



# МЕХАНИЗМЫ КОМПЕНСАЦИИ ПОСТТРАВМАТИЧЕСКИХ ГРУДОПОЯСНИЧНЫХ КИФОЗОВ

К.О. Борзых, В.В. Рерих

Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии  
им. Я.Л. Цивьяна, Новосибирск, Россия

**Цель исследования.** Выявление механизма компенсации деформации у пациентов с посттравматическими кифозами в области грудно-поясничного перехода на основании анализа рентгенологических результатов хирургического лечения.

**Материал и методы.** Исследованы данные, полученные из историй болезни 69 пациентов (47 женщин, 22 мужчин), оперированных по поводу болезненных посттравматических кифозов на уровнях Th<sub>12</sub>, L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> позвонков. Пациентам были проведены этапные хирургические вмешательства в одну хирургическую сессию. Оценены демографические данные и ближайшие рентгенологические результаты оперативного лечения.

**Результаты.** В результате оперативных вмешательств посттравматический кифоз (LK) корригирован в среднем до 1,9°. После исправления кифоза выявлены статистически значимые изменения показателей сагиттальных изгибов позвоночника: увеличение грудного кифоза (TK), уменьшение поясничного лордоза (LL), в том числе и за счет нижнепоясничного лордоза (LowLL). При этом показатели позвоночно-тазового баланса (PT, SS) не изменялись. Получены статистически значимые корреляции ( $p < 0,001$ ) величины коррекции локального кифоза  $\Delta LK$  (LKpreOP-LKpostOP), которая составила  $33,63^\circ \pm 8,77^\circ$ , с показателями поясничного лордоза  $\Delta LL$ , грудного кифоза  $\Delta TK$  и  $\Delta PI-LL$ . Показатели глобального сагиттального баланса, тазового баланса корреляций со степенью коррекции кифоза не проявили. При исследовании рентгенологических показателей выделенных групп I (без признаков изначального сагиттального дисбаланса) и II (с признаками сагиттального дисбаланса), несмотря на сравнимые показатели сагиттальных изгибов позвоночника и величины посттравматического кифоза, отмечена статистически значимая разница показателей глобального баланса (GT) и позвоночно-тазового баланса (PT, SS) как до корригирующего вмешательства на области грудно-поясничного перехода, так и после.

**Заключение.** Основным механизмом компенсации являются изменения смежных с кифозом отделов: уменьшение грудного кифоза и увеличение поясничного лордоза, но не изменения показателей глобального или пояснично-тазового балансов.

**Ключевые слова:** посттравматический кифоз, груднопоясничный отдел позвоночника, вентральный спондилолиз, сагиттальный баланс, этапные оперативные вмешательства.

Для цитирования: Борзых К.О., Рерих В.В. Механизмы компенсации посттравматических груднопоясничных кифозов // Хирургия позвоночника. 2023. Т. 20. № 2. С. 40–48.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2023.2.40-48>.

## COMPENSATION MECHANISMS FOR POST-TRAUMATIC THORACOLUMBAR KYPHOSIS

K.O. Borzykh, V.V. Rerikh

Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsivyan, Novosibirsk, Russia

**Objective.** To identify the mechanism of deformity compensation in patients with post-traumatic kyphosis of the thoracolumbar junction, based on the analysis of X-ray results of surgical treatment.

**Material and Methods.** The study included data obtained from medical records of 69 patients (47 women, 22 men) operated on for painful post-traumatic kyphosis at the levels of T12, L1 and L2 vertebra. Patients underwent staged surgical interventions in a single surgical session. Demographic data and X-ray results of surgical treatment were evaluated.

**Results.** As a result of surgical interventions, post-traumatic kyphosis (LK) was corrected to an average of 1.9°. After correction of kyphosis, statistically significant changes in the parameters of sagittal spinal curvatures were revealed: an increase in thoracic kyphosis (TK), a decrease in lumbar lordosis (LL), including due to lower lumbar lordosis (LowLL). At the same time, the parameters of the spinopelvic balance (PT, SS) did not change. Statistically significant correlations ( $p < 0.001$ ) were detected between the magnitude of local kyphosis correction (LK preOP-LKpostOP), which amounted to  $33.63^\circ \pm 8.77^\circ$ , and parameters of lumbar lordosis  $\Delta LL$ , thoracic kyphosis  $\Delta TK$  and  $\Delta PI-LL$ . Parameters of global sagittal balance and pelvic balance did not show correlations with the magnitude of kyphosis correction. The X-ray study of patients in Group I (without signs of initial sagittal imbalance) and Group II (with signs of sagittal imbalance) revealed a statistically significant difference in global balance (GT) and spinopelvic balance (PT, SS, LowLL), both before and after cor-

rection intervention in the thoracolumbar junction area, despite comparable indicators of sagittal spinal curvatures and the magnitude of post-traumatic kyphosis.

