



РОЛЬ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ РИСКА В РАННЕМ РАЗВИТИИ СИНДРОМА СМЕЖНОГО УРОВНЯ У ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ СПОНДИЛОДЕЗА ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА

С.В. Масевнин¹, Д.А. Пташников^{1, 2}, Д.А. Михайлов¹, О.А. Смекаленков¹,
Н.С. Заборовский¹, О.А. Лапаева¹, Л. Ян², З. Мураби²

¹Российский НИИ травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург

²Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург

Цель исследования. Определение значимости основных факторов риска в раннем развитии дегенеративных изменений смежных позвоночно-двигательных сегментов после спондилодеза поясничного отдела позвоночника.

Материал и методы. Исследованы результаты лечения 354 пациентов, которым выполнен спондилодез поясничного отдела позвоночника по поводу дегенеративно-дистрофического заболевания. Сравнивали две группы: I — 26 пациентов с развившимся в течение первого года после операции клинически значимым синдромом смежного уровня, II — 24 пациента, у которых данный синдром был выявлен в более поздние сроки.

Результаты. В I группе предоперационно у 16 (61,5 %) пациентов выявлены значимые дегенеративные изменения вышележащего межпозвонкового диска стадии 4 и выше по Pfirrmann, во II группе такие изменения наблюдались у 3 (12,5 %) пациентов. Пациенты I группы имели более высокие показатели разницы значений тазового наклона и поясничного лордоза, чем пациенты II группы (12,2 и 9,3° соответственно). У 9 пациентов I группы с дегенеративными изменениями стадии 4–8 по Pfirrmann выявлены 7 случаев нарушения сагиттального баланса степени Positive и 2 случая степени Very Positive по Schwab.

Заключение. Решающее значение в развитии раннего синдрома смежного уровня принадлежит декомпенсации имевшихся дегенеративных изменений в условиях возросшей нагрузки после спондилосинтеза. Пациенты с дегенеративными изменениями в смежных сегментах стадии 4 и выше по Pfirrmann и пациенты с показателем разницы значений тазового наклона и поясничного лордоза более 11° имеют достоверно более высокие риски развития раннего синдрома смежного уровня.

Ключевые слова: спондилодез, синдром смежного уровня, дегенеративные изменения, сагиттальный баланс.

Для цитирования: Масевнин С.В., Пташников Д.А., Михайлов Д.А., Смекаленков О.А., Заборовский Н.С., Лапаева О.А., Ян Л., Мураби З. Роль основных факторов риска в раннем развитии синдрома смежного уровня у пациентов после спондилодеза поясничного отдела позвоночника // Хирургия позвоночника. 2016. Т. 13. № 3. С. 60–67.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2016.3.60-67>.

THE ROLE OF THE MAIN RISK FACTORS IN THE EARLY ADJACENT SEGMENT DISEASE DEVELOPMENT IN PATIENTS AFTER LUMBAR FUSION

S.V. Masevnin, D.A. Ptashnikov, D.A. Mikhailov, O.A. Smekalenkov, N.S. Zaborovsky, O.A. Lapaeva, L. Yang, Z. Mooraby

Object. To identify the importance of main risk factors of early development of degenerative changes in adjacent spinal motion segments after the lumbar fusion.

Material and Methods. The study evaluated the treatment results in 354 patients who underwent fusion in the lumbar spine for degenerative-dystrophic disease. Two groups were compared: Group I included 26 patients with clinically significant adjacent segment disease (ASD) which developed during the first year after surgery, and Group II — 24 patients in whom ASD was identified at a later date. **Results.** Significant degenerative changes in the overlying intervertebral disc (Pfirrmann grade 4 and higher) were found preoperatively in 16 (61.5 %) patients in Group I. In Group II, such degenerative changes were observed in 3 (12.5 %) patients. Besides, patients in Group I had higher mean index of the difference between pelvic inclination and lumbar lordosis (PI-LL), than patients in Group II (12.2° and 9.3°, respectively). Nine patients in Group I with Pfirrmann grade 4 to 8 degenerative changes demonstrated sagittal imbalance as Positive in 7 cases and Very Positive in 2 cases, according to Schwab classification.

Conclusion. Decomensation of the pre-existing degenerative changes in the conditions of increased load after fusion is crucial in early development of the adjacent segment disease. Patients with degenerative changes in the adjacent levels of grade 4 and higher according to Pfirrmann, as well as patients with PI-LL index more than 11° have a significantly higher risk of early ASD development.

