



# ПЛАНИРОВАНИЕ РЕПОЗИЦИОННО-СТАБИЛИЗИРУЮЩЕГО ТРАНСПЕДИКУЛЯРНОГО ОСТЕОСИНТЕЗА ПРИ ПОВРЕЖДЕНИЯХ ГРУДНОГО И ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛОВ ПОЗВОНОЧНИКА

В.С. Куфтов<sup>1</sup>, В.Д. Усиков<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Городская больница № 1, Брянск, Россия;

<sup>2</sup>Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия

**Цель исследования.** Анализ эффективности планирования транспедикулярной репозиции у пациентов с одноуровневыми повреждениями грудных и поясничных позвонков в зависимости от достигнутых целевых параметров.

**Материал и методы.** Исследование двух репрезентативных групп пациентов с переломами в грудном и поясничном отделах (ретроспективной и проспективной) по 80 человек в каждой (средний возраст —  $39,2 \pm 2,2$  года). В проспективной группе по данным КТ проводили морфометрию позвоночника для планирования восстановления вертикальных размеров тела позвонка и закрытой декомпрессии содержимого позвоночного канала с использованием транспедикулярной репозиционной системы в сроки до месяца от момента травмы. По результатам морфометрии рассчитывали основные целевые показатели, к выполнению которых стремились во время операции.

**Результаты.** В основной группе достоверно уменьшились дефицит просвета — с  $39,5 \pm 4,1$  % до  $14,2 \pm 3,1$  % (в контрольной группе — с  $39,3 \pm 4,6$  до  $22,1 \pm 5,1$  %;  $p = 0,01$ ) и площадь поперечного сечения позвоночного канала — с  $37,4 \pm 5,1$  % до  $14,2 \pm 3,1$  % (в контрольной группе — с  $39,6 \pm 5,3$  % до  $24,1 \pm 5,5$  %;  $p = 0,01$ ), максимально восстановилась передняя высота тела позвонка и уменьшилась величина смещения костных фрагментов в позвоночный канал ( $t < 0,05$ ). Выявлена прямая корреляционная связь между размером межтеловых промежутков и высотой тела позвонка: передний межтеловой промежуток и передняя высота тела позвонка в основной группе —  $r = 0,485$ , в контрольной —  $r = 0,594$ ; задний межтеловой промежуток и задняя высота тела позвонка в основной группе —  $r = 0,309$ , в контрольной —  $r = 0,252$ . Выявлена сильная корреляционная связь между задней высотой тела позвонка и позвоночным каналом:  $r = 0,625$  в основной группе,  $r = 0,461$  — в контрольной. Разница между исходным и рассчитанным углом после операции:  $3,1^\circ \pm 0,5^\circ$  в основной группе и  $5,6^\circ \pm 1,2^\circ$  — в контрольной ( $p = 0,01$ ).

**Заключение.** Предоперационное планирование с использованием во время операции рассчитанных целевых показателей в виде межтеловых промежутков и сегментарного угла позволяет максимально восстанавливать вертикальные размеры тела поврежденного позвонка и выполнять закрытую декомпрессию содержимого позвоночного канала.

**Ключевые слова:** перелом позвонка; морфометрия позвоночника; восстановление позвонка; закрытая декомпрессия.

Для цитирования: Куфтов В.С., Усиков В.Д. Планирование репозиционно-стабилизирующего транспедикулярного остеосинтеза при повреждениях грудного и поясничного отделов позвоночника // Хирургия позвоночника. 2025. Т. 22, № 4. С. 19–29. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.4.19-29>

## PLANNING OF TRANSPEDICULAR OSTEOSYNTHESIS WITH REPOSITION AND STABILIZATION FOR THORACIC AND LUMBAR SPINE INJURIES

V.S. Kuftov<sup>1</sup>, V.D. Usikov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bryansk City Hospital No. 1, Bryansk, Russia;

<sup>2</sup>National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n a. R.R. Vreden, Saint Petersburg, Russia

**Objective.** To evaluate the effectiveness of transpedicular reposition planning in patients with single-level injuries of the thoracic and lumbar vertebrae, depending on the target parameters.

**Material and Methods.** The study included two representative groups, retrospective and prospective, each of 80 patients with thoracic and lumbar fractures with an average age of  $39.2 \pm 2.2$  years. In the prospective group, morphometry of the spine was performed using CT data, to plan the restoration of the vertical dimensions of the vertebral body and closed decompression of the contents of the spinal canal using a transpedicular repositioning system within up to a month from the moment of injury. Based on the results of morphometry, the main target parameters were calculated, which were aimed at being achieved during the operation.

**Results.** In the main group, the lumen deficit significantly decreased (from  $39.5 \pm 4.1$  % to  $14.2 \pm 3.1$  %) versus that in the control group (from  $39.3 \pm 4.6$  to  $22.1 \pm 5.1$  %;  $p = 0.01$ ), as well as the cross-sectional area of the spinal canal (from  $37.4 \pm 5.1$  % to  $14.2 \pm 3.1$  %) versus that in the control group (from  $39.6 \pm 5.3$  % to  $24.1 \pm 5.5$  %;  $p = 0.01$ ). The anterior vertebral body height was maximally restored, and the magnitude of bone fragment displacement into the spinal canal decreased ( $t < 0.05$ ). A direct correlation was found between the size

of the interbody spaces and the height of the vertebral body: between the anterior interbody space and the anterior height of the vertebral body in the main group –  $r = 0.485$ , in the control group –  $r = 0.594$ ; and between the posterior interbody space and the posterior height of the vertebral body in the main group –  $r = 0.309$ , in the control group –  $r = 0.252$ . A strong correlation was obtained between the posterior height of the vertebral body and the spinal canal:  $r = 0.625$  in the main group,  $r = 0.461$  in the control group. The difference between the initial and calculated angle after surgery was  $3.1^\circ \pm 0.5^\circ$  in the main group and  $5.6^\circ \pm 1.2^\circ$  in the control group ( $p = 0.01$ ).

**Conclusion.** Preoperative planning which includes the use of calculated target parameters such as interbody spaces and segmental angles during surgery, allows for the maximum restoration of the vertical dimensions of the injured vertebral body and the performance of closed decompression of the spinal canal contents.

**Key Words:** vertebral fracture; spinal morphometry; vertebral reconstruction, closed decompression.

Please cite this paper as: Kuftov VS, Usikov VD. Planning of transpedicular osteosynthesis with reposition and stabilization for thoracic and lumbar spine injuries. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2025;22(4):19–29. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.4.19-29>

Переломы грудного и поясничного отделов составляют до 60 % от всех повреждений позвоночника [1, 2], из которых до 90 % приходится на грудно-поясничный переход  $Th_{11}-L_2$  [3]. Это связано с особенностями биомеханики перехода от жесткого грудного отдела в подвижный поясничный и концентрацией нагрузки в этом сегменте [4]. Частота переломов позвонков в данных отделах увеличивается и приводит к нарастанию осложнений в виде повреждения спинного мозга [5].