**Conclusion.** The main compensation mechanism includes changes in the spinal departments adjacent to kyphosis: a decrease in thoracic kyphosis and an increase in lumbar lordosis, rather than changes in the global or spinopelvic balance.

**Key Words:** post-traumatic kyphosis, thoracolumbar spine, anterior spinal fusion, sagittal balance, staged surgical interventions.

Please cite this paper as: Borzykh KO, Rerikh VV. Compensation mechanisms for post-traumatic thoracolumbar kyphosis. *Hir. Pozvonoc.* 2023;20(2):40–48. In Russian.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2023.2.40-48>.

Посттравматические кифозы нередко являются причиной болевого синдрома, функциональной несостоятельности, прогрессирующего неврологического дефицита [1–4].

Чаще всего (59 %) повреждения происходят в области грудопоясничного перехода, что составляет 39 % всех повреждений позвоночника [5, 6]. Грудопоясничная локализация характерна и для большинства посттравматических кифозов, что определяет их значимость с точки зрения количественного превосходства по сравнению с повреждениями других отделов позвоночника.

Посттравматические деформации в своем большинстве являются локальными ригидными кифозами, иногда весьма выраженными, которые не могут не приводить к компенсаторным изменениям осанки.

Посттравматический кифоз может сопровождаться исходными дегенеративными изменениями позвоночника, особенно у пациентов старшей возрастной категории, у которых низкоэнергетическая травма позвоночника нередко приводит к формированию грубых ригидных посттравматических деформаций из-за вторичных изменений позвонков и развития, например, аваскулярного остеонекроза тел позвонков [7, 8]. При этом компенсаторные изменения, характерные для дегенеративной патологии, будут сопутствовать компенсаторным изменениям, сопровождающим посттравматический кифоз.

Гипотеза нашего исследования заключается в следующем: предположено, что грубому приобретенному локальному грудопоясничному кифозу будут соответствовать выраженные характерные компенсаторные реак-

ции физиологических изгибов позвоночника и положения таза, которые можно будет зарегистрировать после хирургического устранения фактора кифоза и редукции компенсаторных изменений.

Цель исследования – выявление механизма компенсации деформации у пациентов с посттравматическими кифозами в области грудопоясничного перехода на основании анализа рентгенологических результатов хирургического лечения.

Дизайн исследования – ретроспективное моноцентровое.

## Материал и методы

Проанализированы данные, полученные из историй болезни пациентов, оперированных по поводу посттравматических деформаций позвоночника в 2016–2021 гг.

### Пациенты

Критерии отбора в группу исследования: пациенты с посттравматическими кифозами области грудопоясничного перехода с вершинной кифоза на уровнях Th<sub>12</sub>, L<sub>1</sub> и L<sub>2</sub> позвонков и локальной кифотической деформацией не менее 30°, способные к самостоятельному удержанию позы в положении стоя.

Из 264 изученных историй болезни соответствовали критериям отбора 69.

Пациентам были проведены двух- и трехэтапные операции в одну хирургическую сессию. Коррекцию кифотической деформации на указанных уровнях проводили методом вентрального корригирующего спондилодеза, в ту же хирургическую сессию вторым этапом осуществляли транспедикулярную фиксацию соответствующего уровня (рис. 1).

При наличии задних спонтанных костных блоков и металлоконструкций предварительным этапом проводили мобилизующие вмешательства в виде фасетэктомии или удаления металлоконструкций (рис. 2).

Период наблюдения – весь срок госпитализации пациентов.

### Методики

Оценивали демографические (возраст, пол) и рентгенологические параметры до и после оперативного вмешательства, измеренные на профильных рентгенограммах позвоночника в положении пациента стоя в обычной позе, в двух стандартных проекциях от черепа до средней трети бедренных костей, положение кистей на противоположных ключицах.

Исследуемые параметры сагиттального контура позвоночника: локальный кифоз (LK) по Cobb; грудной кифоз (TK) – от краниальной пластинки тела Th<sub>4</sub> до каудальной замыкательной пластинки позвонка выше поврежденного; поясничный лордоз (LL) – от краниальной замыкательной пластинки позвонка ниже поврежденного до S<sub>1</sub>; нижнепоясничный лордоз (Low LL) – на уровне L<sub>4</sub>–S<sub>1</sub>. Измерены параметры позвоночно-тазового баланса PI, PT, SS, PI-LL и параметры глобального баланса SVA и глобальный угол (GT).

В соответствии с классификацией статуса баланса Lamartina et al. [9] (табл. 1), в зависимости от показателей SVA и PT среди общей группы пациентов выделены две группы: I (n = 41) – без признаков дисбаланса (SVA < 5 см; PT ≤ PTi); II (n = 28) – с признаками явного или скрытого дисбаланса (SVA < 5 см; PT > PTi или SVA > 5 см; PT > PTi соответственно) [10]. Идеальный PT был индивидуализирован

**Рис. 1**

Кифотическая деформация Th<sub>12</sub>–L<sub>2</sub> (47°) вследствие асептического остеонекроза L<sub>1</sub> позвонка у пациентки А., 70 лет: проведено двухэтапное оперативное вмешательство в одну хирургическую сессию

по показателю PI и рассчитан по формуле Vialle:  $PTi = -7 + 0,37 \times PI$  [11].

