



ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТОВ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ И ПРОФИЛАКТИКИ ПРОКСИМАЛЬНОГО ПЕРЕХОДНОГО КИФОЗА У ПАЦИЕНТОВ С ДЕФОРМАЦИЯМИ ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА ПРИ СОПУТСТВУЮЩЕМ ОСТЕОПОРОЗЕ

Д.А. Пташников¹, И.В. Басанкин², С.В. Масевнин¹, А.А. Гюльзатян², А.А. Афаунов³, К.К. Тахмазян²

¹Научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия

²НИИ – Краснодарская краевая клиническая больница № 1 им. проф. С.В. Очаповского, Краснодар, Россия

³Кубанский государственный медицинский университет, Краснодар, Россия

Цель исследования. Сравнительный анализ эффективности различных вариантов профилактики проксимального переходного кифоза при хирургическом лечении взрослых пациентов с деформациями поясничного отдела позвоночника, в том числе с учетом степени коррекции величины поясничного лордоза.

Материал и методы. Изучены результаты инструментальной фиксации позвоночника, проведенной 140 взрослым пациентам с выраженной фронтальной деформацией позвоночника и/или сагиттальным дисбалансом, соответствующим типам деформации III и IV по Verjano и Lamartina. Пациентов разделили на 4 клинические группы в зависимости от методов хирургического лечения: в 36 случаях выполнена коррекция поясничного лордоза не более 30° без использования методов профилактики проксимального переходного кифоза (группа I); в 24 – такая же коррекция дополнена ламинарной фиксацией позвонка над зоной спондилодеза (группа II); в 20 – проведено полное восстановление сагиттального и фронтального баланса с профилактической вертебропластикой верхнего смежного позвонка над зоной инструментальной фиксации (группа III); в 60 – выполнено такое же вмешательство без использования методов профилактики проксимального переходного кифоза (группа IV).

Результаты. Статистически значимые различия выявлены попарно между группами I и II, III и IV в параметрах поясничного лордоза, в разнице тазового угла и поясничного лордоза и смещении сагиттальной вертикальной оси. Послеоперационные значения показателя проксимального переходного угла у пациентов группы II значительно отличались от соответствующих показателей остальных групп. Выявлено статистически значимое увеличение показателя проксимального переходного угла после операции у пациентов групп III и IV. Отмечено статистически значимое уменьшение случаев проксимального переходного кифоза в группе II в сравнении с остальными ($p = 0,001$), а также более выраженные тенденции снижения интенсивности болевого синдрома и индекса нарушения жизнедеятельности ODI. Ламинарная фиксация верхнего смежного позвонка приводит к уменьшению локального кифоза над зоной инструментальной фиксации и снижает нагрузку на вентральные отделы позвонка. Профилактическая вертебропластика (группа III) обеспечивает лучшие результаты в сравнении с сопоставимой когортой (группа IV).

Заключение. Частичная коррекция поясничного лордоза (не более 30°) и профилактическая ламинарная фиксация вышележащего позвонка показали значимо наилучшие клинические результаты (более чем на 50 %; $p = 0,001$) по сравнению с тремя другими клиническими группами в виде снижения уровня болевого синдрома и улучшения показателя качества жизни, а также отмечено наименьшее число случаев развития проксимального переходного кифоза – на 16–28 % ($p = 0,001$).

Ключевые слова: деформации позвоночника у взрослых, методы профилактики, проксимальный переходный кифоз, ламинарная фиксация, вертебропластика, остеопороз, поясничный лордоз, сагиттальный баланс.

Для цитирования: Пташников Д.А., Басанкин И.В., Масевнин С.В., Гюльзатян А.А., Афаунов А.А., Тахмазян К.К. Эффективность различных вариантов хирургического лечения и профилактики проксимального переходного кифоза у пациентов с деформациями поясничного отдела позвоночника при сопутствующем остеопорозе // Хирургия позвоночника. 2022. Т. 19. № 1. С. 6–14.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2022.1.6-14>.

EFFICIENCY OF VARIOUS OPTIONS FOR SURGICAL TREATMENT AND PREVENTION OF PROXIMAL JUNCTIONAL KYPHOSIS IN PATIENTS WITH LUMBAR SPINE DEFORMITIES AND CONCOMITANT OSTEOPOROSIS

D.A. Ptashnikov¹, I.V. Basankin², S.V. Masevnin¹, A.A. Giulzatyan², A.A. Afaunov³, K.K. Takhmazyan²¹National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. R.R.Vreden, St. Petersburg, Russia²Research Institute – Krasnodar Regional Clinical Hospital No. 1 n.a. S.V. Ochafovsky, Krasnodar, Russia³Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia

Objective. To conduct a comparative analysis of the effectiveness of various options for the prevention of proximal junctional kyphosis (PJK) in the surgical treatment of adult patients with deformities of the lumbar spine, including taking into account the degree of correction of the lumbar lordosis.

Material and Methods. The results of instrumental fixation of the spine performed in 140 adult patients with severe frontal spinal deformity and/or sagittal imbalance corresponding to types III and IV according to Berjano and Lamartina were studied. The patients were divided into 4 clinical groups depending on the methods of surgical treatment: in 36 cases, correction of lumbar lordosis of no more than 30° was performed without the use of PJK prevention methods (Group I); in 24 – the same correction was supplemented with laminar fixation of the vertebra above the fusion zone (Group II); 20 patients underwent complete restoration of the sagittal and frontal balance with prophylactic vertebroplasty of the superjacent vertebra above the zone of instrumental fixation (Group III); and in 60 – the same intervention was performed without the use of the PJK prevention methods (Group IV).

Results. Statistically significant differences in lumbar lordosis, difference in the pelvic angle and lumbar lordosis, and displacement of the sagittal vertical axis were found between the pairs of groups I and II, and III and IV. Postoperative values of the index of the proximal junctional angle (PJA) in patients of Group II differed significantly from the corresponding indicators of other groups. A statistically significant increase in the PJA after surgery was found in patients of groups III and IV. There was a statistically significant decrease in PJK cases in Group II in comparison with other groups ($p = 0.001$), as well as more pronounced trend to decrease in pain intensity and ODI score. Laminar fixation of the superjacent vertebra leads to a decrease in local kyphosis over the area of instrumental fixation and reduces the load on the ventral parts of the vertebra. Prophylactic vertebroplasty (Group III) provides better results compared to a comparable cohort (Group IV).