Декомпрессия содержимого позвоночного канала с восстановлением биомеханической оси и достижение стабильности позвоночника для предотвращения его вторичной деформации являются основной целью лечения переломов грудного и поясничного отделов позвоночника [6, 7]. Большое внимание уделяется не прямой декомпрессии содержимого позвоночного канала, которая осуществляется за счет лигаментотаксиса и связочного аппарата диска без удаления компримирующей ткани [8, 9]. Для не прямой декомпрессии нервных структур разработаны транспедикулярные устройства, которые позволяют проводить независимую distraction и коррекцию лордоза [10].

Результаты хирургического лечения пациентов с различными типами повреждений в грудно-поясничном отделе свидетельствуют о том, что успех зависит от восстановления сагиттального профиля [11, 12]. При этом важно анатомически восстановить тела позвонков, чтобы биомеханически и функционально приблизить позвоночник к исходному состоянию. Для этого необходимо

знать исходные анатомические параметры позвоночника, как линейные, так и угловые. Выявлению морфометрических закономерностей и расчету необходимых параметров между разными анатомическими образованиями позвонков посвящены многие работы [13–15]. Проведенные статистические корреляции между анатомическими образованиями позвоночника человека указывают на возможность расчета необходимых величин.

При исправлении деформации позвоночника использование абсолютных значений сегментарных углов в качестве эталона осложняется разнообразием величины грудных кифозов нормальной анатомии позвоночника [16]. Вместе с тем необходимость в восстановлении исходных параметров поврежденного позвоночного сегмента и их ожидаемая корреляция с клиническим исходом по-прежнему являются предметом обсуждения среди хирургов [17, 18]. В настоящее время опубликовано слишком мало исследований о результатах лечения пациентов с повреждениями позвоночника в зависимости от восстановленного сагиттального профиля.

Цель исследования – анализ эффективности планирования транспедикулярной репозиции у пациентов с одноуровневыми повреждениями грудных и поясничных позвонков в зависимости от достигнутых целевых параметров.

### Материал и методы

Изучены результаты лечения пациентов с одноуровневыми повреждениями нижнегрудного и поясничного

отделов позвоночника в двух репрезентативных группах по 80 человек (средний возраст –  $39,2 \pm 2,2$  года).

Критерии включения пациентов в исследование: одноуровневые повреждения с вовлечением одного или двух смежных дисков, отсутствие врожденных аномалий и предшествующих операций в поврежденном отделе позвоночника.

В контрольную группу вошли 49 (61,3 %) мужчин и 31 (38,7 %) женщина (средний возраст  $37,7 \pm 3,2$  года). В данной группе анализ результатов коррекции деформации, восстановления вертикальных размеров поврежденного тела позвонка и эффективности закрытой декомпрессии содержимого позвоночного канала проводили ретроспективно по данным КТ до и после оперативного лечения.

Основную группу составили 47 (58,8 %) мужчин и 33 (41,2 %) женщины (средний возраст  $40,6 \pm 3,1$  года). При выполнении коррекции деформации и закрытой декомпрессии содержимого позвоночного канала придерживались рассчитанных целевых показателей межтеловых промежутков и сегментарного угла [19].

Для коррекции деформации позвоночника всем пациентам выполняли репозиционно-стабилизирующий транспедикулярный остеосинтез в срок до 30 дней с момента травмы. Среднее время от травмы до операции в контрольной группе –  $11,5 \pm 2,3$  дня, в основной –  $8,2 \pm 1,9$  дня. У всех пациентов использовали моноаксиальные винты диаметром 6 мм в среднегрудном отделе, 7 мм – в нижнегрудном и поясничном отделах.

У 36 (45,0 %) пациентов контрольной группы и у 33 (41,3 %) пациентов основной группы диагностированы сочетанные повреждения. В грудном и поясничном отделах повреждения соотносились: в контрольной группе – 26/54, в основной – 24/56.

По классификации AOSpine пациентов распределили следующим образом: в контрольной группе с повреждениями A3 – 15 человек, A4 – 36, B – 13, C – 16; в основной группе 15, 46, 9, 10 соответственно. Неврологический статус оценивали по шкале ASIA: в контрольной группе степень A – 8 случаев, B – 4, C – 19, D – 11, E – 38; в основной группе степень A – 6, B – 2, C – 20, D – 14, E – 38.

Оперативное вмешательство планировали по данным КТ в формате DICOM с помощью программы RadiAnt после мультипланарной реконструкции. На модели позвоночника, состоящей из трех тел позвонков и четырех смежных межпозвонковых дисков, выполняли измерение вертикальных размеров тел позвонков и межпозвонковых дисков, диаметра и площади поперечного сечения позвоночного канала, величины смещения костных фрагментов в позвоночный канал спереди (X), угла сегментарной деформации ( $\alpha$ ), образованного нижней кортикальной пластинкой тела вышележащего и верхней кортикальной пластинкой тела нижележащего позвонка. Минеральную плотность костной ткани оценивали в этой же программе по среднему значению в двух смежных позвонках (рис. 1).

По результатам измерений позвоночника проводили следующие математические расчеты: дефицита просвета и площади позвоночного канала, вертикальных передних (AVH) и задних (PVH) размеров поврежденного тела позвонка (расстояния  $|D-E|$  и  $|D1-E1|$  на схемах измерения), переднего (Mta) и заднего (Mtp) межтеловых промежутков (расстояния  $|C-I|$  и  $|C1-I1|$ ), сегментарного угла  $\alpha$  и  $\Delta\alpha$  (разница между рассчитанным и достигнутым во время операции углами). Расчеты необходимых параметров выполняли по следующим формулам:

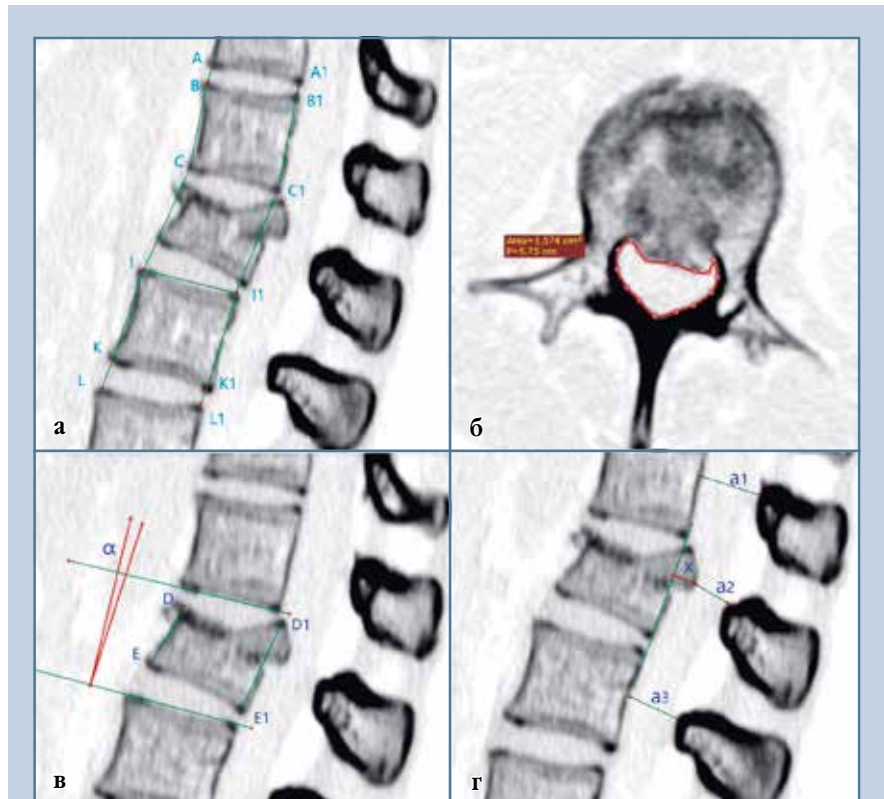


Рис. 1

Схема измерений: а – тел позвонков и межпозвонковых дисков; б – площади поперечного сечения; в – вертикальных размеров тела поврежденного позвонка и сегментарного угла; г – просвета позвоночного канала ( $\alpha$ ) и величины смещения костных фрагментов (X) в позвоночный канал

