

## Результаты применения промежуточных транспедикулярных винтов при повреждениях переходного грудопоясничного отдела позвоночника

С.В. Лихачев, В.В. Зарецков, В.Б. Арсениевич, В.В. Островский, А.Е. Шульга, А.В. Зарецков

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Саратовский государственный медицинский университет имени В.И. Разумовского»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Саратов, Россия

## Outcomes with fracture-level transpedicular screws used for thoracolumbar junction fractures

S.V. Likhachev, V.V. Zaretskov, V.B. Arsenievich, V.V. Ostrovskij, A.E. Shulga, A.V. Zaretskov

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

**Введение.** В настоящее время одним из основных методов спондилосинтеза при оскольчатых переломах грудопоясничной локализации является короткосегментарная транспедикулярная фиксация. При этом возможно применение промежуточных транспедикулярных винтов, вводимых дополнительно в поврежденный позвонок. Целесообразность использования этой методики дискутабельна. **Цель.** Сравнительный анализ результатов применения транспедикулярной фиксации, дополненной промежуточными винтами, и стандартной методики транспедикулярного спондилосинтеза у пациентов с изолированными неосложненными повреждениями переходного грудопоясничного отдела позвоночника. **Материалы и методы.** Ретроспективно изучены результаты хирургического лечения 62 пациентов с оскольчатыми (тип A3 и A4 по AOSpine) переломами Th11-L2 позвонков. Группу 1 (n = 30) составили пациенты, оперированные с использованием стандартной транспедикулярной фиксации. Вторую группу (n = 32) составили пациенты, прооперированные с использованием промежуточных винтов, дополняющих короткосегментарную транспедикулярную систему. Регистрировали антропометрические данные пациентов, продолжительность операции и объем кровопотери. Клинические (интенсивность боли с использованием визуально-аналоговой шкалы (ВАШ), качество жизни по опроснику ODI) и рентгенологические (сегментарная кифотическая деформация, потеря ее коррекции в послеоперационном периоде, высота передней колонны поврежденного позвонка (ВПКПП), дефицит просвета позвоночного канала (ДППК)) параметры оценивали до операции, а также через неделю, 1, 6 и 12 месяцев после вмешательства. **Результаты.** В предоперационном периоде по полу, возрасту, росту, весу, интенсивности болевого синдрома, ODI, выраженности кифотической деформации, ВПКПП и ДППК группы пациентов статистически значимо не различались ( $p > 0,05$ ). Применение промежуточных транспедикулярных винтов не повлияло на продолжительность вмешательства и интраоперационную кровопотерю по сравнению со стандартной методикой. Преимущества использования промежуточных транспедикулярных винтов проявились при послеоперационном (7 дней,  $p < 0,01$ ) контроле ДППК и через 6 ( $p < 0,01$ ) и 12 ( $p < 0,01$ ) месяцев в отношении коррекции посттравматического сегментарного кифоза. Отмечена меньшая потеря коррекции кифотической деформации ( $p < 0,01$ ) и лучшее сохранение реклинации тела поврежденного позвонка (ВПКПП,  $p = 0,034$  через 12 месяцев после операции). **Заключение.** «Армирование» поврежденного позвонка промежуточными винтами обеспечивает более стабильные клинические и рентгенологические результаты по сравнению со стандартной транспедикулярной фиксацией.

**Ключевые слова:** переходный грудопоясничный отдел, оскольчатые переломы позвонков, транспедикулярная фиксация, промежуточные транспедикулярные винты

**Background** Short-segment transpedicular screw fixation (SSTS) is the preferred treatment option for thoracolumbar burst fractures. Adding screws in the fractured body may be helpful in achieving and maintaining fracture reduction. However, the operative approach is disputed. **Objective** To compare clinical outcomes of transpedicular fixation with and without screws in the fractured vertebral body after isolated uncomplicated fractures at the thoracolumbar junction. **Material and methods** A retrospective cohort study enrolled 62 patients with Th11-L2 thoracolumbar burst fractures (AOSpine A3, A4) who underwent SSTS with (n = 32) and without (n = 30) pedicle screws at the fracture level. Demographic data of the patients, operating time and blood loss were registered. Clinical evaluation using Visual analogue scale (VAS) for pain, Oswestry Disability Index (ODI) to quantify disability and imaging parameters of segmental kyphosis, loss of correction, anterior vertebral body height (AVBH) at the fracture level, spinal canal stenosis (SCS) were measured preoperatively, at one week, 1 month, 6 and 12 months postoperatively. **Results** The patients of the two groups showed no statistically significant differences in the demographic data, VAS and ODI scores, measurements of kyphotic angle, AVBH, SCS preoperatively ( $p > 0.05$ ). Screws at the fracture level did not affect the operating time and intraoperative blood loss relative to conventional no-screw group. Benefits with fracture screws were evident at 7 days ( $p < 0.01$ ) measuring SCS, at 6 months ( $p < 0.01$ ) and 12 ( $p < 0.01$ ) months measuring kyphotic angle. There was better kyphosis correction ( $p < 0.01$ ) and AVBH ( $p = 0.034$ ) seen at 12 months after surgery. **Conclusion** Reinforcement of a broken vertebra with fracture-level screws has been shown to provide better stability of clinical and radiographic results as compared to those with conventional SSTS.

