвздошные кости, часть веса туловища передавалась на кости таза.

Gibson [27] применял для заднего спондилодеза трансплантат из боль-

шеберцовой кости в виде буквы Н, который в качестве распорки укладывал между остистыми отростками.

Чуть позже в 1946 г. Watson-Jones применил металлические пластины для фиксации за остистые отростки. Поиск более надежных способов стабилизации привел к разработке заднебокового спондилодеза [Цит. по: 9].

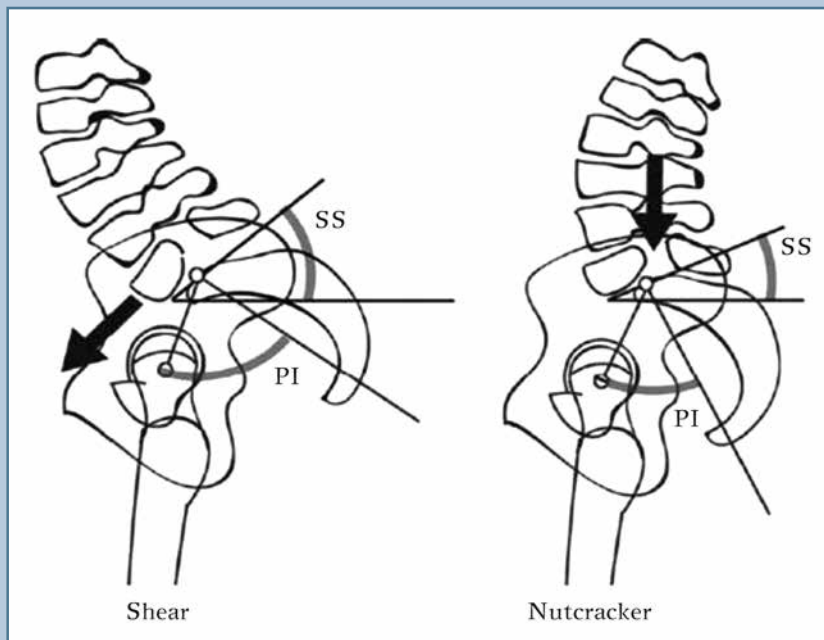


Рис. 1

Виды формирования спондилолистеза, предложенные Roussouly [53]

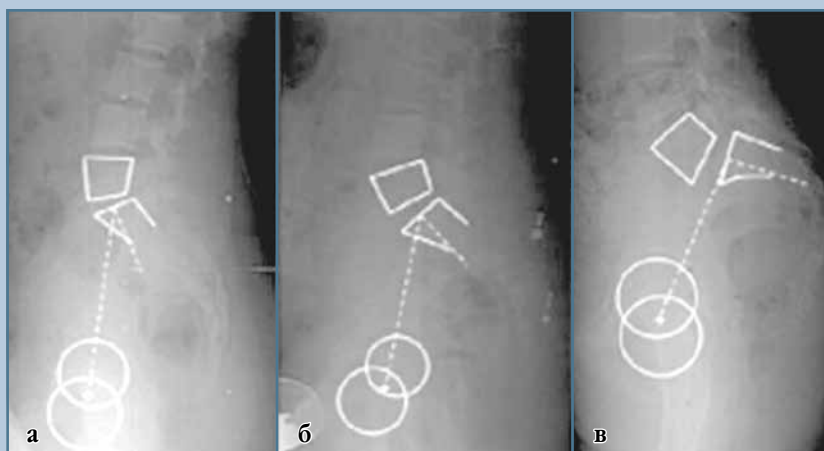


Рис. 2

Типы крестцово-тазового баланса по Labelle [36]: а – 1-й тип; б – 2-й тип; в – 3-й тип

Cleveland et al. [Цит. по: 45] фиксировали позвоночник с помощью костных аутооттрансплантатов, укладываемых вдоль основания поперечных отростков.

Meyerding [50] применял следующий метод: укладывал с двух сторон вдоль остистых отростков (от L₃ до S₁) по одному трансплантату из большеберцовой кости, а в промежутки между ними погружал фрагменты губчатой кости.

Следующим этапом в истории лечения спондилолистеза явилось достижение спондилодеза с использованием костных межтеловых трансплантатов.

В 1931 г. В.Д. Чаклин [13] первый разработал и применил межтеловой спондилодез из переднего доступа (Anterior Lumbar Interbody Fusion – ALIF). Суть этого метода состояла в переднем внебрюшинном доступе к телам позвонков, клиновидной частичной резекции двух соседних тел вместе с межпозвонковым диском и сращении тел позвонков при помощи аутооттрансплантата. В арсенале хирургов появился качественно новый оперативный прием, применение которого позволило проводить патогенетически обоснованное лечение больных с травмами и заболеваниями позвоночника. Операция получила широкое признание, в дальнейшем было создано большое количество ее модификаций.

В 1966 г. Я.Л. Цивьян [12] опубликовал методику переднего спондилодеза, состоявшую в образовании ложа между передним отделом вышележащего смещенного позвонка и нижележащим позвонком с последующим размещением в нем кортикально-губчатого консервированного аллотрансплантата или аутооттрансплантата.

Передний доступ имеет ряд особенностей, среди которых немаловажную роль играют опасность повреждения крупных сосудов, кишечника, не всегда возможно проведение полноценной редукции и вмешательство на корешках спинного мозга. Такое оперативное вмешательство, как передний спондилодез,

в большей степени связан с риском для жизни больного и требует высокой квалификации хирурга. Несмотря на общую тенденцию к уменьшению риска операций переднего спондилодеза, осложнения сохраняются. По данным Brau [16], при таком доступе встречаются осложнения в виде повреждения сосудов (1,6 %), ретроградной эякуляции (0,1 %), кишечной непроходимости длительностью более 3 дней (0,6 %), поверхностной раневой инфекции (0,4 %).

Параллельно развивалась методика межтелового спондилодеза из заднего доступа. Lee и Briggs [44] предложили вводить в межтеловой промежуток костную стружку для образования костного блока после ламинэктомии.