1) дефицит просвета позвоночного канала:  $((a1 + a3) : 2 \times a2) / (a1 + a3) : 2 \times 100 \%$ ;

2) дефицит площади позвоночного канала:  $((S1 + S3) : 2 \times S2) / ((S1 + S3) : 2 \times 100 \%$ ;

3) передняя высота тела позвонка (AVH):  $(D - E) / ((B - C) + (I - K) : 2) \times 100 \%$ ;

4) задняя высота тела позвонка (PVH):  $(D1 - E1) / ((B1 - C1) + (I1 - K1) : 2) \times 100 \%$ ;

5) передний межтеловой промежуток (Mta):  $(C - I) / (((B - C) + (I - K)) : 2 + (A - B) + (K - L)) \times 100 \%$ ;

6) задний межтеловой промежуток:  $(C1 - I1) / (((B1 - C1) + (I1 - K1)) : 2 + (A1 - B1) + (K1 - L1)) \times 100 \%$ ;

7) угол  $\alpha = \sin^{-1} (((B - C) + (I - K)) : 2 + (A - B) + (K - L) - (((B1 - C1) +$

$(I1 - K1)) : 2 + (A1 - B1) + (K1 - L1)) / (I - I1)$ .

Упростить выполнение расчетов с архивированием данных помогает разработанная компьютерная программа [20].

Оперативные вмешательства выполняли в положении пациента на животе с реклинационными валиками под грудиной и тазом. В контрольной группе после установки транспедикулярных винтов в тела позвонков, смежные с поврежденным, монтировали репозиционную систему. Выполняли тракцию по оси с коррекцией угловой деформации. На данном этапе выравнивалась ось позвоночника и происходило восстановление формы позвонка. После чего проводили винты (один или два) в тело поврежденного позвонка. Далее по-

очередно с двух сторон демонтировали и снова монтировали репозиционную систему с вовлечением уже промежуточных винтов, которые позволяли продолжить реформацию позвоночного канала. В основной группе при монтаже репозиционной системы заранее были предусмотрены муфты для введения винтов в поврежденный позвонок и исключался процесс перемонтажа системы. Во время выполнения репозиции придерживались рассчитанных размеров межтеловых промежутков и сегментарного угла, которые контролировали по экрану монитора ЭОП.

Статистическую обработку материала выполняли в компьютерном статистическом пакете SPSS Statistica ver. 23. Проверку гипотезы о нормальности распределения проводили при помощи критерия Колмогорова – Смирнова. В зависимости от распределения в выборках использовали параметрические и непараметрические тесты. Критический уровень статистической значимости установлен на уровне  $p < 0,05$ .

## Результаты

Сравнительная характеристика пациентов двух групп до операции с расчетом статистических различий представлена в табл. 1.

Группы близки по сравниваемым параметрам, данные статистически достоверны, кроме задней высоты тела позвонка (PVH).

Для оценки стеноза позвоночного канала использовали два параметра: дефицит просвета позвоночного канала и дефицит площади позвоночного канала, между которыми отмечена сильная прямая корреляционная связь: коэффициент корреляции Пирсона в контрольной группе – 0,912, в основной – 0,853. Это при том, что дефицит площади позвоночного канала отражает весь просвет позвоночного канала, а дефицит просвета оценивается по срединному сагиттальному срезу. С учетом сопоставимости данных по компрессии содержимого позвоночного канала удобнее использовать расчеты дефицита просвета позвоночного канала.

Статистический анализ показал, что дефицит просвета позвоночного

канала не оказывает достоверного влияния на степень неврологических нарушений (Хи-квадрат Пирсона – 0,34). При ASIA степени А средний дефицит позвоночного канала – 55,7 %, степени В – 49,1 %, С – 48,6 %, D – 37,4 %, E – 33,6 %. На рис. 2 это представлено в виде диаграммы «ящик с усами».

После оперативного лечения результаты оценивали у всех пациентов по контрольному КТ-исследованию. Дефицит просвета и дефицит площади поперечного сечения позвоночного канала оценили у 62 пациентов контрольной группы и у 68 пациентов основной группы в связи с выполненной ламинэктомией. Так, дефицит просвета позвоночного канала после операции в группах достоверно отличается: в контрольной группе он составил  $22,1 \pm 5,1$  %, в основной –  $14,2 \pm 3,1$  % (тест Манна – Уитни;  $p = 0,01$ ). Сравнение дефицита просвета позвоночного канала до и после операции в двух группах подтверждает достоверные различия ( $t$ -критерий парных выборок  $< 0,001$ ).

Дефицит площади позвоночного канала после операции был

Таблица 1

Характеристика пациентов основной и контрольной групп до операции

Параметры	Контрольная группа (n = 80)	Основная группа (n = 80)	Достоверность различий
Пол (мужской/женский), n	43/31	47/33	Тест Фишера, 0,32
Грудной/поясничный отдел, n	26/54	24/56	Тест Фишера, 0,86
Дефицит просвета позвоночного канала, %	$39,3 \pm 4,6$	$39,5 \pm 4,1$	$t$ -Критерий для независимых выборок, $p = 0,96$
Дефицит площади позвоночного канала, %	$39,6 \pm 5,3$	$37,4 \pm 5,1$	$t$ -Критерий для независимых выборок, $p = 0,47$
Смещение фрагментов в просвет, мм	$6,7 \pm 0,7$	$6,8 \pm 0,6$	$t$ -Критерий для независимых выборок, $p = 0,9$
Передняя высота тела позвонка, %	$59,8 \pm 3,7$	$58,4 \pm 3,2$	$t$ -Критерий для независимых выборок, $p = 0,54$
Задняя высота тела позвонка, %	$91,8 \pm 2,3$	$88,5 \pm 3,2$	Тест Манна – Уитни, $p = 0,014$
Передний межтеловой промежуток, %	$74,2 \pm 2,6$	$71,2 \pm 3,3$	$t$ -Критерий для независимых выборок, $p = 0,15$
Задний межтеловой промежуток, %	$87,6 \pm 2,0$	$86,7 \pm 1,8$	$t$ -Критерий для независимых выборок, $p = 0,49$
Разница между исходным и рассчитанным углом, град.	$9,7 \pm 1,3$	$10,8 \pm 1,5$	$t$ -Критерий для независимых выборок, $p = 0,28$
Минеральная плотность костной ткани, НУ	$175,5 \pm 10,4$	$169,6 \pm 11,4$	$t$ -Критерий для независимых выборок, $p = 0,46$