Conclusion. Partial correction of lumbar lordosis (no more than 30°) and preventive laminar fixation of the superjacent vertebra showed significantly better clinical results (by more than 50%; $p = 0.001$) compared with the other three clinical groups in terms of reducing the level of pain and improving the quality of life, as well as of decrease in number of cases of PJK development – by 16–28% ($p = 0.001$).

Key Words: adult spine deformities, prevention methods, proximal junctional kyphosis, laminar fixation, vertebroplasty, osteoporosis, lumbar lordosis, sagittal balance.

Please cite this paper as: Ptashnikov DA, Basankin IV, Masevnin SV, Giulzatyan AA, Afaunov AA, Takhmazyan KK. Efficiency of various options for surgical treatment and prevention of proximal junctional kyphosis in patients with lumbar spine deformities and concomitant osteoporosis. *Hir. Pozvonoc.* 2022;19(1):6–14.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2022.1.6-14>.

Деформации позвоночника у пациентов среднего и старшего возраста – часто встречающаяся патология, существенно ухудшающая качество жизни и наносящая серьезный социально-экономический ущерб [1, 2]. Их частота может достигать 68 % и имеет тенденцию к стабильному росту в связи с увеличением продолжительности жизни населения, при этом степень прогрессирования дегенеративного сколиоза составляет от 1 до 6 % в год, в среднем 3 % [3, 4].

Лечение пациентов с дегенеративными поражениями позвоночника в сочетании с деформациями представляет собой серьезную проблему и может быть переменным. Согласно классификации Berjano и Lamartina [5],

при типах деформации I и II допустимо использование селективных вмешательств – с использованием короткоосементарной фиксации, при типах III и IV обоснованным является коррекция деформации с использованием протяженных систем фиксации. Однако данный вид вмешательств сопряжен с высокой частотой неблагоприятных исходов и послеоперационных осложнений. Наиболее частым осложнением является проксимальный переходный кифоз [6].

В развитии проксимального переходного кифоза, согласно литературным данным [7–9], играют роль более 15 факторов риска. Проведенный ранее анализ показал, что статистически значимо влияют на развитие прок-

симального переходного кифоза три фактора риска: величина коррекции поясничного лордоза (объем коррекции более 30°), наличие остеопороза и величина проксимального переходного угла [10].

Проведенные клинико-экспериментальные исследования указывают, что в зоне риска развития проксимального переходного кифоза, в первую очередь, находятся уровни, расположенные краниальнее проксимальной точки фиксации [9, 11, 12]. При этом основной причиной развития проксимального переходного кифоза являются костные повреждения в переходной зоне в виде переломов смежного вышележащего позвонка, позвонка проксимальной точки фиксации либо

их сочетание. Проксимальный переходный кифоз за счет указанных видов переломов возникает статистически раньше, чем при дегенеративном механизме развития [13].

Полученные ранее клинико-экспериментальные и аналитические данные легли в основу этого исследования для оценки результативности различных вариаций оперативных вмешательств, а также методов профилактики проксимального переходного кифоза.

Цель исследования – сравнительный анализ эффективности различных вариантов хирургического лечения взрослых пациентов с деформациями поясничного отдела позвоночника с учетом степени коррекции величины поясничного лордоза и мероприятий, направленных на профилактику развития проксимального переходного кифоза.

Материал и методы

Дизайн исследования: проспективное моноцентровое нерандомизированное исследование серии случаев ($n > 100$).

Проанализированы результаты хирургического лечения 140 взрослых пациентов с деформациями поясничного отдела позвоночника после инструментальной фиксации, проведенной в 2010–2015 гг. Показания к операции были определены на основании наличия у пациентов выраженной фронтальной деформации и/или сагиттального дисбаланса, что соответствовало III и IV типам деформации по Verjano и Lamartina [5].

Критерии включения пациентов в исследование:

- возраст 52–66 лет;
- деформации поясничного отдела позвоночника на фоне дегенеративно-дистрофического процесса и/или системного остеопороза;
- сопутствующий остеопороз (Т-критерий менее $-2,5$ SD).

Критерии исключения:

- смещение сагиттальной вертикальной оси (SVA) впереди более 15 см;

– фронтальный дисбаланс более 5 см;

– величина предоперационного проксимального переходного угла, превышающая 10° .

Пациенты

Всех пациентов разделили на 4 клинические группы в зависимости от методов хирургического лечения:

I – 36 пациентов, которым выполняли коррекцию поясничного лордоза в объеме не более 30° без дополнительных методов профилактики проксимального переходного кифоза;

II – 24 пациента с коррекцией поясничного лордоза, объем которой составлял не более 30° и ламинарной фиксацией позвонка над зоной спондилодеза;

III – 20 пациентов с полным восстановлением сагиттального и фронтального балансов с профилактической вертебропластикой позвонка над зоной инструментальной фиксации;

IV – 60 пациентов с аналогичным полным восстановлением сагиттального и фронтального балансов без использования методов профилактики проксимального переходного кифоза.

Методики

Ориентируясь на данные о необходимости коррекции сагиттального дисбаланса, обуславливающего интенсивность болевого синдрома и снижение качества жизни, мы взяли за основу расчетные показатели Kim et al. [14] об оптимальном сагиттальном профиле ($20^\circ < PI + TK - LL < 45^\circ$) и Makhni et al. [15], с определением оптимальных (0–3 см) и субоптимальных (3–8 см) значений SVA.

Таким образом, в исследовании предложено сравнение методик восстановления субоптимального и оптимального сагиттального профиля с учетом различной коррекции величины поясничного лордоза и мероприятий, направленных на профилактику развития проксимального переходного кифоза.