Cloward [21] для создания межтелового сращения выполнял выскабливание межпозвонкового диска из заднего доступа, после чего в межтеловой промежуток вводил костные трансплантаты из гребня крыла подвздошной кости. Это технология заднего межтелового спондилодеза на поясничном отделе позвоночника (Posterior Lumbar Interbody Fusion – PLIF). За прошедшее время метод претерпел неоднократное усовершенствование и вошел в арсенал хирургов-вертебрологов. Введение системы межтеловой стабилизации задним доступом с помощью имплантатов должно было решить вопрос декомпрессии позвоночного канала и стабилизации патологически подвижного сегмента. Однако в техническом отношении межтеловой спондилодез из заднего доступа – достаточно сложное и травматичное вмешательство для корешков спинного мозга.

Новым направлением в хирургии позвоночника явилось применение межтеловых имплантатов. Цилиндрические резьбовые стальные межтеловые кейджи первоначально были использованы для спондилодеза позвоночника американским ортопедом Bagby в ветеринарной практике для хирургического лечения цервикальной миелопатии у лошадей. В 1977 г. Bagby и Kuslich [41] разработали и предложили использовать для межтелового спондилодеза полые цилиндрические имплантаты –

кейджи (англ. cage – клетка). Эти устройства первого поколения, представляющие собой титановые полые цилиндры, которые могут быть установлены как из переднего, так и из заднего хирургического доступа. Основная задача, которую они должны выполнять, – увеличение межтелового промежутка и достижение надежного спондилодеза. Необходимым условием использования кейджей является их установка по опорной технологии [9].

Ido и Urushidani [34] приводят данные рентгенологического обследования в отдаленном периоде после применения кейджей из биополимерной керамики с помощью заднего доступа. Авторы отмечают биоинертность и хорошую приживляемость таких протезов в межпозвонковом промежутке.

McAfee [48] показал отдаленные результаты заднего межтелового спондилодеза цилиндрическим кейджем Bagby and Ray: хорошие результаты получены у 27 (93 %) пациентов из 29.

В 1982 г. Harms и Rollinger [31] разработали технологию трансформинального межтелового спондилодеза (Transforaminal Lumbar Interbody Fusion – TLIF) как альтернативу PLIF для лечения различных заболеваний поясничного отдела позвоночника, требующих выполнения межтелового спондилодеза, в том числе спондилолистеза. TLIF через моностеральный задний доступ в последние десятилетия получил широкое распространение [6]. Моностеральный подход при TLIF-методике имеет ряд преимуществ перед PLIF. Вследствие более латерально расположенного доступа минимизируется тракция корешка и дурального мешка, уменьшается риск повреждения нервных структур [26], в то время как PLIF почти всегда требует тракции корешка и сопровождается неврологическими осложнениями (49,2 %) [4]. Из-за более широкого доступа и деликатных манипуляций с нервными структурами нет необходимости в широкой мобилизации корешков, что могло бы привести к рубцовым процессам [6].

Одним из спорных вопросов в хирургическом лечении при спондилолистезе является редукция позвонка. Проблема редукции при спондилолистезе имеет давнюю историю и не решена до настоящего времени [2, 4, 8, 9].

Выполнить редукцию сместившегося позвонка пытались с помощью различных систем вытяжения [11]. Коррекция получена у незначительного количества прооперированных больных (21–43 %), а закрепить полученный результат удалось в единичных случаях. В процессе поиска оптимальной степени редукции хирурги с разной степенью успешности применяли как полную редукцию, так и фиксацию позвонка в положении имевшегося смещения [2, 8]. Более обнадеживающие результаты были получены при неполной редукции, если сравнивать их с вправлением любой ценой, что привело к пониманию необходимости дифференцированного подхода к вопросу устранения смещения при спондилолистезе [9].

Необходимость и степень вправления сместившегося позвонка многими авторами трактуется по-разному. При спондилолистезе I–II ст. (low grade) редукция позвонка должна быть максимальной [9, 24]. При спондилолистезе III–IV ст. (high grade) вправление позвонка может не превышать II ст., однако при отсутствии угрозы возникновения неврологических осложнений допустимо полное вправление позвонка [24, 39]. На сегодняшний день единого мнения в тактике выполнения редукции нет.

В 1944 г. King предложил трансартрикулярную фиксацию позвоночных суставов короткими винтами. Roy-Camille и Demeulenarier [57] применили заднюю фиксацию позвоночника пластинами, которые крепились винтами, вводимыми через корни дуг позвонков, что позволяло выполнять надежную первичную стабилизацию с помощью заднего доступа.

В 1982 г. Cotrel и Dubousset [22] предложили дорсальную систему для коррекции и фиксации позвоночника. В 1983 г. Dubousset выполнил первую операцию с использова-

нием стабилизирующей системы CDI (с изгибом стержня и деротационным маневром). К 1988 г. накопились данные, достаточные для формулирования первых выводов. Cotrel et al. [22] опубликовали работу, в которой представили новую универсальную сегментарную систему инструментария для хирургии позвоночника, позволяющую путем сегментарной селективной дистракции и компрессии с деротационным маневром производить трехплоскостную коррекцию деформации, обеспечивающую жесткую фиксацию, устраняющую необходимость использования внешней иммобилизации в послеоперационном периоде. Эта система стабилизации стала прообразом современных транспедикулярных систем.

Если способы осуществления декомпрессии, редукции, методы ее достижения, технологии и применяемый инструментарий в процессе своего развития достигли достаточно высокого уровня, то целесообразность выполнения самой редукции сместившегося позвонка остается открытой. Были созданы конструкции, позволяющие выполнять редукцию (транспедикулярная фиксация с редукционными винтами).

Blumenthal и Gill [15] в 1993 г. на международном симпозиуме «Acta Scandinavia» представили результаты оперативного лечения спондилолистеза путем сочетания заднебокового спондилодеза и транспедикулярной фиксации. Они получили положительный эффект в 96 % случаев. Отмечалась стабильная фиксация и стойкий регресс компрессионного корешкового синдрома.