**Keywords:** thoracolumbar junction, burst fracture, transpedicular fixation, fracture-level transpedicular screws

### ВВЕДЕНИЕ

Наиболее распространенной локализацией повреждений позвоночника является переходный грудопоясничный отдел (Th11-L2), расположенный между относительно ригидным грудным и мобильным поясничным [1]. При оскольчатых переломах позвонков (A3, A4 по AOSpine) этой локализации в основном используется хирургическое лечение. Задачами опера-

ции при подобных повреждениях являются восстановление стабильности позвоночного столба, коррекция и предотвращение развития рецидива его деформации, декомпрессия содержимого позвоночного канала и обеспечение ранней мобилизации пациента [2]. Среди прочих методик приоритетной является транспедикулярная короткосегментарная фиксация, позволяющая

Результаты применения промежуточных транспедикулярных винтов при повреждениях переходного грудопоясничного отдела позвоночника / С.В. Лихачев, В.В. Зарецков, В.Б. Арсениевич, В.В. Островский, А.Е. Шульга, А.В. Зарецков // Гений ортопедии. 2020. Т. 26, № 4. С. 548-554. DOI 10.18019/1028-4427-2020-26-4-548-554

Likhachev S.V., Zaretskov V.V., Arsenievich V.B., Ostrovskij V.V., Shulga A.E., Zaretskov A.V. Outcomes with fracture-level transpedicular screws used for thoracolumbar junction fractures. *Genij Ortopedii*, 2020, vol. 26, no 4, pp. 548-554. DOI 10.18019/1028-4427-2020-26-4-548-554

стабилизировать все три опорные колонны позвоночного столба. Ее популярность в клинической практике обусловлена, в какой-то мере, технической простотой, малой травматичностью и малым объемом кровопотери [3]. В качестве альтернативы стандартной методике транспедикулярной фиксации используется полисегментарная фиксация, одномоментный циркулярный спондилосинтез и вмешательства, выполняемые из переднего доступа [4–7]. Короткосегментарная фиксация, разумеется, не лишена недостатков. В литературе чаще других приводятся следующие: нестабильность металлоконструкции, потеря коррекции в отдаленном послеоперационном периоде, рецидив дефицита просвета позвоночного канала, неврологического дефицита и болевого синдрома [8–11]. Повысить эффективность короткосегментарного инструментария ряд авторов предлагает за счет применения дополнительных промежуточных винтов (intermediate screw – в ан-

глоязычной литературе), устанавливаемых в поврежденный позвонок [12]. Это увеличивает стабильность передней опорной колонны позвоночника на уровне повреждения за счет дополнительного «армирования» винтами. Также уменьшаются усталостные напряжения в металлоконструкции в результате использования дополнительного количества точек фиксации в пределах транспедикулярной системы [13]. В настоящее время решение о целесообразности применения промежуточных винтов принимается в зависимости от предпочтений хирурга.

**Целью исследования** является сравнительный анализ результатов применения короткосегментарной транспедикулярной фиксации, дополненной промежуточными винтами, и стандартной методики транспедикулярного спондилосинтеза у пациентов с изолированными оскольчатыми переломами переходного грудопоясничного отдела позвоночника.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Ретроспективно проанализированы результаты хирургического лечения 78 пациентов с повреждениями переходного грудопоясничного отдела позвоночника (Th11–L2), прооперированных в институте в период с января 2016 г. по декабрь 2018 г. Критериями включения пациентов в текущее исследование являлись неосложненное изолированное повреждение позвонка переходного грудопоясничного отдела типа A3NOM1 и A4NOM1 (по AO Spine [14]), использование короткосегментарной транспедикулярной фиксации, длительность наблюдения пациента не менее 1 года. Критериями исключения послужили применение циркулярного спондилосинтеза, полисегментарных транспедикулярных конструкций, наличие неврологического дефицита, инфекционные осложнения операции, остеопороз.

После проверки пациентов на соответствие критериям включения и исключения в исследование были включены 62 больных. В зависимости от типа операции они разделены на 2 группы. Первую группу (n = 30) составили пациенты, оперированные с использованием 4-х винтовой билатеральной транспедикулярной фиксации. Вторая группа пациентов (n = 32) отличалась дополнительным билатеральным введением промежуточных винтов в поврежденный позвонок (6-ти винтовая). Клинические и рентгенологические параметры оценивали до операции, а также через неделю, 1, 6 и 12 месяцев после вмешательства. Исходная характеристика групп пациентов представлена в таблице 1.