#### Статистический анализ

Распределения непрерывных показателей исследовали на согласие с законом нормального распределения критерием Шапиро – Уилка, гомоскедастичность проверяли F-критерием Фишера. Для сравнения непрерывных показателей между группами в одной временной точке использовали непараметрический U-критерий Манна – Уитни, сравнение до и после лечения проводили критерием Вилкоксона. Различия между группами оценивали в виде псевдомедианы попарных разностей значений и стандартизированной разницы средних (СРС) с 95 % доверительными интервалами (95 % ДИ). Основные дескриптивные характеристики у непрерывных показателей представлены в виде медианы [первый квартиль; третий квартиль] (МЕД [Q1; Q3]), вспомогательные – в виде «среднее ± стандартное отклонение» (СРЕД ± СО) и «минимальное – максимальное значения» (мин; макс).

Выявление попарных числовых ассоциаций между непрерывными переменными проводили расчетом коэффициента корреляции Спирмена с оценкой достигнутого уровня значимости  $p$ . Для визуального контроля строили графики диаграмм рассеяния.

Проверку статистических гипотез выполняли при критическом уровне значимости  $p = 0,05$ , то есть различие считали статистически значимым, если  $p < 0,05$ .

Все статистические расчеты проводили в программе RStudio (версия 2022.07.2 Build 576 – © 2009–2022 RStudio, Inc., USA, URL <https://www.rstudio.com>) на языке R (версии 4.1.3 (2022-03-10), URL <https://www.R-project.org>).

#### Результаты

Исследованная группа пациентов состояла из 47 женщин и 22 мужчин. Возраст пациентов – от 18 до 70 лет (в среднем  $43,6 \pm 16,8$  года). Величина исходной кифотической деформации – от 30° до 81° (в среднем 35,5°).

**Рис. 2**

Кифотическая деформация Th<sub>12</sub>–L<sub>1</sub> (30°) после оперативного вмешательства, несостоятельности транспедикулярной конструкции у пациента Ч., 41 года: проведено трехэтапное оперативное вмешательство в одну хирургическую сессию

**Таблица 1**

Классификация пациентов по статусу баланса Lamartina et al. [9], адаптированная Garbossa et al. [10]

Статус баланса	Параметр	Механизм компенсации
Сбалансированный	SVA < 5 см	PT ≤ PTi, ось бедер вертикальная
Скрытый	SVA < 5 см	PT > PTi, ось бедер не вертикальная
Дисбаланс	SVA > 5 см	Утрачен

В анамнезе у пациентов были травмы позвоночника сроком от 6 до 38 мес.

*Сравнение рентгенологических показателей до и после операции.* Посттравматический кифоз грудно-поясничного отдела позвоночника (LK) в ходе оперативного вмешательства скорректирован (в среднем с 35,5° до 1,9°). После исправления кифоза выявили статистически значимые изме-



Таблица 2

Сравнение показателей сагиттальных изгибов позвоночника, глобального и позвоночно-тазового балансов до и после операции

Показатель	До операции	После операции	Различие МЕД [95 % ДИ] СРС [95 % ДИ]	Критерий Вилкоксона, р-уровень
	МЕД [Q1; Q3] СРЕД ± СО (мин; макс)	МЕД [Q1; Q3] СРЕД ± СО (мин; макс)		
LK, град.	31 [30; 37] 35,52 ± 11,11 (27; 81)	1 [-2; 4] 1,97 ± 6,43 (-8; 19)	32,00 [31,50; 32,00] 3,70 [3,15; 4,25]	<0,001*
ТК, град.	16 [7; 25] 16,19 ± 13,56 (-20; 45)	33 [24; 40] 31,88 ± 11,40 (8; 54)	-15,00 [-15,50; -15,00] -1,25 [-1,62; -0,89]	<0,001*
LL, град.	-70 [-76; -62] -69,12 ± 11,41 (-97; -42)	-55 [-62; -49] -56,07 ± 10,35 (-78; -32)	-13,00 [-13,00; -12,50] -1,20 [-1,56; -0,83]	<0,001*
Low LL, град.	-47 [-51; -41] -46,52 ± 7,54 (-66; -27)	-41 [-45; -37] -40,93 ± 6,74 (-54; -24)	-5,50 [-5,50; -5,00] -0,78 [-1,13; -0,44]	<0,001*
SVA, мм	0 [-1,6; 2,1] -0,06 ± 4,53 (-23; 12)	-0,1 [-2,3; 1,8] 0,05 ± 3,28 (-7,0; 10,1)	0,20 [0,10; 0,25] -0,03 [-0,36; 0,31]	0,646
GT, град.	10 [7; 18] 12,16 ± 10,49 (-13; 38)	11 [5; 17] 11,39 ± 9,19 (-13; 35)	1,00 [1,00; 1,00] 0,08 [-0,26; 0,41]	0,216
PT, град.	12 [7; 18] 12,71 ± 9,08 (-5; 35)	10 [6; 17] 11,67 ± 8,85 (-4; 31)	1,00 [1,00; 1,00] 0,12 [-0,22; 0,45]	0,065
SS, град.	38 [36; 42] 38,42 ± 7,03 (24; 55)	39 [35; 45] 39,57 ± 7,15 (20; 58)	-1,00 [-1,50; -1,00] -0,16 [-0,50; 0,17]	0,038*
PI-LL, град.	119 [109; 130] 120,46 ± 16,36 (77; 162)	107 [97; 118] 107,42 ± 16,17 (75; 155)	13,00 [12,50; 13,00] 0,80 [0,46; 1,15]	<0,001*

