

Гений ортопедии. 2021. Т. 27, № 6. С. 709-716.

Genij Ortopedii. 2021. Vol. 27, no. 6. P. 709-716.

### Научная статья

УДК 616.711.1-007.5-073.75

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2021-27-6-709-716>

## Особенности сагиттального баланса пациентов при посттравматических деформациях грудного и поясничного отделов позвоночника

А.Е. Шульга<sup>✉</sup>, В.В. Зарецков, В.В. Островский, С.П. Бажанов, С.В. Лихачев, А.А. Смолькин

Саратовский государственный медицинский университет имени В.И. Разумовского, Саратов, Россия

**Автор, ответственный за переписку:** Алексей Евгеньевич Шульга, doc.shulga@yandex.ru

### Аннотация

**Цель.** Определить специфичность сагиттальных компенсаторных механизмов у пациентов с посттравматическими деформациями грудного и поясничного отделов позвоночника, а также изучить их корреляцию с болевым синдромом и качеством жизни пострадавших. **Материалы и методы.** При рентгенометрическом анализе ростовых профильных спондилограмм 103 пациентов изучено влияние сегментарной посттравматической деформации (SD) и анатомической формы позвоночника (тип Roussouly) на регионарные (TK, LL), тазовые (SS, PT) и глобальные (SVA) параметры сагиттального баланса. Кроме того, проведен анализ зависимости болевого синдрома (БАШ) и качества жизни пациентов (ODI, SF-36) от вышеперечисленных показателей. **Результаты.** SD грудного отдела позвоночника (Th1-Th10) увеличивали TK, что приводило к гиперэкстензии LL и уменьшению SS. Эти механизмы компенсации отражались в значимых корреляциях SD-TK, TK-LL, TK-SS и LL-SS. В груднопоясничном отделе (Th11-L2) SD на уровне Th11 и Th12 позвонков увеличивали TK (SD-TK  $r = 0,553$ ), а на уровне L1 и L2 служили причиной реактивного гипокифоза (SD-TK  $r = -0,687$ ). Компенсаторное увеличение LL было характерно для повреждений Th11-Th12 (TK-LL  $r = 0,831$ ) и L1 (TK-LL  $r = -0,629$ ) позвонков. Деформации на уровне L2 позвонка приводили к гиполордозу (SD-LL  $r = -0,710$ ), величина которого, в свою очередь, существенно влияла на показатели TK, SS и PT (LL-TK  $r = 0,690$ ; LL-SS  $r = 0,832$ ; SS-PT  $r = 0,597$ ). Результативность сагиттального выравнивания при грудных и груднопоясничных SD подтверждалась нормальными показателями SVA, а также отсутствием их корреляции с TK, LL и SS. В поясничном отделе позвоночника (L3-L5) SD в 75 % случаев приводили к критическому уменьшению LL и сагиттальному дисбалансу, что отражалось в значимых корреляциях SD-LL, SD-PT и SD-SVA. Компенсаторная коррекция регионарных (TK, LL) и тазовых сагиттальных параметров (SS, PT) зависела от анатомических особенностей позвоночника (PI, тип Roussouly) на всех уровнях позвоночного столба. Однако значимое влияние PI на глобальное сагиттальное выравнивание отмечено только при поясничных SD (SVA-PI  $r = -0,617$ ). Корреляция сагиттальных модификаторов с интенсивностью болевого синдрома и качеством жизни была также характерна только для пациентов с SD поясничного отдела позвоночника (PT-БАШ  $r = 0,777$ ; PT-ODI  $r = 0,752$ ; PT-SF36(PH)  $r = 0,651$ ; SVA-БАШ  $r = 0,775$ ; SVA-ODI  $r = 0,762$ ; SVA-SF36(PH)  $r = 0,703$ ). **Заключение.** Сагиттальный баланс при фиксированных грудных и груднопоясничных кифозах удовлетворительно поддерживается изменением кривизны смежных отделов в отличие от поясничных деформаций, при которых в 75 % случаев наступает декомпенсация профильного выравнивания позвоночника.

**Ключевые слова:** травма позвоночника, ригидный кифоз, сагиттальный баланс

**Для цитирования:** Особенности сагиттального баланса пациентов при посттравматических деформациях грудного и поясничного отделов позвоночника / А.Е. Шульга, В.В. Зарецков, В.В. Островский, С.П. Бажанов, С.В. Лихачев, А.А. Смолькин // Гений ортопедии. 2021. Т. 27, № 6. С. 709-716. <https://doi.org/10.18019/1028-4427-2021-27-6-709-716>.

### Original article

## Peculiarities of the sagittal balance of patients with post-traumatic deformities of the thoracic and lumbar spine

A.E. Shulga<sup>✉</sup>, V.V. Zaretskov, V.V. Ostrovskij, S.P. Bazhanov, S.V. Likhachev, A.A. Smolkin

Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky, Saratov, Russian Federation

**Corresponding author:** Alexey E. Shulga, doc.shulga@yandex.ru

### Abstract

**Purpose** To determine the specificity of sagittal compensatory mechanisms in patients with post-traumatic deformities of the thoracic and lumbar spine, and also to study their correlation with pain and the life quality of patients. **Materials and methods** Using X-ray analysis of growth profile spondylograms of 103 patients we studied the effect of segmental post-traumatic deformity (SD) and anatomic shape of the spine (Roussouly type) on regional (TK, LL), pelvic (SS, PT) and global (SVA) parameters of sagittal balance. In addition, the analysis of dependence of pain (VAS) and the life quality of patients (ODI, SF-36) on the above parameters was done. **Results** SD of the thoracic spine (Th1-Th10) increased TK, which led to hyperextension of LL and a decrease in SS. These compensatory mechanisms were reflected in significant correlations SD-TK, TK-LL, TK-SS, and LL-SS. In the thoracolumbar spine (Th11-L2) SD at the level of Th11 and Th12 increased TK (SD-TK  $r = 0.553$ ), and at the level of L1 and L2 they caused reactive hypokyphosis (SD-TK  $r = -0.687$ ). A compensatory increase in LL was typical for injuries of Th11-Th12 (TK-LL  $r = 0.831$ ) and L1 (TK-LL  $r = -0.629$ ). Deformities at the L2 level led to hypolordosis (SD-LL  $r = -0.710$ ), the magnitude of which, in turn, significantly influenced the TK, SS, and PT (LL-TK  $r = 0.690$ ; LL-SS  $r = 0.832$ ; SS-PT  $r = 0.597$ ). The effectiveness of sagittal alignment in thoracic and thoracolumbar SD was confirmed by normal SVA values, as well as their lack of correlation with TK, LL and SS. In the lumbar spine (L3-L5), SD in 75 % of cases led to a critical decrease in LL and sagittal imbalance, which was reflected in significant correlations SD-LL, SD-PT, and SD-SVA. Compensatory correction of regional (TK, LL) and pelvic sagittal parameters (SS, PT) depended on the anatomical features of the spine (PI, Roussouly type) at all levels of the spinal column. However, a significant effect of PI on global sagittal alignment was noted only in lumbar SD (SVA-PI  $r = -0.617$ ). Correlation of sagittal modifiers with pain intensity and quality of life was also typical only for patients with SD of the lumbar spine (PT-VAS  $r = 0.777$ ; PT-ODI  $r = 0.752$ ; PT-SF36 (PH)  $r = 0.651$ ; SVA-VAS  $r = 0.775$ ; SVA-ODI  $r = 0.762$ ; SVA-SF36 (PH)  $r = 0.703$ ). **Conclusion** Sagittal balance in fixed thoracic and thoracolumbar kyphosis is satisfactorily supported by changes in the curvature of adjacent parts of the spine, in contrast to lumbar deformities, in which in 75 % of cases, decompensation of the spine profile alignment occurs.