Таблица 1

Общая характеристика групп пациентов

| Характеристика      |          | Тип операции                        |       |                              |       |
|---------------------|----------|-------------------------------------|-------|------------------------------|-------|
|                     |          | Стандартная короткосегментарная ТПФ |       | ТПФ с промежуточными винтами |       |
|                     |          | частота                             | %     | частота                      | %     |
| Пол                 |          |                                     |       |                              |       |
| мужской             | валидные | 21                                  | 70,0  | 22                           | 68,8  |
| женский             |          | 9                                   | 30,0  | 10                           | 31,3  |
| Всего               |          | 30                                  | 100,0 | 32                           | 100,0 |
| Уровень повреждения |          |                                     |       |                              |       |
| Th11                | валидные | 3                                   | 10,0  | 3                            | 9,4   |
| Th12                |          | 7                                   | 23,3  | 9                            | 28,1  |
| L1                  |          | 15                                  | 50,0  | 14                           | 43,8  |
| L2                  |          | 5                                   | 16,7  | 6                            | 18,8  |
| Всего               |          | 30                                  | 100,0 | 32                           | 100,0 |
| Тип повреждения     |          |                                     |       |                              |       |
| A3                  | валидные | 20                                  | 66,7  | 21                           | 65,6  |
| A4                  |          | 10                                  | 33,3  | 11                           | 34,4  |
| Всего               |          | 30                                  | 100,0 | 32                           | 100,0 |
| Возраст             |          |                                     |       |                              |       |
| процентили          | 25       | 25,0000                             |       | 25,0000                      |       |
|                     | 50       | 31,5000                             |       | 29,0000                      |       |
|                     | 75       | 43,0000                             |       | 46,7500                      |       |
| Вес, кг             |          |                                     |       |                              |       |
| процентили          | 25       | 62,750                              |       | 64,000                       |       |
|                     | 50       | 71,000                              |       | 72,000                       |       |
|                     | 75       | 80,750                              |       | 79,750                       |       |

**Особенности хирургических вмешательств.** Операции проводились под общей анестезией (ИВЛ + ТВА). Положение пациента лежа на животе, с валиками под грудную клетку и таз. Осуществлялся стандартный срединный доступ к задним структурам поврежденного и смежных с ним позвонков. В обеих группах выполнялась билатеральная транспедикулярная установка винтов в смежные с поврежденным телом позвонков. Отличием операций, выполняемых пациентам группы 2, являлось билатеральное введение промежуточных винтов в тело поврежденного позвонка. Винты соединяли стержнями, проводили ремоделирование тела поврежденного позвонка за счет дистрагирующего усилия, после чего завершали монтаж системы. Во всех случаях использовали винты длиной 40 или 45 мм и диаметром 6,5 мм. Диаметр стержней конструкции – 5,5 мм. У всех пациентов применяли имплантаты одного производителя. Все операции выполнялись одной хирургической бригадой.

**Клинические и инструментальные исследования.** Анкетирование пациентов с использованием десятибалльной визуально-аналоговой шкалы (ВАШ-10) и шкалы Освестри для оценки степени нарушения жизнедеятельности, обусловленного патологией позвоночника (ODI), проводилось накануне операции, через 1 неделю, 1, 6 и 12 месяцев после операции. Для оценки эффективности использования промежуточных транспедикулярных винтов до и после операции по данным рентгенографии измеряли сегментарную кифотическую деформацию по Cobb. Выраженность деформации поврежденного

позвонка оценивали, измеряя высоту передней колонны поврежденного позвонка (ВПКПП, мм). Линейные и угловые параметры исследовали с использованием программы Surgimap (Spine Software, version 2.2.15.1). Дефицит просвета позвоночного канала (ДППК, %) определяли, оценивая его площадь относительно нормы по аксиальным сканам КТ на уровне максимально выраженной ретропульсии костных отломков; эффективность декомпрессии определяли также по данным КТ через 7 дней после операции.

**Статистический анализ.** Статистический анализ клинического материала проводили с использованием программного продукта Microsoft Excel 13 и Statistica 6.0 с пакетом прикладных программ. Проверка на нормальность распределения проводилась с применением критерия Колмагорова-Смирнова и Шапиро-Уилка. Распределение большинства количественных признаков не было нормальным, поэтому для описания использовали медиану, 25-й и 75-й процентиля. При анализе – методы непараметрической статистики U-критерий Манна-Уитни (двухсторонний тест) и критерий Краскала-Уоллиса. Для сравнения групп по качественным признакам рассчитывали критерий  $\chi^2$  Пирсона (при числе наблюдений в ячейках таблицы менее 5 использовали точный критерий Фишера, двухсторонний тест). Для оценки выраженности кифотической деформации в различные периоды после операции применяли критерий знаковых рангов Уилкоксона. Для всех используемых методов статистически значимым считали значение  $p$  менее 0,05.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Медиана возраста пациентов 1 группы 31,5 (25–43) год, соотношение пациентов мужского и женского пола 21:9; медиана возраста пациентов 2 группы 29 (25–46,7) лет, соотношение мужчины/женщины – 22/10 (табл. 1). Статистически значимых различий по возрастному и половому составу в группах пациентов 1 и 2 не выявлено ( $p = 0,782$  и  $p = 0,915$  соответственно).

Средний вес больных 1 группы составил 71 (62,7–80,7) кг, 2 группы – 72 (64–79,7) кг. Статистически значимых различий между группами по этому параметру также не выявлено ( $p = 0,832$ ). Распределение переломов позвонков по уровню в 1/2 группах пациентов следующее: Th11: 3/3, Th12: 7/9, L1: 15/14, L2: 5/6. По типам повреждения в группах распределение представлено таким образом: A3: 20/21, A4 10/11. Группы сопоставимы по распределению уровней повреждения и морфологии переломов ( $p = 0,311$  и  $p = 0,931$  соответственно). Пациенты обеих групп были прооперированы через 7 (4–8) дней после травмы. Обстоятельства травмы в обеих группах представлены кататравмой 12/11 и ДТП 18/21.

Продолжительность операции в 1 и 2 группах не различалась и составила в среднем 60 (50–70) минут. Средние значения интраоперационной кровопотери в обеих группах пациентов сопоставимы (150 (100–170) мл). Ранних осложнений вмешательства не зарегистрировано. Продолжительность госпитализации в среднем составила в обеих группах 6 (5–7) дней.