Key Words: fusion, adjacent segment disease, sagittal balance.

Please cite this paper as: Masevnin SV, Ptashnikov DA, Mikhailov DA, Smekalenkov OA, Zaborovsky NS, Lapaeva OA, Yang L, Mooraby Z. The Role of the Main Risk Factors in the Early Adjacent Segment Disease Development in Patients After Lumbar Fusion. Hir. Pozvonoc. 2016;13(3):60–67. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2016.3.60-67>.

В настоящее время декомпрессия неврологических структур в сочетании с ригидной фиксацией на 360° является наиболее широко используемой методикой лечения выраженной дегенеративной патологии позвоночника [3, 5, 7, 9, 31, 33].

Однако, несмотря на успешный спондилодез с инструментальной фиксацией, сохраняется риск неудовлетворительных результатов хирургического лечения в отдаленном периоде. Значительная роль в этом принадлежит декомпенсации дегенеративной патологии смежного с фиксируемым сегментом, являющейся частью синдрома смежного уровня (ASD – Adjacent Segment Disease) [1, 2, 4, 6, 8, 24, 27].

По данным ряда исследований [11, 16, 17, 19, 23, 29], изменение биомеханики позвоночника после спондилодеза приводит к увеличению нагрузки в смежных отделах в результате ее перераспределения в условиях ограничения подвижности позвоночно-двигательных сегментов (ПДС). Причем данная ситуация более характерна для поясничного и пояснично-крестцового отделов и менее характерна для шейного отдела позвоночника.

На сегодняшний день, по мнению многих авторов [10, 15, 27, 28], ригидная фиксация позвоночника может приводить к развитию и быстрому прогрессированию дегенеративных изменений в смежных ПДС.

Сроки развития ASD в вышележащем ПДС весьма вариабельны и в среднем составляют 26,8 мес. (3–84 мес.). Это утверждение справедливо для пациентов, оперированных по поводу дегенеративной патологии в поясничном отделе позвоночника посредством фиксации стандартными ригидными системами из заднего доступа [19, 31].

Описано множество факторов, способствующих появлению и прогрессивному развитию дегенеративных изменений в смежном с фиксируемым уровнем, их количество постоянно растет. Тем не менее в соответствии с классическими исследованиями их можно разделить на две основные категории: факторы пациентов, кото-

рые обычно не зависят от хирурга, и хирургические факторы, на которые непосредственно может влиять врач во время операции [9–11, 16, 19, 21, 22, 26, 29, 31].

Значимыми факторами пациентов являются женский пол, возраст старше 60 или моложе 30 лет, индекс массы тела больше 30, курение, сопутствующая соматическая патология, существовавшие ранее дегенеративные изменения смежных межпозвонковых дисков, менопауза.

Хирургические факторы включают значительную протяженность фиксации, включение сегмента L₅–S₁ в зону спондилодеза, жесткость имплантатов, технические ошибки фиксации, нарушение сагиттального и фронтального балансов.

Однако, несмотря на значительное количество публикаций по данной теме, неосвещенным остается вопрос раннего развития клинически значимого синдрома смежного уровня. Дегенеративная декомпенсация вышележащего отдела в течение первого года, а иногда и первых месяцев после оперативного лечения, зачастую приводящая к повторному оперативному вмешательству, крайне неблагоприятно сказывается на качестве жизни, трудоспособности, доверии и психологическом статусе пациента.

Еще один широко обсуждаемый и спорный вопрос: присутствует ли ятрогенная составляющая в данной патологии и есть ли возможность избежать ее развития, изменив тактику предоперационного обследования и лечения пациента?

Цель исследования – определение значимости основных факторов риска в раннем развитии дегенеративных изменений смежных позвоночно-двигательных сегментов после спондилодеза поясничного отдела позвоночника.

Материал и методы

Выполнено ретроспективное обследование 354 пациентов, которым в 2006–2012 гг. произведен спондилодез поясничного отдела позвоноч-

ника по поводу дегенеративно-дистрофического заболевания. Спондилодез выполняли с транспедикулярной инструментальной фиксацией стандартными ригидными системами из заднего доступа.

По данным предварительной оценки отдаленных результатов лечения, у 50 (14,1 %) прооперированных пациентов выявлен изучаемый синдром.