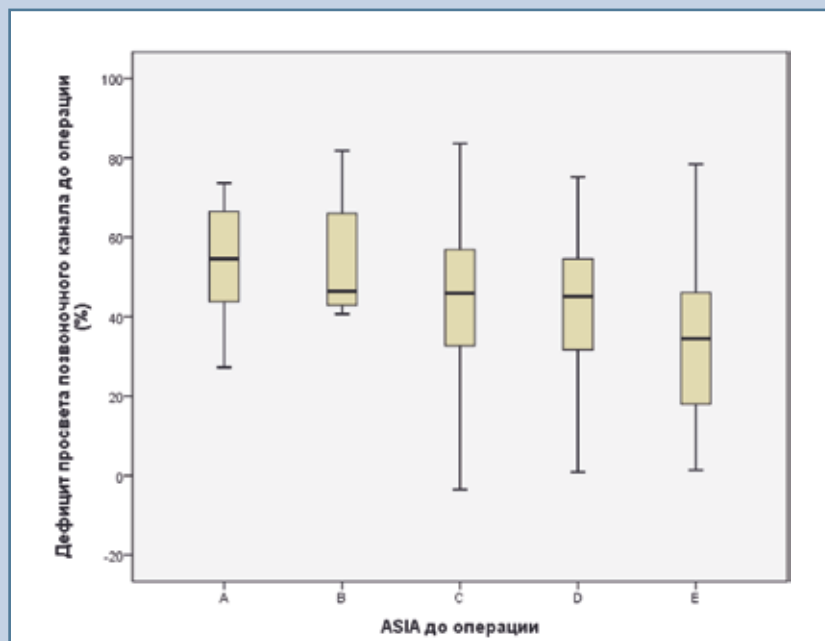


Рис. 2

Дефицит просвета позвоночного канала и степень неврологических нарушений по ASIA

следующим: в контрольной группе  $24,1 \pm 5,5$  %, в основной –  $14,2 \pm 3,1$  % (тест Манна – Уитни;  $p = 0,01$ ). Статистически достоверные различия получены и при сравнении дефицита площади позвоночного канала до и после операции ( $t$ -критерий для парных выборок  $<0,01$ ).

Остальные параметры рассчитывали у всех пациентов, они представлены в табл. 2.

На восстановление вертикальных размеров тела поврежденного

позвонка оказывает влияние и время от травмы до операции. При анализе получена слабая обратная корреляционная связь между величиной восстановления передних размеров тела позвонка ( $\Delta AVH$ ) и временем до операции: в контрольной группе коэффициент корреляции Пирсона –  $-0,214$ , в основной группе –  $-0,353$ . При восстановлении задних размеров тела позвонка ( $\Delta PVH$ ) коэффициент корреляции Пирсона в контрольной группе –  $-0,198$ , в основной –  $-0,247$ .

Прямая корреляционная связь выявлена между размером межтеловых промежутков ( $Mtr$ ) после операции и передней высотой поврежденного позвонка ( $AVH$ ). Коэффициент корреляции Пирсона составил  $0,594$  в контрольной группе и  $0,485$  – в основной. Прямая корреляционная связь наблюдалась и при восстановлении задней высоты тела позвонка ( $PVH$ ) в зависимости от величины задних межтеловых промежутков ( $Mtr$ ): в контрольной группе –  $0,252$ , в основной –  $0,309$ .

Достоверно изменились после операции передняя высота тела позвонка ( $\Delta AVH$ ) и величина смещения костных фрагментов из позвоночного канала ( $\Delta X$ );  $t$ -критерий парных выборок  $<0,05$ . Величина  $X$  позволяет оценить декомпрессию невралжных структур, особенно у пациентов с выполненной ламинэктомией. Получена умеренная прямая корреляционная связь между  $PVH$  и  $\Delta X$ : коэффициент корреляции Пирсона в контрольной группе –  $0,461$ , в основной –  $0,625$ .

В качестве примера использования методики предоперационного планирования представляем клинический случай пациента Б., 25 лет, после кататравмы. При обследовании выявлен изолированный неосложненный перелом тела  $L_1$  позвонка (тип A3 по AOSpine) с дефицитом просвета позвоночного канала  $40,7$  % и дефицитом площади позвоночного канала –  $39,6$  %. Необходимые измерения для последующих расчетов представлены на рис. 3. Рассчитанные параметры: передний межтеловой промежуток –  $40,9$  мм; задний –  $37,4$ ; рас-

Таблица 2

Характеристика пациентов основной и контрольной групп после операции

Параметры	Контрольная группа (n = 80)	Основная группа (n = 80)	Достоверность различий (тест Манна – Уитни)
Смещение фрагментов в просвет, мм	$3,9 \pm 0,3$	$3,1 \pm 0,3$	$p = 0,04$
Передняя высота тела позвонка, %	$86,5 \pm 2,6$	$94,5 \pm 1,6$	$p < 0,001$
Задняя высота тела позвонка, %	$93,6 \pm 4,0$	$96,4 \pm 2,8$	$p = 0,05$
Передний межтеловой промежуток, %	$93,9 \pm 1,7$	$99,7 \pm 1,4$	$p < 0,001$
Задний межтеловой промежуток, %	$98,7 \pm 1,8$	$100,6 \pm 1,4$	$p = 0,16$
Разница между исходным и рассчитанным углом, град.	$5,6 \pm 1,2$	$3,1 \pm 0,5$	$p = 0,01$

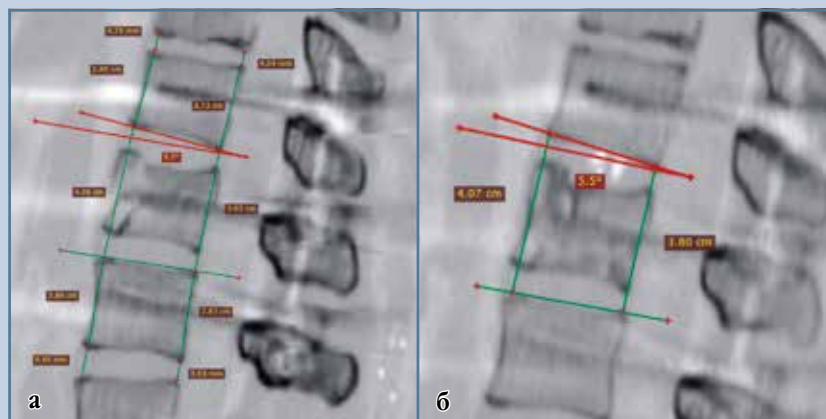
**Рис. 3**

Морфометрия пациента Б., 25 лет, по данным КТ: **а** – измерение вертикальных размеров тел позвонков и межпозвонковых дисков; **б** – измерение межтеловых промежутков, величины смещения костных фрагментов в сторону позвоночного канала и минеральной плотности тел смежных позвонков; **в** – измерение площади поперечного сечения позвоночного канала на уровне повреждения

считанный сегментарный угол –  $6,6^\circ$ . Пациенту выполнен 6-винтовой репозиционно-стабилизирующий транспедикулярный остеосинтез с интраоперационным контролем за восстановлением межтеловых промежутков и сегментарного угла.