Для объективной оценки состояния пациента использовали неврологический и клинический осмотры, интенсивность болевого син-

дрома и качество жизни оценивали по ВАШ и индексу Освестри (ODI), для визуализации патологического субстрата использовали КТ, рентгеновскую денситометрию, МРТ и телерентгенограммы.

Технически оперативное лечение проводили дорсальным доступом по стандартной открытой методике.

Статистический анализ

Расчеты проводили на основании анализа телерентгенограмм в программной среде «Surgimap version 2.2.9.9.9».

Результаты хирургического лечения оценивали на основании данных рентгенологического обследования и опросников до операции, сразу после нее и в отдаленном периоде (через 3, 6, 12 и 24 мес.).

Числовые данные представлены в виде среднего \pm стандартное отклонение. Полученные клинические результаты обрабатывали с использованием программной системы IBM SPSS 16.

Проверку гипотезы о нормальности распределения величины выполняли с помощью критерия Колмогорова – Смирнова. Для оценки значимости различий выборочных совокупностей использовали критерии непараметрической статистики (Краскера – Уоллиса и Манна – Уитни), в качестве нижней границы достоверности принят уровень статистической значимости $p < 0,05$.

Результаты

Средний возраст пациентов – $59,8 \pm 5,2$ года. Среди исследуемых преобладали женщины – 113 (80,7 %), мужчин было 27 (19,3 %). У 106 (75,7 %) пациентов отмечалась деформация поясничного отдела позвоночника типа I по Aebi, у 34 (24,3 %) пациентов – типа IIIb. Как ранее отмечалось, показания к инструментальной фиксации определяли только при типах деформации III и IV по Verjano и Lamartina [5]: тип III наблюдался у 89 (63,6 %) пациентов, IV – у 51 (36,4 %).

Предоперационное изучение исходных данных по наличию и тяже-

сти остеопороза, присутствию первичных низкоэнергетических переломов показало сопоставимость данных во всех группах. Кроме того, сопоставимыми были и позвоночно-тазовые соотношения: тазовый индекс (PI), наклон таза (PT), поясничный лордоз (LL), грудной кифоз (TK), PI-LL, сагиттальная вертикальная ось (SVA), проксимальный переходный угол (PJA), PI + TK - LL. Таким образом, статистически подтверждено отсутствие значимых различий у четырех групп пациентов на дооперационном этапе. В связи с этим сравниваемые группы расценили как сопоставимые (табл. 1).

Основной хирургической опцией исправления глобального сагиттального дисбаланса является коррекция глубины поясничного лордоза и приведение его в соответствие с теоретическими значениями на основании индивидуальных данных PI.

В группах I и II использовали стратегию частичного восстановления поясничного лордоза (объем коррекции не более 30°) с достижением субоптимальных показателей глобального сагиттального баланса по характеристикам расположения SVA после операции. В группах III и IV выполняли полное восстановление глобального сагиттального баланса с достижением его оптимальных показателей за счет глубокой коррекции поясничного лордоза (объем коррекции более 30°) и приведения всех позвоночно-тазовых взаимоотношений к их оптимальным значениям. Одна из двух групп каждого типа операционной коррекции была с использованием изучаемого способа профилактики проксимального переходного кифоза (группа II – ламинарная ленточная фиксация, группа III – профилактическая вертебропластика). Послеоперационные рентгенологические результаты представлены в табл. 2.

Таким образом, после оперативного лечения статистически значимые различия были выявлены между группами с полным восстановлением сагиттального профиля (III и IV) до его оптимальных значений и группами восстановления баланса до субопти-

Таблица 1

Предоперационные данные пациентов групп исследования

Факторы риска	Группа I (n = 36)	Группа II (n = 24)	Группа III (n = 20)	Группа IV (n = 60)	p-значение (H-тест)
Остеопороз (Т-критерий)	-2,8 ± 0,6	-2,9 ± 0,4	-2,8 ± 0,3	-3,1 ± 0,6	0,233
Низкоэнергетический перелом, n (%)	11 (31)	8 (33)	6 (30)	16 (27)	0,576
Тяжелый остеопороз, n (%)	14 (39)	11 (46)	12 (60)	25 (42)	0,124
PI, град.	56,9 ± 4,9	57,6 ± 4,1	57,8 ± 4,1	57,6 ± 3,5	0,963
PT, град.	23,4 ± 3,9	22,5 ± 3,8	23,5 ± 4,0	23,4 ± 4,1	0,743
LL, град.	21,8 ± 4,4	21,0 ± 4,0	21,1 ± 3,5	20,5 ± 2,8	0,718
TK, град.	31,5 ± 4,4	30,2 ± 4,4	33,1 ± 4,6	30,4 ± 4,4	0,084
PI-LL, град.	35,1 ± 6,2	36,6 ± 5,9	36,7 ± 5,1	37,1 ± 4,3	0,532
SVA, мм	106,7 ± 29,8	105,0 ± 27,4	98,5 ± 25,6	97,2 ± 22,9	0,357
PJA, град.	4,4 ± 2,0	4,5 ± 1,8	3,5 ± 1,9	4,0 ± 1,7	0,191
PI + TK - LL, град.	66,6 ± 4,4	66,8 ± 6,4	69,8 ± 3,4	67,5 ± 4,2	0,085