На основании дальнейшего анализа отдаленных результатов были сформированы следующие группы пациентов: I – 26 пациентов с развившимся клинически значимым синдромом смежного уровня в течение первого года после операции; II – 24 пациента, у которых данный синдром выявлен в более поздние сроки. Среди пациентов было 62 % женщин, 38 % мужчин. Средний возраст 56,3 года (24–82 года), минимальный период наблюдения 3 года (3–9 лет). МРТ-оценка дегенеративных изменений в смежных ПДС и телерентгенограммы в положении стоя в переднезадней и боковой проекциях проводили предоперационно, послеоперационно и при контрольных визитах больного. Пациенты с отсутствием предоперационного МРТ-исследования и пациенты с развившейся нестабильностью металлоконструкции были исключены из исследования.

Протяженность спондилосинтеза составила от 1 до 5 уровней. Следует отметить, что для выполнения данного объема операции применяли как стандартные открытые доступы, так и минимально-инвазивные методики с использованием тубулярных ранорасширителей.

У всех пациентов оценивали рентгенологические признаки нестабильности ПДС, состояние сагиттального и фронтального балансов. Рентгенографически у пациентов, включенных в исследование, до операции отсутствовали признаки нестабильности в смежных ПДС. Для выявления нарушений глобального баланса позвоночника и, в первую очередь, его сагиттальной составляющей изучили предоперационные, послеоперационные и контрольные телерентгенограммы

в двух проекциях и оценили их в соответствии с классификацией Schwab.

По параметрам позвоночно-тазовых соотношений определили значения поясничного лордоза (LL – Lumbar Lordosis) и тазового наклона (PI – Pelvic Incidence) на основании рентгенографического исследования в боковой проекции в положении пациента стоя. Кроме того, для всех пациентов рассчитали разницу данных показателей (PI-LL).

Оценку дегенеративных изменений смежных межпозвонковых дисков на основании МРТ проводили до операции и в послеоперационном периоде по 8-стадийной модифицированной классификации Pfirrmann.

Статистическую обработку данных выполняли с использованием простого регрессивного анализа, t-критерия Стьюдента и критерия Манна – Уитни для малых выборок. При значении $P < 0,05$ различия считали статистически достоверными.

Результаты

Между группами сравнения не было найдено статистически достоверных различий относительно большинства изучаемых факторов риска развития синдрома смежного уровня. Мы не нашли статистически достоверного подтверждения влияния протяженного спондилосинтеза, нарушений сагиттального баланса, курения, избыточной массы тела, определенных возрастных категорий или пола на раннее развитие клинически значимых дегенеративных изменений смежного сегмента.

Однако в группе раннего развития синдрома смежного уровня предоперационно достоверно чаще встречались значимые дегенеративные изменения вышележащего межпозвонкового диска стадии 4 и выше по Pfirrmann. Так, у 16 (61,5 %) пациентов I группы выявлены данные изменения смежных межпозвонковых дисков до операции (рис. 1, 2). В то время как во II группе дегенеративные изменения такой степени наблюдались лишь у 3 (12,5 %) пациентов.

Кроме того, следует отметить, что из 16 пациентов I группы с дегенеративными изменениями 4–8 стадии по Pfirrmann у 9 (56,3 %) выявлены и нарушения сагиттального профиля позвоночника, причем в 7 случаях степени Positive (+) и в 2 случаях – степени Very Positive (++) по Schwab.

Проведя более глубокую оценку позвоночно-тазовых соотношений у пациентов обеих групп, мы выявили определенную закономерность в развитии ранней дегенеративной декомпенсации смежных ПДС. Так, разница между значениями тазового наклона и поясничного лордоза (PI-LL) у пациентов I группы ($12,2^\circ$) была достоверно



Рис. 1

МРТ и рентгенограммы пациентки С., 55 лет, с дегенеративно-дистрофическим заболеванием позвоночника, антеспондилолистезом L₄: а – дегенеративные изменения L₃–L₄ стадии 4 по Pfirrmann; б – транспедикулярный спондилосинтез L₄–L₅, PLIF L₄–L₅

выше показателей пациентов II группы (9,3°).

Показательно различие между средними значениями описанного

выше параметра в целом для пациентов с развившимся синдромом смежного уровня и группы пациентов с отсутствием клинических и рент-

генологических признаков дегенеративной декомпенсации вышележащего сегмента (PI-LL равен 10,75° и 6,1° соответственно).