Пришло понимание, что успех операции заключается в формировании искусственного костного блока на фоне полного устранения причин компрессии сосудисто-нервных образований [8]. Но сохранялись неудовлетворительные результаты хирургического лечения, даже при достижении межтелового костного блока [28, 42, 46].

Современные способы оперативного лечения спондилолистезов low grade являются результатом развития

и внедрения высокотехнологичных методик [6]. Одним из главных принципов хирургии считается выполнение максимально эффективной операции, сходной по объему с открытым хирургическим вмешательством, при минимальной ятрогенной травме за счет снижения агрессивности на этапах доступа (Minimally Invasive Surgery – MIS). Это приводит к меньшему повреждению мягких тканей, уменьшению площади раневой поверхности, снижению кровопотери и уменьшению интенсивности послеоперационных болей, сокращению сроков госпитализации при сохраненной эффективности и радикальности лечения [6, 24, 26, 53, 55].

Первое сообщение о применении чрескожной техники установки транспедикулярного фиксатора задним доступом принадлежит Foley и Gupta [26]. Авторы описывают чрескожную установку транспедикулярной системы у 12 пациентов с листезом low grade: у 10 из них – с дегенеративным, у 2 – с истмическим. Во всех случаях получили хорошие результаты оперативного лечения. Для осуществления операции применяли набор инструментов, представляющий собой систему мышечных тубулярных ретракторов, освещения и рабочих хирургических инструментов. Паравerteбральные мышцы не разрезаются, а раздвигаются тубусами – ретракторами различных размеров.

Fassett и Brodke [24], описывая методику чрескожной установки транспедикулярных винтов, рекомендовали ее проведение при спондилолистезах I–II ст. (по Meyerding) – листез low grade.

Phillips и Mather [55] подробно описали технику проведения MIS TLIF. По их мнению, данный способ оперативного лечения показан при спондилолистезах I–II ст. (листез low grade). Пациенты, страдающие ожирением, отнесены в группу выбора для данной методики.

Park и Ha [53], сравнивая результаты применения открытой и MIS PLIF при спондилолистезах low grade (32 пациента), отметили, что при

схожести клинических и рентгенологических результатов минимально-инвазивная методика сопряжена со значительно меньшей кровопотерей, уменьшением интенсивности болей в пояснице, более быстрым восстановлением и сокращением сроков пребывания в стационаре.

Классический вентральный доступ был минимизирован и дополнен микрохирургической техникой, применением различных систем ретракторов (MIS ALIF) [63]. Эффективность малоинвазивных методик задней стабилизации достигает 87 % [53, 55], в сочетании с передним спондилодезом из минидоступа (MIS ALIF) при спондилолистезе low grade – 91 % [24].

По данным многих авторов [28, 40, 42, 46], корректные послеоперационные параметры сагиттального баланса значительно улучшают результаты лечения.

В 1979 г. Marnay в своей работе доказал важность таза как анатомического сегмента в сагиттальном балансе позвоночно-тазового соотношения. Он ввел понятие «шарнирная пара» (couple charni re) и доказал важность данных взаимоотношений у пациентов. В 1983 г. Vidal и Marnay [62] опубликовали работу о морфологии и сагиттальном балансе тела при спондилолистезе, в которой выделены четыре фундаментальных характеристики этого заболевания: смещение позвонка, ретроверсия таза, вертикализация крестца, переднее смещение тазобедренных суставов. Именно эти факторы приводят к нарушению нормальной ориентации позвоночника относительно вертикальной оси, люмбосакрального сочленения и головок бедренных костей.

Schwab и Lafage [43] выявили закономерность между значениями позвоночно-тазовых параметров, проявлениями болевого синдрома и повышением качества жизни.

Стабилизация на поясничном отделе позвоночника может привести к ухудшению показателей поясничного лордоза (Global Lumbar Lordosis – GLL), с возможными компенсаторными механизмами: уменьшением накло-

на крестца (SS), увеличением отклонения таза (PT) и уменьшением грудного кифоза (Thoracic Kyphosis – ТК). Это приводит к послеоперационному болевому вертебральному синдрому, более высокому риску дегенерации смежного сегмента и развитию дегенеративного спондилолистеза.

Kim et al. [40] предоставили результаты лечения листезов low grade с учетом восстановления параметров сагиттального баланса. В группе пациентов, где производилось восстановление GLL, уровень качества жизни выше по сравнению с группой, где GLL не учитывался.

Аналогичные данные приводит Ould-Slimane et al. [52], оценив результаты лечения 45 пациентов с листезом low grade. Они выявили прямую зависимость между уменьшением срока образования костного блока и восстановлением GLL.

Результаты лечения и осложнения

Среди причин сохраняющейся боли в поясничном отделе позвоночника основным местом занимает отсутствие формирования костного блока в области межтелового спондилодеза (псевдоартроз). Степень формирования костного блока по спондилограммам выполняют на основании шкалы Bridwell [46].

Основным для оценки состоятельности спондилодеза является КТ. Плотность костных структур дифференцируют по шкале ослабления рентгеновского излучения – шкала Hounsfield (ее визуальным отражением на мониторе аппарата является черно-белый спектр изображения). Единицы шкалы (денситометрических показателей, англ. Hounsfieldunits) соответствуют степени ослабления рентгеновского излучения костной тканью. За точку отсчета в шкале Hounsfield (0 HU) принята плотность воды. Средние денситометрические показатели костной плотности составляют +400 HU и выше [14, 54].

Одной из причин развития псевдоартроза, по данным многих авторов [9, 20, 29, 30, 48, 51, 59, 60], является

нарушение технологии межтелового спондилодеза.

В США и клиниках Европы выполняется большое количество операций с использованием кейджей малого диаметра для достижения спондилодеза. Масса самих имплантатов больше, чем масса помещенной в них костной стружки. При этом уменьшается площадь соприкосновения замыкающих пластинок тел позвонков и кости внутри имплантата [60].

McAfee [48] сообщает о пяти пациентах с псевдоартрозом, выявленным в ходе повторной операции, у которых на функциональных рентгенограммах подвижность составляет менее 5°, что, по определению Федеральной администрации по лекарственным препаратам США, соответствует анкилозу.