Таблица 2

Послеоперационные данные пациентов групп исследования

Факторы риска	Частичная коррекция		Полная коррекция		p-значение (H-тест)
	группа I (n = 36)	группа II (n = 24)	группа III (n = 20)	группа IV (n = 60)	
PI, град.	56,9 ± 4,9	57,6 ± 4,1	57,8 ± 4,1	57,6 ± 3,5	0,963
PT, град.					
до операции	23,4 ± 3,9	22,5 ± 3,8	23,5 ± 4,0	23,4 ± 4,1	0,743
после операции	19,0 ± 2,7	18,8 ± 2,6	18,9 ± 2,7	19,1 ± 2,8	0,990
изменение	4,4 ± 3,0	3,7 ± 5,1	4,5 ± 5,6	4,3 ± 4,9	0,968
LL, град.					
до операции	21,8 ± 4,4	21,0 ± 4,0	21,1 ± 3,5	20,5 ± 2,8	0,718
после операции	46,7 ± 4,4	44,9 ± 4,0	56,4 ± 5,9	54,1 ± 4,8	0,001
изменение	24,9 ± 2,5	23,9 ± 2,6	35,3 ± 3,9	33,6 ± 4,2	0,001
TK, град.	31,5 ± 4,4	30,2 ± 4,4	33,1 ± 4,6	30,4 ± 4,4	0,084
PI-LL, град.					
до операции	35,1 ± 6,2	36,6 ± 5,9	36,7 ± 5,1	37,1 ± 4,3	0,532
после операции	10,2 ± 6,6	12,7 ± 6,3	1,4 ± 5,9	3,5 ± 6,1	0,001
изменение	24,9 ± 2,5	23,9 ± 2,6	35,3 ± 3,9	33,6 ± 4,2	0,001
SVA, мм					
до операции	106,7 ± 29,8	105,0 ± 27,4	98,5 ± 25,6	97,2 ± 22,9	0,357
после операции	60,6 ± 11,9	60,4 ± 11,6	23,5 ± 5,9	18,0 ± 6,1	0,001
изменение	46,1 ± 21,3	44,6 ± 19,1	75,0 ± 24,0	79,2 ± 22,1	0,004
PJA, град.					
до операции	4,4 ± 2,0	4,5 ± 1,8	3,5 ± 1,9	4,0 ± 1,7	0,191
после операции	7,3 ± 2,1	2,5 ± 1,3	12,9 ± 1,4	13,8 ± 1,9	0,001
изменение	2,9 ± 0,2	-2,0 ± 1,2	9,4 ± 1,4	9,8 ± 0,6	0,001
PI + TK - LL, град.					
до операции	66,6 ± 4,4	66,8 ± 6,4	69,8 ± 3,4	67,5 ± 4,2	0,085
после операции	41,7 ± 4,2	42,9 ± 6,2	34,5 ± 3,2	33,9 ± 4,1	0,001

мальных значений за счет коррекции поясничного лордоза не более 30° (I и II) в параметрах поясничного лордоза (LL), разницы тазового угла и поясничного лордоза (PI-LL) и смещения SVA. Кроме того, послеоперационные значения показателя PJA у пациентов группы II значительно отличались от соответствующих показателей у пациентов остальных групп. Также выявлено статистически значимое увеличение показателя PJA после операции у пациентов III и IV групп.

На предоперационном этапе анализ интенсивности болевого синдрома в спине и нижних конечностях показал отсутствие значимых различий данного параметра у пациентов изучаемых групп ($p = 0,877$; $p = 0,827$). Оценка динамики болевого синдрома в спине в послеоперационном периоде показала отсутствие статистически значимых различий между группами в первые 6 мес. после операции ($p = 0,988$; $p = 0,922$) и значимую разницу через 12 и 24 мес. ($p = 0,001$; $p = 0,001$). Группы со значимыми различиями в дальнейшем проанализировали попарно. Данный анализ показал значимое снижение интенсивности болевого синдрома у пациентов группы II по сравнению с пациентами остальных групп через 12 и 24 мес. после оперативного вмешательства. Оценка динамики интенсивности болевого синдрома в каждой группе показала его значимое снижение с 6-го мес. после операции во всех группах ($p = 0,021$; $p = 0,011$; $p = 0,004$;

$p = 0,001$). При этом в группе II выявлено значимое снижение уровня болевого синдрома в спине на протяжении всего периода наблюдения ($p = 0,011$; $p = 0,001$).

Анализ интенсивности болевого синдрома в ногах показал статистически значимое отличие до- и послеоперационных значений во всех группах с 3-го мес. после операции ($p = 0,001$; $p = 0,016$; $p = 0,001$; $p = 0,001$). Оценка данного болевого синдрома в дальнейшем послеоперационном периоде не показала статистически значимой динамики ни в одной группе ($p = 0,954$; $p = 0,146$; $p = 0,331$; $p = 0,844$). Такая тенденция может свидетельствовать об эффективности декомпрессивного этапа лечения во всех группах пациентов.

Предоперационные значения ODI значимо не отличались между исследуемыми группами ($p = 0,532$). Положительная динамика в виде снижения ODI на протяжении послеоперационного периода наблюдалась во всех группах ($p = 0,001$), однако наиболее выраженная тенденция улучшения качества жизни была у пациентов группы II. Это статистически подтверждено попарным сравнением групп с использованием непараметрического критерия Манна – Уитни.

В течение двух лет наблюдения у пациентов выявлено 86 (61 %) случаев осложнений. Из них к ранним осложнениям (в течение одного месяца) были отнесены 11 (12,8 %) случаев раневой инфекции, 9 (10,4 %) случаев

появления неврологического дефицита и 13 (15,11 %) случаев ликвореи. В отдаленном периоде выявлены 32 (37,2 %) случая развития проксимального переходного кифоза и 21 (24,4 %) случай нестабильности металлоконструкции (остеолиз вокруг винтов, миграция, перелом). Все случаи возникновения проксимального переходного кифоза анализировали по механизму развития, результаты представлены в табл. 3.