**Keywords:** spinal injury, rigid kyphosis, sagittal balance

**For citation:** Shulga A.E., Zaretskov V.V., Ostrovskij V.V., Bazhanov S.P., Likhachev S.V., Smolkin A.A. Peculiarities of the sagittal balance of patients with post-traumatic deformities of the thoracic and lumbar spine. *Genij Ortopedii*, 2021, vol. 27, no 6, pp. 709-716. <https://doi.org/10.18019/1028-4427-2021-27-6-709-716>.

## ВВЕДЕНИЕ

Изменение геометрии позвоночного столба при фиксированных посттравматических деформациях грудной и поясничной локализации зачастую приводит к прогрессирующей функциональной несостоятельности позвоночника, снижению устойчивости к статическим нагрузкам и нарушению параметров сагиттального баланса [1, 2, 3].

Нормальная профильная конфигурация позвоночного столба обеспечивает сбалансированные взаимоотношения между тазом и позвоночником, поддерживая тем самым физиологичное положение конечностей и горизонтальный взгляд пациента [4, 5, 6]. В этих условиях для стабилизации осанки и равновесия используются наименьшие мышечные усилия [7, 8, 9]. Повреждение позвонков и формирующаяся в результате осевых нагрузок кифотическая деформация запускают патологический каскад компенсаторных механизмов, направленных на поддержание «комфортного» прямохождения [4, 10, 11]. Энергоемкий процесс компенсации дисбаланса ассоциируется с чрезмерным напряжением скелетной мускулатуры и болевым син-

дромом [12, 13, 14]. Как показали последние исследования, глобальный дисбаланс позвоночника тесно коррелирует с инвалидностью и качеством жизни, а также может быть предиктором исхода практически любой патологии позвоночника у взрослых [15, 16]. Несмотря на актуальность проблемы, публикации, посвященные нарушениям сагиттального баланса при посттравматических деформациях позвоночника, единичны и в полной мере не раскрывают сущность патологического состояния [17, 18]. Вышесказанное диктует необходимость более детального изучения закономерностей развития компенсаторных механизмов в зависимости от уровня повреждения и формы позвоночного столба.

**Цель исследования.** На основании систематизации рентгенометрических параметров пациентов с посттравматическими деформациями грудного и поясничного отделов позвоночника определить специфичность сагиттальных компенсаторных механизмов для разных уровней позвоночного столба, а также проанализировать их корреляцию с болевым синдромом и качеством жизни пострадавших.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проанализированы результаты обследования 103 пациентов в возрасте от 19 до 66 лет (38 (28–50); здесь и далее по тексту – квартили) с ригидными посттравматическими деформациями грудного и поясничного отделов позвоночника, которые были прооперированы в период с 2016 по 2019 год. Лица мужского пола наблюдались чаще (57 пациентов – 55,3 %), чем женщины (46 пациенток – 44,7 %). По локализации деформации больные распределились следующим образом: грудной отдел (Th1–Th10) – 20 пациентов (19,4 %), грудопоясничный (Th11–L2) – 59 (57,3 %) и поясничный отдел (L3–L5) – 24 больных (23,3 %). Срок с момента получения травмы у пострадавших составил в среднем 168 (86–671) суток. Критерием включения в исследование служили сегментарные посттравматические деформации грудного и поясничного отделов позвоночника. Из исследования исключены больные с позвоночно-спинномозговой травмой, не способные выполнять повседневные нагрузки в ортостатическом положении, а также пациенты с фоновой грубой дегенеративной патологией позвоночника. Кроме того, критерием исключения служили нейрогенные болевые синдромы, связанные с воздействием на структуры спинного мозга и его корешки.

Всем пациентам при поступлении проводился клинический осмотр с анкетированием. Для интерпрета-

ции интенсивности болевого синдрома использовалась визуально-аналоговая шкала (ВАШ). Качество жизни больных до и после оперативного вмешательства оценивалось при помощи опросника Освестри (ODI) и SF-36. Для изучения характеристик сагиттального профиля пациентам выполняли спондилограммы с захватом костей черепа, таза и верхней трети бедренных костей в положении стоя. Анализ полученных изображений проводился при помощи программного обеспечения Surgimap 2.3.1.2. Данное обследование позволило измерить угол сегментарной деформации, также оценить ряд стандартных параметров сагиттального баланса: TK (Thoracic kyphosis), LL (Lumbar lordosis), PT (Pelvic tilt), SS (Sacral Slope), PI (Pelvic incidence), SVA (Sagittal vertical axis), PI–LL разница.

Статистический анализ полученных данных проведен с помощью программы IBM SPSS Statistics 23. Оценка «нормальности» распределения проводилась с использованием критерия Колмогорова-Смирнова, для всех параметров выявлено ненормальное распределение. Поэтому для представления итоговых количественных данных использовали медиану и квартили. Корреляционный анализ выполнен непараметрическим методом Спирмана. Достоверным считали результаты при  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Изучение профильных спондилограмм у пациентов с посттравматическими деформациями позволило оценить ряд сагиттальных параметров, изменение которых оказалось специфично для различных отделов позвоночного столба (табл. 1).

В частности, сегментарные кифотические деформации (SD) в грудном отделе позвоночника (Th1–Th10) пропорционально увеличивали грудной кифоз до 50,5° (47,3–55,5°). Прямая зависимость этих параме-

тров прослеживалась в корреляции SD–TK ( $r = 0,703$ ,  $p = 0,001$ ). В свою очередь, увеличение TK приводило к компенсаторному разгибанию позвоночного столба в поясничном отделе – TK–LL ( $r = 0,843$ ,  $p < 0,001$ ), а также ретроверсии таза – TK–SS ( $r = -0,572$ ,  $p = 0,008$ ), TK–PT ( $r = 0,595$ ,  $p = 0,008$ ). Об эффективности вышеперечисленных компенсаторных механизмов можно судить по нормальным показателям глобальных сагиттальных модификаторов (PI–LL, PT, SVA) (табл. 1; рис. 1).

