



# ПОПЕРЕЧНЫЙ ПЕРЕЛОМ КРЕСТЦА – РЕДКОЕ ОСЛОЖНЕНИЕ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ СПОНДИЛОЛИСТЕЗА

С.П. Маркин, Д.М. Козлов

Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна

Представлено описание трех клинических случаев хирургического лечения пациентов со спондилолистезом L<sub>5</sub> позвонка, у которых в раннем послеоперационном периоде произошли переломы крестца. Проведен обзор литературы за последние 20 лет, посвященной переломам крестца после хирургического лечения спондилолистеза L<sub>5</sub> позвонка. Проанализированы факторы риска и способы профилактики данного осложнения.

**Ключевые слова:** перелом крестца, спондилолистез, транспедикулярная фиксация, осложнение, дистальный переходный кифоз.

Для цитирования: Маркин С.П., Козлов Д.М. Поперечный перелом крестца – редкое осложнение хирургического лечения спондилолистеза // Хирургия позвоночника. 2015. Т. 12. № 3. С. 49–54.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2015.3.49-54>.

TRANSVERSE FRACTURE OF THE SACRUM:  
A RARE COMPLICATION OF SURGICAL  
TREATMENT FOR SPONDYLOLISTHESIS  
S.P. Markin, D.M. Kozlov

The paper presents three cases of sacrum fracture in the early postoperative period following surgery for L<sub>5</sub> spondylolisthesis. The literature on sacrum fractures after surgical treatment of L<sub>5</sub> spondylolisthesis was reviewed over the past 20 years. Risk factors and ways of prevention of this complication were analyzed.

**Key Words:** sacrum fracture, spondylolisthesis, transpedicular fixation, complication, distal junctional kyphosis, DJK.

Please cite this paper as: Markin SP, Kozlov DM. Transverse fracture of the sacrum: a rare complication of surgical treatment for spondylolisthesis. *Hir. Pozvonoc. 2015;12(3):49–54. In Russian.*  
DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2015.3.49-54>.

Пояснично-крестцовый спондилолистез – эффективный и широко применяемый метод лечения спондилолистеза L<sub>5</sub> позвонка [15]. Осложнения механического характера (переломы и расшатывание винтов, псевдоартрозы, развитие нестабильности и потеря коррекции), возникающие при выполнении данной операции, многократно описаны в литературе, хорошо изучены переломы таза после протяженной (более двух сегментов) позвоночно-тазовой фиксации [10, 14, 18]. Однако лишь единичные публикации описывают поперечный перелом крестца на уровне S<sub>1</sub>–S<sub>2</sub> как осложнение короткосегментной люмбо-сакральной фиксации. Обнаружено лишь четыре статьи, в которых приводятся данные о 5 пациентах, перенесших такое осложнение [7, 9, 10, 16].

Fourney et al. [7] описали одну пациентку 61 года со спондилолистезом L<sub>5</sub>, которой была выполнена ламинэктомия L<sub>5</sub>, транспедикулярная фиксация и PLIF на уровне L<sub>5</sub>–S<sub>1</sub>. Через несколько дней после операции у пациентки появились боли в пояснице. Ношение пояснично-крестцового корсета позволило избавиться от болей. Однако через 4 недели при выполнении КТ выявили поперечный перелом крестца. Была продолжена корсетотерапия. Через 9 мес. достигнуто клиническое и рентгенологическое выздоровление. Khan et al. [10] доложили о 3 пациентах, из которых 2 имели короткосегментную фиксацию. У одной пациентки спустя 2 недели после выполненных ламинэктомии L<sub>4</sub>, L<sub>5</sub> и транспедикулярной фиксации L<sub>4</sub>–S<sub>1</sub> по поводу стеноза позвоноч-

ного канала появилась боль в пояснице, которая была расценена как послеоперационная. Лишь спустя 2 мес. выявлен поперечный перелом крестца. Отмечено полное выздоровление через 12 мес. Второй пациентке была выполнена L<sub>4</sub>–S<sub>1</sub> фиксация по поводу нестабильности. Через 6 недель появились боли в правой ягодице. Перелом крестца был выявлен через 4 мес. при ретроспективном осмотре рентгенограмм, выполненных через 6 недель после операции. Pennekamp et al. [16] наблюдали 57-летнюю пациентку со вторичным кортизон-индуцированным остеопорозом, которой выполняли PLIF и транспедикулярную фиксацию на уровне L<sub>4</sub>–S<sub>1</sub> по поводу нестабильности L<sub>4</sub>–L<sub>5</sub>. Сильные боли в пояснице и ягодичной области возникли на 9-й день после операции.