нения всех показателей сагиттальных изгибов позвоночника: увеличение грудного кифоза (ТК), уменьшение поясничного лордоза (LL), в том числе и за счет нижнепоясничного лордоза (LowLL) и связанного с поясничным лордозом показателя PI-LL. Изменений показателей позвоночно-тазового и глобально-сагиттального балансов не отмечено (табл. 2).

*Корреляции степени коррекции локального кифоза и рентгенологических показателей.* Получены статистически значимые корреляции ( $p < 0,001$ ) степени коррекции локального кифоза ( $\Delta LK = LK_{preOP} - LK_{postOP}$ ), которая составила  $33,63^\circ \pm 8,77^\circ$ , с показате-

лями поясничного лордоза  $\Delta LL$ , грудного кифоза  $\Delta TK$  и  $\Delta PI-LL$  (табл. 3). Показатели глобального сагиттального баланса, тазового баланса корреляций с коррекцией кифоза не проявили. На рис. 3 отражены диаграммы рассеивания значимых корреляций.

*Изменения рентгенологических параметров у пациентов в группах с наличием и отсутствием признаков дисбаланса в предоперационном периоде.* При исследовании рентгенологических показателей групп I и II, несмотря на сравнимые показатели сагиттальных изгибов позвоночника и величины посттравматического кифоза, отмечено статистически значимое различие показателей глобаль-

ного баланса (SVA, GT) и позвоночно-тазового баланса (PT, SS) как до корригирующего вмешательства на области грудопоясничного перехода, так и после (табл. 4).

## Обсуждение

Посттравматический кифоз определяется как «болезненная кифотическая ангуляция, которая может возникнуть в любой области посттравматического позвоночника» [12]. De Gendt et al. [13], О.Г. Прудникова с соавт. [14] отмечают, что величина патологического кифоза в различных отделах позвоночника имеет разное функциональное значение. В нашем исследовании рассмо-

Таблица 3

Корреляции величины коррекции локального кифоза (LKpreOP - LkpostOP = 33,63° ± 8,77°) и разницы рентгенометрических параметров до и после операции

Показатель	PreOP - PostOP СРЕД ± СО (мин; макс)	p value, r	p value, p
TK preOp - TK postOp	-14,0 [-20,0; -9,0] -15,70 ± 10,70 (-41,0; 8,0)	-0,43	<0,001*
LL preOp - LL PostOp	-12,0 [-19,0; -6,0] -13,04 ± 8,95 (-33,0; 4,0)	-0,42	<0,001*
L <sub>4</sub> -S <sub>1</sub> preOP - L <sub>4</sub> -S <sub>1</sub> postOp	-5,0 [-9,0; -1,0] -5,59 ± 6,27 (-24,0; 8,0)	-0,20	0,098
SVA.preOp - SVA.postOp	0,4 [-2,2; 2,6] -0,10 ± 4,29 (-17,4; 11,0)	-0,14	0,240
GT.preOp - GT.postOp	1,0 [-3,0; 6,0] 0,77 ± 6,95 (-22,0; 15,0)	0,00	0,989
PT.preOp - PT.PostOp	1,0 [-2,0; 4,0] 1,04 ± 4,76 (-10,0; 12,0)	-0,02	0,872
SS.preOp - SS.PostOp	-2,0 [-4,0; 2,0] -1,14 ± 4,60 (-1,0; 10,0)	-0,06	0,639
PI-LL.preOP - PI-LL.postOP	12,0 [6,0; 19,0] 13,04 ± 8,95 (-4,0; 33,0)	0,42	<0,001*

трена однородная по локализации кифоза группа пациентов с посттравматическими деформациями на уровне грудопоясничного перехода, а именно Th<sub>12</sub>, L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> позвонков.