Таблица 1

Рентгенометрические показатели сагиттального баланса пациентов с посттравматическими деформациями грудного и поясничного отделов позвоночника

Отдел	Грудной			Грудопоясничный			Поясничный		
Квартили	25	50	75	25	50	75	25	50	75
SD*, °	25,8	34,5	39,5	25,0	28,0	37,0	-0,8	6,0	10,8
TK, °	47,3	50,5	55,5	16,0	25,0	46,0	17,3	22,5	26,0
LL, °	-44,5	-53,0	-58,0	-48,0	-59,5	-67,0	-4,0	-17,5	-27,8
SS, °	33,0	39,0	41,8	31,0	37,0	40,0	26,3	33,0	37,8
PT, °	12,0	14,0	15,0	11,0	12,0	16,0	18,3	20,0	21,8
PI, °	46,3	51,0	54,8	47,0	50,0	54,0	46,0	51,0	54,0
PI – LL, °	-8,0	-4,0	-1,25	-5,0	-3,0	1,0	23,5	28,0	31,0
SVA, мм	1,00	11,5	20,3	-8,0	5,0	18,0	24,3	39,5	65,5
БАШ (баллы)	4,0	5,0	6,0	4,5	5,0	7,0	5,3	7,0	8,0
ODI, %	33,0	39,5	54,5	32,5	38,0	59,0	45,5	61,0	68,0
SF36 (PH)	26,8	36,3	47,5	23,2	34,4	44,5	14,4	20,5	32,3
SF36 (MH)	28,0	38,6	48,2	22,6	37,2	46,4	12,2	22,2	35,5

\* – угол сегментарной деформации.

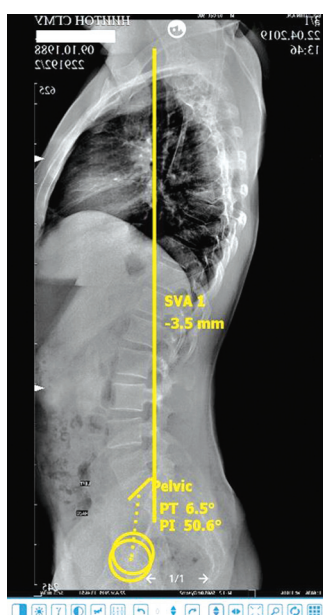


Рис. 1. Спидиограмма пациента П. с последствиями повреждения Th7 позвонка

У пациентов с SD грудного отдела позвоночника отмечены значимые корреляции LL-PI ( $r = 0,577$ ,  $p = 0,009$ ) и SS-PI ( $r = 0,722$ ,  $p < 0,001$ ), которые, на наш взгляд, говорят о влиянии конституциональной формы позвоночного столба на его способность к позиционной коррекции регионарных и тазовых параметров. С другой стороны, нормальные показатели SVA – 11,5 мм (1,00–20,3) и отсутствие их корреляции с PI характеризуют достаточность регионарных компенсаторных механизмов при всех анатомических формах позвоночника (тип Roussouly) [19, 20]. Также следует отметить зависимость значений LL от возраста пациентов ( $r = -0,498$ ,  $p = 0,027$ ), которая, по всей видимости, обусловлена возрастной ригидностью позвоночника и снижением его способности к позиционной гиперэкстензии поясничного отдела. Однако допустимые параметры SVA и отсутствие их корреляции с возрастом пациентов говорят о том, что при посттравматических SD грудного отдела возрастные дегенеративные изменения позвоночника не оказывают существенного влияния на механизмы регионарной компенсации. Болевой синдром при ригидных грудных кифозах локализовался непосредственно в зоне

деформации позвоночника и характеризовался умеренной интенсивностью – БАШ 5,0 (4,0–6,0) баллов. Проведенный анализ выявил прямую зависимость интенсивности боли от степени локального БАШ-SD ( $r = 0,589$ ,  $p = 0,006$ ) и грудного БАШ-TK ( $r = 0,735$ ,  $p < 0,001$ ) кифоза. Также отмечено влияние степени сегментарной кифотической деформации на показатели качества жизни: ODI-SD ( $r = 0,639$ ,  $p = 0,002$ ) и SF36(PH)-SD ( $r = -0,815$ ,  $p < 0,001$ ), что проявлялось умеренным снижением функциональной активности пациентов (табл. 1). Отсутствие значимых корреляций между клиническими критериями (БАШ, ODI, SF36) и глобальными сагиттальными параметрами (SVA) косвенно характеризует компенсированное, субклиническое состояние глобального баланса у больных с ригидными посттравматическими кифозами грудного отдела позвоночника.

Сагиттальное выравнивание при грудопоясничных посттравматических (Th11–L2) деформациях происходило за счет позиционной коррекции обоих смежных отделов позвоночного столба, причем характер этих изменений в некоторой степени определялся уровнем травмы (рис. 2).

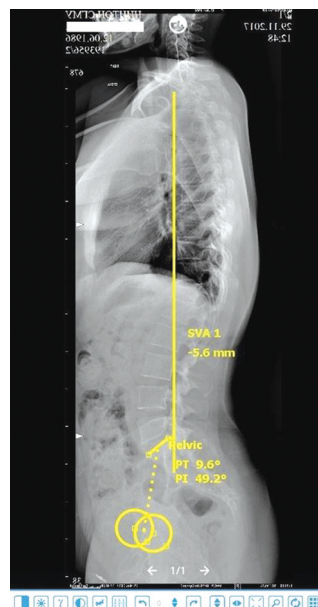


Рис. 2. Спидиограмма больной М. с фиксированной деформацией грудопоясничного отдела позвоночника



В частности, повреждение Th11 и Th12 позвонков приводило к развитию локального фиксированного кифоза нижнегрудного отдела позвоночника, который вследствие компенсаторного разгибания верхних сегментов не сопровождался значимым увеличением грудного кифоза – ТК 42,5 (39,3–46,5). Также стандартным ответом позвоночного столба на SD (Th11–Th12) было позиционное увеличение поясничного лордоза – LL -57,0° (-48,0° – -61,0°). Данные закономерности прослеживались в корреляциях SD-ТК ( $r = 0,553$ ,  $p = 0,014$ ) и SD-LL ( $r = 0,861$ ,  $p < 0,001$ ). Включение в компенсаторный процесс ретроверсии таза отражалось в зависимости регионарных и тазовых параметров: ТК-SS ( $r = -0,550$ ,  $p = 0,01$ ) и LL-SS ( $r = -0,520$ ,  $p = 0,02$ ). Вышеперечисленные механизмы сагиттального выравнивания позволяли удовлетворительно поддерживать глобальный баланс при SD на уровне Th12–L1, о чем говорят нормальные показатели SVA.