Выявлен горизонтальный перелом крестца. После корсетотерапии боли прошли. Через год отмечены полная консолидация перелома и хороший клинический результат. Hsieh et al. [9] описали пациентку 52 лет со спондилолистезом L<sub>5</sub>, у которой через несколько месяцев после фиксации L<sub>4</sub>–S<sub>1</sub> появились сильные боли в области крестца. Через 9 мес. выявлен Н-образный поперечный перелом крестца. В связи с отсутствием эффекта от консервативного лечения выполнена модифицированная PSO с продлением фиксации до подвздошных костей. Достигнуто выздоровление.

Мы представляем серию из трех пациентов, перенесших данное осложнение.

**Клинический пример 1.** Пациентка X., 14 лет, поступила с жалобами на боли в пояснице, по задней поверхности левых бедра и голени, которые появляются в вертикальном положении, усиливаются при ходьбе, лежа проходят, на постоянное онемение по задней поверхности левых бедра, голени и наружному краю левой стопы. Перечисленные явления беспокоят около 1 года. Социально не отягощена. В неврологическом статусе отмечена гипестезия по S<sub>1</sub> дерматому слева.

На основании клинического и лучевых методов обследования установлен диагноз: диспластический спондилолистез L<sub>5</sub> V ст., стеноз позвоночного канала на уровне L<sub>5</sub>–S<sub>1</sub>, компрессионный корешковый синдром S<sub>1</sub> слева (рис. 1а).

Операция: декомпрессивная ламинэктомия L<sub>4</sub>, L<sub>5</sub>, двухсторонняя фораминотомия L<sub>5</sub>–S<sub>1</sub> с обеих сторон, редукция L<sub>5</sub> позвонка, задний межтеловой спондилодез L<sub>4</sub>–L<sub>5</sub>, L<sub>5</sub>–S<sub>1</sub>, транспедикулярная фиксация L<sub>4</sub>–L<sub>5</sub>–S<sub>1</sub> (рис. 1б).

В послеоперационном периоде развился парез разгибателей обеих стоп: слева до 3, справа до 4 баллов. В связи с этим для уменьшения натяжения корешков и седалищных нервов пациентка находилась в течение 10 дней в горизонтальном положении с согнутыми в коленных и тазобедренных суставах ногами. Проводили ЛФК, физиолечение. Ходить разрешено на 11-е сут. На 14-е сут после операции пациентка отметила появление умеренных болей в крестце и ягодицах, возникающих при ходьбе. В связи с сохраняющимся болевым синдромом на 17-е сут проведена МСКТ поясничного отдела позвоночника, на которой отмечен поперечный перелом крестца на уровне S<sub>1</sub>–S<sub>2</sub> с угловой кифотической деформацией на этом

уровне (рис. 1в). Пациентке назначен строгий постельный режим на 2 мес. В дальнейшем рекомендовалось ношение съемного корсета в течение 6 мес.

При осмотре через 8 мес. жалоб нет, боли не беспокоят, неврологический дефицит регрессировал. По данным МСКТ, перелом крестца консолидирован, сохраняется кифотизация в сегменте S<sub>1</sub>–S<sub>2</sub>. Отмечено спонтанное ремоделирование передней стенки позвоночного канала на уровне перелома (рис. 1г).

**Клинический пример 2.** Пациентку Г., 63 лет, на протяжении года беспокоили боли в пояснице, по наружной и задней поверхностям правой ноги, слабость в правой стопе. Неоднократные курсы консервативной терапии в условиях стационара и амбулаторно существенного облегчения не дали.

Неврологически слабость в сгибателях и разгибателях правой стопы до 2 баллов, гипестезия по дерматомам L<sub>5</sub>, S<sub>1</sub> справа. По данным денситометрии диагностирован системный остеопороз.

Диагноз: истмический спондилолистез L<sub>5</sub> II ст. (47%), дефект корня дужки L<sub>5</sub> позвонка справа, распространенные дегенеративные изменения поясничного отдела позвоночника



**Рис. 1**

МСКТ и рентгенограмма пациентки X., 14 лет: а – до операции; б – после операции; в – на 17-е сут после операции; г – через 8 мес. после операции

на фоне системного остеопороза, компрессионно-ишемическая радикулопатия L<sub>5</sub>, S<sub>1</sub> справа, нижний дистальный правосторонний монопарез (рис. 2а).