Когорта пациентов в соответствии с показателями боли и качества жизни имела клинически значимые посттравматические деформации позвоночника по De Gendt et al. [15], хотя эти показатели и остались за рамками обсуждения. Мы использовали критерий отбора пациентов в группу исследования, установив нижнюю планку величины деформации не менее 30°, поскольку, по данным литературы [12, 15, 16], при таких величинах получены корреляции кифоза и болевого синдрома. Предполагали, что при такой выраженной величине деформации компенсаторные реакции не могут не возникнуть.

По мере существования деформации, несомненно, происходят вторичные компенсаторные изменения осанки, при этом грубому кифозу будет соответствовать выраженная компенсация деформации. Возникло предположение, что после исключения фактора локального кифоза произойдет регресс вызванных им компенсаторных изменений, которые можно будет зарегистрировать при послеоперационном измерении.

Компенсаторные механизмы грудопоясничных кифозов описаны в лите-

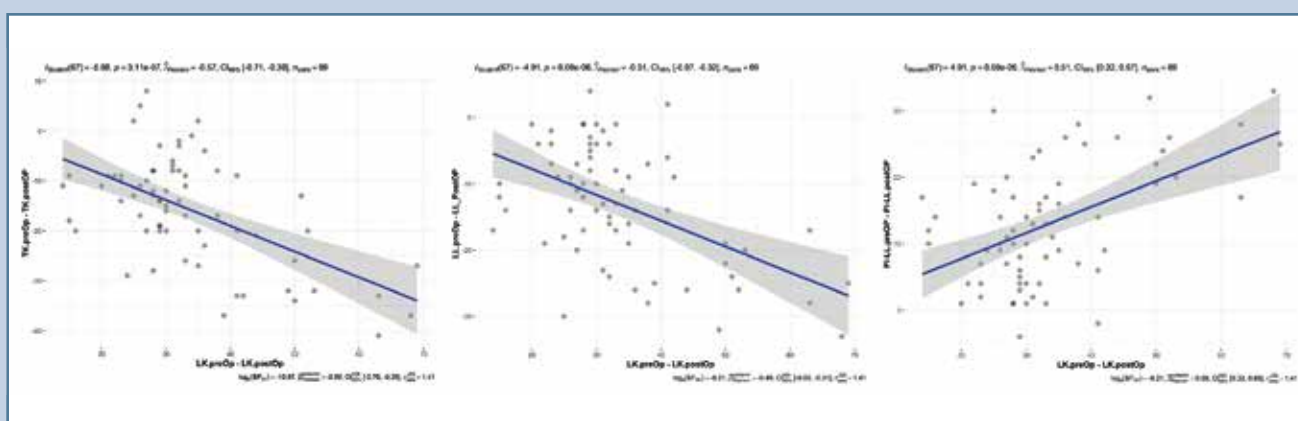


Рис. 3

Диаграммы рассеивания для показателей корреляции  $\Delta LK$  и  $\Delta LL$ ,  $\Delta TK$ ,  $\Delta PI-LL$

Таблица 4

Сравнение предоперационных средних рентгенологических показателей в группах I и II

Показатель	До операции			После операции		
	Группа I (n = 41)	Группа II (n = 28)	U-критерий Манна – Уитни, p-уровень	Группа I (n = 41)	Группа II (n = 28)	U-критерий Манна – Уитни, p-уровень
LK, град.	34,68 ± 9,56	36,75 ± 13,14	0,961	2,76 ± 7,29	0,82 ± 4,82	0,470
TK, град.	16,46 ± 13,07	15,79 ± 14,48	0,995	33,67 ± 10,54	35,45 ± 12,85	0,478
LL, град.	-69,44 ± 10,28	-68,64 ± 13,06	0,883	-55,78 ± 9,34	-56,50 ± 11,84	0,620
LowLL, град.	-46,96 ± 6,76	-46,18 ± 8,52	0,485	-40,85 ± 6,44	-41,04 ± 7,28	0,677
SVA, мм	-0,70 ± 4,05	1,43 ± 4,08	0,005*	-0,61 ± 2,79	1,27 ± 6,46	0,043*
GT, град.	8,38 ± 6,19	19,20 ± 11,06	<0,001*	9,07 ± 6,47	14,79 ± 11,44	0,023*
PI, град.	49,95 ± 8,57	53,39 ± 12,92	0,293	—	—	—
PT, град.	9,42 ± 5,67	18,61 ± 9,68	<0,001*	10,00 ± 6,22	17,23 ± 10,24	<0,001*
SS, град.	41,80 ± 7,14	36,34 ± 6,81	<0,001*	41,26 ± 7,08	37,71 ± 7,41	0,002*
PI-LL, град.	-16,06 ± 15,53	-5,78 ± 21,22	0,013*	-5,28 ± 11,16	1,52 ± 16,6	0,136