На контрольных КТ (рис. 4а) видно, что передний межтеловой промежуток восстановлен до 40,9 мм (на 100 %), задний – до 38,2 мм (на 102 % от рассчитанного размера); дефицит просвета позвоночного канала уменьшился до 11,2 %. Передняя высота тела позвонка восстановлена до 100,4 %, задняя – до 99,6 % от рассчитанных размеров. Сегментарный угол исправлен на  $13,9^\circ$  (с  $8,4^\circ$  до  $5,5^\circ$ ) и отличается на  $1,1^\circ$  от рассчитанного угла. Небольшая неточность по коррекции угла связана с перерастяжением задних межтеловых промежутков на 2 %. В отдаленном периоде (через 2,5 года) нет нарастания деформации поврежденного сегмента, сохранились рассчитанные индивидуальные параметры (рис. 4б).

Стремление к восстановлению рассчитанных размеров межтеловых промежутков и сегментарного угла способствует лучшему восстановлению вертикальных размеров поврежден-

**Рис. 4**

Контрольная КТ пациента Б., 25 лет: **а** – после операции; **б** – через 2,5 года после операции

ного тела позвонка и закрытой декомпрессии позвоночного канала.

### Обсуждение

Статистические корреляции между анатомическими образованиями позвоночника человека указывают на возможность прогнозирования морфометрических параметров, которые в перспективе могут быть примене-

ны для создания упрощенных геометрических моделей позвоночника. Выявлению морфометрических закономерностей позвонков и расчету необходимых параметров посвятили свои исследования многие авторы [21–23]. Известно, что в настоящее время не существует справочных данных, отражающих всю вариабельность размеров позвонков в норме [24].

Рассчитать до операции точные размеры сагиттального профиля травмированного отдела позвоночника возможно только после спондилографии позвоночника с тазом, выполненной накануне перед операцией в положении пациента стоя, и с использованием множества позвоночно-тазовых параметров [25]. Провести такое исследование пациентам с осложненной травмой позвоночника затруднительно.

Предоперационное планирование с расчетами необходимых целевых параметров более наглядно при повреждениях типа А по классификации AOSpine. В данном исследовании мы рассматриваем тип С, где повреждается и тело позвонка. В случаях переломов типов В и С, где высота тел не нарушена, также считаем необходимым проводить расчеты для коррекции деформации. Это высота межтеловых промежутков и сегментарный угол.

Для устранения деформации позвоночника и декомпрессии содержимого позвоночного канала разработано множество внешних и внутренних репозиционных устройств. Внешние репозиционные устройства позволяют провести полноценную дозированную коррекцию посттравматических многоплоскостных деформаций поврежденного отдела позвоночника в более поздние сроки от травмы, а после демонтажа аппарата наблюдалась потеря достигнутой коррекции, несмотря на вентральную стабилизацию [26]. Так, наружная система не получила широкого распространения из-за потенциального риска осложнений и особенностей ведения пациентов.

Довольно широко применяется непрямая декомпрессия позвоночного канала за счет дистракции и лигаментотаксиса, при которой можно уменьшить стеноз позвоночного канала почти наполовину [27, 28]. Методом не прямой декомпрессии нам удалось уменьшить стеноз позвоночного канала на 25,3 %. Benek et al. [29] выявили, что эффективность не прямой репозиционной декомпрессии позвоночного канала в нижнегрудном и пояснич-

ном отделах коррелирует с процентом компрессии позвоночного канала и сопоставима с декомпрессивной ламинэктомией. Для дозированной трехплоскостной репозиции и фиксации разработана отечественная внутренняя транспедикулярная система «Синтез» [30].

Непрямая декомпрессия содержимого позвоночного канала с помощью задней дистракции и короткосегментарной стабилизации считается оптимальным методом лечения большинства нестабильных взрывных переломов грудного отдела и может быть эффективной при смещении костного фрагмента в позвоночный канал не более чем на 50,0 % при сохранении задней продольной связки [31]. По данным Whang et al. [32], лигаментотаксис может быть эффективным при смещении костного фрагмента в канал до 67,0 %. Повреждение задней продольной связки мешает выполнению закрытой не прямой декомпрессии содержимого позвоночного канала [33]. При сомнениях в результатах декомпрессии Е.К. Вальев с соавт. [34] предлагают интраоперационно выполнять контрастирование переднего эпидурального пространства.

При взрывных переломах грудных и поясничных позвонков изучалась эффективность ремоделирования позвоночного канала из дорсального и вентрального доступов в зависимости от формы и типа смещения костных фрагментов задней стенки поврежденных позвонков [35]. Лигаментотаксис из заднего доступа с транспедикулярной фиксацией признан эффективным при крупных костных фрагментах, занимающих все межпедикулярное пространство в краниальной части позвоночного канала. Ремоделирование позвоночного канала из вентрального доступа по разработанной авторами технологии эффективно при всех типах переломов, однако условием его успешного выполнения является формирование адекватного дефекта в теле позвонка спереди от смещенных фрагментов.

При осложненной травме необходимы открытая декомпрессия и фиксация. Поскольку в преобладающем

большинстве случаев сдавление спинного мозга происходит спереди, предпочтительно производить декомпрессию из доступов передней направленности. Вместе с тем исправить ось позвоночника и выполнить надежную стабилизацию из вентральных доступов значительно сложнее по сравнению с транспедикулярной фиксацией позвонков [36].

Эффективность проводимой репозиции из дорсального доступа мы рассматриваем не только при всех типах смещений костных фрагментов, но и при всех типах повреждений позвоночника (А, В, С) и связываем с вовлечением в процесс поврежденного позвонка. Вы можете указать на отсутствие дифференцированного подхода и будете правы, но задний подход мы считаем оптимальным для выполнения всего объема вмешательств. С помощью транспедикулярной репозиции позвоночника эффективно устраняется компрессия при типах А, особенно в грудном переходе, где шире и не повреждена задняя продольная связка. При повреждениях типов В и С преимущества репозиции из заднего доступа очевидны. У пациентов с неврологическими нарушениями потребуются открытая декомпрессия с ревизионными вмешательствами, что проще выполнить из заднего доступа.

Установка педикулярного винта в сломанный позвонок во время лигаментотаксиса приводит к дополнительной декомпрессии содержимого позвоночного канала и уменьшению послеоперационной боли [37]. Клинико-экспериментальные исследования свидетельствуют о целесообразности дополнительного введения промежуточных транспедикулярных винтов в поврежденные позвонки [38]. Использование промежуточных винтов на уровне перелома повышает эффективность репозиции и стабильность конструкции, а также минимизирует потери коррекции деформации [39].

Нам удавалось введение одного или двух винтов для репозиции и в поврежденные ножки позвонков. Вводятся редукционные винты уже

в последнюю очередь, когда выполнена дозированная тракция позвоночника по оси с угловой коррекцией. Вводить винты в поврежденное тело позвонка без данных манипуляций будет крайне сложно, это может привести к дополнительному смещению отломков или мальпозиции винта.