Для деформаций на уровне L1 позвонка характерным компенсаторным ответом позвоночного столба было симметричное уменьшение грудного кифоза 20,0° (12,3–25,0°) и увеличение поясничного лордоза в среднем до -54,0° (-50,3° – -56,0°). При этом степень реактивной гиперэкстензии нижних поясничных сегментов не зависела от выраженности локальной кифотической деформации, о чем свидетельствовало отсутствие корреляции между SD и LL. В то же время параметры грудного кифоза были тесно взаимосвязаны с величиной сегментарного кифоза SD-ТК ( $r = -0,687$ ,  $p < 0,001$ ) и поясничного лордоза LL-ТК ( $r = -0,629$ ,  $p < 0,001$ ). Изменение поясничного лордоза, в свою очередь, вызывало компенсаторную реакцию со стороны сагиттальных параметров таза в виде уменьшения SS: LL-SS ( $r = -0,732$ ,  $p < 0,001$ ) и увеличения PT: LL-PT ( $r = 0,706$ ,  $p < 0,001$ ). В данном контексте нормальные показатели PT и SVA, а также отсутствие статистической зависимости между регионарными (SD, ТК, LL) и глобальными (SVA) параметрами говорят об эффективности сагиттального выравнивания пациентов с SD на уровне L1 позвонка.

При застарелой травме L2 позвонка сегментарная деформация служила причиной гиполордоза – средний показатель -28,0° (-24,5° – -33,0°), значения которого, как показало исследование, не были критичными для глобального баланса, однако приводили к существенному позиционному грудному гипокифозу 12,0° (4,0–19,0°). Описанный выше механизм сагиттальной адаптации позвоночного столба к деформации на уровне L2 позвонка прослеживался в корреляциях SD-LL ( $r = -0,710$ ,  $p = 0,032$ ) и LL-ТК ( $r = 0,690$ ,  $p < 0,001$ ). Тесная зависимость величины поясничного лордоза и тазовых параметров между собой LL-SS ( $r = 0,832$ ,  $p < 0,001$ ), LL-PT ( $r = 0,657$ ,  $p = 0,005$ ) характеризовала активное участие ретроверсии таза в процессе компенсации дисбаланса. При повреждениях L2 позвонка наблюдалась большая депрессия поясничного лордоза, поэтому изменения сагиттальных модификаторов были более существенными. Однако пограничные величины данных параметров – PT 18,0° (15,5–20,0°), SVA 24,0 мм (23,0–40,0) еще раз подтверждают эффективность и преобладающую роль регионарного позиционного выравнивания при грудопоясничных кифозах.

У пациентов с SD грудопоясничного отдела выявлена зависимость степени позиционной коррекции регионар-

ных и тазовых параметров от конституциональной формы позвоночного столба. Данные типоспецифические особенности (тип Roussouly) отражались в корреляциях ТК-PI ( $r = 0,577$ ,  $p = 0,009$ ), LL-PI ( $r = 0,577$ ,  $p = 0,009$ ), SS-PI ( $r = 0,722$ ,  $p < 0,001$ ) и характеризовали различную способность каждого из анатомических вариантов позвоночника к компенсаторному изменению своей геометрии. Одновременно с этим удовлетворительное состояние глобального баланса у пациентов с грудопоясничными SD (PT 12,0° (11,0–16,0°), SVA 5,0 мм (-8,0–18,0)) позволяет говорить о достаточности компенсаторных резервов при всех конституциональных типах позвоночного столба. Также при грудопоясничных SD обращает на себя внимание зависимость регионарных параметров ТК ( $r = 0,556$ ,  $p = 0,002$ ) и LL ( $r = -0,698$ ,  $p < 0,001$ ) от возраста пациентов. Данная специфика обусловлена снижением пластичности позвоночника и его способности к позиционной самокоррекции у пациентов старшей возрастной группы. Однако, как показало исследование, эти факторы не оказывали критичного влияния на стандартные механизмы компенсации грудопоясничных SD, о чем говорят нормальные показатели глобального сагиттального баланса (табл. 1).

Основной болевой синдром при грудопоясничных SD локализовался на вершине кифоза, его интенсивность была умеренной – ВАШ 5,0 (4,5–7,0) баллов - и тесно коррелировала со степенью локальной деформации ВАШ-SD ( $r = 0,839$ ,  $p < 0,001$ ). В то же время пациенты зачастую (71,2 %; 42/59) отмечали генерализацию боли на прилежащие к сегментарному кифозу отделы позвоночника (ТК и LL), при этом дифференцированно оценить интенсивность основного и смежных мышечно-тонических болевых синдромов было затруднительно. В этой связи учитывались параметры общей ВАШ (боль в спине), которые наряду с SD также коррелировали с показателями ТК ( $r = -0,730$ ,  $p < 0,001$ ) и LL ( $r = 0,488$ ,  $p = 0,029$ ). Данное обстоятельство, в свою очередь, подчеркивает значимую роль регионарных механизмов сагиттального выравнивания (изменение кривизны ТК и LL) в патогенезе болевого синдрома при грудопоясничных SD. Также у пациентов с сегментарными грудопоясничными деформациями отмечено умеренное снижение объема повседневной физической активности – ODI 38,0 (32,5–59,0), SF36(PH) 34,4 (23,2–44,5), на которую, по всей видимости, влияла степень изменения регионарных параметров и связанная с этим интенсивность болевого синдрома. На данный факт, в свою очередь, указывала статистическая зависимость количественных показателей качества жизни и ряда сагиттальных регионарных параметров: ODI-SD ( $r = 0,645$ ,  $p = 0,008$ ), SF36(PH)-SD ( $r = -0,713$ ,  $p = 0,002$ ), а также ODI-ТК ( $r = 0,675$ ,  $p = 0,008$ ), ODI-LL ( $r = 0,535$ ,  $p = 0,018$ ) и SF36(PH)-LL ( $r = -0,511$ ,  $p = 0,022$ ). Учитывая отсутствие значимых корреляций между клиническими критериями (ВАШ, ODI, SF36) и глобальными сагиттальными параметрами (SVA) можно говорить об эффективности регионарных механизмов вертикального выравнивания и субклиническом состоянии глобального баланса у больных с ригидными грудопоясничными SD.

Посттравматические деформации поясничного отдела (L3–L5) нередко служили причиной значимых изменений сагиттального профиля позвоночника (рис. 3).