Сопутствующие заболевания: ИБС; диффузный кардиосклероз; гипертоническая болезнь 2, III ст., риск 4, Н1; хроническая обструктивная болезнь легких I ст., стадия ремиссии, ДН 0; токсическая полинейропатия; системная склеродермия; хроническая ишемия головного мозга II ст.; медленный темп прогрессирования на фоне гипертонической болезни 2, риск 3; паркинсонизм с выраженным акинето-ригидным синдромом; полиостеоартроз.

Операция: декомпрессивная гемиламинэктомия L<sub>4</sub>, ламинэктомия L<sub>5</sub>, декомпрессия корешков спинного мозга, редукция тела L<sub>5</sub> позвонка, транспедикулярная фиксация L<sub>4</sub>–L<sub>5</sub>–S<sub>1</sub>, трансфораминальный межтеловой спондилодез L<sub>4</sub>–L<sub>5</sub>, L<sub>5</sub>–S<sub>1</sub> (рис. 2б). Интраоперационных осложнений не отмечено.

Пациентка вертикализована на 3-и сут. На 10-е сут после операции появились боли в крестцовой области. На выполненной на 13-е сут МСКТ выявлен поперечный перелом тела S<sub>1</sub> позвонка (рис. 2в). Пациентке назначен строгий постельный режим на 3 мес. В дальнейшем рекомендовалось ношение съемного корсета в течение 12 мес. При осмотре через 3 года жалобы на умеренные боли в пояснице, в ногах болей нет, неврологический дефицит на дооперационном уровне. По данным МСКТ, перелом крестца консолидирован, сохраняется кифотизация в сегменте S<sub>1</sub>–S<sub>2</sub> (рис. 2г).

**Клинический пример 3.** Пациентку Н., 61 года, в течение двух лет беспокоили боли в пояснице, по задним поверхностям бедер и голени с обеих сторон, усиливающиеся при минимальной нагрузке, ватность и онемение в ногах, возникающие при ходьбе более 50 м. Пациентка страдает ожирением III ст. (вес 120 кг, рост 160 см). Неврологического дефицита не выявлено.

По данным денситометрии диагностирована системная остеопения;

T-критерий -1,8 (наименьшее значимое изменение).

Диагноз: остеохондроз поясничного отдела позвоночника с преимущественным поражением L<sub>5</sub>–S<sub>1</sub> сегмента, дегенеративный спондилолистез L<sub>5</sub> II ст., дегенеративный стеноз позвоночного канала на уровне L<sub>5</sub>–S<sub>1</sub>, синдром динамической компрессии S<sub>1</sub> корешков с двух сторон, синдром нейрогенной перемежающейся хромоты (рис. 3а).

Операция: ламинэктомия L<sub>5</sub>, декомпрессия корешков спинного мозга, редукция L<sub>5</sub> позвонка, транспедикулярная фиксация L<sub>5</sub>–S<sub>1</sub> сегмента,

задний межтеловой спондилодез L<sub>5</sub>–S<sub>1</sub> имплантатом с аутокостью (рис. 3б).

Осложнений в ходе операции не отмечено. Пациентке разрешено вставать на 2-е сут. При ходьбе корешковых болей нет, однако имеются умеренные боли в области поясницы, крестца и ягодиц. В последующие дни на фоне уменьшения раневых болей пациентка отмечает появление непривычных для нее болей в крестце. В связи с этим на 11-е сут с момента операции выполнен МСКТ-контроль. Выявлен поперечный перелом тела S<sub>1</sub> позвонка с передней трансляцией верхнего фрагмента S<sub>1</sub>



**Рис. 2**

МСКТ и рентгенограмма пациентки Г., 63 лет: а – до операции; б – в 1-е сут после операции; в – на 13-е сут после операции; г – через 3 года после операции



**Рис. 3**

МСКТ и рентгенограмма пациентки Н., 61 года: а – до операции; б – после операции; в – на 11-е сут после операции

на 2 мм (рис. 3в). Проводилось консервативное лечение: постельный режим в течение 1 мес., ношение съемного корсета 3 мес. В результате лечения достигнуто клиническое выздоровление.