В 29 (91 %) случаях развитие проксимального переходного кифоза было обусловлено переломами позвонков. Наибольшая частота развития проксимального переходного кифоза выявлена у пациентов группы IV ($n = 19$). Данный показатель значимо отличался от показателей групп I ($n = 8$), II ($n = 1$) и III ($n = 4$); $p < 0,05$. Также значимые различия в частоте развития данного осложнения наблюдались между группами II ($n = 1$) и остальными группами проспективного исследования ($p = 0,001$). Анализ причин развития проксимального переходного кифоза показал, что в большинстве случаев возникновение осложнения обусловлено переломом смежного вышележащего позвонка ($n = 17$): в группе I – 5, в группе IV – 12 случаев. При этом следует отметить, что переломов смежного вышележащего позвонка не было выявлено в группах II и III. Перелом позвонка проксимальной точки фиксации был причиной развития проксимального переходного кифоза в 7 (22 %) случаях, при этом

Таблица 3

Развитие проксимального переходного кифоза в послеоперационном периоде у пациентов проспективных групп

Проксимальный переходной кифоз	Группа I (n = 36)	Группа II (n = 24)	Группа III (n = 20)	Группа IV (n = 60)	p-значение (Н-тест) *
Дегенеративный	—	—	1	2	—
Перелом СВП	5	—	—	12	0,001
Перелом СВП + 1	—	—	2	—	—
Перелом ППТФ	2	1	1	3	0,454
Перелом ППТФ + СВП	1	—	—	2	—
Всего	8 (22 %)	1 (4 %)	4 (20 %)	19 (32 %)	0,001

* На основании критерия Краскела – Уоллиса; СВП – смежный вышележащий позвонок; СВП + 1 – позвонок краниальнее смежного вышележащего позвонка; ППТФ – позвонок проксимальной точки фиксации.

значимых различий между исследуемыми группами выявлено не было ($p = 0,454$). Стоит отметить, что в этих 7 случаях позвонки проксимальной точки фиксации не был аугментирован костным цементом.

Ревизионное хирургическое лечение потребовалось в 30 (94 %) случаях при развитии проксимального переходного кифоза. Исключения составили 2 (6 %) пациента с формированием проксимального переходного кифоза вследствие дегенеративных изменений смежного вышележащего межпозвонкового диска, которым проводили комплексное консервативное лечение с положительным эффектом.

Таким образом, резюмируя характер и частоту осложнений, возникших в проспективных группах, можно сказать, что проксимальный переходный кифоз у пациентов с остеопорозом развивается с высокой частотой (23 %), несмотря на восстановление оптимального сагиттального профиля позвоночника. По всей видимости, ключевая роль в развитии данного осложнения принадлежит значению PJA, который компенсаторно увеличивается вследствие значительного изменения величины поясничного лордоза. Так, в группах III и IV данный показатель составил $12,9^\circ \pm 1,4^\circ$ и $13,8^\circ \pm 1,9^\circ$ при исходных его значениях $3,5^\circ \pm 1,9^\circ$ и $4,0^\circ \pm 1,7^\circ$ соответственно.

Уменьшению локального кифоза проксимальнее установленной металлоконструкции способствуют коррекция поясничного лордоза до 30° и применение систем ламинарной фиксации переходного отдела.

Обсуждение

Хирургическое лечение пациентов с деформациями поясничного отдела позвоночника представляет собой сложную задачу. Селективные вмешательства могут оказаться эффективными в случаях, ограниченных локальной неврологической симптоматикой либо подтвержденных моно-, бисегментарной проблемой. Реконструктивные вмешательства показаны при многоуровневом про-

цессе и подразумевают протяженную декомпрессию, фиксацию и коррекцию деформации в пораженном отделе позвоночника. Коррекция сагиттального дисбаланса выполняется с целью уменьшения болевого синдрома и улучшения качества жизни пациентов. Однако данные вмешательства сопряжены с достаточным количеством осложнений как в раннем, так и в позднем послеоперационном периоде.

Располагая литературными данными о высокой частоте встречаемости проксимального переходного кифоза, а также сталкиваясь в повседневной практике с данным осложнением у различных категорий пациентов (в том числе и при отсутствии деформаций), мы пришли к пониманию, что основной задачей хирурга является снижение вероятности возникновения конфликта на границе с металлоконструкцией. Современные знания о многофакторности в развитии проксимального переходного кифоза дают хирургу возможность учитывать факторы риска, использовать методы профилактики и безусловно соблюдать технику хирургического вмешательства.

Наиболее важным фактором риска развития проксимального переходного кифоза, связанным с пациентом, является остеопороз, который повышает риск развития рассматриваемого осложнения в 3,5 раза [9, 10]. Данный фактор имеет чрезвычайное значение как в зоне позвонка проксимальной точки фиксации, так и в зоне смежного вышележащего позвонка. Проведенное исследование показало, что игнорирование аугментации позвонка проксимальной точки фиксации обуславливает развитие проксимального переходного кифоза за счет его перелома.

Другим важным фактором развития проксимального переходного кифоза является PJA. Его влиянию на возникновение проксимального переходного кифоза в российской литературе уделяется необоснованно мало внимания. Вместе с этим в мировой литературе данный параметр считается чрезвы-

чайно важным [16]. По данным, полученным в ходе наших предыдущих исследований, PJA более 10° повышает риск возникновения проксимального переходного кифоза в 2,5 раза. Проведенное исследование показало уязвимость проксимальной переходной зоны в отношении развития проксимального переходного кифоза в случае высоких значений PJA.

Последним статистически значимым фактором риска в отношении возникновения проксимального переходного кифоза, относящимся к категории связанных с операцией, является глубина коррекции поясничного лордоза. При величине коррекции до 30° от исходных показателей в случае грубой сагиттальной деформации удается достичь субоптимальных показателей глобального сагиттального баланса. В этом случае поперечные силы напряжения в проксимальной переходной зоне не являются критичными и в меньшей степени обуславливают неконтролируемое увеличение PJA. Напротив, тотальное подчинение принципам восстановления идеальных параметров на основе созданной математической модели способствует чрезмерному перенапряжению в проксимальной зоне инструментации. Гиперлордоз в условиях протяженной фиксации в сочетании с выраженной ригидностью грудного отдела на фоне дегенеративных изменений создает предпосылки для разрушения позвонков в переходной зоне по принципу молота и наковальни [17, 18].

На сегодняшний день существует 2 метода защиты переходных позвонков и профилактики проксимального переходного кифоза: создание гибридной полуригидной стабилизации на уровне проксимальной точки фиксации и профилактическая вертебропластика.

Недавние исследования показали, что обеспечение плавного перехода между ригидным и подвижным сегментами позвоночника с применением полужесткой фиксации смежного вышележащего позвонка может потенциально снизить частоту проксимального переходного кифоза [19].