Рис. 2

МРТ и рентгенограммы пациентки С., 55 лет, через 5 мес. после операции: декомпенсация дегенеративных изменений на уровне L₄–L₅ (а) с формированием стеноза позвоночного канала (б) и нестабильностью позвоночно-двигательного сегмента (в) в условиях нормального глобального баланса (г)

К сожалению, достоверно оценить результаты влияния положительного сагиттального баланса не представляется возможным из-за небольшой выборки, однако при этом закономерно возникает вопрос, может ли сочетание определенных дегенеративных изменений межпозвонковых дисков, сагиттального дисбаланса и нарушений позвоночно-тазовых соотношений как основных факторов риска развития синдрома смежного уровня увеличивать скорость его появления. Об этом свидетельствует и то, что у пациентов с наличием значимых предшествующих изменений смежного межпозвонкового диска, сагиттального дисбаланса, а также со значением PI-LL более 11° декомпенсация дегенеративной патологии на данном уровне происходила в первые 3 мес. после

операции. Следует отметить, что все пациенты с начальными дегенеративными изменениями, у которых ASD выявлен в первый год после операции, имели нарушения сагиттального баланса, причем у 3 (75 %) из них выраженной степени Very Positive (++) по Schwab. Кроме того, анализ пациентов II группы с изменениями 1–3 по Pfirrmann показал сопутствующие нарушения сагиттального профиля у всех пациентов (в 4 случаях степени Positive (+) и в 2 случаях степени Very Positive (++) по Schwab). Таким образом, выявляется определенная закономерность в виде вероятной декомпенсации смежного сегмента при наличии начальных дегенеративных изменений в условиях неблагоприятной биомеханики позвоночника. Данные выводы не находят досто-

верного подтверждения вследствие отсутствия статистически значимой выборки.

Результаты сравнения обеих групп представлены в табл.

Обсуждение

Синдром смежного уровня, возникающий после спондилодеза, широко обсуждается в мировой литературе и среди хирургов уже более одного поколения [10, 12–14, 20, 24, 31].

Причем основной вопрос обсуждения заключается в том, что в случае оперативного лечения дегенеративной патологии позвоночника развитие синдрома смежного уровня может являться не более чем следствием естественного течения заболевания. И однозначно ответить на этот

Таблица

Сведения о пациентах исследуемых групп

Параметр	I группа (n = 26)	II группа (n = 24)	Значение P
Пол (м : ж), n	8 : 18	7 : 17	>0,05
Возраст, лет	56,1 ± 7,3	58,3 ± 6,7	>0,05
Протяженность фиксации, n (%)			
1 уровень	12 (46,2)	9 (37,5)	>0,05
2 уровня	6 (23,1)	7 (29,2)	>0,05
3 уровня	4 (15,4)	3 (12,5)	>0,05
4 уровня	3 (11,5)	3 (12,5)	>0,05
5 уровней	1 (3,8)	2 (8,3)	>0,05
Первичная патология			
Дегенеративный спондилолистез, n (%)	9 (34,6)	6 (25)	>0,05
Стеноз позвоночного канала, n (%)	7 (26,9)	11 (45,8)	>0,05
Грыжи межпозвонковых дисков, n (%)	10 (38,5)	7 (29,2)	>0,05
ODI (до операции)	45,2 ± 6,2	43,4 ± 5,8	>0,05
ODI (3 мес. после операции)	30,2 ± 5,4	32,2 ± 4,8	>0,05
ВАШ (до операции)	6,3 ± 1,2	6,1 ± 1,4	>0,05
ВАШ (3 мес. после операции)	2,2 ± 1,9	2,8 ± 1,7	>0,05
ИМТ, кг/м ²	26,2 ± 4,6	27,9 ± 4,8	>0,05
Курение, n (%)	11 (42,3)	8 (33,3)	>0,05
Нарушение сагиттального баланса (по Schwab) после операции, n (%)			
Positive (+)	8 (30,7)	5 (20,8)	>0,05
Very Positive (++)	5 (19,2)	3 (12,5)	>0,05
Разница между наклоном таза и поясничным лордозом, град.			
PI-LL	12,2	9,3	<0,05
Предшествующие дегенеративные изменения (по Pfirrmann), n (%)			
Стадия 1–3	4 (15,4 %)	6 (25 %)	>0,05
Стадия 4–8	16 (61,5 %)	3 (12,5 %)	<0,05
Сроки развития патологии, мес.	6,2 (3–12)	38,4 (17–76)	<0,05

вопрос до сих пор не представляется возможным, особенно с учетом весьма отдаленных сроков развития и клинических проявлений данной патологии. Многие авторы ссылаются на исследование Schlegel et al. [31], в котором ученые оценили средние сроки развития ASD у пациентов, прооперированных на поясничном отделе позвоночника с целью создания костного блока без использования металлоконструкций. Так, стадия клинических проявлений изучаемой патологии наступала в среднем через 13 лет после оперативного лечения. В исследованиях с применением металлофиксации ригидными системами средние сроки развития ASD, хотя и противоречивы, но в целом меньше, чем в работе Schlegel et al. Исходя из этого, многие авторы склонны считать развитие ASD в той или иной мере следствием спондилосинтеза.