Hanley et al. [30] описали 7 пациентов, у которых применяли КТ для диагностики псевдоартроза: не было выявлено ни зоны прозрачности, ни перелома вокруг имплантата, ни других рентгенологических признаков разращения, хотя все это было обнаружено во время хирургического вмешательства.

Причины развития псевдоартроза при имплантации кейджа из заднего доступа: неполная или неадекватная дискэктомия и недостаточная подготовка замыкающих пластинок тел блокируемых позвонков. По данным Santos et al. [59], при использовании кейджей, помещенных в межтеловой промежуток без резекции замыкающих пластинок тел позвонков, псевдоартроз встречается в 21 % случаев.

Ming-Fu et al. в экспериментальной работе [20] доказали, что установка только одного имплантата, введенного в полость диска под углом, достаточна для создания опоры тел смежных позвонков и формирования костного блока, в отличие от классического метода PLIF, где обязательно требуется двусторонний спондилодез, иначе опороспособность имплантата в фронтальной плоскости несостоятельна и риск развития псевдоартроза выше. Эти данные подтвердили Fogel et al. [25], предоставив результаты оперативного лечения 26 паци-

ентов по методике PLIF с установкой только одного межтелового имплантата, где псевдоартроз развился в 11,5 % случаев.

По данным Haggart et al. [29], псевдоартроз был выявлен в 60 % случаев.

Большое значение имеет и выбор размера межтелового кейджа. В работе группы Hongli et al. [64] на 1570 пациентах наглядно показано, что для L₅–S₁ уровня требуются имплантаты малой высоты (не более 13 мм), а для вышележащих уровней подбор имплантата вариативен, но не должен быть менее 10 мм.

Если имплантат подобран некорректно, меньшего размера, возможно введение кейджа не параллельно замыкательным пластинкам, блок не образуется из-за отсутствия сопоставления костных поверхностей и является причиной миграции кейджа. При установке имплантата большего размера происходят травматизация и разлом замыкательной пластинки тел позвонков и развитие псевдоартроза.

По данным некоторых авторов [47], при применении винтовых кейджей наблюдается их миграция от 1,7 до 10,0 % случаев. В 1999 г. Okuyama и Elias [51] опубликовали отдаленные результаты операций, произведенных по технологии PLIF. У 20 % пациентов развилась нестабильность в оперируемом ранее сегменте. При рентгенологическом исследовании у 6–7 % больных отмечена нестабильность имплантата, у 6 % – поворот кейджа, у 5–7 % – боковая миграция кейджа.

Нередко происходит повреждение замыкательных пластинок еще на этапе формирования ложа для имплантата, но, как правило, это встречается при освоении данной методики или у пациентов с выраженным остеопорозом [6]. Проблема остеопороза является важной для пациентов пожилой и старческой возрастных групп с дегенеративным (low grade) спондилолистезом. Andersen [14] сообщил о 39 % случаев выявления остеопороза у пациентов, оперированных по поводу листеза low grade. Основываясь на данных рентгенологического исследования, Dambacher и Broll [18]

описали признаки остеопороза: крупнопетлистый рисунок кости, истончение кортикального слоя, подчеркнутость краев кортикального слоя.

В последнее время особое внимание уделяется использованию многочисленных остеоиндуктивных материалов. Paul et al. [54] описали применение костного морфогенетического белка-2 (BMP) при спондилодезе. При использовании BMP псевдоартроз развился в 5,0 % случаев, а в группе пациентов с использованием аутокости – в 33,9 %.

Столь же важным в лечении спондилолистезов является восстановление высоты межпозвонкового диска и поясничного лордоза (GLL). Высота диска может быть восстановлена за счет установки межтелового кейджа. Но все ли виды межтеловых имплантатов позволяют одинаково восстановить высоту диска и GLL. В исследовании, проведенном Patrick et al. [33], статистически доказано, что методика ALIF превосходит TLIF в его способности восстановления площади межпозвонкового отверстия, сегментарного угла и GLL при листезе low grade. При применении методики ALIF увеличилась площадь межпозвонкового отверстия на 18,5 %, в то время как при TLIF снизилась на 0,4 %. Кроме того, при проведении ALIF увеличился сегментарный угол на 8,3° и GLL на 6,2°, а при проведении TLIF снизился сегментарный угол до 0,1°, но увеличился GLL на 2,1°. Подобные результаты представили в своей работе Watkins et al. [65]. Анализ данных показал, что наибольшее увеличение GLL произошло при ALIF на 4,5° и XLIF на 2,2°, в то время как при TLIF GLL увеличился всего на 0,8°. Восстановление высоты диска при ALIF – 2,2 мм при XLIF (eXtreme Lumbar Interbody Fusion) – 2,0 мм, а при TLIF – 0,5 мм. Во всех сравниваемых группах отмечено значительное снижение степени спондилолистеза без различия между ними.

Принимая во внимание многообразие хирургических методик, применяемых для лечения спондилолистеза low grade, следует учитывать и особенности осложнений, возникающих

при них. Все варианты осложнений можно условно разделить на три группы: общехирургические, неврологические, связанные с установкой стабилизирующих систем. Выделяют ранние и поздние осложнения в зависимости от срока их возникновения.

Общехирургические осложнения включают в себя поверхностное и глубокое нагноение, ранение органов брюшной полости, ранение крупных сосудов, тромбозы, переломы костных структур (отростков позвонков), несостоятельность швов (расхождение краев раны, послеоперационная вентральная грыжа), гематомы области хирургического вмешательства, парез кишечника, острую задержку мочи, аллергическую реакцию, гемодинамически значимую кровопотерю.

Неврологические осложнения – усугубление неврологического дефицита из-за неадекватной декомпрессии, вследствие чрезмерной тракции, частичной или полной травматизации корешков спинного мозга, применения высоких показателей электрокоагуляции, ранения твердой мозговой оболочки (поступление ликвора в момент операции, ликворная киста, ликворея).