Такие гибридные конструкции включают в себя крючки, ленту Mersilene и ламинарные ленты [20].

В нашем исследовании анализ полученных данных показал эффективность и безопасность ламинарной фиксации смежного вышележащего позвонка в качестве метода профилактики проксимального переходного кифоза.

К таким же выводам пришли в своей работе Viswanathan et al. [21], проведя анализ результатов лечения 40 пациентов, которым выполнялся грудно-поясничный артродез.

Изучению эффективности профилактической вертебропластики как метода предотвращения развития проксимального переходного кифоза посвящено большое количество клинических и экспериментальных исследований. Квинтэссенцией данных публикаций является эффективность рассматриваемого метода в плане профилактики возникновения проксимального переходного кифоза [22]. Проведенное исследование показывает отсутствие переломов смежного вышележащего позвонка над зоной протяженной инструментации. Идея данного метода состоит в укреплении смежного вышележащего позвонка с целью противодействия вертикальным нагрузкам. При этом сам позвонок остается свободным от фиксации и балансирует над металлоконструкцией за счет двух свободных позвоночно-двигательных сегментов. Однако недостатком данного метода является повышенная нагрузка на эти позвоночно-двигательные сегменты, что ведет к более быстрым дегенеративным изменениям и переключению нагрузки на вышележащий позвонок (смежный вышележащий позвонок + 1).

Наиболее обоснованной ситуацией, в которой может использоваться профилактическая вертебропластика, является полная коррекция пояснично-тазовых взаимоотношений с максимальным восстановлением поясничного лордоза (более 30°), когда использование ламинарных лент сопряжено с риском их несостоятельности.

Анализ отдаленных результатов лечения показал статистически значимое уменьшение случаев проксимального переходного кифоза в группе II в сравнении с остальными ($p = 0,001$) и более выраженные тенденции снижения интенсивности болевого синдрома и индекса нарушения жизнедеятельности ODI. Ламинарная фиксация смежного вышележащего позвонка приводит не только к уменьшению локального кифоза над зоной инструментальной фиксации, но и снижает нагрузку на вентральные отделы позвонка, смещая кзади вертикальную ось и устраняя чрезмерную подвижность в данном сегменте во время постоянных переменных осевых нагрузок. В свою очередь, использование профилактической вертебропластики (группа III) обуславливает лучшие результаты в сравнении с сопоставимой когортой (группа IV).

Наибольшая частота развития проксимального переходного кифоза ($n = 19$) выявлена у пациентов группы IV, несмотря на полноценное восстановление сагиттального профиля во всех случаях. Возникновение напряженно-деформирующего состояния на верхней границе зоны фиксации обусловлено комплексным влиянием таких факторов риска развития проксимального переходного кифоза, как остеопороз, коррекция поясничного лордоза более 30°

и увеличение PJA, а также отсутствием методов профилактики. Все вышеперечисленное в сочетании с наличием ригидности грудного отдела позвоночника обуславливает наиболее неблагоприятные условия для гармоничного функционирования стабилизированного позвоночника.

Заключение

Частичная коррекция поясничного лордоза (не более 30°) и профилактическая ламинарная фиксация вышележащего позвонка показали достоверно лучшие клинические результаты (более чем на 50%; $p = 0,001$) по сравнению с тремя другими клиническими группами в виде снижения уровня болевого синдрома и улучшения показателя качества жизни, а также отмечено наименьшее число случаев развития проксимального переходного кифоза – на 16–28% ($p = 0,001$). При полноценной коррекции позвоночно-тазовых параметров до оптимальных значений, с воссозданием поясничного лордоза более 30°, целесообразно выполнение вертебропластики позвонка над зоной инструментальной фиксации, что значимо снижает риск развития проксимального переходного кифоза. Необходимы дальнейшие исследования для оценки эффективности комбинации ламинарной фиксации и вертебропластики для предотвращения проксимального переходного кифоза.

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература/References

1. **Safaee MM, Ames CP, Smith JS.** Epidemiology and socioeconomic trends in adult spinal deformity care. *Neurosurgery.* 2020;87:25–32. DOI: 10.1093/neuros/nyz454.
2. **Климов В.С., Василенко И.И., Евсюков А.В., Амелина Е.В.** Влияние параметров сагиттального баланса на качество жизни у пациентов пожилого и старческого возраста, оперированных по поводу дегенеративного стеноза поясничного

отдела позвоночника // Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. 2017. Т. 81. № 2. С. 56–66. [Klimov VS, Vasilenko II, Evsyukov AV, Amelina EV. Impact of sagittal balance parameters on life quality in elderly and senile patients after surgery for degenerative lumbar spine stenosis. *Zh Vopr Neurokhir Im N N Burdenko.* 2017;(2): 56–66]. DOI: 10.17116/neiro201781256-66.