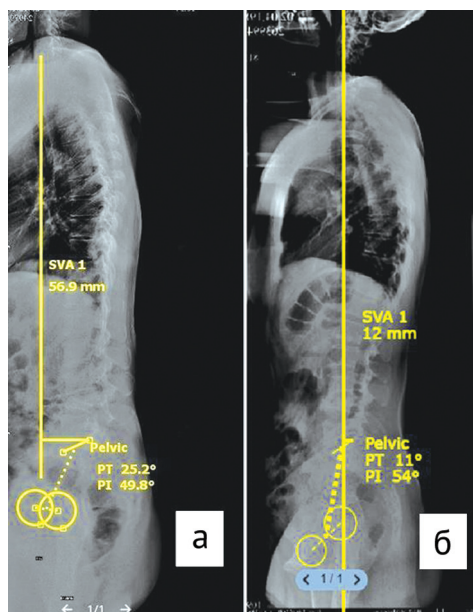


Рис. 3. Спондилограммы пациентов С., 60 лет (а), и У., 27 лет (б), с ригидными посттравматическими деформациями на уровне L4 позвонка

Данная закономерность в первую очередь касалась показателей поясничного лордоза, параметры которого существенно зависели от степени сегментарной деформации: SD-LL ( $r = -0,788$ ,  $p < 0,001$ ). Уменьшение LL до  $-17,5^\circ$  ( $-4,0^\circ$  –  $-27,8^\circ$ ) исключало его из процессов вертикального выравнивания и запускало каскад компенсаторных механизмов. В частности, стереотипными ответами позвоночного столба на поясничный гиполордоз была гиперэкстензия грудного отдела: LL-TK ( $r = 0,786$ ,  $p < 0,001$ ), а также ретроверсия таза: LL-SS ( $r = 0,905$ ,  $p < 0,001$ ), LL-PT ( $r = -0,547$ ,  $p = 0,006$ ). Неэффективность этих стандартных механизмов в 9-ти случаях (37,5 %, 9/24) привела к умеренному дисбалансу (SVA 25–50 мм), а у 9-ти больных (37,5 %, 9/24) стала причиной существенных нарушений сагиттального баланса (SVA более 50 мм). Значимое негативное влияние параметров поясничных SD и LL на процессы глобального вертикального выравнивания отражалось в корреляциях SD-SVA ( $r = -0,569$ ,  $p = 0,004$ ) и LL-SVA ( $r = -0,569$ ,  $p = 0,004$ ).

Следует отметить, что показатели PI при поясничных SD значимо коррелировали не только с регионарными и тазовыми параметрами: LL-PI ( $r = 0,783$ ,  $p < 0,001$ ), SS-PI ( $r = 0,827$ ,  $p < 0,001$ ), но также были тесно взаимосвязаны с глобальными сагиттальными модификаторами: PI-PT ( $r = -0,417$ ,  $p = 0,043$ ) и PI-SVA ( $r = -0,617$ ,  $p = 0,003$ ). Полученные результаты характеризуют влияние конституциональной формы позвоночного столба на его способность стабилизировать глобальный сагиттальный баланс. Другими словами, эффективность сагиттальной компенсации у пациентов с поясничными

ми SD зависит от анатомического типа позвоночника (Roussouly). В этой связи необходимо уточнить, что немногочисленная группа вертикально сбалансированных больных (25,0 %, 6/24) была представлена исключительно пациентами с III и IV конституциональными типами позвоночного столба (рис. 3, б). Также следует отметить, что все больные из вышеуказанной группы были не старше 45 лет, что, на наш взгляд, может говорить о более высоком компенсаторном потенциале у лиц молодого возраста. Неблагоприятное влияние возрастной гипомобильности позвоночника на его сагиттальное выравнивание при поясничных SD отражалось в значимой корреляции возраст-SVA ( $r = 0,677$ ,  $p = 0,004$ ) и характеризовало недостаточность регионарных компенсаторных механизмов у пожилых людей (рис. 3, а).

Пациентов с поясничными SD, вне зависимости от состояния сагиттального баланса, беспокоила генерализованная боль в поясничном и грудном отделах позвоночника, при этом прослеживалась отчетливая корреляция ее интенсивности с показателями SD ( $r = 0,520$ ,  $p = 0,003$ ), LL ( $r = -0,803$ ,  $p < 0,001$ ) и ТК ( $r = -0,776$ ,  $p < 0,001$ ). Полученные данные говорят о полиэтиологичности клинической симптоматики, в формировании которой принимает непосредственное участие как болевой синдром с вершины поясничной SD, так и мышечно-тоническая боль, связанная с компенсаторным изменением геометрии смежных отделов позвоночника. Интенсивность болевого синдрома в спине при поясничных SD достигала 7,0 (5,3–8,0) баллов, что значимо превышало аналогичные показатели при грудных ( $p < 0,001$ ) и грудопоясничных кифозах ( $p = 0,002$ ). Данный факт является следствием чрезмерного мышечного гипертонуса, который у этой группы больных необходим для максимального разгибания позвоночного столба. Также необходимо отметить, что у всех сагиттально декомпенсированных пациентов с поясничными SD (75,0 %, 18/24) имел место болевой синдром в нижних конечностях. Выраженность усталостной мышечной боли в ногах (ВАШ ноги 6,0 (5,0–7,6) баллов) зависела от степени профильного дисбаланса: SVA-ВАШ ноги ( $r = 0,775$ ,  $p < 0,001$ ).

Показатели качества жизни у больных с поясничными SD были значимо ниже, чем у пациентов с деформациями грудной (ODI  $p < 0,001$ ; SF36  $p < 0,001$ ) и грудопоясничной (ODI  $p = 0,009$ ; SF36  $p = 0,01$ ) локализации. При этом следует отметить, что в самой группе больных с поясничными SD количественные показатели функциональной активности существенно отличались у пациентов с компенсированным и декомпенсированным сагиттальным выравниванием (ODI  $p < 0,001$ ; SF36  $p < 0,001$ ). В этой связи значимые корреляции SVA-ODI ( $r = 0,762$ ,  $p < 0,001$ ) и SVA-SF36(PH) ( $r = 0,703$ ,  $p < 0,001$ ) характеризуют прямую зависимость качества жизни больных с поясничными SD от степени сагиттального дисбаланса.

#### ОБСУЖДЕНИЕ

Ригидные кифотические деформации на уровне грудного отдела позвоночника запускали регионарные компенсаторные механизмы, которые поддерживали показатели глобальных сагиттальных модификаторов (PT и SVA) в пределах допустимых значений. Стереотипной приспособительной реакцией позвоночного столба на

посттравматический грудной гиперкифоз была ретроверсия таза (уменьшение SS, увеличение PT) и увеличение поясничного лордоза. У молодых пациентов также отмечено умеренное разгибание грудного отдела позвоночника в сегментах смежных с кифозом. Медианы параметров, характеризующих сагиттальную ориентацию

таза (SS, PT) и вертикальное выравнивание позвоночника (SVA), находились в рамках нормальных значений, что говорит о высоком адаптационном потенциале у больных с грудными SD. Возрастная дегенерация и гипомобильность в определенной степени ограничивали способность позвоночного столба к позиционной коррекции (переразгибание LL, ретроверсия таза), о чем говорит обратная корреляция показателей возраста и LL. Несмотря на это значимой взаимосвязи величин глобальных сагиттальных модификаторов (PT, SVA) с возрастом пострадавших не выявлено, что характеризует результативность вертикального выравнивания вне зависимости от возраста пациентов. Проведенный анализ также выявил корреляции показателей тазового индекса и регионарных сагиттальных параметров, что, в свою очередь, подчеркивает типоспецифичность (тип Roussouly) компенсаторного ответа и влияние анатомической формы позвоночника на потенциал его геометрической стабильности. В частности, близкие к критичным реактивные изменения регионарных и тазовых параметров (TK, LL, SS) регистрировались, главным образом, у больных с I и II конституциональными типами позвоночника. В этой связи можно сказать, что пациенты с большей выраженностью физиологических искривлений (III и IV тип) обладают более существенным резервом регионарной компенсации. Несмотря на данный факт, у пациентов с грудными SD следует отметить достаточность механизмов регионарного сагиттального выравнивания вне зависимости от анатомического типа позвоночного столба, о чем можно судить по нормальным показателям SVA и отсутствию их корреляции с PI.