Осложнения, связанные с установкой стабилизирующих систем, – мальпозиция транспедикулярных винтов, миграция межтелового имплантата, резорбция костной ткани вокруг имплантата или винтов, перелом металлоконструкции, металлоз.

В совокупности перечисленные осложнения достигают 20 % от всех оперированных вмешательств на поясничном отделе позвоночника [1, 38, 61]. По данным отечественных и зарубежных авторов [1, 17, 38], общехирургические осложнения встречаются в 3,0–14,7 %, неврологические – в 7,80–29,18 % (в основном за счет поступления ликвора интраоперационно) [4, 38], при имплантации стабилизирующих систем – в 5,7–47,5 % (в основном за счет псевдоартроза и мальпозиции транспедикулярных винтов) [5, 6].

Комитет по осложнениям и смертности SRS проанализировал 108 419

случаев хирургического лечения пациентов с дегенеративным поражением позвоночника: поверхностные инфекции выявлены в 0,8 %, а глубокие – 1,3 % случаев. Послеоперационный неврологический дефицит отмечался в 12 % случаев [17].

Bridwell [17] в исследовании 430 пациентов с листезом low grade выявил осложнения в 7,4 % случаев. Послеоперационный неврологический дефицит возник в 12 % случаев, из них в 80 % наблюдений он оказался стойким. Раневая инфекция выявлена в 5 % случаев.

А.Н. Ротт [9] в 2011 г. предоставил данные лечения 80 пациентов по поводу листеза low grade. Частота осложнений составила 11,25 %, из них глубокая раневая инфекция – 3,75 %, ликворея – 1,25 %, усугубление неврологического дефицита – 3,75 %, тромбоз глубоких вен – 1,25 %.

А.А. Афаунов с соавт. [1] сообщили о лечении 308 пациентов, оперированных по поводу дегенеративного заболевания позвоночника. Повторные оперативные вмешательства выполнялись в 8,17 % случаев. Основными причинами ревизионных операций в ближайшем послеоперационном периоде являлись технические дефекты выполнения декомпрессии (2,26 %), ликворея (2,59 %) и дефекты, связанные с установкой стабилизирующих систем (3,32 %).

Terence et al. [61] опубликовали результаты межтелового спондилодеза у 1498 пациентов, осложнения наблюдались в 7,68 % случаев, интраоперационное поступление ликвора в рану – в 29,18 %, кровотечение, требующее переливания крови, – в 13,11 %, травма корешков спинного мозга – в 9,83 %, тромбоз глубоких вен – в 4,91 %, осложнения со стороны желудочно-кишечного тракта и мочеполовой системы – в 6,01 %, ТЭЛА – в 4,91 %.

Kalakoti et al. [38] опубликовали результаты анализа 126 044 пациентов, оперированных по поводу дегенеративного заболевания поясничного отдела позвоночника с установкой стабилизирующих систем во всех клиниках США за 2015 г. Из них неврологические осложнения (в том числе ликворея, травматическое повреждение корешков спинного мозга) возникли у 2,06 % пациентов, тромбоз глубоких вен – у 2,35 %, легочная эмболия – у 1,72 %, поверхностная раневая инфекция – у 2,40 %, глубокая раневая инфекция – у 1,59 %, желудочно-кишечные осложнения – у 1,23 %.

Развитие MIS-технологий позволило применять стабилизирующие операции у пациентов, которых раньше считали неоперабельными из-за высокого риска осложнений и летального исхода. В расчет принимаются факторы, влияющие на качество жизни:

возраст, пол, индекс массы тела (ИМТ), сопутствующая патология и плотность костной ткани при планировании лечения листезов low grade [14, 39, 49, 53].

McClendon et al. [49] в исследовании 112 пациентов показали, что при ИМТ более 30 кг/м² осложнения возникают в три раза чаще, а индекс качества жизни (ODI) в два раза хуже, чем при нормальном ИМТ.

Park и Ha [53] определили, что глубокая раневая инфекция у лиц пожилой и старческой возрастных групп чаще у пациентов с тяжелым сопутствующим заболеванием.

Таким образом, в настоящее время в отношении пациентов с листезами low grade имеются вопросы, требующие дополнительного изучения: развитие псевдоартроза, степень и скорость образования костного блока, повышение качества жизни после хирургического лечения. Неоднозначным является влияние параметров сагиттального баланса на качество жизни пациентов, оперированных по поводу листезов low grade. В отечественной литературе публикаций по данному вопросу не найдено, что подтверждает актуальность данного вопроса и требует его дальнейшего изучения.

Литература/References

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 // Кубанский научный медицинский вестник. 2013. № 7 (142). С. 173–176. [Afaunov AA, Basankin IV, Kuzmenko AV, Shapovalov VK. Analysis of the causes of revision operations in surgical treatment of patients with degenerative lumbar stenosis etiology. Kuban Scientific Medical Bulletin. 2013;(7):173–176. In Russian].
2. Бабаханов Ф., Перфильев С., Алимов Х. К вопросу о хирургическом лечении спондилолистеза // IV съезд нейрохирургов Российской Федерации: М-лы. М., 2006. С. 6. [Babakhanov F, Perfiljev S, Alimov Kh. On the issue of surgical treatment of spondylolisthesis. Proceedings of the 4th Russian Congress of Neurosurgeons. Moscow, 2006:6. In Russian].
3. Вреден Р.Р. Спондилолиз и спондилолистез: практическое руководство по ортопедии. Л., 1936. С. 185–192. [Vreden RR. Spondylolis and Spondylolisthesis. Practical Guide to Orthopedics. Leningrad, 1936:185–192. In Russian].
4. Доценко В.В., Загородний Н.В. Спондилолистез. Передние малотравматичные операции. М., 2005. [Dotsenko VV, Zagorodniy NV. Spondylolisthesis, Anterior Less Traumatic Surgery. Moscow, 2005. In Russian].
5. Каримов А.А., Басков А.В., Древал О.Н., Дракин А.И., Учуров О.Н., Басков В.А., Борщенко И.А. Поздние воспалительные осложнения после инструментальной стабилизации при травматических повреждениях позвоночника // V съезд ассоциации нейрохирургов России: М-лы. Уфа, 2009. С. 120. [Karimov AA, Baskov AV, Dreval ON, Drakin AI, Uchurov ON, Baskov VA, Borshchenko IA. Late inflammatory complications after instrumental stabilization in traumatic spine injuries. Proceedings of the 5th Russian Congress of Neurosurgeons. Ufa, 2009:120. In Russian].
6. Крутько А.В. Хирургическая тактика и организация специализированной помощи больным с дегенеративно-дистрофическими заболеваниями поясничного отдела позвоночника: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Новосибирск. 2012. [Krutko AV. Surgical tactics and organization of specialized care to patients with