ратуре, но они малочисленны и нередко противоречивы. Koller et al. [17] при исследовании исходов нехирургического лечения взрывных переломов не выявили изменений позвоночно-тазового баланса. Matsumoto et al. [18] отметили, что компенсация грудопоясничного кифоза происходит за счет поясничного гиперлордоза, при этом изменений глобального баланса нет. Olivares et al. [19] описали компенсацию грудопоясничного кифоза за счет гипермобильности нижележащих поясничных сегментов [19]. Ряд авторов указывает на участие в компенсации грудопоясничного кифоза изменений положения таза. Так, Lamartina и Berjano [20] считают механизмом компенсации грудопоясничной деформации нижнепоясничный гиперлордоз и ретроверсию таза. А.Е. Шульга с соавт. [21] показали, что для деформаций на уровне L<sub>1</sub> характерными являются уменьшение грудного кифоза и увеличение поясничного лордоза, что вызывает компенсаторную реакцию со стороны сагиттальных параметров таза в виде уменьшения SS и увеличения PT.

Как известно, ретроверсия таза является одним из механизмов компенсации дегенеративной патологии поясничного отдела позвоночника [22–24]. Мы поставили перед собой

вопрос: является ли ретроверсия таза механизмом компенсации локальной грудопоясничной кифотической деформации или это исходный фон, на котором возникли посттравматические изменения позвоночника? Факт отсутствия связи локального грудопоясничного кифоза и ретроверсии таза у пациентов с посттравматической деформацией области грудопоясничного перехода не является очевидным. В группе II у 28 (40,5 %) пациентов отмечены признаки скрытого или явного дисбаланса (по классификации статуса баланса Lamartina). Хирургу представляется заманчивым получить исправление параметров сагиттального и глобального балансов после коррекции выраженного грудопоясничного кифоза. Однако, как показало наше исследование, это не всегда оказывается возможным.

Целью хирургического лечения посттравматических кифозов является коррекция деформации и создание условий для формирования костного/костно-металлического блокирования заинтересованных сегментов позвоночника. В результате этапных хирургических вмешательств, проведенных в одну хирургическую сессию, у пациентов в нашем исследовании достигнута полная коррекция посттравматического кифоза.

При оценке динамики изменений рентгенологических параметров до и после корригирующей операции отмечены статистически значимые изменения парагидбальных отделов: увеличение грудного кифоза, уменьшение поясничного лордоза, в том числе за счет нижнепоясничного лордоза. Значимого изменения положения таза не отмечено. Такие же результаты получены при изучении корреляции величины коррекции локального кифоза (33,63° ± 8,77°) и периоперационных изменений рентгенологических показателей. Статистически значимые корреляции отмечены только в смежных с посттравматической деформацией грудном кифозе и поясничном лордозе. На этом основании можно утверждать, что основным механизмом компенсации грудопоясничного посттравматического кифоза является уменьшение грудного кифоза и увеличение поясничного лордоза, в том числе и за счет нижнепоясничного компонента.

Это утверждение, достаточно очевидное, частично совпадает с выводами других исследователей в области участия поясничного лордоза в компенсаторных механизмах посттравматического кифоза [18, 19]. Однако утверждение, что изменение положения таза и показатели PT и SS так-

же участвуют в компенсации, нами не подтверждены [20, 21].

И все же для исследования возможного участия показателей тазового баланса в компенсации посттравматического кифоза из общей группы были выделены пациенты с признаками скрытого или явного тазового дисбаланса (группа II). Отбор в эту группу проведен по показателю SVA и соответствию измеренного РТ и идеального РТ, индивидуализированного по формуле Vialle. И если предположить участие показателей РТ и SS в компенсаторных механизмах грудно-поясничного кифоза, то можно было бы ожидать их изменения после исключения фактора локального посттравматического кифоза. Однако в послеоперационном периоде в группе II регресса признаков дисбаланса не произошло, что делает возможным утверждение об исходном, предше-

ствующем травме дисбалансе дегенеративного происхождения.

### Заключение

При исследовании посттравматических грудно-поясничных кифозов выявлено, что основным механизмом компенсации являются изменения смежных с кифозом отделов: уменьшение грудного кифоза и увеличение поясничного лордоза, но не изменения показателей глобально-го или пояснично-тазового балансов.

При проведении корригирующей операции путем прямого воздействия на локальный кифоз области грудно-поясничного перехода достоверно отмечен регресс компенсаторных изменений – увеличение показателей грудного кифоза и уменьшение поясничного гиперлордоза, в том числе и нижнепоясничного,

при этом изменений положения таза в общей группе не отмечено.

В подгруппе пациентов с уже имеющимися до операции признаками сагиттального тазового и глобального дисбалансов дегенеративного характера после коррекции посттравматического грудно-поясничного кифоза остаются признаки дисбаланса в виде ретроверсии таза и нарушений глобального баланса.