Интенсивность болевого синдрома до операции в 1 и 2 группах 7 (7–8) баллов по ВАШ. На всех этапах анкетирования отмечается антальгический эффект после хирур-

гического вмешательства. Через 7 дней, 1 и 12 месяцев после операции различий в динамике регресса болевого синдрома не выявлено. Статистически значимые различия между группами пациентов по этому параметру зарегистрированы только через 6 месяцев после вмешательства (1 группа – 2 (2–3), 2 группа 1 (1–2) балл,  $p = 0,043$ ). Качество жизни по опроснику ODI также прогрессивно улучшалось в обеих группах пациентов, при этом статистически значимые различия в пользу 2 группы больных отмечены при анкетировании через 6 и 12 месяцев после операции ( $p < 0,01$ ). Динамика изменений ВАШ и ODI отражена на рисунках 1 и 2.

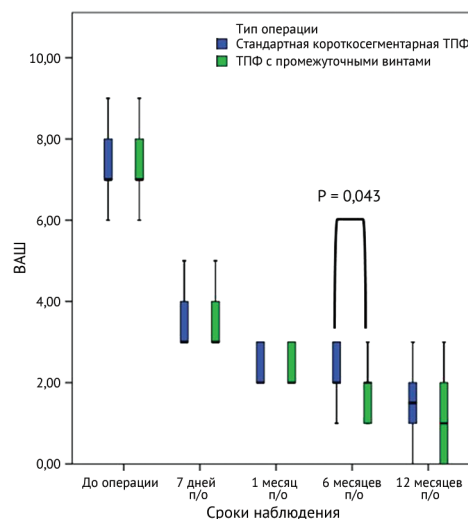


Рис. 1. Динамика изменений вертеброгенного болевого синдрома

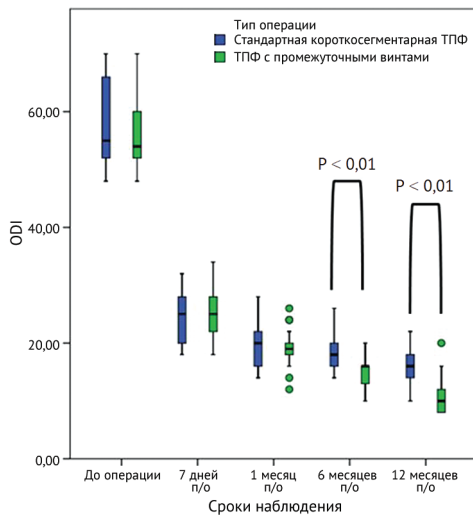


Рис. 2. Динамика изменений качества жизни

При анализе результатов интроскопических методов исследования выявлены следующие преимущества транспедикулярной фиксации, дополненной промежуточными винтами. Изначально сегментарная кифотическая деформация, не различавшаяся статистически до вмешательства ( $p = 0,881$ ) и составлявшая у пациентов 1 группы  $14,5^\circ$  ( $12^\circ-19^\circ$ ), а 2 группы  $15^\circ$  ( $12^\circ-19^\circ$ ), успешно корригировалась вне зависимости от компоновки фиксирующей системы ( $5^\circ$  ( $3^\circ-5^\circ$ ) у больных 1 и 2 групп через 7 дней п/о). Величина достигнутой коррекции в обеих группах равноудержанно ( $p = 0,698$ ) снижалась в течение первого месяца после вмешательства и составила  $5^\circ$  ( $4^\circ-5^\circ$ ) и  $5^\circ$  ( $3^\circ-6^\circ$ ) в 1 и 2 группах соответственно. В дальнейшем (6 и 12 месяцев п/о) кифотическая деформация более выражено нарастала у больных, прооперированных с использованием стандартной транспедикулярной фиксации (1 группа). Через 12 месяцев сегментарная кифотическая деформация в этой группе составила  $8^\circ$  ( $6^\circ-10^\circ$ ) при потере коррекции  $3,5^\circ$  ( $1^\circ-6^\circ$ ) против кифоза  $5^\circ$  ( $5^\circ-6^\circ$ ) при потере коррекции  $1^\circ$  ( $0^\circ-2^\circ$ ) у больных группы 2 ( $p < 0,01$ ).

Динамика изменений сегментарной кифотической деформации и потеря коррекции в группах пациентов представлены на рисунках 3 и 4.