- degenerative lumbar spine degenerative diseases: Abstract of DMSc Thesis. Novosibirsk, 2012. In Russian].
7. **Митбрейт И.М.** Спондилолистез. М., 1978. [Mitsbreit IM. Spondylolisthesis. Moscow, 1978. In Russian].
 8. **Михайловский М.В.** Этапы развития вертебральной хирургии: исторический экскурс // Хирургия позвоночника. 2004. № 1. С. 10–24. [Mikhailovsky MV. Stages of spine surgery development: historical excursus. Hir. Pozvonoc. 2004;(1):10–24. In Russian].
 9. **Ротт А.Н., Курносенков В.В.** Хирургическое лечение спондилолистеза: история и современное состояние проблемы (обзор литературы) // Травматология и ортопедия России. 2011. № 2 (60). С. 199–205. [Rott AN, Kurnosenkov VV. Surgical treatment of spondylolisthesis: history and current status of the problem (review). Traumatology and Orthopedics of Russia. 2011;(2):199–205. In Russian].
 10. Травматология и ортопедия. Руководство для врачей / Под ред. Ю.Г. Шапошникова. М., 1997. Т. 3 (2). [Traumatology and Orthopaedics. Guidelines for Physicians, in 3 volumes, ed. by Yu.G. Shaposhnikov. Moscow, 1997. Vol. 3(2). In Russian].
 11. **Усиков В.Д., Пташников Д.А., Курносенков В.В., Ротт А.Н.** Алгоритм хирургического лечения спондилолистеза // Травматология и ортопедия России. 2011. № 1 (59). С. 14–22. [Usikov VD, Ptashnikov DA, Kurnosenkov VV, Rott AN. Algorithm for surgical treatment of spondylolisthesis. Traumatology and orthopedics of Russia. 2011;(1):14–22. In Russian].
 12. **Цивьян Я.Л.** Хирургия позвоночника. М., 1966. [Tsivyan YaL. Surgery of the Spine. Moscow, 1966. In Russian].
 13. **Чаклин В.Д.** Новый метод операции на позвоночнике // Труды научно-исследовательских институтов Уральского областного отдела здравоохранения. Свердловск, 1933. Т. 1. С. 577–589. [Chaklin VD. A new method of spinal surgery. Proceedings of research institutes of the Ural regional health department. Sverdlovsk, 1933;577–589. In Russian].
 14. **Andersen T, Christensen FB, Langdahl BL, Ernst C, Fruensgaard S, Ostergaard J, Andersen JL, Rasmussen S, Niedermann B, Hoy K, Helmig P, Holm R, Egund N, Bunger C.** Degenerative spondylolisthesis is associated with low spinal bone density: a comparative study between spinal stenosis and degenerative spondylolisthesis. Biomed Res Int. 2013;2013:123847. DOI: 10.1155/2013/123847.
 15. **Blumenthal S, Gill K.** Complications of the Wiltse pedicle screw fixation system. Spine. 1993;18:1867–1871. DOI: 10.1097/00007632-199310000-00024.
 16. **Brau SA.** Mini-open approach to the spine for anterior lumbar interbody fusion: description of the procedure, results and complications. Spine J. 2002;2:216–223.
 17. **Bridwell KH, Anderson PA, Boden SD, Vaccaro AR, Wang JC.** What's new in spine surgery. J Bone Joint Surg Am. 2010;92:2017–2028. DOI: 10.2106/JBJSJ.00434.
 18. **Broll H, Dambacher MA, eds.** Osteoporosis: A Guide to Diagnosis and Treatment. Karger. Basel, 1996.
 19. **Chen JC, Chan WP, Katz JN, Chang WP, Christiani DC.** Occupational and personal factors associated with acquired lumbar spondylolisthesis of urban taxi drivers. Occup Environ Med. 2004;61:992–998. DOI: 10.1136/oem.2003.011775.
 20. **Chiang MF, Zhong ZC, Chen CS, Cheng CK, Shih SL.** Biomechanical comparison of instrumented posterior lumbar interbody fusion with one or two cages by finite element analysis. Spine. 2006;31:E682–E689. DOI: 10.1097/01.brs.0000232714.72699.8e.
 21. **Cloward RB.** The treatment of ruptured lumbar intervertebral disc by vertebral body fusion. III. Method of use of banked bone. Ann Surg. 1952;136:987–992. DOI: 10.1097/0000658-195212000-00011.
 22. **Cotrel Y, Dubousset J, Guillaumat M.** New universal instrumentation in spinal surgery. Clin Orthop Relat Res. 1988;227:10–29. DOI: 10.1097/00003086-198802000-00004.