Локализация ведущего болевого синдрома у больных с ригидными грудными SD соответствовала вершине деформации, причем интенсивность его четко ассоциировалась со степенью кифоза. Также следует отметить наличие сателлитной мышечно-тонической боли в грудном отделе позвоночника, которая носила умеренный характер, и, согласно полученным данным, непосредственно коррелировала с выраженностью сегментарных (TK) компенсаторных изменений позвоночного столба. Таким образом, можно сказать, что гипертонус скелетной мускулатуры, «противостоящей» стремлению центра тяжести кпереди, наряду с локальным болевым синдромом участвуют в формировании клинической симптоматики (ВАШ – боль в спине) у пациентов с ригидными грудными кифозами [21, 22]. Снижение качества жизни в этой группе больных было обусловлено исключительно регионарным болевым синдромом и характеризовалось умеренными цифрами, что свидетельствует об эффективности механизмов сагиттального выравнивания позвоночника.

Позвонки груднопоясничного отдела находятся на границе двух противоположенных физиологических искривлений, которые за счет изменения кривизны удовлетворительно компенсировали кифотические деформации позвоночного столба. Полученные данные свидетельствуют об исключительной роли регионарных компенсаторных механизмов в поддержании сагиттального баланса у пациентов с ригидными груднопоясничными деформациями. Фиксированный локальный кифоз на уровне Th11 и Th12 позвонков компенсировался разгибанием верхних сегментов грудного отдела позвоночника и увеличением поясничного лордоза. У больных с

выраженной кифотической деформацией, у пациентов с I и II типом поясничного лордоза (Roussouly) и у пострадавших пожилого возраста данный механизм дополнялся ретроверсией таза. Умеренные корреляции TK, LL и SS подчеркивают зависимость компенсаторного поворота таза от вышеперечисленных обстоятельств. При травме L1 позвонка наблюдалась аналогичная приспособительная реакция позвоночного столба, однако наряду с ней прослеживалась отчетливая обратная корреляция LL-SS и SS-PT. По-видимому, локализация вершины деформации на уровне L1 позвонка способствует смещению точки приложения силы позиционного выравнивания на поясничные сегменты и их существенной гиперэкстензии, что, в свою очередь, увеличивает «крутящий момент» и ретроверсию таза. Деформации на уровне L2 позвонка, в отличие от вышележащих уровней переходного груднопоясничного отдела, приводили к депрессии верхней части поясничного лордоза, в связи с этим компенсаторное разгибание ограничивалось нижележащими сегментами. Соответственно, компенсация вертикального выравнивания происходила за счет максимальной гиперэкстензии грудного отдела и ретроверсии таза, поэтому изменения сагиттальных параметров позвоночника (TK, SS, PT, SVA) были более значимыми. Однако, учитывая тот факт, что медианы этих показателей не выходили за рамки допустимых значений, можно говорить об отсутствии критического влияния на глобальный баланс и состоянии субкомпенсации. При груднопоясничных кифозах также отмечена зависимость позиционной коррекции сагиттальных параметров от анатомической формы позвоночного столба (тип Roussouly). Данная особенность обусловлена разницей величин физиологических искривлений и, соответственно, исходно большими компенсаторными резервами у пациентов с III и IV типами. У больных с гипокифотически-гиполордотической формой позвоночника (I и II тип) для поддержания вертикального выравнивания требуется максимальная позиционная коррекция сагиттальных параметров, степень которых нередко приближается к критическим значениям. Однако компенсированный сагиттальный баланс, а также отсутствие корреляционной зависимости сагиттальных модификаторов (PT и SVA) и тазового индекса (PI) говорят об эффективности позиционного выравнивания у больных с ригидными груднопоясничными кифозами вне зависимости от конституциональной формы позвоночного столба. Корреляция возраста пациентов с рядом профильных параметров (TK, LL) характеризует влияние дегенеративных изменений позвоночника на его способность к вертикальной самокоррекции. При этом, учитывая отсутствие положительных корреляций возраста с PT и SVA, данное воздействие можно охарактеризовать как незначимое.

Болевой синдром у пострадавших с груднопоясничными SD, так же как при ригидных грудных кифозах, складывался из локальной симптоматики с вершины деформации и сопутствующей регионарной мышечно-тонической боли в смежных отделах позвоночного столба. В качестве клинко-рентгенологической специфичности у этой группы пациентов следует отметить четкую корреляцию интенсивности боли со степенью изменения LL. По всей видимости, для эффективной сагиттальной компенсации груднопоясничных SD необходимо большее, чем при грудных кифозах, разгибание позвоночника в поясничном отделе, а, следовательно, более существенное



напряжение его мускулатуры. Несмотря на большую распространенность мышечно-тонического болевого синдрома в спине, интенсивность его была умеренной и не приводила к значимому снижению качества жизни. Данный факт, наряду с нормальными показателями сагиттальных модификаторов (PT, SVA), позволяет говорить об эффективности регионарных компенсаторных механизмов и субклиническом состоянии глобального баланса у пациентов с грудопоясничными SD.

Деформации поясничного отдела позвоночника приводили к существенной потере лордоза. На наш взгляд, именно поясничное искривление, ввиду своей гипермобильности, играет ключевую роль в поддержании сагиттального баланса. Как показало исследование, исключение из процессов вертикального выравнивания поясничного лордоза запускало альтернативные механизмы компенсации, которые в 75 % случаев были неэффективны. В частности, гиперэкстензия грудного отдела и ретроверсия таза в определенной степени противостояли смещению центра тяжести кпереди, однако возможности этих реактивных изменений ограничивались анатомическими особенностями позвоночного столба и возрастом пострадавших. Следует отметить, что компенсированные глобальные сагиттальные параметры отмечены исключительно у молодых пациентов с гармоничным (III тип) либо гиперлордотичным (IV тип) профилем. Таким образом, при кифотизации поясничного отдела происходит компенсаторное перераспределение в смежных сегментах позвоночника (грудной отдел, таз), при этом исходных возможностей поддер-

жания сагиттального баланса больше у пострадавших с высокими значениями тазового индекса. Возраст пациентов (старше 45 лет) подразумевает снижение мобильности позвоночного столба и мышечного тонуса, поэтому ослабленная мускулатура пожилых людей либо не может изменить кривизну дегенеративно измененного позвоночника, либо не выносит длительной постральной нагрузки [23, 24].