Относительно недавно Ekman et al. [18] в своем долгосрочном рандомизированном клиническом исследовании показали, что спондилодез ускоряет дегенеративные изменения в смежном отделе по сравнению с естественным течением дегенеративно-дистрофических заболеваний позвоночника. Однако раннее проявление данной патологии зачастую не рассматривается отдельно от самого синдрома и интерпретируется как индивидуальная реакция организма и низкие возможности компенсации в условиях возросших нагрузок на смежных сегментах.

Так, в исследовании Etebar u Cahill. [19] на достаточно значительной когорте пациентов в 125 человек было показано появление ASD у 18 больных в среднем через 26,8 мес. после операции. При этом в 7 (38,9 %) случаях клинически значимая патология смежного сегмента была выявлена в первый год после операции (3–12 мес.). К сожалению, авторы не комментируют эти наблюдения и рассматривают данных пациентов в общих условиях.

По нашему мнению, раннее появление синдрома смежного уровня имеет определенные предпосылки и закономерности развития.

Ранее нами показана определенная тенденция в виде увеличения частоты развития клинически значимого ASD в первый год после операции у пациентов с предшествующими начальными дегенеративными изменениями в случаях короткой фиксации. К сожалению, статистически подтвердить достоверность полученных на то время результатов не представлялось возможным из-за небольшой выборки пациентов и отсутствия рандомизированных групп сравнения [8, 25].

Как показали результаты данного исследования, на декомпенсацию дегенеративных процессов смежного уровня в первый год после оперативного лечения достоверное влияние оказывают предшествующие дегенеративные изменения в изучаемом сегменте достаточно высокой степени. Увеличение нагрузки на смежные сегменты после ригидной фиксации доказано уже не в одном биомеханическом исследовании [17, 23]. По-видимому, решающее значение в развитии раннего ASD принадлежит декомпенсации имевшихся дегенеративных изменений в условиях возросшей нагрузки после спондилосинтеза.

Разница наклона таза и поясничного лордоза считается одним из наиболее значимых позвоночно-тазовых показателей в развитии дегенеративной патологии в поясничном отделе позвоночника [30, 32]. Так, Senteler et al. [32] в биомеханическом исследовании показывают, что позвоночно-тазовые соотношения, количественно выраженные в показателе PI-LL, коррелируют с величиной нагрузки на дугоотростчатые суставы в ПДС L₃–L₄ и L₄–L₅.

В данном исследовании получена достоверная зависимость показателей разницы PI-LL как от сроков развития дегенеративной декомпенсации, так и от появления синдрома смежного уровня в целом.

При оценке влияния сагиттального дисбаланса на раннее проявление синдрома смежного уровня мы не получили достоверных данных. Однако в случаях сочетания нарушений сагиттального профиля с дегенеративной

патологией смежного ПДС до операции и значением PI-LL выше 11° в ранней декомпенсации смежных отделов выявлены определенные тенденции, требующие дальнейшего изучения.

Остаются открытыми вопросы о том, могут ли начальные дегенеративные изменения межпозвонковых дисков (стадии 1–3 по Pfirrmann) на фоне нарушений сагиттального профиля расцениваться как фактор риска развития ASD и имеются ли в этих случаях конкретные пороговые значения степени сагиттального дисбаланса, статистически значимые для декомпенсации смежного сегмента.

Тем не менее по результатам нашего исследования раннее развитие синдрома смежного уровня в большинстве случаев являлось следствием неправильного выбора тактики оперативного лечения в результате недооценки предоперационных изменений межпозвонковых дисков и ведущих параметров позвоночно-тазовых соотношений.

Заключение

Несмотря на продолжающуюся дискуссию относительно этиологии синдрома смежного уровня и неоднозначности его развития, нельзя отрицать значимость раннего проявления данной патологии. Раннее развитие ASD в течение первого года после операции, при наличии предоперационных дегенеративных изменений в данном сегменте, необходимо рассматривать в рамках осложнений проведенного хирургического лечения, а не в вариантах течения основного заболевания.