 23. **Denard P, Holton KF, Miller J, Fink HA, Kado DM, Yoo JU, Marshall LM.** Lumbar spondylolisthesis among elderly men: prevalence, correlates and progression. Spine. 2010;35:1072–1078. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181bd9e19.
 24. **Fassett DR, Brodke DS.** Percutaneous lumbar pedicle screw. In: Vaccaro AR, Bono CM, eds. Minimally Invasive Spine Surgery. New York: Informa Healthcare, 2007:229–237.
 25. **Fogel R, Toohy JS, Neidre A, Brantigan JW.** Is one cage enough in posterior lumbar interbody fusion: a comparison of unilateral single cage interbody fusion to bilateral cages. J Spinal Disord Tech. 2007;20:60–65. DOI: 10.1097/01.bsd.0000211251.59953.a4.
 26. **Foley KT, Holly LT, Schwender JD.** Minimally invasive lumbar fusion. Spine. 2003;28:S26–S35.
 27. **Gibson A.** A modified technique for spinal fusion. Surg Gynec Obstet. 1931;53:365–369.
 28. **Glassman SD, Bridwell K, Dimar JR, Horton W, Berven S, Schwab F.** The impact of positive sagittal balance in adult spinal deformity. Spine. 2005;30:2024–2049. DOI: 10.1097/01.brs.0000179086.30449.96.
 29. **Haggart GE, Hammond G, Wise RE.** Review of seventy-three cases of spondylolisthesis treated by arthrodesis. J Am Med Assoc. 1957;163:175–180.
 30. **Hanley SD, Gun MT, Osti O, Shanahan EM.** Radiology of intervertebral cages in spinal surgery. Clin Radiol. 1999;54:201–206.
 31. **Harms J, Rolinger H.** [A one-stager procedure in operative treatment of spondylolistheses: dorsal traction-reposition and anterior fusion (author's transl)]. Z Orthop Ihre Grenzgeb. 1982;120:343–347. In German.
 32. **He LC, Wang YX, Gong JS, Griffith JF, Zeng XJ, Kwok AW, Leung JC, Kwok T, Ahuja AT, Leung PC.** Prevalence and risk factors of lumbar spondylolisthesis in elderly Chinese men and women. Eur Radiol. 2014;24:441–448. DOI: 10.1007/s00330-013-3041-5.
 33. **Hsieh PC, Koski TR, O'Shaughnessy BA, Sugrue P, Salehi S, Ondra S, Liu JC.** Anterior lumbar interbody fusion in comparison with transforaminal lumbar interbody fusion: implications for the restoration of foraminal height, local disc angle, lumbar lordosis, and sagittal balance. J Neurosurg Spine. 2007;7:379–386.
 34. **Ido K, Urushidani H.** Radiographic evaluation of posterolateral lumbar fusion or degenerative spondylolisthesis: longterm follow-up of more than 10 years vs. mid-term followup of 2-5 years. Neurosurg Rev. 2001;24:195–199.
 35. **Jacobsen S, Sonne-Holm S, Rovsing H, Monrad H, Gebuhr P.** Degenerative lumbar spondylolisthesis: an epidemiological perspective: the Copenhagen Osteoarthritis Study. Spine. 2007;32:120–125.
 36. **Junge H, Kuhl P.** [Appearance and significance of neural symptoms in lumbar spondylolisthesis and indications for operative management]. Bruns Beitr Klin Chir. 1956;193:39–58.
 37. **Kaftandziev I, Trpeski S, Filipce V, Arsovski O, Hasani I, Nikolov L, Kaev A.** Operative treatment of degenerative lumbar spine spondylolisthesis. Contributions, Sec Med Sci. 2015;XXXVI:1. DOI: 10.1515/prilozi-2015-0037.
 38. **Kalakoti P, Missios S, Maiti T, Konar S, Bir S, Bollam P, Nanda A.** Inpatient outcomes and postoperative complications after primary versus revision lumbar spinal fusion surgeries for degenerative lumbar disc disease: a national (nationwide) inpatient sample analysis, 2002–2011. World Neurosurg. 2016;85:114–124. DOI: 10.1016/j.wneu.2015.08.020.
 39. **Kim KH, Lee SH, Lee DY, Shim CS, Maeng DH.** Anterior bone cement augmentation in anterior lumbar interbody fusion and percutaneous pedicle screw fixation in patients with osteoporosis. J Neurosurg Spine. 2010;12:525–532. DOI: 10.3171/2009.11.SPINE09264.
 40. **Kim MK, Lee SH, Kim ES, Eoh W, Chung SS, Lee CS.** The impact of sagittal balance on clinical results after posterior interbody fusion for patients with degenerative spondylolisthesis: a pilot study. BMC Musculoskelet Disord. 2011;12:69. DOI:10.1186/1471-2474-12-69.