3. Schwab F, Dubey A, Gamez L, El Fegoun AB, Hwang K, Pagala M, Farcy JP. Adult scoliosis: prevalence, SF-36, and nutritional parameters in an elderly volunteer population. *Spine*. 2005;30:1082–1085. DOI: 10.1097/01.brs.0000160842.43482.
4. Pritchett JW, Bortel DT. Degenerative symptomatic lumbar scoliosis. *Spine*. 1993;18:700–703. DOI: 10.1097/00007632-199305000-00004.
5. Berjano P, Lamartina C. Classification of degenerative segment disease in adults with deformity of the lumbar or thoracolumbar spine. *Eur Spine J*. 2014;23:1815–1824. DOI: 10.1007/s00586-014-3219-9.
6. Nguyen NL, Kong CY, Hart RA. Proximal junctional kyphosis and failure – diagnosis, prevention, and treatment. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2016;9:299–308. DOI 10.1007/s12178-016-9353-8.
7. Park SH, Lee CS, Chung SS, Lee JY, Kang SS, Park SH. Different risk factors of proximal junctional kyphosis and proximal junctional failure following long instrumented fusion to the sacrum for adult spinal deformity: survivorship analysis of 160 patients. *Neurosurgery*. 2017;80:279–286. DOI: 10.1227/NEU.0000000000001240.
8. Заборовский Н.С., Пташников Д.А., Михайлов Д.А., Смекаленков О.А., Масевнин С.В., Лапаева О.А. Влияние коррекции деформации позвоночника на качество жизни пожилых пациентов // Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. 2016. Т. 80. № 3. С. 58–65. [Zaborovskiy NS, Ptashnikov DA, Mikhaylov DA, Smekalenkov OA, Masevnin SV, Lapaeva OA. The effect of spinal deformity correction on the quality of life of elderly patients. *Zh Vopr Neurokhir Im N N Burdenko*. 2016;80(3):58–65]. DOI: 10.17116/neiro201680358-65.
9. Basankin IV, Takhmazyan KK, Afaunov AA, Malakhov SB, Shapovalov VK, Volynskiy AL. Proximal junctional kyphosis after extensive spinal fixation (PJK, PJF). Clinical case of complication and treatment. *Genij Ortopedii*. 2017;23(2):209–215. DOI: 10.18019/1028-4427-2017-23-2-209-215.
10. Басанкин И.В., Пташников Д.А., Масевнин С.В., Афаунов А.А., Гюльзатян А.А., Тахмазян К.К. Значимость различных факторов риска в формировании проксимального переходного кифоза и нестабильности металлоконструкции при оперативном лечении взрослых с деформациями позвоночника // Хирургия позвоночника. 2021. Т. 18. № 1. С. 14–23. [Basankin IV, Ptashnikov DA, Masevnin SV, Afaunov AA, Gulzatyan AA, Takhmazyan KK. Significance of various risk factors for proximal junctional kyphosis and instability of instrumentation in surgical treatment for adult spinal deformities. *Hir. Pozvonoc*. 2021;18(1):14–23]. DOI: 10.14531/ss2021.1.14-23.
11. Крутько А.В. Сагиттальный баланс. Гармония в формулах. Новосибирск, 2016. [Krutko AV. Sagittal Balance. Harmony in Formulas. Novosibirsk, 2016].
12. Кудяшев А.Л., Хоминец В.В., Теремшонок А.В., Коростелев К.Е., Нагорный Е.Б., Доль А.В., Иванов Д.В., Кириллова И.В., Коссович Л.Ю. Биомеханические предпосылки формирования проксимального переходного кифоза после транспедикулярной фиксации поясничного отдела позвоночника // Российский журнал биомеханики. 2017. Т. 21. № 3. С. 313–323. [Kudyashev AL, Khominets VV, Teremshonok AV, Korostelev KE, Nagorny EB, Dol AV, Ivanov DV, Kirillova IV, Kossovich LYu. Biomechanical background for the formation of proximal transition kyphosis after the transpedicular fixation of the lumbar spine. *Russian Journal of Biomechanics*. 2017;21(3):313–323]. DOI: 10.15593/RZhBiomeh/2017.3.07.
13. Tamai K, Terai H, Suzuki A, Nakamura H, Watanabe K, Katsumi K, Ohashi M, Shibuya Y, Izumi T, Hirano T, Kaito T, Yamashita T, Fujiwara H, Nagamoto Y, Matsuoka Y, Suzuki H, Nishimura H, Tagami A, Yamada S, Adachi S, Yoshii T, Ushio S, Harimaya K, Kawaguchi K, Yokoyama N, Oishi H, Doi T, Kimura A, Inoue H, Inoue G, Miyagi M, Saito W, Nakano A, Sakai D, Nukaga T, Ikegami S, Shimizu M, Futatsugi T, Ohtori S, Furuya T, Orita S, Imagama S, Ando K, Kobayashi K, Kiyasu K, Murakami H, Yoshioka K, Seki S, Hongo M, Kakutani K, Yurube T, Aoki Y, Oshima M, Takahata M, Iwata A, Endo H, Abe T, Tsukanishi T, Nakanishi K, Watanabe K, Hikata T, Suzuki S, Isogai N, Okada E, Funao H, Ueda S, Shiono Y, Nojiri K, Hosogane N, Ishii K. Risk factors for proximal junctional fracture following fusion surgery for osteoporotic vertebral collapse with delayed neurological deficits: a retrospective cohort study of 403 patients. *Spine Surg Relat Res*. 2018;3:171–177. DOI: 10.22603/ssr.2018-0068.
14. Kim YJ, Bridwell KH, Lenke LG, Glatte CR, Rhim S, Cheh G. Proximal junctional kyphosis in adult spinal deformity after segmental posterior spinal instrumentation and fusion: minimum five-year follow-up. *Spine*. 2008;33:2179–2184. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31817c0428.
15. Makhni MC, Shillingford JN, Laratta JL, Hyun SJ, Kim YJ. Restoration of sagittal balance in spinal deformity surgery. *J Korean Neurosurg Soc*. 2018;61:167–179. DOI 10.3340/jkns.2017.0404.013.
16. Yan P, Bao H, Qiu Y, Bao M, Varghese JJ, Sun X, Liu Z, Zhu Z, Qian B, Zheng M, Zhu F. Mismatch between proximal rod contouring and proximal junctional angle: a predisposed risk factor for proximal junctional kyphosis in degenerative scoliosis. *Spine*. 2017;42:E280–E287. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001883.
17. Cammarata M, Aubin CE, Wang X, Mac-Thiong JM. Biomechanical risk factors for proximal junctional kyphosis: a detailed numerical analysis of surgical instrumentation variables. *Spine*. 2014;39:E500–E507. DOI: 10.1097/BRS.0000000000000222.
18. Lau D, Clark AJ, Scheer JK, Daubs MD, Coe JD, Paonessa KJ, LaGrone MO, Kasten MD, Amaral RA, Trobisch PD, Lee JH, Fabris-Monterumici D, Anand N, Cree AK, Hart RA, Hey LA, Ames CP. Proximal junctional kyphosis and failure after spinal deformity surgery: a systematic review of the literature as a background to classification development. *Spine*. 2014;39:2093–2102. DOI: 10.1097/BRS.0000000000000627.
19. Kim YJ, Lenke LG, Bridwell KH, Kim J, Cho SK, Cheh G, Yoon J. Proximal junctional kyphosis in adolescent idiopathic scoliosis after 3 different types of posterior segmental spinal instrumentation and fusions: incidence and risk factor analysis of 410 cases. *Spine*. 2007;32:2731–2738. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31815a7ead.
20. Zaghoul KM, Matoian BJ, Denardin NB, Patel VV. Preventing proximal adjacent level kyphosis with strap stabilization. *Orthopedics*. 2016;39:e794–e799. DOI 10.3928/01477447-20160503-05.
21. Viswanathan VK, Kukreja S, Minnema AJ, Farhadi HF. Prospective assessment of the safety and early outcomes of sublaminar band placement for the prevention of proximal junctional kyphosis. *J Neurosurg Spine*. 2018;28:520–531. DOI 10.3171/2017.8.SPINE17672.
22. Kebaish KM, Martin CT, O'Brien JR, LaMotta IE, Voros GD, Belkoff SM. Use of vertebroplasty to prevent proximal junctional fractures in adult deformity surgery: a biomechanical cadaveric study. *Spine J*. 2013;13:1897–1903. DOI: 10.1016/j.spinee.2013.06.039.