Рассматривая изученные в данной работе факторы риска раннего развития ASD, можно выделить наиболее значимые, такие как предшествующие дегенеративные изменения вышележащего ПДС от стадии 4 и выше по Pfirrmann и значение PI-LL больше 11°. Нарушения сагиттального профиля, исходя из полученных данных, следует рассматривать в качестве неблагоприятного фона, способствующего раннему развитию дегенеративной патологии.

неративной декомпенсации смежных сегментов.

С целью уменьшения рисков развития раннего ASD следует избегать окончания спондилосинтеза непо-

средственно ниже компрометированного межпозвонкового диска при стадии дегенеративных изменений от 4 и выше по Pfirrmann.

Сочетание значимых факторов риска развития ASD может ускорить появление данной патологии, приводя к рецидиву болевого синдрома, зачастую устойчивого к консервативному лечению.

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 // Хирургия позвоночника. 2014. № 1. С. 86–93. [Afaunov AA, Basankin IV, Kuzmenko AV, Shapovalov VK. Analysis of reasons for revision surgery in patients treated for degenerative lumbar spinal stenosis. Hir. Pozvonoc. 2014;(1):86–93. In Russian]. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2014.1.86-93>.
2. **Ахадов Т.А., Оноприенко Г.А., Шантырь В.Ю., Кравцов А.К.** Магнитно-резонансная томография в диагностике ранних постоперационных осложнений после хирургического лечения дегенерации межпозвонковых дисков // Нейрохирургия. 1999. № 3. С. 19–25. [Akhadov TA, Onoprienko GA, Shantyr VYu, Kravtsov AK. Magnetic resonance imaging in diagnosis of early postoperative complications after surgical treatment of intervertebral disc degeneration. Russian Journal of Neurosurgery. 1999;(3):19–25. In Russian].
3. **Байкалов А.А., Крутько А.В.** Послеоперационные рецидивы болевых синдромов после поясничных дискэктомий. Причины и хирургическая практика // Поленовские чтения: М-лы IX Всерос. науч.-практ. конф. СПб., 2010. С. 105–106. [Baikalov AA, Krutko AV. Postoperative recurrent pain syndromes following lumbar discectomy. Causes and surgical practice. Proceedings of IX All-Russian Scientific-Practical Conference «Polenov's Readings», St. Petersburg. 2010:105–106. In Russian].
4. **Загородний Н.В., Абакиров М.Д., Доценко В.В.** Повторные операции на поясничном отделе позвоночника при дегенеративных заболеваниях // Политравма. 2008. № 3. С. 29–32. [Zagorodniy NV, Abakirov MD, Dotsenko VV. Repeated operations for lumbar spine in degenerative diseases. Polytrauma. 2008;(3):29–32. In Russian].
5. **Михайлов Д.А., Пташников Д.А., Усиков В.Д., Масевнин С.В., Хао Мэн.** Актуальные вопросы лечения дегенеративного сколиоза на современном этапе (обзор зарубежной литературы) // Травматология и ортопедия России. 2014. № 4 (74). С. 127–134. [Mikhaylov DA, Ptashnikov DA, Usikov VD, Masevnin SV, Hao Meng. Topical issues of treatment of degenerate scoliosis at the present stage (review). Traumatology and orthopedics of Russia. 2014;(4):127–134. In Russian].
6. **Продан А.И., Перепечай О.А., Колесниченко В.А., Балан С.И., Чернышев А.Г.** Осложнения хирургического лечения поясничного спинального стеноза // Хирургия позвоночника. 2009. № 1. С. 31–37. [Prodan AI, Perepechay OA, Kolesnichenko VA, Balan SI, Chernyshev AG. Complications of surgical treatment for lumbar spinal stenosis. Hir. Pozvonoc. 2009;(1):31–37. In Russian]. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2009.1.31-37>.
7. **Смекаленков О.А., Усиков В.Д., Пташников Д.А., Фадеев Е.М.** Хирургическое лечение кифосколиоза у взрослых // Травматология и ортопедия России. 2008. № 3. С. 110–111. [Smekalenkov OA, Usikov VD, Ptashnikov DA, Fadeev EM. Surgical treatment of kyphoscoliosis in adults. Traumatology and orthopedics of Russia. 2008;(3):110–111. In Russian].