41. **Kuslich SD, Ulstrom CL, Griffith SL, Ahern JW, Dowdle JD.** The Bagby and Kuslich method of lumbar interbody fusion. History, techniques, and 2-year follow-up results of a United States prospective, multicenter trial. *Spine*. 1998;23:1267–1279.
42. **Labelle H, Mac-Thiong JM, Roussouly P.** Spino-pelvic sagittal balance of spondylolisthesis: a review and classification. *Eur Spine J*. 2011;20(Suppl 5):S641–S646. DOI: 10.1007/s00586-011-1932-1.
43. **Lafage V, Schwab F, Patel A, Hawkinson N, Farcy JP.** Pelvic tilt and truncal inclination: two key radiographic parameters in the setting of adults with spinal deformity. *Spine*. 2009;34:E599–E606. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181aad219.
44. **Lee DY, Lee SH, Maeng DH.** Two-level anterior lumbar interbody fusion with percutaneous pedicle screw fixation: a minimum 3-year follow-up study. *Neurol Med Chir*. 2010;50:645–650.
45. **Madan SS, Harley JM, Boeree NR.** Anterior lumbar interbody fusion: does stable anterior fixation matter? *Eur Spine J*. 2003;12:386–392. DOI: 10.1007/s00586-003-0543-x.
46. **Marchetti P, Bartolozzi P.** Classification of spondylolisthesis as a guideline for treatment. In: Bridwell KH, DeWald RL, eds. *The Textbook Of Spinal Surgery*, 2nd ed. Lippincott-Raven, Philadelphia, 1997:1211–1254.
47. **Martin CR, Gruszczynski AT, Braunsfurth HA, Fallatah SM, O'Neil J, Wai EK.** The surgical management of degenerative lumbar spondylolisthesis: a systematic review. *Spine*. 2007;32:1791–1798. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3180bc219e.
48. **McAfee PC.** Interbody fusion cages in reconstructive operations on the spine. *J Bone Joint Surg Am*. 1999;81:859–880.
49. **McClendon J Jr, Smith TR, Thompson SE, Sugrue PA, O'shaughnessy BA, Ondra SL, Koski TR.** The impact of body mass index on hospital stay and complications after spinal fusion. *Neurosurgery*. 2014;74:42–50. DOI: 10.1227/NEU.0000000000000195.
50. **Meyerding HW.** Spondylolisthesis; surgical fusion of lumbosacral portion of spinal column and interarticular facets; use of autogenous bone grafts for relief of disabling backache. *J Int Coll Surg*. 1956;26:566–591.
51. **Okuyama K, Abe E, Suzuki T, Tamura Y, Chiba M, Sato K.** Posterior lumbar interbody fusion: a retrospective study of complications after facet joint excision and pedicle screw fixation in 148 cases. *Acta Orthop Scand*. 1999;70:329–334. DOI: 10.3109/17453679908997819.
52. **Ould-Slimane M, Lenoir T, Dauzac C, Rillardon L, Hoffmann E, Guigui P, Ilharreborde B.** Influence of transforaminal lumbar interbody fusion procedures on spinal and pelvic parameters of sagittal balance. *Eur Spine J*. 2012;21:1200–1206. DOI: 10.1007/s00586-011-2124-8.
53. **Park Y, Ha JW.** Comparison of one-level posterior lumbar interbody fusion performed with a minimally invasive approach or a traditional open approach. *Spine*. 2007;32:537–543. DOI: 10.1097/01.brs.0000256473.49791.f4.
54. **Paul JC, Lonner BS, Vira S, Kaye ID, Errico TJ.** Use of recombinant bone morphogenetic protein is associated with reduced risk of reoperation after spine fusion for adult spinal deformity. *Spine*. 2016;41:E15–E21. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001173.
55. **Phillips FM, Mather S.** Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion. In: Vaccaro AR, Bono CM, eds. *Minimally Invasive Spine Surgery*. N.Y.: Marcel-Decker, 2007:237–244.
56. **Roussouly P, Gollogly S, Berthonnaud E, Labelle H, Weidenbaum M.** Sagittal alignment of the spine and pelvis in the presence of L5–S1 isthmic lysis and low-grade spondylolisthesis. *Spine*. 2006;31:2484–2490.
57. **Roy-Camille R, Demeulenar C.** Osteosynthese du rachis dorsal, lombaire et lombosacree par plaque metalliques vissees dans les pedicles vertebraux et les apophyses articulaires. *Presse Med*. 1970;78:1447–1448.
58. **Ryerson EW.** Recurrent spondylolisthesis with paralysis; bone-splint transplantation. *JAMA*. 1915;64:24–25. DOI: 10.1001/jama.1915.02570270026006.
59. **Santos ER, Pinto MR, Lonstein JE, Denis F, Garvey TA, Perra JH, Transfeldt EE, Schwender JD.** Revision lumbar arthrodesis for the treatment of lumbar cage pseudoarthrosis: complications. *J Spinal Disord Tech*. 2008;21:418–421. DOI: 10.1097/BSD.0b013e3181573cb3.
60. **Steib JP, Bogorin I, Brax M, Lang G.** [Results of lumbar and lumbosacral fusion: clinical and radiological correlations in 113 cases reviewed at 3.8 years]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*. 2000;86:127–135. In French.
61. **Verla T, Adogwa O, Fatemi P, Martin JR, Gottfried ON, Cheng J, Isaacs RE.** Clinical implication of complications on patient perceived health status following spinal fusion surgery. *J Clin Neurosci*. 2015;22:342–345. DOI: 10.1016/j.jocn.2014.05.053.
62. **Vidal J, Marnay T.** [Morphology and anteroposterior body equilibrium in spondylolisthesis L5/S1]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*. 1983;69:17–28. In French.
63. **Vogt MT, Rubin D, Valentin RS, Palermo L, Donaldson WF 3rd, Nevitt M, Cauley JA.** Lumbar olisthesis and lower back symptoms in elderly white women. The study of osteoporotic fractures. *Spine*. 1998;23:2640–2647.
64. **Wang H, Chen W, Jiang J, Lu F, Ma X, Xia X.** Analysis of the correlative factors in the selection of interbody fusion cage height in transforaminal lumbar interbody fusion. *BMC Musculoskelet Disord*. 2016;17:9. DOI: 10.1186/s12891-016-0866-5.
65. **Watkins RG 4th, Hanna R, Chang D, Watkins RG 3rd.** Sagittal alignment after lumbar interbody fusion: comparing anterior, lateral, and transforaminal approaches. *J Spinal Disord Tech*. 2014;27:253–256. DOI: 10.1097/BSD.0b013e31828a8447.
66. **Wiltse LL, Newman PH, Macnab I.** Classification of spondylois and spondylolisthesis. *Clin Orthop Relat Res*. 1976;(117):23–29. DOI: 10.1097/00003086-197606000-00003.

Адрес для переписки:

Булатов Александр Васильевич
630087, Новосибирск, ул. Немировича-Данченко, 132/1,
Федеральный центр нейрохирургии,
a_bulatov@neuronsk.ru

Address correspondence to:

Bulatov Aleksandr Vasilyevich
Federal Neurosurgical Center,
Nemirovicha-Danchenko str., 132/1, Novosibirsk, 630097, Russia,
a_bulatov@neuronsk.ru

Статья поступила в редакцию 25.03.2016

Александр Васильевич Булатов, врач-нейрохирург спинального нейрохирургического отделения; Владимир Сергеевич Климов, канд. мед. наук, заведующий спинальным нейрохирургическим отделением; Алексей Владимирович Евсюков, канд. мед. наук, врач-нейрохирург спинального нейрохирургического отделения, Федеральный центр нейрохирургии, Новосибирск, Россия.

Aleksandr Vasilyevich Bulatov, neurosurgeon, Spinal Neurosurgical Department; Vladimir Sergeyevich Klimov, MD, PhD, head of Spinal Neurosurgical Department; Alexey Vladimirovich Evsyukov, MD, PhD, neurosurgeon, Spinal Neurosurgical Department, Federal Neurosurgical Center, Novosibirsk, Russia.