Для более эффективного восстановления высоты тела позвонка предлагается вводить верхние винты с наклоном к нижней кортикальной пластинке [40]. Некоторые авторы считают, что за счет длинных винтов репозиция более эффективна [41], другие – что длинные винты в поврежденном позвонке не влияют на вправление перелома, но лучше могут подержать восстановленную переднюю высоту и уменьшить потерю кифоза [37]. Эффективность фиксации была наиболее заметной при использовании моноаксиальных винтов диаметром 7 мм с вовлечением поврежденного позвонка, особенно при переломах типа C [42]. В нашем исследовании залогом успеха также считаем использование моноаксиальных винтов диаметром

7 мм, введенных до передней кортикальной пластинки тела позвонка.

На качество репозиции и фиксации позвоночника влияет минеральная плотность костной ткани [43]. По данным СКТ, значение минеральной плотности костной ткани на уровне 135 HU квалифицировалось как пороговое значение между нормальной и сниженной.

Сроки от момента травмы до операции являются немаловажными при устранении локальной посттравматической деформации [44]. Уже через 72 ч в позвоночном канале развиваются рубцовые сращения и происходит фиксация порочного положения [45]. Высокая эффективность закрытой репозиционной декомпрессии при повреждениях в нижнегрудном и поясничном отделах получена в сроки до 10 дней [46]. Попытки реклинации позвоночника через 3 недели обречены на неудачу, так как к этому времени соединительная ткань еще больше организуется, наблюдаются очаги пролиферации элементов соединительной ткани с формированием хондрогенных островков и остео-

ида [47]. В своей работе мы указывали на эффективность репозиции позвоночника и через месяц после травмы [48].

## Заключение

Предоперационное планирование с использованием во время операции рассчитанных целевых показателей в виде межтеловых промежутков и сегментарного угла позволяет максимально восстанавливать вертикальные размеры тела поврежденного позвонка и выполнять закрытую декомпрессию содержимого позвоночного канала.