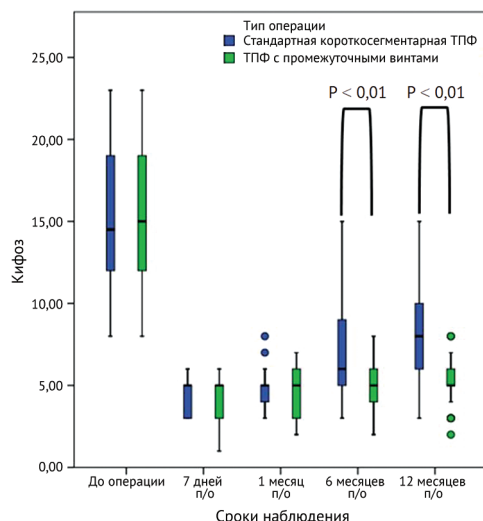


Рис. 3. Динамика изменений сегментарной кифотической деформации

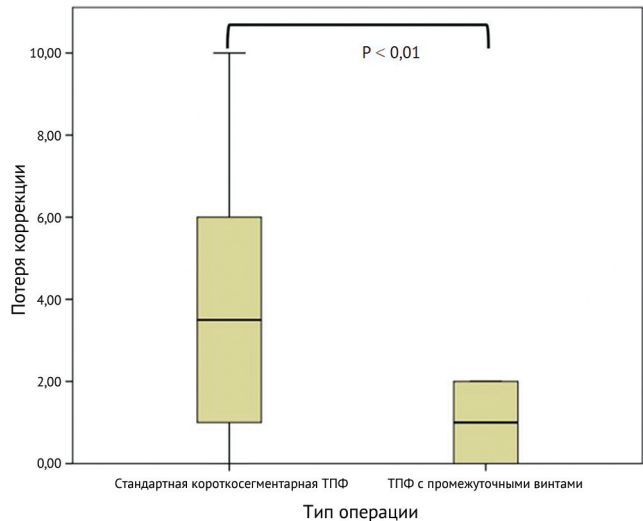


Рис. 4. Потеря коррекции на протяжении 12 месяцев после операции

Не различаясь значимо в дооперационном периоде (1 группа –  $19$  ( $14,7-21$  мм) и 2 группа –  $19$  ( $14,2-21$  мм)) и достигая сходных показателей у пациентов обеих групп после хирургической коррекции (7 дней после вмешательства у больных 1 группы  $27$  ( $24-29$  мм), 2 группы –  $27$  ( $23-30$  мм)), ВПКПП в 1 группе пациентов прогрессивно снижалась, достигая к 12 месяцам после операции статистически значимых ( $p = 0,034$ ) различий с показателями больных 2 группы (1 группа  $24$  ( $20-26$  мм), 2 группа  $27$  ( $22-29,5$  мм)). Таким образом, достигнутая за счет короткосегментарных транспедикулярных систем реклинация передней колонны компримированного позвонка лучше сохраняется при использовании конструкции, дополненной промежуточными винтами. На рисунке 5 демонстрируется динамика изменений ВПКПП.

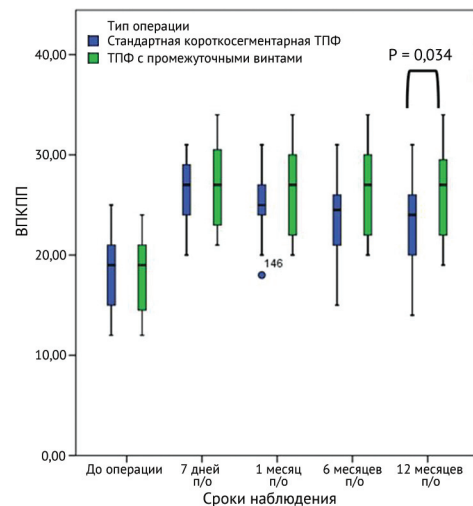


Рис. 5. Динамика изменений высоты передней колонны поврежденного позвонка

Проанализировав результаты непрямо́й декомпрессии содержимого позвоночного канала (рис. 6), выявили статистически значимое преимущество применения фиксирующей системы, дополненной промежуточными винтами. Так, ДППК до операции в 1 и 2 группах составлял  $37$  ( $29,5-43,2$ ) % и  $34,5$  ( $20,5-42$ ) %. При этом через 7 дней после вмешательства применение промежуточных винтов позволило снизить значения ДППК до  $15$  ( $8-20$ ) % против  $20$  ( $15-30$ ) % при использовании стандартной короткосегментарной фиксации ( $p < 0,01$ ).