Сверхпороговое увеличение PT и SVA расценивалось как сагиттальный дисбаланс, а тесные корреляции данных параметров с показателями ВАШ, ODI и SF-36 подчеркивали зависимость функциональной состоятельности позвоночника от степени декомпенсации вертикального выравнивания. Подводя итог, можно сказать, что компенсаторные процессы при поясничных SD сопровождалась мышечно-тонической болью, связанной с гиперэкстензией грудного и поясничного отделов. В случае эффективного сагиттального выравнивания болевой синдром ограничивался спиной, а его локализация совпадала с таковой при грудопоясничных SD, однако интенсивность симптоматики была выше по причине более выраженного мышечного гипертонуса. При сагиттальной декомпенсации поясничных SD позиционная боль в спине сочеталась с усталостным мышечным болевым синдромом в нижних конечностях, параметры которого, как показало исследование, напрямую зависели от степени дисбаланса. Данная совокупность клинических проявлений служила причиной чрезмерной астенизации пациентов и значимого снижения качества их жизни.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Глобальный сагиттальный баланс у пациентов с грудными и грудопоясничными SD удовлетворительно поддерживается за счет компенсаторной коррекции физиологических искривлений позвоночника и положения таза. Конституциональный тип и возраст больных не демонстрируют значимого влияния на эти процессы. Клиническая картина у данной категории пострадавших представлена умеренным болевым синдромом в спине, связанным с позиционным изменением геометрии позвоночного столба. Таким образом, стертая регионарная симптоматика, наряду с субклиническим состоянием глобального баланса, не оказывает существенного воздействия на качество жизни пациентов с грудными и грудопоясничными SD.

При поясничных SD вышеперечисленные регионарные механизмы компенсации были неэффективны в 75 % случаев. Данная статистика подчеркивает ключевую роль поясничного лордоза в поддержании сагиттального баланса. Также значимое влияние на глобальную геометрическую стабильность позвоночника оказывают конституциональный тип и возраст пациентов с поясничными деформациями. Болевая симптоматика у пострадавших с компенсированным профилем, аналогично грудным и грудопоясничным SD, носит регионарный характер, однако отличается большей интенсивностью. При сагиттальной декомпенсации имеет место комбинированный мышечно-тонический болевой синдром туловища и конечностей, выраженность которого четко зависит от степени нарушения баланса и существенно снижает качество жизни пациентов.

Таким образом, сагиттальная стабилизация позвоночника при посттравматических деформациях грудного и поясничного отделов является сложным и многофакторным процессом, понимание которого имеет большое значение как для диагностики, так и для выбора наиболее адекватной тактики лечения.