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

*Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом учреждения.*

*Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.*

### Литература/References

- Vaccaro AR, Silber JS. Post-traumatic spinal deformity. Spine. 2001;26(24 Suppl): S111–S118. DOI: 10.1097/00007632-200112151-00019.
- Buchowski JM, Kuhns CA, Bridwell KH, Lenke LG. Surgical management of posttraumatic thoracolumbar kyphosis. Spine J. 2008;8:666–677. DOI: 10.1016/j.spinee.2007.03.006.
- El-Sharkawi MM, Koptan WMT, El-Milguy YH, Said GZ. Comparison between pedicle subtraction osteotomy and anterior corpectomy and plating for correcting post-traumatic kyphosis: a multicenter study. Eur Spine J. 2011;20:1434–1440. DOI: 10.1007/s00586-011-1720-y.
- Пташников Д.А., Магомедов Ш.Ш., Роминский С.П., Мытыга П.Г. Оценка нового способа заднего спондилодеза при лечении пациентов с посттравматическими кифотическими деформациями грудного и поясничного отделов позвоночника // Хирургия позвоночника. 2021. Т. 18. № 3. С. 30–35. [Ptashnikov DA, Magomedov SS, Rominskiy SP, Mytyga PG. Assessment of new method of posterior spinal fusion in the treatment of patients with posttraumatic kyphotic deformity of the thoracic and lumbar spine. Hir. Pozvonoc. 2021;18(3):30–35]. DOI: 10.14531/ss2021.3.30-35.
- Magerl F, Aebi M, Gertzbein SD, Harms J, Nazarian S. A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries. Eur Spine J. 1994;3:184–201. DOI: 10.1007/BF02221591.
- Bouaicha S, Cunier M, Scheyerer MJ, Wanner GA, Simmen HP, Werner CM. Does sagittal spinopelvic configuration influence vertebral fracture type or localization in trauma patients? A retrospective radiologic analysis. Clin Spine Surg. 2017;30: E265–E269. DOI: 10.1097/BSD.0000000000000035.
- Formica M, Zanirato A, Cavagnaro L, Basso M, Divano S, Lamartina C, Berjano P, Felli L, Formica C. Vertebral body osteonecrosis: proposal of a treatment-oriented classification system. Eur Spine J. 2018;27(Suppl 2):190–197. DOI: 10.1007/s00586-018-5600-6.
- Formica M, Zanirato A, Cavagnaro L, Basso M, Divano S, Formica C, Felli L. What is the current evidence on vertebral body osteonecrosis? A systematic review of the literature. Asian Spine J. 2018;12:586–599. DOI: 10.4184/asj.2018.12.3.586.
- Lamartina C, Berjano P, Petrucci M, Sinigaglia A, Casero G, Cecchinato R, Damilano M, Bassani R. Criteria to restore the sagittal balance in deformity and degenerative spondylolisthesis. Eur Spine J. 2012;21(Suppl 1):S27–S31. DOI: 10.1007/s00586-012-2236-9.
- Garbossa D, Pejrona M, Damilano M, Sansone V, Ducati A, Berjano P. Pelvic parameters and global spine balance for spine degenerative disease: the importance of containing for the well being of content. Eur Spine J. 2014;23 Suppl 6:616–627. DOI: 10.1007/s00586-014-3558-6.
- Vialle R, Levassor N, Rillardon L, Templier A, Skalli W, Guigui P. Radiographic analysis of the sagittal alignment and balance of the spine in asymptomatic subjects. J Bone Joint Surg Am. 2005;87:260–267. DOI: 10.2106/JBJS.D.02043.
- Schoenfeld AJ, Wood KB, Fisher CF, Fehlings M, Oner FC, Bouchard K, Arnold P, Vaccaro AR, Sekhorn L, Harris MB, Bono CM. Posttraumatic kyphosis: current state of diagnosis and treatment: results of a multinational survey of spine trauma surgeons. J Spinal Disord Tech. 2010;23:e1–e8. DOI: 10.1097/BSD.0b013e3181c03517.
- De Gendt EEA, Vercoulen TFG, Joaquim AF, Guo W, Vialle EN, Schroeder GD, Schnake KS, Vaccaro AR, Benneker LM, Muijs SPJ, Oner FC. The current status of spinal posttraumatic deformity: a systematic review. Global Spine J. 2021;11: 1266–1280. DOI: 10.1177/2192568220969153.
- Прудникова О.Г., Хомченков М.В. Посттравматические деформации позвоночника: актуальность, проблемы, ревизионная хирургия // Хирургия позвоночника. 2019. Т. 16. № 4. С. 36–44. [Prudnikova OG, Khomchenkov MV. Post-traumatic deformities of the spine: relevance, problems, and revision surgery. Hir. Pozvonoc. 2019;16(4):36–44]. DOI: 10.14531/ss2019.4.36-44.