## Обсуждение

Известно, что выполнение спондилодеза в сочетании с транспедикулярной фиксацией уменьшает количество псевдоартрозов, но приводит к ненормальному перераспределению нагрузок, действующих на смежные сегменты [6]. При этом изменяются как точки приложения, так и направления векторов действующих сил, величина которых находится в прямой зависимости от протяженности конструкции, степени спондилолистеза и сагиттального дисбаланса [5, 9, 19]. В некоторых случаях, даже при короткосегментной фиксации, проблема смежного уровня может принимать грубую форму в виде появления кифотической деформации на границе зоны спондилодеза и свободных двигательных сегментов [3]. Непосредственной причиной возникновения проксимального (proximal junctional kyphosis – PJK) и дистального (distal junctional kyphosis – DJK) переходных кифозов могут быть повреждение дисков и связок, нарушение фиксации (расшатывание) винтов в концевых позвонках, перелом тела концевого или смежного с ним позвонка [3, 21]. Во всех трех описываемых нами случаях на границе между фиксированными и нефиксированными сегментами произошел перелом крестца, что привело к развитию кифотизации на уровне  $S_1$ – $S_2$ . Таким образом, данное осложнение является частным случаем синдрома DJK.

В публикациях, посвященных переломам крестца после люмбосакральной фиксации, в основном проводится поиск факторов риска и причин, приведших к данному осложнению. Так, Vavken и Krepler [18] на основании анализа данных четырех пациентов, у которых после полисегментарной пояснично-крестцовой фикса-

ции развились поперечные переломы крестца, и 12 подобных случаев, описанных в литературе, пришли к выводу, что типичный пациент, страдающий от этого осложнения, – пожилая женщина с остеопорозом, перенесшая многоуровневую фиксацию. Pennekamp et al. [16] также считают, что главные факторы риска – это остеопороз крестца, ожирение, женский пол и возраст. В конечном итоге анализ случаев возникновения такого осложнения сводится в плоскость селекции пациентов к хирургическому вмешательству.

По нашему мнению, первоочередными являются вопросы профилактики, которые должны рассматриваться в соответствии с общими принципами хирургии деформаций позвоночника. Один из них гласит: «Чем больше деформация, тем больше редукция, больше нагрузка на кость и имплантат, больше неудач» [7]. У 3 обсуждаемых пациенток была выполнена полная редукция  $L_5$  позвонка. Выполнение этого маневра повышает напряжение на концах зоны спондилодеза и, соответственно, увеличивается риск развития переходных деформаций [20]. Однако необходимость редукции является неоднозначным вопросом. Выполнение редукции при высокостепенном (high-grade) спондилолистезе позволяет устранить люмбосакральный кифоз и восстановить позвоночно-тазовый баланс. При этом нормализация угловых взаимоотношений имеет гораздо большее значение для восстановления баланса, чем устранение трансляции [11, 12]. Польза редукции при низкостепенном (low-grade) спондилолистезе заключается в уменьшении риска развития псевдоартроза из-за увеличения площади соприкасающихся поверхностей позвонков, в улучшении неврологического исхода за счет эффекта непрямой декомпрессии foraminalных зон. Тем не менее большинство публикаций демонстрирует отсутствие каких-либо преимуществ редукции перед фиксацией *in situ* при низкостепенных спондилолистезах. Более того, операции с выполнением редукции

сопряжены с увеличением продолжительности вмешательств, кровопотери, числа осложнений механического и неврологического характера [7, 12].

Другой, и не менее важный, принцип заключается в защите переходного сегмента, которая может быть осуществлена выбором оптимальных краниальной и каудальной точек фиксации [4, 12], применением цементной аугментации концевых и смежных позвонков, использованием динамических и полуригидных фиксаторов на концах конструкции и в смежных сегментах [2, 13].

Исходя из вышесказанного можно заключить, что в первом клиническом примере редукция позвонка  $L_5$  была целесообразна и позволила нормализовать позвоночно-тазовые взаимоотношения. Путем устранения люмбосакрального кифоза удалось устранить вертикализацию крестца и компенсаторный гиперлордоз. Одномоментное столь значительное изменение анатомических взаимоотношений привело к ожидаемому напряжению системы «имплантат – кость» [5, 9, 19]. В данном случае для профилактики проблем проксимальнее  $L_5$ , согласно рекомендациям Lamartina et al. [12], фиксация была продлена до уровня  $L_4$ . Продление конструкции каудальнее нами не проводилось в связи хорошим качеством кости на уровне  $S_1$  и надежной поддержкой винтов межтеловыми имплантатами. Однако в тот момент не рассматривалась возможность развития столь редкого осложнения, как перелом крестца ниже уровня  $S_1$ . Надо отметить, что в последующем при выполнении операций по поводу высокостепенного спондилолистеза мы всегда продлевали конструкцию каудальнее  $S_1$  и подобных осложнений не встречали.