8. **Хао Мэн, Масевнин С.В., Пташников Д.А., Михайлов Д.А.** Оценка значимости сагиттального баланса и патологии межпозвонковых дисков в развитии дегенеративных изменений смежных позвоночно-двигательных сегментов после спондилосинтеза // Фундаментальные исследования. 2014. № 10 (часть 9). С. 1811–1817. [Hao Meng, Masevnin SV, Ptashnikov DA, Mikhaylov DA. Assessment the significance of the sagittal balance and pathology of intervertebral discs in the development of degenerative changes in the adjacent vertebral-motor segments after lumbar spine fusion. Fundamental Research. 2014;(10; part 9):1811–1817. In Russian].
9. **Akamaru T, Kawahara N, Tim Yoon S, Minamide A, Su Kim K, Tomita K, Hutton WC.** Adjacent segment motion after a simulated lumbar fusion in different sagittal alignments: a biomechanical analysis. Spine. 2003;28:1560–1566. DOI: [10.1097/01.BRS.0000076820.44132.99](http://dx.doi.org/10.1097/01.BRS.0000076820.44132.99).
10. **Aota Y, Kumano K, Hirabayashi S.** Postfusion instability at the adjacent segments after rigid pedicle screw fixation for degenerative lumbar spinal disorders. J Spinal Disord. 1995;8:464–473. DOI: [10.1097/00024720-199512000-00006](http://dx.doi.org/10.1097/00024720-199512000-00006).
11. **Bastian L, Lange U, Knop C, Tusch G, Blauth M.** Evaluation of the mobility of adjacent segments after posterior thoracolumbar fixation: a biomechanical study. Eur Spine J. 2001;10:295–300. DOI: [10.1007/s005860100278](http://dx.doi.org/10.1007/s005860100278).
12. **Brodsky AE, Hendricks RL, Khalil MA, Darden BV, Brotzman TT.** Segmental («floating») lumbar spine fusions. Spine. 1989;14:447–450. DOI: [10.1097/00007632-198904000-00022](http://dx.doi.org/10.1097/00007632-198904000-00022).
13. **Brodsky AE.** Post-laminectomy and post-fusion stenosis of the lumbar spine. Clin Orthop Relat Res. 1976;(115):130–139. DOI: [10.1097/00003086-197603000-00022](http://dx.doi.org/10.1097/00003086-197603000-00022).
14. **Brunet JA, Wiley LJ.** Acquired spondylosis after spinal fusion. J Bone Joint Surg Br. 1984;66:720–724.
15. **Cheh G, Bridwell KH, Lenke LG, Buchowski JM, Daubs MD, Kim Y, Baldus C.** Adjacent segment disease following lumbar/thoracolumbar fusion with pedicle screw instrumentation: a minimum 5-year follow-up. Spine. 2007;32:2253–2257.
16. **Chow DH, Luk KD, Evans JH, Leong JC.** Effects of short anterior lumbar interbody fusion on biomechanics of neighboring unfused segments. Spine. 1996;21:549–555.
17. **Cunningham BW, Kotani Y, McNulty PS, Cappuccino A, McAfee PC.** The effect of spinal destabilization and instrumentation on lumbar intradiscal pressure: an in vitro biomechanical analysis. Spine. 1997;22:2655–2663. DOI: [10.1097/00007632-199711150-00014](http://dx.doi.org/10.1097/00007632-199711150-00014).
18. **Ekman P, Moller H, Shalabi A, Yu YX, Hedlund R.** A prospective randomized study on the long-term effect of lumbar fusion on adjacent disc degeneration. Eur Spine J. 2009;18:1175–1186. DOI: [10.1007/s00586-009-0947-3](http://dx.doi.org/10.1007/s00586-009-0947-3).
19. **Etebar S, Cahill DW.** Risk factors for adjacent-segment failure following lumbar fixation with rigid instrumentation for degenerative instability. J Neurosurg. 1999;90(2 Suppl):163–169.
20. **Harris RI, Wiley JJ.** Acquired spondylosis as a sequel to spine fusion. J Bone Joint Surg Am. 1963;45:1159–1170.
21. **Hilibrand AS, Robbins M.** Adjacent segment degeneration and adjacent segment disease: the consequences of spinal fusion? Spine J. 2004;4(6 Suppl):190S–194S. DOI: [10.1016/j.spinee.2004.07.007](http://dx.doi.org/10.1016/j.spinee.2004.07.007).
22. **Kaito T, Hosono N, Mukai Y, Makino T, Fuji T, Yonenobu K.** Induction of early degeneration of the adjacent segment after posterior lumbar interbody fusion by excessive distraction of lumbar disc space. J Neurosurg Spine. 2010;12:671–679. DOI: [10.3171/2009.12.SPINE08823](http://dx.doi.org/10.3171/2009.12.SPINE08823).
23. **Lee CK, Langrana NA.** Lumbosacral spinal fusion. A biomechanical study. Spine. 1984;9:574–581.