Адрес для переписки:

Басанкин Игорь Вадимович
350086, Россия, Краснодар, ул. 1 Мая, 167,
НИИ – Краснодарская краевая клиническая больница №1
им. проф. С.В. Очаповского,
basankin@rambler.ru

Статья поступила в редакцию 13.08.2021

Рецензирование пройдено 07.10.2021

Подписано в печать 15.10.2021

Address correspondence to:

Basankin Igor Vadimovich
Research Institute – Krasnodar Regional Clinical Hospital No. 1
n.a. S.V. Ochapovsky,
167 Pervogo Maya str., Krasnodar, 350901, Russia,
basankin@rambler.ru

Received 13.08.2021

Review completed 07.10.2021

Passed for printing 15.10.2021

Игорь Вадимович Басанкин, д-р мед. наук, заведующий отделением нейрохирургии № 3, НИИ – Краснодарская краевая клиническая больница № 1 им. проф. С.В. Очаповского, Россия, 350086, Краснодар, ул. 1 Мая, 167, ORCID: 0000-0003-3549-0794, basankin@rambler.ru;

Дмитрий Александрович Пташников, д-р мед. наук, заведующий отделением патологии позвоночника и костной онкологии, Научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена, Россия, 195427, Санкт-Петербург, ул. Акад. Байкова, 8, ORCID: 0000-0001-5765-3158, drptashnikov@yandex.ru;

Сергей Владимирович Масевнин, канд. мед. наук, травматолог-ортопед травматолого-ортопедического отделения № 18, Научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена, Россия, 195427, Санкт-Петербург, ул. Акад. Байкова, 8, ORCID: 0000-0002-9853-7089, drtmasevnin@gmail.com;

Аскер Алиевич Афаунов, д-р мед. наук, проф., заведующий кафедрой травматологии, Кубанский государственный медицинский университет, Россия, 350063, Краснодар, ул. Митрофана Седина, 4, ORCID: 0000-0001-7976-860X, afaunovkr@mail.ru;

Абрам Акопович Гюльзатян, канд. мед. наук, врач-нейрохирург отделения нейрохирургии № 3, НИИ – Краснодарская краевая клиническая больница № 1 им. проф. С.В. Очаповского, Россия, 350086, Краснодар, ул. 1 Мая, 167, ORCID: 0000-0003-1260-4007, abramgulz@gmail.com;

Карпет Карпетович Тахмазян, травматолог-ортопед, нейрохирург отделения нейрохирургии № 3, НИИ – Краснодарская краевая клиническая больница № 1 им. проф. С.В. Очаповского, Россия, 350086, Краснодар, ул. 1 Мая, 167, ORCID: 0000-0002-4496-2709, dr.karpo@gmail.com.

Igor Vadimovich Basankin, DMSc, Head of Neurosurgery Department No. 3, Research Institute – Krasnodar Regional Clinical Hospital No. 1 n.a. S.V. Ochapovsky, 167 Pervogo Maya str., Krasnodar, 350901, Russia, ORCID: 0000-0003-3549-0794, basankin@rambler.ru;

Dmitry Aleksandrovich Ptashnikov, DMSc, Head of the Department of Spinal Pathology and Bone Oncology, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. R.R. Vreden, 8 Akademika Baikova str., St. Petersburg, 195427, Russia, ORCID: 0000-0001-5765-3158, drptashnikov@yandex.ru;

Sergey Vladimirovich Masevnin, MD, PhD, traumatologist-orthopedist, Traumatology and Orthopedic Department No. 18, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. R.R. Vreden, 8 Akademika Baikova str., St. Petersburg, 195427, Russia, ORCID: 0000-0002-9853-7089, drtmasevnin@gmail.com;

Asker Aliievich Afaunov, DMSc, Prof., Head of the Department of Traumatology, Kuban State Medical University, 4 Mitrofana Sedina str., Krasnodar, 350063, Russia, ORCID: 0000-0001-7976-860X, afaunovkr@mail.ru;

Abram Akopovich Gulzatyanyan, MD, PhD, neurosurgeon in the Department of Neurosurgery No 3, Research Institute – Krasnodar Regional Clinical Hospital No. 1 n.a. S.V. Ochapovsky, 167 Pervogo Maya str., Krasnodar, 350901, Russia, ORCID: 0000-0003-1260-4007, abramgulz@gmail.com;

Karapet Karapetovich Takhmazyan, traumatologist-orthopedist, neurosurgeon in the Department of Neurosurgery No. 3, Research Institute – Krasnodar Regional Clinical Hospital No. 1 n.a. S.V. Ochapovsky, 167 Pervogo Maya str., Krasnodar, 350901, Russia, ORCID: 0000-0002-4496-2709, dr.karpo@gmail.com.