*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

- Liao JC, Chen WP, Wang H. Treatment of thoracolumbar burst fractures by short-segment pedicle screw fixation using a combination of two additional pedicle screws and vertebroplasty at the level of the fracture: a finite element analysis. *BMC Musculoskelet Disord*. 2017;18:262. DOI: 10.1186/s12891-017-1623-0
- Mulcahy MJ, Dower A, Tait M. Orthosis versus no orthosis for the treatment of thoracolumbar burst fractures: A systematic review. *J Clin Neurosci*. 2021;85:49–56. DOI: 10.1016/j.jocn.2020.11.044
- Mishra S, Mishra PK, Verma VK, Issrani M, Prasad SS, Hodigere VC. Surgical decision-making in thoracolumbar fractures: a systematic review of anterior and posterior approach. *J Orthop Case Rep*. 2025;15:204–211. DOI: 10.13107/jocr.2025.v15.i05.5612
- Wood KB, Li W, Lebl DR, Ploumis A. Management of thoracolumbar spine fractures. *Spine J*. 2014;14:145–164. DOI: 10.1016/j.spinee.2012.10.041
- Azizi A, Azizadeh A, Tavakoli Y, Vahed N, Mousavi T. Thoracolumbar fracture and spinal cord injury in blunt trauma: a systematic review, meta-analysis, and meta-regression. *Neurosurg Rev*. 2024;47:333. DOI: 10.1007/s10143-024-02553-3
- Olivares OB, Carrasco MV, Pinto GI, Tonda FN, Riera Mart nez JA, Gonz lez 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
- Tammam H, Alkot A, Ahmed AM, Said E. Long- versus short-segment fixation with an index vertebral screw for management of thoracolumbar fractures. *Acta Orthop Belg*. 2022;88:423–431. DOI: 10.52628/88.3.9657
- Song Y, Pang X, Zhu F. Finite element analysis of the indirect reduction of posterior pedicle screw fixation for a thoracolumbar burst fracture. *Medicine (Baltimore)*. 2022;101:e30965. DOI: 10.1097/MD.00000000000030965
- Venier A, Roccatagliata L, Isalberti M, Scarone P, Kuhlen DE, Reinert M, Bonaldi G, Hirsch JA, Cianfoni A. Armed kyphoplasty: an indirect central canal decompression technique in burst fractures. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2019;40:1965–1972. DOI: 10.3174/ajnr.A6285
- Ullrich BW, Ottich M, Lawson McLean A, Mendel T, Hofmann GO, Schenk P. [Local spinal profile following operative treatment of thoracolumbar and lumbar fractures: Impact of reduction technique and bone quality]. *Unfallchirurg*. 2022;125:295–304. In German. DOI: 10.1007/s00113-021-01013-7
- Рерих В.В., Борzych К.О. Посттравматические деформации грудного и поясничного отделов позвоночника у пациентов в позднем периоде позвоночно-спинномозговой травмы после ранее проведенных оперативных вмешательств. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2015;(12-4):657–660. [Rerikh VV, Borzykh KO. Posttraumatic deformities of the thoracic and lumbar spine in patients with late period spinal cord injury after previous surgical interventions. *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2015;(12-4):657–660]. EDN: VBUMWX
- Mayer M, Ortmaier R, Koller H, Koller J, Hitzl W, Auffarth A, Resch H, von Keudell A. 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. *Biomed Res Int.* 2017;2017:1568258. DOI: 10.1155/2017/1568258
13. Hey HWD, Lau ET, Tan KA, Lim JL, Choong D, Lau LL, Liu KG, Wong HK. Lumbar spine alignment in six common postures: An ROM analysis with implications for deformity correction. *Spine (Phila Pa 1976).* 2017;42:1447–1455. DOI: 10.1097/BRS.0000000000002131
  14. Lafage R, Steinberger J, Pesenti S, Assi A, Elysee JC, Iyer S, Lenke LG, Schwab FJ, Kim HJ, Lafage V. Understanding thoracic spine morphology, shape, and proportionality. *Spine (Phila Pa 1976).* 2020;45:149–157. DOI: 10.1097/BRS.0000000000003227
  15. Machino M, Morita D, Ando K, Kobayashi K, Nakashima H, Kanbara S, Ito S, Inoue T, Koshimizu H, Ito K, Kato F, Imagama S. Dynamic changes in longitudinal stretching of the spinal cord in thoracic spine: Focus on the spinal cord occupation rate of dural sac. *Clin Neurol Neurosurg.* 2020;198:106225. DOI: 10.1016/j.clineuro.2020.106225
  16. Zappal M, Lightbourne S, Heneghan NR. The relationship between thoracic kyphosis and age, and normative values across age groups: a systematic review of healthy adults. *J Orthop Surg Res.* 2021;16:447. DOI: 10.1186/s13018-021-02592-2
  17. Афаунов А.А., Чайкин Н.С. Анализ технических вариантов декомпрессивно-стабилизирующих операций при повреждениях нижнегрудного и поясничного отделов позвоночника: систематический обзор литературы. *Хирургия позвоночника.* 2022;19(3):22–37. [Afaunov AA, Chaikin NS. Analysis of technical options for decompression and stabilization surgery for injuries of the lower thoracic and lumbar spine: a systematic review of the literature. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika).* 2022;19(3):22–37. DOI: 10.14531/ss2022.3.22-37 EDN: NLVLNV
  18. Дулаев А.К., Мануковский В.А., Кутянов Д.И. *Позвоночно-спинномозговая травма.* Под ред. проф. В.Е. Парфенова. Санкт-Петербург, 2018. [Dulaev AK, Manukovsky VA, Kutyanov DI. *Spinal Cord Injury.* Ed. by Prof. V.E. Parfyonov. Saint Petersburg, 2018]. DOI: 10.23682/120525 EDN: YTLNGI
  19. Усиков В.Д., Куфтов В.С., Монашенко Д.Н., Долгушин А.А. Математические расчеты по моделированию поврежденного тела позвонка со смежными дисками и сагиттального угла на грудном и поясничном отделах. *Российский нейрохирургический журнал им. А.Л. Поленова.* 2022;14(4):98–110. [Usikov VD, Kuftov VS, Monashenko DN, Dolgushin AA. Mathematical calculations for modeling the damaged vertebral body with adjacent discs and the sagittal angle in the thoracic and lumbar regions. *Russian Neurosurgical Journal named after Professor A.L. Polenov.* 2022;14(4):98–110]. DOI: 10.56618/20712693\_2022\_14\_4\_98 EDN: GVFFZZV
  20. Куфтов В.С., Усиков В.Д. Программа для расчета восстановления исходной анатомии позвоночника: св-во о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2023668665. 2023. Бюл. 9. [Kuftov VS, Usikov VD. Program for calculating the restoration of the original anatomy of the spine: Certificate of state registration of a computer program No. 2023668665. 2023. Bull. 9]. EDN: XHOEBA
  21. Волков А.А., Белосельский Н.Н., Прибытков Ю.Н. Рентгеновская морфометрия межпозвонковых пространств позвоночного столба в норме и при дистрофических изменениях межпозвонковых дисков. *Вестник рентгенологии и радиологии.* 2015;(3):23–30. [Volkov AA, Beloselskiy NN, Pribytkov YuN. Radiographic morphometry of intervertebral spaces of the vertebral column in health and dystrophic changes in the intervertebral disks. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine.* 2015;(3):23–30. DOI: 10.20862/0042-4676-2015-0-3-23-30 EDN: UCBDRV
  22. Kaur K, Singh R, Prasath V, Magu S, Tanwar M. Computed tomographic-based morphometric study of thoracic spine and its relevance to anaesthetic and spinal surgical procedures. *J Clin Orthop Trauma.* 2016;7:101–108. DOI: 10.1016/j.jcot.2015.12.002
  23. Ning L, Song LJ, Fan SW, Zhao X, Chen YL, Li ZZ, Hu ZA. Vertebral heights and ratios are not only race-specific, but also gender- and region-specific: establishment of reference values for mainland Chinese. *Arch Osteoporos.* 2017;12:88. DOI: 10.1007/s11657-017-0383-7
  24. Hipp JA, Grieco TF, Newman P, Reitman CA. Definition of normal vertebral morphometry using NHANES-II radiographs. *JBMR Plus.* 2022;6:e10677. DOI: 10.1002/jbm4.10677
  25. Koller H, Acosta F, Hempfing A, Rohrmüller 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
  26. Химич Ю.В., Томилов А.Б., Реутов А.И. Результаты хирургического лечения пациентов с оскольчатыми проникающими переломами тел нижних грудных и поясничных позвонков. *Хирургия позвоночника.* 2010;(1):13–17. [Khimitch YuV, Tomilov AB, Reutov AI. Outcomes of surgery in patients with comminuted penetrating fractures of lower thoracic and lumbar vertebrae. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika).* 2010;(1):13–17. DOI: 10.14531/ss2010.1.13-17 EDN: LPAQKH
  27. Афаунов А.А., Кузьменко А.В. Транспедикулярная фиксация при повреждениях грудного и поясничного отделов позвоночника, сопровождающихся травматическим стенозом позвоночного канала. *Хирургия позвоночника.* 2011;(4):8–17. [Afaunov AA, Kuzmenko AV. Transpedicular fixation for thoracic and lumbar spine injury with post-traumatic spinal stenosis. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika).* 2011;(4):8–17. DOI: 10.14531/ss2011.4.8-17 EDN: ONTTIB
  28. Hadgaonkar S, Shah K, Khurjekar K, Krishnan V, Shyam A, Sancheti P. A leveraging technique using small parallel rods for open reduction of high-grade thoracolumbar dislocation. *Global Spine J.* 2017;7:302–308. DOI: 10.1177/2192568217699184
  29. Benek HB, Akcaay E, Yilmaz H, Yurt A. Efficiency of distraction and ligamentotaxis in posterior spinal instrumentation of thoracolumbar retropulsed fractures. *Turk Neurosurg.* 2021;31:973–979. DOI: 10.5137/1019-5149.JTN.34860-21.3
  30. Усиков В.Д. Руководство по транспедикулярному остеосинтезу позвоночника. Санкт-Петербург, 2006. [Usikov VD. Transpedicular Spine Osteosynthesis Guideline. Saint Petersburg, 2006]. EDN: QLOEJF
  31. Huang J, Zhou L, Yan Z, Zhou Z, Gou X. Effect of manual reduction and indirect decompression on thoracolumbar burst fracture: a comparison study. *J Orthop Surg Res.* 2020;15:532. DOI: 10.1186/s13018-020-02075-w
  32. Whang PG, Vaccaro AR. Thoracolumbar fracture: posterior instrumentation using distraction and ligamentotaxis reduction. *J Am Acad Orthop Surg.* 2007;15:695–701. DOI: 10.5435/00124635-200711000-00008
  33. Wang XB, Li GH, Li J, Wang B, Lu C, Phan K. Posterior distraction and instrumentation cannot always reduce displaced and rotated posterosuperior fracture fragments in thoracolumbar burst fracture. *Clin Spine Surg.* 2017;30:E317–E322. DOI: 10.1097/BSD.0000000000000192
  34. Валеев Е.К., Валеев И.Е., Шульман И.А., Ахатов А.Ф. Диагностика состояния элементов средней остеолигаментарной колонны позвоночного столба при травме груднопоясничного отдела. *Хирургия позвоночника.* 2015;12(2):16–19. [Valeev EK, Valeev IE, Shulman IA, Akhatov AF. Diagnosis of the condition of osteoligament column elements in thoracolumbar spine injury. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika).* 2015;12(2):16–19. DOI: 10.14531/ss2015.2.16-19 EDN: UAHIGX
  35. Рерих В.В., Борзых К.О. Посттравматическое сужение позвоночного канала и его хирургическое ремоделирование при взрывных переломах грудных и поясничных позвонков. *Хирургия позвоночника.* 2011;(3):15–20. [Rerikh VV, Borzykh KO. Post-traumatic spinal canal narrowing and its surgical remodeling for tho-