**Ограничения исследования.** К ограничениям исследования можно отнести отсутствие систематизации обследуемого контингента по типу повреждения и деформации. Данное решение было обусловлено узкими критериями отбора пациентов. В частности, исключение из исследования пострадавших с осложненной травмой и нейрогенными болевыми синдромами, а также больных с фоновыми дегенеративными деформациями позвоночника подразумевало, за редким исключением, выборку посттравматической патологии легкой и средней степени тяжести. В этой связи обследуемый контингент был представлен фиксированными кифотическими деформациями типа IIА (90,3 %, 93/103) и намного реже IIIА (9,7 %, 10/103) по Rajasekaran (2018). Анализ тяжести первичных повреждений по АО/Spine (2013) также акцентирует внимание на специфике отбора больных: тип А (56,3 %, 58/103), тип В (34,0 %, 35/103) и тип С (9,7 %, 10/103). Возможно, поиск пациентов с последствиями тяжелой (тип С, тип IIIА) неосложненной травмы позвоночника позволит провести систематизацию больных на сопоставимые группы и в дальнейшем выполнить исследование более высокого уровня.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Клинические аспекты сагиттального баланса у взрослых / А.В. Бурцев, С.О. Рябых, А.О. Котельников, А.В. Губин // Гений ортопедии. 2017. Т. 23, № 2. С. 228-235. DOI: 10.18019/1028-4427-2017-23-2.
2. Sagittal balance of the spine / J.C. le Huec, W. Thompson, Y. Mohsinaly, C. Barrey, A. Faundez // Eur. Spine J. 2019. Vol. 28, No 9. P. 1889-1905. DOI: 10.1007/s00586-019-06083-1.
3. Biomechanical modeling of reconstructive intervention on the thoracolumbar transition / A.M. Donnik, I.V. Kirillova, L.Yu. Kossovich, V.V. Zaretskov, S.V. Lykhachev, I.A. Norkin // AIP Conf. Proc. 2018. Vol. 1959, No 1. DOI: 10.1063/1.5034741.
4. Restoration of sagittal balance in spinal deformity surgery / M.C. Makhni, J.N. Shillingford, J.L. Laratta, S.J. Hyun, Y.J. Kim // J. Korean Neurosurg. Soc. 2018. Vol. 61, No 2. P. 167-179. DOI: 10.3340/jkns.2017.0404.013.
5. Моделирование компенсаторной реакции позвоночника при его деформации / А.В. Крутько, А.В. Гладков, В.В. Комиссаров, Н.В. Комиссарова // Хирургия позвоночника. 2018. Т. 15, № 3. С. 85-91. DOI: 10.14531/ss2018.3.85-91
6. Хирургическая коррекция грубой посттравматической деформации грудного отдела позвоночника / А.Е. Шульга, В.В. Зарецков, Г.А. Коршунова, А.А. Смолькин, Д.Ю. Сумин // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. 2017. Т. 5, № 3. С. 80-86. DOI: 10.17816/PTORS55380-87.
7. Крутько А.В. Сагиттальный баланс. Гармония в формулах. Новосибирск : Клиника НИИТО, 2016. 67 с.
8. Mazel C., Ajavon L. Malunion of post-traumatic thoracolumbar fractures // Orthop. Traumatol. Surg. Res. 2018. Vol. 104, No 1S. P. S55-S62. DOI: 10.1016/j.otsr.2017.04.018.
9. Impact of Sagittal Balance on Clinical Outcomes in Surgically Treated T12 and L1 Burst Fractures: Analysis of Long-Term Outcomes after Posterior-Only and Combined Posteroanterior Treatment / M. Mayer, R. Ortmaier, H. Koller, J. Koller, W. Hitzl, A. Auffarth, H. Resch, A. von Keudell // Biomed. Res. Int. 2017. Vol. 2017. 1568258. DOI: 10.1155/2017/1568258.
10. Is there an association with spino-pelvic relationships and clinical outcome of Type A thoracic and lumbar fractures treated non-surgically? / A.F. Joaquim, S.A. Rodrigues, F.S. Da Silva, O.T. Da Silva, E. Ghizoni, H. Tedeschi, G.D. Schroeder, A.R. Vaccaro, A.A. Patel // Int. J. Spine Surg. 2018. Vol. 12, No 3. P. 371-376. DOI: 10.14444/5043.
11. Оптимизация спондилосинтеза при некоторых оскольчатых повреждениях позвонков грудного отдела позвоночника / С.В. Лихачев, В.В. Арсениевич, В.В. Островский, А.Е. Шульга, А.В. Зарецков, Д.В. Иванов, А.В. Доль, А.М. Донник, В.В. Зарецков // Современные технологии в медицине. 2020. Т. 12, № 4. С. 30-39. DOI: 10.17691/stm2020.12.4.04.
12. Повреждения переходного грудного отдела позвоночника: библиометрический анализ англоязычной литературы / С.В. Лихачев, В.В. Зарецков, А.Е. Шульга, С.А. Грамма, И.Н. Щаницын, С.П. Бажанов, А.В. Зарецков, А.М. Донник // Хирургия позвоночника. 2018. Т. 15, № 4. С. 52-69. DOI: 10.14531/2018.4.52-69.
13. Conservative treatment of pediatric thoracic and lumbar spinal fractures: outcomes in the sagittal plane / A. Angelliaume, A.L. Simon, L. Boissière, A. Bouty, J. Sales de Gauzy, J.M. Vital, O. Gille, C. Tournier, S. Aunoble, J.R. Pontailier, Y. Lefèvre // J. Pediatr. Orthop. 2017. Vol. 26, No 1. P. 73-79. DOI: 10.1097/BPB.0000000000000329.
14. Борзых К.О., Рерих В.В., Самохин А.Г. Параметры сагиттального баланса у пациентов с посттравматическими деформациями нижнегрудной и верхнепоясничной локализации // Современные проблемы науки и образования. 2018. № 6. С. 57.
15. Global Sagittal Imbalance due to change in pelvic incidence after traumatic spinopelvic dissociation / H.D. Lee, C.H. Jeon, S.H. Won, N.S. Chung // J. Orthop. Trauma. 2017. Vol. 31, No 7. P. e195-e199. DOI: 10.1097/BOT.0000000000000821.
16. Long-term investigation of nonsurgical treatment for thoracolumbar and lumbar burst fractures: an outcome analysis in sight of spinopelvic balance / H. Koller, F. Acosta, A. Hempfing, D. Rohrmüller, M. Tauber, S. Lederer, H. Resch, J. Zenner, H. Klampfer, R. Schwaiger, R. Bogner, W. Hitzl // Eur. Spine J. 2008. Vol. 17, No 8. P. 1073-1095. DOI: 10.1007/s00586-008-0700-3.
17. Harding I.J. Understanding sagittal balance with a clinical perspective // Eur. J. Phys. Rehabil. Med. 2009. Vol. 45, No 4. P. 571-582.
18. Wiederherstellung der sagittalen balance bei der versorgung thorakaler und lumbaler wirbelkörperfrakturen / A. Hempfing, J. Zenner, L. Ferraris, O. Meier, H. Koller // Orthopäde. 2011. Vol. 40, No 690. DOI: 10.1007/s00132-011-1796-4.
19. Compensatory mechanisms contributing to keep the sagittal balance of the spine / C. Barrey, P. Roussouly, J.C. Le Huec, G. D'Acunzi, G. Perrin // Eur. Spine J. 2013. Vol. 22, No Suppl. 6. P. S834-S841. DOI: 10.1007/s00586-013-3030-z.
20. Roussouly P., Nnadi C. Sagittal plane deformity: an overview of interpretation and management // Eur. Spine J. 2010. Vol. 19, No 11. P. 1824-1836. DOI: 10.1007/s00586-010-1476-9.
21. Pelvic parameters and global spine balance for spine degenerative disease: the importance of containing for the wellbeing of content / D. Garbossa, M. Pejrona, M. Damilano, V. Sansone, A. Ducati, P. Berjano // Eur. Spine J. 2014. Vol. 23, No Suppl. 6. P. 616-627. DOI: 10.1007/s00586-014-3558-6.
22. Lamartina C., Berjano P. Classification of sagittal imbalance based on spinal alignment and compensatory mechanisms // Eur. Spine J. 2014. Vol. 23, No 6. P. 1177-1189. DOI: 10.1007/s00586-014-3227-9.
23. Radiologic findings of pelvic parameters related to sagittal balance / S.B. Kim, G.S. Lee, Y.G. Won, J.B. Jun, C.M. Hwang, C.H. Hong // J. Korean Soc. Spine Surg. 2016. Vol. 23, No 3. P. 197-205. DOI: 10.4184/jkss.2016.23.3.197.
24. Defining Spino-Pelvic Alignment Thresholds: Should Operative Goals in Adult Spinal Deformity Surgery Account for Age? / R. Lafage, F. Schwab, V. Chailier, J.K. Henry, J. Gum, J. Smith, R. Hostin, C. Shaffrey, H.J. Kim, C. Ames, J. Scheer, E. Klineberg, S. Bess, D. Burton, V. Lafage; International Spine Study Group // Spine (Phila Pa 1976). 2016. Vol. 41, No 1. P. 62-68. DOI: 10.1097 / BRS.0000000000001171.

Статья поступила в редакцию 20.04.2021; одобрена после рецензирования 24.06.2021; принята к публикации 19.10.2021.

The article was submitted 20.04.2021; approved after reviewing 24.06.2021; accepted for publication 19.10.2021.

## Информация об авторах:

1. Алексей Евгеньевич Шульга – кандидат медицинских наук, doc.shulga@yandex.ru;
2. Владимир Владимирович Зарецков – доктор медицинских наук, vvzaretskov@mail.ru;
3. Владимир Владимирович Островский – доктор медицинских наук, ostrw@mail.ru;
4. Сергей Петрович Бажанов – доктор медицинских наук, baj.s@mail.ru;
5. Сергей Вячеславович Лихачев – кандидат медицинских наук, likha4@mail.ru;
6. Алексей Александрович Смолькин – 4-4-2@mail.ru.

## Information about the authors:

1. Alexey E. Shulga – Candidate of Medical Sciences, doc.shulga@yandex.ru;
2. Vladimir V. Zaretskov – Doctor of Medical Sciences, vvzaretskov@mail.ru;
3. Vladimir V. Ostrovskij – Doctor of Medical Sciences, ostrw@mail.ru;
4. Sergey P. Bazhanov – Doctor of Medical Sciences, baj.s@mail.ru;
5. Sergey V. Likhachev – Candidate of Medical Sciences, likha4@mail.ru;
6. Alexey A. Smolkin – M.D., 4-4-2@mail.ru.