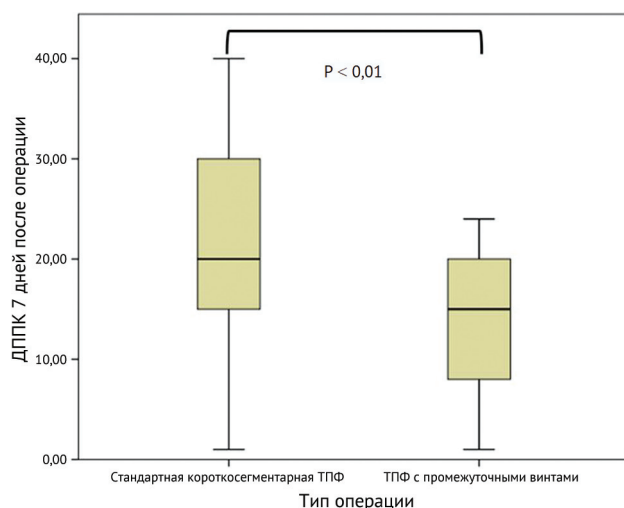


Рис. 6. Результаты декомпрессии содержимого позвоночного канала

## ДИСКУССИЯ

В настоящее время вопрос выбора оптимальной тактики хирургического лечения пациентов с переломами груднопоясничной локализации актуален и дискуссионен. В литературе нет исследований высокой степени доказательности, посвященных выбору оптимального хирургического доступа или способа металлоспондилосинтеза. По причине простоты выполнения вмешательства и относительно низкой частоты осложнений в лечении пациентов с тораколюмбальной травмой распространена методика короткосегментарной транспедикулярной фиксации [15–20]. Однако ряд авторов сообщает о высоком риске развития несостоятельности такого спондилосинтеза ввиду «разрушения» металлоконструкции или ее миграции [19, 21, 22]. При этом, зачастую, рентгенологические признаки несостоятельности не сопровождаются клиническим ухудшением состояния больного. Также в литературе встречаются сообщения об использовании дополнительных промежуточных винтов, билатерально вводимых в поврежденный позвонок [23–25]. Некоторые авторы приводят обнадеживающие результаты использования данной технологии [26]. По стабильности она превосходит стандартную короткосегментарную фиксацию за счет использования большего числа опорных элементов и дополнительного «армирования» передней опорной колонны позвоночного столба. При этом негативное влияние ее на биомеханику позвоночного столба меньше, чем при полисегментарной фиксации. В отечественной литературе имеются единичные упоминания применения данной технологии [27, 28]. Исследования, посвященные изучению рентгенологических и клинических результатов применения промежуточных винтов, в доступной литературе встречаются достаточно редко [29]. Таким образом, продолжение исследований в этом направлении актуально.

В представленной статье статистически значимых различий между демографическими показателями пациентов обеих групп не выявлено. Также стати-

стически значимых различий не выявлено и в объеме кровопотери, продолжительности вмешательства, дооперационных и в ранних послеоперационных значениях выраженности болевого синдрома (ВАШ) и качества жизни (ODI). Спондилометрические параметры, определяемые по предоперационным рентгенограммам и рентгенограммам, выполненным через неделю и месяц после вмешательства, сопоставимы в обеих группах пациентов. Различия значений сегментарной кифотической деформации, высоты передней опорной колонны поврежденного позвонка и выраженности компрессии позвонка, значимые статистически, регистрируются только через 6 и 12 месяцев после операции. Во второй группе пациентов отмечается меньшая потеря коррекции, чем в первой. Также уменьшение дефицита просвета позвоночного канала более выражено в группе 2. Таким образом, использование промежуточных винтов позволяет снизить потерю в отдаленном послеоперационном периоде достигнутой коррекции сегментарной кифотической деформации и реклинации тела позвонка, а также улучшить результаты не прямой декомпрессии позвоночного канала.

Полученные результаты использования стандартной короткосегментарной транспедикулярной фиксации соотносятся с доступными литературными данными [4, 12, 30], а преимущества применения промежуточных винтов, выявленные при клиническом и рентгенометрическом исследовании, подтверждают данные известных публикаций, в том числе основанных на эксперименте *in vitro* или компьютерном моделировании [12, 31].

Исследование имеет ограничения. Они связаны с ретроспективным характером исследования, небольшим количеством пациентов, а также с малым сроком наблюдения (1 год). Увеличение количества больных и длительности наблюдения позволит оценить эффективность использования промежуточных винтов более корректно в дальнейшем.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Короткосегментарная транспедикулярная фиксация, дополненная промежуточными винтами, обеспечивает лучшую сохранность интраоперационной коррекции кифотической деформации и реклинации тела позвонка. Более эффективная не прямая декомпрессия

содержимого позвоночного канала достигается также при использовании промежуточной фиксации. Для более полноценного исследования эффективности данной методики оправдано проведение дальнейших проспективных клинических исследований.