24. Lee CK. Accelerated degeneration of the segment adjacent to a lumbar fusion. *Spine*. 1988;13:375–377.
25. Masevnin S, Ptashnikov D, Michaylov D, Meng H, Smekalenkov O, Zaborovskii N. Risk factors for adjacent segment disease development after lumbar fusion. *Asian Spine J*. 2015;9:239–244. DOI: 10.4184/asj.2015.9.2.239.
26. Oda I, Cunningham BW, Buckley RA, Goebel MJ, Haggerty CJ, Orbegoso CM, McAfee PC. Does spinal kyphotic deformity influence the biomechanical characteristics of the adjacent motion segments? An in vivo animal model. *Spine*. 1999;24:2139–2146.
27. Park P, Garton HJ, Gala VC, Hoff JT, McGillicuddy JE. Adjacent segment disease after lumbar or lumbosacral fusion: review of the literature. *Spine*. 2004;29:1938–1944. DOI: 10.1097/01.brs.0000137069.88904.03.
28. Rahm MD, Hall BB. Adjacent-segment degeneration after lumbar fusion with instrumentation: a retrospective study. *J Spinal Disord*. 1996;9:392–400. DOI: 10.1097/00002517-199610000-00005.
29. Rao RD, David KS, Wang M. Biomechanical changes at adjacent segments following anterior lumbar interbody fusion using tapered cages. *Spine*. 2005;30:2772–2776. DOI: 10.1097/01.brs.0000190813.27468.2d.
30. Rothenfluh DA, Mueller DA, Rothenfluh E, Min K. Pelvic incidence-lumbar lordosis mismatch predisposes to adjacent segment disease after lumbar spinal fusion. *Eur Spine J*. 2015; 24:1251–1258. DOI: 10.1007/s00586-014-3454-0.
31. Schlegel JD, Smith JA, Schleusener RL. Lumbar motion segment pathology adjacent to thoracolumbar, lumbar, and lumbosacral fusions. *Spine*. 1996;21:970–981. DOI: 10.1097/00007632-199604150-00013.
32. Senteler M, Weisse B, Snedeker JG, Rothenfluh DA. Pelvic incidence – lumbar lordosis mismatch results in increased segmental joint loads in the unfused and fused lumbar spine. *Eur Spine J*. 2014; 23:1384–1393. DOI: 10.1007/s00586-013-3132-7.
33. Vaccaro AR, Ball ST. Indications for instrumentation in degenerative lumbar spinal disorders. *Orthopedics*. 2000; 23: 260–271.

Адрес для переписки:

Масевнин Сергей Владимирович
195427, Санкт-Петербург, ул. Акад. Байкова, 8, 18-е отделение,
drmassevnin@gmail.com

Address correspondence to:

Masevnin Sergey Vladimirovich
Department 18, Akademika Baikova str., St. Petersburg, 195427, Russia,
drmassevnin@gmail.com

Статья поступила в редакцию 27.10.2015

Сергей Владимирович Масевнин, лаборант-исследователь; Дмитрий Аркадьевич Михайлов, канд. мед. наук; Олег Анатольевич Смекаленков, канд. мед. наук; Никита Сергеевич Заборовский, аспирант; Ольга Анатольевна Лапаева, врач травматолог-ортопед 18-го отделения, Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург; Лэ Ян, аспирант; Забиула Мураби, аспирант, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург; Дмитрий Александрович Пташников, проф., д-р мед. наук, Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия.

Sergey Vladimirovich Masevnin, assistant researcher; Dmitry Arkadyevich Mikhailov, MD, PhD; Oleg Anatolyevich Smekalenkov, MD, PhD; Nikita Sergeyevich Zaborovsky, postgraduate student; Olga Anatolyevna Lapaeva, traumatologist-orthopedist, Department 18, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics; Le Yang, postgraduate student; Zabioulah Mooraby, postgraduate student, Mechnikov North-West State Medical University; Dmitry Aleksandrovich Ptashnikov, Prof., DMSc, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, Mechnikov North-West State Medical University, St. Petersburg, Russia.