- racic and lumbar fractures. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2011;(3):15–20]. DOI: 10.14531/ss2011.3.15-20 EDN: OEFQRD
36. **Луцик А.А., Бондаренко Г.Ю., Булгаков В.Н., Епифанцев А.Г.** Передние декомпрессивно-стабилизирующие операции при осложненной травме грудного и груднопоясничного отделов. *Хирургия позвоночника*. 2012;(3):8–16. [Lutsik AA, Bondarenko GYu, Bulgakov VN, Yepifantsev AG. Anterior decompressive and stabilizing surgery for complicated thoracic and thoracolumbar spinal injuries. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2012;(3):8–16]. DOI: 10.14531/ss2012.3.8-16 EDN: PCCSZH
  37. **Rezvani M, Asadi J, Sourani A, Foroughi M, Tehrani DS.** In-fracture pedicular screw placement during ligamentotaxis following traumatic spine injuries, a randomized clinical trial on outcomes. *Korean J Neurotrauma*. 2023;19:90–102. DOI: 10.13004/kjnt.2023.19.e9
  38. **Dobran M, Nasi D, Brunozzi D, di Somma L, Gladi M, Iacoangeli M, Scerrati M.** Treatment of unstable thoracolumbar junction fractures: short-segment pedicle fixation with inclusion of the fracture level versus long-segment instrumentation. *Acta Neurochir (Wien)*. 2016;158:1883–1889. DOI: 10.1007/s00701-016-2907-0
  39. **Kapoen C, Liu Y, Bloemers FW, Deunk J.** Pedicle screw fixation of thoracolumbar fractures: conventional short segment versus short segment with intermediate screws at the fracture level - a systematic review and meta-analysis. *Eur Spine J*. 2020;29:2491–2504. DOI: 10.1007/s00586-020-06479-4
  40. **Gómez-Vega JC, Vergara Lago MF.** Open reduction of thoraco-lumbar fractures and sagittal balance correction using Schanz screws. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol (Engl Ed)*. 2021;65:229–236. In English, Spanish. DOI: 10.1016/j.recot.2020.07.009
  41. **Zhang G, Li P, Qi C, Wang P, Wang J, Duan Y.** [The effect of the sequence of intermediate instrumentation and distraction-reduction of the fractured vertebrae on the surgical treatment of mild to moderate thoracolumbar burst fractures]. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi*. 2022;36:600–608. In Chinese. DOI: 10.7507/1002-1892.202112047
  42. **Kose KC, Inanmaz ME, Isik C, Basar H, Caliskan I, Bal E.** Short segment pedicle screw instrumentation with an index level screw and cantilevered hyperlordotic reduction in the treatment of type-A fractures of the thoracolumbar spine. *Bone Joint J*. 2014;96-B:541–547. DOI: 10.1302/0301-620X.96B4.33249
  43. **Леонова О.Н., Байков Е.С., Пелеганчук А.В., Крутько А.В.** Плотность костной ткани позвонков в единицах Хаунсфилда как предиктор несостоятельности межтелового блока и проседания имплантата при крутовом поясничном спондилодезе. *Хирургия позвоночника*. 2022;19(3):57–65. [Leonova ON, Baikov ES, Pelaganchuk AV, Krutko AV. Vertebral bone density in Hounsfield units as a predictor of interbody non-union and implant subsidence in lumbar circumferential fusion. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2022;19(3):57–65]. DOI: 10.14531/ss2022.3.57-65 EDN: GZQCAU
  44. **Рерих В.В., Садовой М.А., Рахматиллаев Ш.Н.** Остеопластика в системе лечения переломов тел грудных и поясничных позвонков. *Хирургия позвоночника*. 2009;(2):25–34. [Rerikh VV, Sadovoy MA, Rakhmatillaev ShN. Application of osteoplasty for complex treatment of the thoracic and lumbar vertebrae fractures. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2009;(2):25–34]. DOI: 10.14531/ss2009.2.25-34 EDN: KTYEYD
  45. **Аганесов А.Г.** Хирургическое лечение осложненной травмы позвоночника – прошлое и настоящее. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2013;(1):5–12. [Aganesev AG. The future and the past of surgery for the complicated spine trauma. *Pirogov Russian Journal of Surgery*. 2013;(1):5–12]. EDN: PWYZIP
  46. **Афаунов А.А., Кузьменко А.В., Басанкин И.В.** Дифференцированный подход к лечению пациентов с переломами тел нижнегрудных и поясничных позвонков с травматическими стенозами позвоночного канала. *Хирургия позвоночника*. 2016;13(2):8–17. [Afaunov AA, Kuzmenko AV, Basankin IV. Differentiated approach to the treatment of patients with fractures of lower thoracic and lumbar vertebral bodies and traumatic spinal stenosis. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2016;13(2):8–17]. DOI: 10.14531/ss2016.2.8-17 EDN: VVXRQB
  47. **Богомолова Н.В., Шульга А.Е., Зарецков В.В., Смолькин А.А., Норкин И.А.** Особенности репаративного остеогенеза поврежденных тел грудных и поясничных позвонков в различные сроки после травмы. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2016;23(4):44–49. [Bogomolova NV, Shul'ga AE, Zaretskov VV, Smol'kin AA, Norkin IA. Peculiarities of reparative osteogenesis of injured thoracic and lumbar vertebral bodies at different terms after trauma. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2016;23(4):44–49]. DOI: 10.17816/vto201623444-49 EDN: YGKMWZ
  48. **Усиков В.Д., Куфтов В.С., Монашенко Д.Н.** Ретроспективный анализ восстановления анатомии поврежденного позвоночно-двигательного сегмента в грудном и поясничном отделах транспедикулярным репозиционным устройством. *Хирургия позвоночника*. 2022;19(3):38–48. [Usikov VD, Kuftov VS, Monashenko DN. Retrospective analysis of restoration of the anatomy of the damaged thoracic and lumbar spinal motion segment using transpedicular repositioning device. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2022;19(3):38–48]. DOI: 10.14531/ss2022.3.38-48 EDN: PRTYGG

#### Адрес для переписки:

Куфтов Владимир Сергеевич  
241035, Россия, Брянск, ул. Камозина, 11,  
Брянская городская больница № 1,  
kuftov@mail.ru

#### Address correspondence to:

Kuftov Vladimir Sergeyevich  
Bryansk City Hospital No. 1,  
11 Kamozina str., Bryansk, 241035, Russia,  
kuftov@mail.ru

Статья поступила в редакцию 05.05.2025

Рецензирование пройдено 18.09.2025

Подписано в печать 05.11.2025

Received 05.05.2025

Review completed 18.09.2025

Passed for printing 05.11.2025

*Владимир Сергеевич Куфтов, врач-нейрохирург, канд. мед. наук, Брянская городская больница № 1, Россия, 241035, Брянск, ул. Камозина, 11, eLibrary SPIN: 1558-5875, ORCID: 0000-0002-0548-8944, kuftov@mail.ru;*

*Владимир Дмитриевич Усиков, старший научный сотрудник отделения нейрохирургии с костной онкологией, д-р мед. наук, проф., Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена, Россия, 195427, Санкт-Петербург, ул. Байкова, 8, eLibrary SPIN: 3499-8679, ORCID: 0000-0001-7350-6772, usikov@list.ru.*

*Vladimir Sergeyevich Kuftov, MD, PhD, neurosurgeon, Bryansk City Hospital No. 1, 11 Kamozina str., Bryansk, 241035, Russia, eLibrary SPIN: 1558-5875, ORCID: 0000-0002-0548-8944, kuftov@mail.ru;*

*Vladimir Dmitryevich Usikov, DMSc, Prof., senior researcher at the Department of Neurosurgery with Bone Oncology, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. R.R. Vreden, 8 Baykova str., Saint Petersburg, 195427, Russia, eLibrary SPIN: 3499-8679, ORCID: 0000-0001-7350-6772, usikov@list.ru.*