**Конфликт интересов.** Работа выполнена в рамках государственного задания НИИТОН ФГБОУ ВО Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского Минздрава России «Разработка технологии хирургической реконструкции при нестабильных повреждениях грудного отдела позвоночника на основе биомеханического моделирования», регистрационный номер АААА-А18-118020290179-0.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Thoracolumbar Injury Classification and Injury Severity Score System: A Literature Review of Its Safety / A.F. Joaquim, D.C. de Almeida Bastos, H.N. Jorge Torres, A.A. Patel // *Global Spine J.* 2016. Vol. 6, No 1. P. 80-85. DOI: 10.1055/s-0035-1554775
2. 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/ss2018.4.52-69
3. Дренирование послеоперационных ран в хирургии позвоночника / А.В. Губин, О.Г. Прудникова, А.В. Бурцев, М.В. Хомченков, А.О. Котельников // *Гений ортопедии*. 2017. Т. 23, № 2. С. 180-186. DOI:10.18019/1028-4427-2017-23-2-180-186
4. Short versus long-segment posterior fixation in the treatment of thoracolumbar junction fractures: a comparison of outcomes / M. Waqar, D. Van Popta, D.G. Barone, M. Bhojak, R. Pillay, Z. Sarsam // *Br. J. Neurosurg.* 2017. Vol. 31, No 1. P. 54-57. DOI: 10.1080/02688697.2016.1206185
5. Temporary short-segment pedicle screw fixation for thoracolumbar burst fractures: comparative study with or without vertebroplasty / H. Aono, K. Ishii, H. Tobimatsu, Y. Nagamoto, S. Takenaka, M. Furuya, H. Chiaki, M. Iwasaki // *Spine J.* 2017. Vol. 17, No 8. P. 1113-1119. DOI: 10.1016/j.spinee.2017.03.022
6. Comparison of combined posterior and anterior spondylodesis versus hybrid stabilization in unstable burst fractures at the thoracolumbar spine in patients between 60 and 70 years of age / U.J. Spiegel, B.M. Devitt, I. Kasivskiy, J.S. Jarvers, C. Josten, C.E. Heyde, H.M. Fakler // *Arch. Orthop. Trauma Surg.* 2018. Vol. 138, No 10. P. 1407-1414. DOI: 10.1007/s00402-018-2993-y
7. Двухлетние результаты хирургического лечения переломов позвоночника с применением углеродных имплантатов (мультицентровое исследование) / С.В. Колесов, Д.А. Колбовский, В.В. Швец, В.В. Рерих, А.В. Вишневский, Н.С. Морозова, И.В. Скорина, Д.С. Горбачук // *Гений ортопедии*. 2019. Т. 25, № 3. С. 360-367. DOI: 10.18019/1028-4427-2019-25-3-360-367
8. Contemporary views on the pathogenesis of trauma of the spinal cord and peripheral nerve trunks / A.E. Shul'ga, I.A. Norkin, V.G. Ninel', D.M. Puchin'yan, V.V. Zaretskov, G.A. Korshunova, V.V. Ostrovskii, A.A. Smol'kin // *Neuroscience and Behavioral Physiology*. 2015. Vol. 45, No 7. P. 811-819. DOI: 10.1007/s11055-015-0148-y
9. Застарелое повреждение переходного грудного отдела позвоночника / В.В. Зарецков, В.Б. Арсениевич, С.В. Лихачев, А.Е. Шульга, С.В. Степухович, Н.В. Богомолова // *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста*. 2016. Т. 4, № 2. С. 61-66. DOI: 10.17816/PTORS4261-66
10. Томилов А.Б., Кузнецова Н.Л. Ортопедическая коррекция посттравматических деформаций позвоночника // *Гений ортопедии*. 2012. № 1. С. 60-63.
11. Дудаев А.К., Хан И.Ш., Дупаева Н.М. Причины неудовлетворительных анатомо-функциональных результатов лечения больных с переломами грудного и поясничного отделов позвоночника // *Хирургия позвоночника*. 2009. № 2. С. 17-24.
12. Extent and location of fixation affects the biomechanical stability of short- or long-segment pedicle screw technique with screwing of fractured vertebra for the treatment of thoracolumbar burst fractures: An observational study using finite element analysis / H. Wang, Z. Mo, J. Han, J. Liu, C. Li, Y. Zhou, L. Xiang, L. Yang // *Medicine (Baltimore)*. 2018. Vol. 97, No 26. P. e11244. DOI: 10.1097/MD.00000000000011244
13. 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 Conference Proceedings*. 2018. Vol. 1959, issue 1. Id. 090002. P. 90-102. DOI: 10.1063/1.5034741
14. AOSpine thoracolumbar spine injury classification system: fracture description, neurological status, and key modifiers / A.R. Vaccaro, C. Oner, C.K. Kepler, M. Dvorak, K. Schnake, C. Bellabarba, M. Reinhold, B. Aarabi, F. Kandziora, J. Chapman, R. Shanmuganathan, M. Fehlings, L. Vialle; AOSpine Spinal Cord Injury & Trauma Knowledge Forum // *Spine (Phila. Pa. 1976)*. 2013. Vol. 38, No 23. P. 2028-2037. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3182a8a381
15. Incomplete burst fractures of the thoracolumbar spine: a review of literature / U.J. Spiegel, C. Josten, B.M. Devitt, C.E. Heyde // *Eur. Spine J.* 2017. Vol. 26, No 12. P. 3187-3198. DOI: 10.1007/s00586-017-5126-3
16. Successful short-segment instrumentation and fusion for thoracolumbar spine fractures: a consecutive 41/2-year series / J.W. Parker, J.R. Lane, E.E. Karaikovic, R.W. Gaines // *Spine (Phila. Pa. 1976)*. 2000. Vol. 25, No 9. P. 1157-1170. DOI: 10.1097/00007632-200005010-00018
17. Treatment of unstable thoracolumbar junction fractures: short-segment pedicle fixation with inclusion of the fracture level versus long-segment instrumentation / M. Dobran, D. Nasi, D. Brunozzi, L. di Somma, M. Gladi, M. Iacangelini, M. Scerrati // *Acta Neurochir. (Wien)*. 2016. Vol. 158, No 10. P. 1883-1889. DOI: 10.1007/s00701-016-2907-0
18. Jindal N., Sankhala S.S., Bachhal V. The role of fusion in the management of burst fractures of the thoracolumbar spine treated by short segment pedicle screw fixation: a prospective randomized trial // *J. Bone Joint Surg. Br.* 2012. Vol. 94, No 8. P. 1101-1106. DOI: 10.1302/0301-620X.94B8.28311
19. Tezeren G., Kuru I. Posterior fixation of thoracolumbar burst fracture: short-segment pedicle fixation versus long-segment instrumentation // *J. Spinal Disord. Tech.* 2005. Vol. 18, No 6. P. 485-488. DOI: 10.1097/01.bsd.0000149874.61397.38
20. Афаунов А.А., Кузьменков А.В. Транспедикулярная фиксация при повреждениях грудного и поясничного отделов позвоночника, сопровождающихся травматическим стенозом позвоночного канала // *Хирургия позвоночника*. 2011. № 4. С. 8-17.
21. Short-segment pedicle instrumentation of thoracolumbar burst fractures: does transpedicular intracorporeal grafting prevent early failure? / A. Alanay, E. Acaroglu, M. Yazici, A. Oznur, A. Surat // *Spine (Phila. Pa. 1976)*. 2001. Vol. 26, No 2. P. 213-217. DOI: 10.1097/00007632-200101150-00017
22. Short segment percutaneous pedicle screw fixation after direct spinal canal decompression in thoracolumbar burst fractures: An alternative option / S.H. Park, S.D. Kim, B.J. Moon, S.S. Lee, J.K. Lee // *J. Clin. Neurosci.* 2018. Vol. 53. P. 48-54. DOI: 10.1016/j.jocn.2018.04.039
23. Combined anterior plus posterior stabilization versus posterior short-segment instrumentation and fusion for mid-lumbar (L2-L4) burst fractures / P. Korovessis, A. Baikousis, S. Zacharatos, G. Petsinis, G. Koureas, P. Iliopoulos // *Spine (Phila. Pa. 1976)*. 2006. Vol. 31, No 8. P. 859-868. DOI: 10.1097/01.brs.0000209251.65417.16
24. Posterior fixation of thoracolumbar burst fractures: is it possible to protect one segment in the lumbar region? / U. Canbek, L. Karapinar, A. Imerci, U. Akgün, M. Kumbaraci, M. Incesu // *Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol.* 2014. Vol. 24, No 4. P. 459-465. DOI: 10.1007/s00590-013-1326-7
25. Posterior short-segmental fixation combined with intermediate screws vs conventional intersegmental fixation for monosegmental thoracolumbar fractures / J.W. Tian, L. Wang, T. Xia, C.Y. Liu, Q.H. Zhao, S.H. Dong // *Orthopedics*. 2011. Vol. 34, No 8. P. e389-e396. DOI: 10.3928/01477447-20110627-08
26. A finite element study on posterior short segment fixation combined with unilateral fixation using pedicle screws for stable thoracolumbar fracture / Y. Su, X. Wang, D. Ren, Y. Liu, S. Liu, P. Wang // *Medicine (Baltimore)*. 2018. Vol. 97, No 34. P. e12046. DOI: 10.1097/MD.00000000000012046
27. Хирургическое лечение множественных нестабильных неосложненных переломов позвоночника у детей / С.В. Виссарионов, А.Ю. Мушкин, С.М. Белянчиков, Д.Н. Кокушин // *Хирургия позвоночника*. 2010. № 3. С. 8-13.
28. Хирургическое лечение взрывных переломов тел позвонков грудного и поясничного отделов у детей / С.В. Виссарионов, А.Г. Баиндурашвили, А.Ю. Мушкин, Э.В. Ульрих // *Травматология и ортопедия России*. 2006. № 1 (39). С. 10-15.
29. Comparing the efficacy of short-segment pedicle screw instrumentation with and without intermediate screws for treating unstable