Низкостепенные спондилолистезы (I и II ст. по Мейердингу) встречаются в практике спинального хирурга гораздо чаще. Значительная часть пациентов с данной патологией – женщины пожилого возраста, имеющие сниженную в той или иной степени плотность костной ткани [14]. В литературе описаны спонтан-

ные переломы крестца, возникающие на фоне остеопороза при воздействии обычных нагрузок [17]. В англоязычной литературе такие переломы обозначают термином «insufficiency fractures», что подчеркивает первичную роль недостаточной прочности костной ткани и ее неспособность противостоять физиологическим нагрузкам [1, 8]. Естественно предположить, что в условиях приложения повышенных нагрузок на пораженный остеопорозом крестец риск возникновения подобных переломов возрастает. В наших примерах 2 и 3 пациенты страдали остеопорозом. В све-

те вышеизложенного выполненная у них редуция L<sub>5</sub> позвонка не является оправданной, поскольку создала дополнительное напряжение в зоне фиксации и явилась, по-видимому, ключевым моментом в возникновении переломов. В то же время, учитывая низкую частоту встречаемости данного осложнения, мы не считаем продление фиксации ниже S<sub>1</sub> у данной категории пациентов целесообразным. Основным методом профилактики перелома крестца у них является выполнение спондилодеза *in situ* без редуции.

## Заключение

Выполнение редуции при хирургическом лечении спондилолистеза может способствовать возникновению перелома крестца в раннем послеоперационном периоде и развитию DJK. При высокостепенных спондилолистезах применение редуции целесообразно сочетать с продлением люмбосакральной фиксации каудальнее S<sub>1</sub>. Отказ от редуционного маневра может быть одним из способов профилактики описанного осложнения, особенно у лиц с сопутствующим остеопорозом.