15. De Gendt EEA, Schroeder GD, Joaquim A, Tee J, Kanna RM, Kandziora F, Dhakal GR, Vialle EN, El-Sharkawi M, Schnake KJ, Rajasekaran S, Vaccaro AR, Muijs SPJ, Benneker LM, Oner FC. Spinal post-traumatic deformity: an international expert survey among AO Spine Knowledge Forum members. Clin Spine Surg. 2023;36:E94–E100. DOI: 10.1097/BSD.0000000000001376.
16. Gertzbein SD, Harris MB. Wedge osteotomy for the correction of post-traumatic kyphosis. A new technique and a report of three cases. Spine. 1992;17:374–379. DOI: 10.1097/00007632-199203000-00025.
17. Koller H, Acosta F, Hempfing A, Rohrm ller D, Tauber M, Lederer S, Resch H, Zenner J, Klampfer H, Schwaiger R, Bogner R, Hitzl W. Long-term investigation of nonsurgical treatment for thoracolumbar and lumbar burst fractures: an outcome analysis in sight of spinopelvic balance. Eur Spine J. 2008;17:1073–1095. DOI: 10.1007/s00586-008-0700-3.
18. Matsumoto K, Hoshino M, Omori K, Igarashi H, Tsuruta T, Yamasaki K, Matsuzaki H, Iriuchishima T, Tokuhashi Y. Compensatory mechanism of the spine after corrective surgery without lumbar-sacral fixation for traumatic thoracolumbar kyphotic spine deformity. J Orthop Sci. 2018;23:253–257. DOI: 10.1016/j.jos.2017.12.007.
19. Olivares OB, Carrasco MV, Pinto GI, Tonda FN, Riera Martinez JA, Gonzalez AS. Preoperative and postoperative sagittal alignment and compensatory mechanisms in patients with posttraumatic thoracolumbar deformities who undergo corrective surgeries. Int J Spine Surg. 2021;15:585–590. DOI: 10.14444/8079.
20. Lamartina C, Berjano P. Classification of sagittal imbalance based on spinal alignment and compensatory mechanisms. Eur Spine J. 2014;23:1177–1189. DOI: 10.1007/s00586-014-3227-9.
21. Шульга А.Е., Зарецков В.В., Островский В.В., Бажанов С.П., Лихачев С.В., Смолькин А.А. Особенности сагиттального баланса пациентов при посттравматических деформациях грудного и поясничного отделов позвоночника // Гений ортопедии. 2021. Т. 27. № 6. С. 709–716. [Shulga AE, Zaretskov VV, Ostrovskij VV, Bazhanov SP, Likhachev SV, Smolkin AA. Peculiarities of the sagittal balance of patients with post-traumatic deformities of the thoracic and lumbar spine. Genij Ortopedii. 2021;27(6):709–716]. DOI: 10.18019/1028-4427-2021-27-6-709-716.
22. Barrey C, Roussouly P, Le Huec JC, D'Acunzi G, Perrin G. Compensatory mechanisms contributing to keep the sagittal balance of the spine. Eur Spine J. 2013;22 (Suppl 6):S834–S841. DOI: 10.1007/s00586-013-3030-z.
23. Le Huec JC, Thompson W, Mohsinaly Y, Barrey C, Faundez A. Sagittal balance of the spine. Eur Spine J. 2019;28:1889–1905. DOI: 10.1007/s00586-019-06083-1.
24. Yilgor C, Sogunmez N, Boissiere L, Yavuz Y, Obeid I, Kleinstuck F, Perez-Grueso FJS, Acaroglu E, Haddad S, Mannion AF, Pellise F, Alanay A. Global Alignment and Proportion (GAP) score: development and validation of a new method of analyzing spinopelvic alignment to predict mechanical complications after adult spinal deformity surgery. J Bone Joint Surg Am. 2017;99:1661–1672. DOI: 10.2106/JBJS.16.01594.

**Адрес для переписки:**

Борzych Константин Олегович  
630091, Россия, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17,  
Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии  
им. Я.Л. Цивьяна,  
KBorzykh@niito.ru

**Address correspondence to:**

Borzykh Konstantin Olegovich  
Novosibirsk Research Institute of Traumatology  
and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsiyuan,  
17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia,  
KBorzykh@niito.ru

Статья поступила в редакцию 21.02.2023

Рецензирование пройдено 22.05.2023

Подписано в печать 26.05.2023

Received 21.02.2023

Review completed 22.05.2023

Passed for printing 26.05.2023

Константин Олегович Борzych, канд. мед. наук, старший научный сотрудник отделения патологии позвоночника, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, ORCID: 0000-0001-5685-6834, KBorzykh@niito.ru;

Виктор Викторович Рерих, д-р мед. наук, начальник научно-исследовательского отделения патологии позвоночника, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, ORCID: 0000-0001-8545-0024, VRerib@niito.ru.

Konstantin Olegovich Borzykh, MD, PhD, senior researcher of the Spine Surgery Department, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsiyuan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, ORCID: 0000-0001-5685-6834, KBorzykh@niito.ru;

Victor Viktorovich Rerikh, DMSc, Head of the Spine Surgery Department, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsiyuan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, ORCID: 0000-0001-8545-0024, VRerib@niito.ru.