- thoracolumbar fractures / C. Ye, Z. Luo, X. Yu, H. Liu, B. Zhang, M. Dai // *Medicine (Baltimore)*. 2017. Vol. 96, No 34. P. e7893. DOI: 10.1097/MD.00000000000007893
30. Biomechanical comparison of posterior intermediate screw fixation techniques with hybrid monoaxial and polyaxial pedicle screws in the treatment of thoracolumbar burst fracture: a finite element study / H. Liu, H. Wang, J. Liu, C. Li, Y. Zhou, L. Xiang // *J. Orthop. Surg. Res.* 2019. Vol. 14, No 1. P. 122. DOI: 10.1186/s13018-019-1149-2
31. Efficacy of using intermediate screws in short-segment fixation for thoracolumbar fractures: A meta-analysis of randomized controlled trials / M.J. Tong, Q. Tang, C.G. Wang, G.H. Xiang, Q. Chen, H.Z. Xu, N.F. Tian // *World Neurosurg.* 2018. Vol. 110. P. e271-e280. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.10.157

Рукопись поступила 01.04.2020

**Сведения об авторах:**

1. Лихачев Сергей Вячеславович, к. м. н.,  
НИИТОН ФГБОУ ВО Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского  
Минздрава России, г. Саратов, Россия,  
Email: likha4@mail.ru
2. Зарецков Владимир Владимирович, д. м. н., профессор,  
НИИТОН ФГБОУ ВО Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского  
Минздрава России, г. Саратов, Россия,
3. Арсениевич Владислав Бранкович, к. м. н.,  
НИИТОН ФГБОУ ВО Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского  
Минздрава России, г. Саратов, Россия
4. Островский Владимир Владимирович, к. м. н.,  
НИИТОН ФГБОУ ВО Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского  
Минздрава России, г. Саратов, Россия
5. Шульга Алексей Евгеньевич, к. м. н.,  
ФГБОУ ВО Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского Минздрава  
России, г. Саратов, Россия
6. Зарецков Александр Владимирович, к. м. н.,  
ФГБОУ ВО Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского Минздрава  
России, г. Саратов, Россия

**Information about the authors:**

1. Sergey V. Likhachev, M.D., Ph.D.,  
Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky,  
Saratov, Russian Federation,  
Email: likha4@mail.ru
2. Vladimir V. Zaretskov, M.D., Ph.D., Professor,  
Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky,  
Saratov, Russian Federation
3. Vladislav B. Arsenievich, M.D., Ph.D.,  
Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky,  
Saratov, Russian Federation
4. Vladimir V. Ostrovskij, M.D., Ph.D.,  
Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky,  
Saratov, Russian Federation
5. Alexei E. Shulga, M.D., Ph.D.,  
Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky,  
Saratov, Russian Federation
6. Alexander V. Zaretskov, M.D., Ph.D.,  
Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky,  
Saratov, Russian Federation