## Литература/References

1. Вестерманн В., Кидикас Х., Шавловскис Я. Сакропластика под контролем компьютерной флюороскопии // Хирургия позвоночника. 2013. № 3. С. 8–12. [Vestermanis V, Kidikas H, Šavlovskis J. CT fluoroscopy-guided sacroplasty. Hir Pozvonoc. 2013;(3):8–12. In Russian]. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2013.3.8-12>.
2. Крутько А.В., Пелеганчук А.В. Клинические, биомеханические результаты хирургического лечения дегенеративного спондилолистеза L<sub>4</sub> позвонка // Политравма. 2013. № 4. С. 23–29. [Krutko AV, Peleganchuk AV. Clinical and biomechanical results of surgical treatment of L4 degenerative spondylolisthesis. Politravma. 2013;(4):23–29. In Russian].
3. Михайловский М.В., Сергунин А.Ю. Проксимальные переходные кифозы – актуальная проблема современной вертебрологии // Хирургия позвоночника. 2014. № 1. С. 11–23. [Mikhailovsky MV, Sergunin AYU. Proximal junctional kyphosis: a topical problem of modern spine surgery. Hir Pozvonoc. 2014;(1):11–23. In Russian]. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2014.1.11-23>.
4. Михайловский М.В., Сорокин А.Н., Новиков В.В., Васюра А.С. Выбор оптимального уровня дистальной фиксации для коррекции гиперкифоза при болезни Шейерманна // Хирургия позвоночника. 2012. № 2. С. 24–29. [Mikhailovsky MV, Sorokin AN, Novikov VV, Vasyura AS. Selection of optimal level of distal fixation for correction of Sheuermann's hyperkyphosis. Hir Pozvonoc. 2012;(2):24–29. In Russian]. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2012.2.24-29>.
5. 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.
6. 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.
7. Fourney DR, Prabhu SS, Cohen ZR, Gokaslan ZL, Rhines LD. Early sacral stress fracture after reduction of spondylolisthesis and lumbosacral fixation: case report. Neurosurgery. 2002;51:1507–1511. DOI: [10.1097/00006123-200212000-00024](https://doi.org/10.1097/00006123-200212000-00024).
8. Gotis-Graham I, McGuigan L, Diamond T, Portek I, Quinn R, Sturgess A, Tulloch R. Sacral insufficiency fractures in the elderly. J Bone Joint Surg Br. 1994;76:882–886.
9. Hsieh P, Ondra S, Wienecke R, O'Shaughnessy B, Koski TR. A novel approach to sagittal balance restoration following iatrogenic sacral fracture and resulting sacral kyphotic deformity. J Neurosurg Spine. 2007;6:368–372. DOI: [10.3171/spi.2007.6.4.15](https://doi.org/10.3171/spi.2007.6.4.15).
10. Khan MH, Smith PN, Kang JD. Sacral insufficiency fractures following multilevel instrumented spinal fusion: case report. Spine. 2005;30:E484–E488. DOI: [10.1097/01.brs.0000174272.63548.89](https://doi.org/10.1097/01.brs.0000174272.63548.89).
11. Labelle H, Roussouly P, Chopin D, Berthonnaud E, Hresko T, O'Brien M. Spino-pelvic alignment after surgical correction for developmental spondylolisthesis. Eur Spine J. 2008;17:1170–1176. DOI: [10.1007/s00586-008-0713-y](https://doi.org/10.1007/s00586-008-0713-y).
12. Lamartina C, Zavatsky JM, Petrucci M, Specchia N. Novel concepts in the evaluation and treatment of high-dysplastic spondylolisthesis. Eur Spine J. 2009;18(Suppl 1):133–142. DOI: [10.1007/s00586-009-0984-y](https://doi.org/10.1007/s00586-009-0984-y).
13. Lamartina C, Cecchinato R. Selective thoracolumbar instrumentation with pedicle screws and sublaminar bands (universal clamps) in adolescent idiopathic scoliosis. Eur Spine J. 2011;20:2286–2287. DOI: [10.1007/s00586-011-2088-8](https://doi.org/10.1007/s00586-011-2088-8).
14. Mathews V, McCance SE, O'Leary PF. Early fracture of the sacrum or pelvis: an unusual complication after multilevel instrumented lumbosacral fusion. Spine. 2001;26:E571–E575.
15. Moller H, Hedlund R. Surgery versus conservative management in adult isthmic spondylolisthesis – a prospective randomized study: part 1. Spine. 2000;25:1711–1715.
16. Pennekamp PH, Kraft CN, Stutz A, Diedrich O. [Sacral fracture as a rare early complication of lumbosacral spondylodesis.] Z Orthop. 2005;143:591–593. In German. DOI: [10.1055/s-2005-836827](https://doi.org/10.1055/s-2005-836827).
17. Schizas C, Theumann N. An unusual natural history of a L5–S1 spondylolisthesis presenting with a sacral insufficiency fracture. Eur Spine J. 2006;15:506–509. DOI: [10.1007/s00586-005-1011-6](https://doi.org/10.1007/s00586-005-1011-6).
18. Vavken P, Krepler P. Sacral fractures after multilevel instrumented lumbosacral fusion: a series of four cases and systematic review of literature. Eur Spine J. 2008;17(Suppl 2):S285–S290. DOI: [10.1007/s00586-007-0579-4](https://doi.org/10.1007/s00586-007-0579-4).
19. Wood KB, Schendel MJ, Ogilvie JW, Braun J, Major MC, Malcom JR. Effect of sacral and iliac instrumentation on strains in the pelvis. A biomechanical study. Spine. 1996;21:1185–1191. DOI: [10.1097/00007632-199605150-00010](https://doi.org/10.1097/00007632-199605150-00010).
20. Yagi M, King AB, Boachie-Adjei O. Incidence, risk factors, and natural course of proximal junctional kyphosis: surgical outcomes review of adult idiopathic scoliosis. Minimum 5 years follow-

up. Spine. 2012;37:1479–1489. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31824e4888.

21. **Yagi M, Rahm M, Gaines R, Maziad A, Ross T, Kim HJ, Kebaish K, Boachie-Adjei O.** Complex Spine Study Group. Characterization and surgical outcomes of proximal junctional failure in surgically treated patients with adult spinal deformity. Spine. 2014;39:E607–E614. DOI: 10.1097/BRS.0000000000000266.

**Адрес для переписки:**

Маркин Сергей Петрович  
630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17,  
Новосибирский НИИТО,  
smarkin@niito.ru

**Address correspondence to:**

Markin Sergey Petrovich  
NIITO, Frunze str., 17,  
Novosibirsk, 630091, Russia,  
smarkin@niito.ru

*Статья поступила в редакцию 29.05.2015*

*Сергей Петрович Маркин, канд. мед. наук; Дмитрий Михайлович Козлов, канд. мед. наук, Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна.*

*Sergey Petrovich Markin, MD, PhD; Dmitry Mikbailovich Kozlov, MD, PhD, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Tsvyryan, Novosibirsk, Russia.*