

EDN: CMQTWB

DOI: 10.56618/2071-2693_2024_16_1_98

УДК 617-089.844



СРАВНИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ БОЛЬНЫХ С ПОЗВОНОЧНО-СПИННОМОЗГОВОЙ ТРАВМОЙ ГРУДОПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА

В. С. Куфтов¹, В. Д. Усиков²,
А. Ю. Улитин^{3,4}, Д. Н. Монашенко⁵

¹ Государственное автономное учреждение здравоохранения
«Брянская городская больница № 1»

(ул. Камозина, д. 11, г. Брянск, Российская Федерация, 241035)

² Медико-техническая фирма «Синтез»

(ул. Центральная, д. 1В, г. Пенза, Российская Федерация, 440004)

³ Российский научно-исследовательский нейрохирургический институт
имени профессора А. Л. Поленова – филиал Федерального государственного
бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр
имени В. А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
(ул. Маяковского, д. 12, Санкт-Петербург, Российская Федерация, 191025)

⁴ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Северо-Западный государственный медицинский университет
имени И. И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
(ул. Кирочная, д. 41, Санкт-Петербург, Российская Федерация, 191015)

⁵ Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Национальный медицинский исследовательский центр травматологии
и ортопедии имени Р. Р. Вредена» Министерства здравоохранения
Российской Федерации

(ул. Байкова, д. 8, Санкт-Петербург, Российская Федерация, 195427)

Резюме

Представлены результаты хирургического лечения больных с одноуровневой позвоночно-спинномозговой травмой (ПСМТ) грудного отдела в двух группах по 35 человек. В репрезентативных группах проводилось клинорентгенологическое исследование. По данным спиральной компьютерной томографии оценивалось влияние рассчитанных исходных размеров межтеловых промежутков и угла деформации на восстановление размеров поврежденного тела позвонка и закрытую декомпрессию содержимого позвоночного канала. В основной группе для лечения применяли разработанный метод предоперационного планирования, при котором старались воспроизвести рассчитанные размеры, и усовершенствованный способ репозиции позвонка. В контрольной группе ретроспективно изучали достигнутые во время операции размеры. Восстановление во время операции рассчитанных размеров межтеловых промежутков и угла деформации способствовало восстановлению передних и задних размеров тел поврежденных позвонков с максимальной декомпрессией содержимого позвоночного канала, повышению устойчивости остеосинтеза и уменьшению количества осложнений. Сравнение отдаленных исходов лечения для оценки интенсивности болевого синдрома, экономического и функционального статуса по шкале R. G. Watkins показало лучшие результаты лечения больных с ПСМТ грудного отдела в основной группе.

Ключевые слова: позвоночно-спинномозговая травма грудного отдела, транспедикулярная аппаратная репозиция позвонка

Для цитирования: Куфтов В. С., Усиков В. Д., Улитин А. Ю., Монашенко Д. Н. Сравнительные результаты хирургического лечения больных с позвоночно-спинномозговой травмой грудного отдела // Российский нейрохирургический журнал им. проф. А. Л. Поленова. 2024. Т. XVI, № 1. С. 98–108. DOI: 10.56618/2071-2693_2024_16_1_98.

COMPARATIVE RESULTS OF SURGICAL TREATMENT OF PATIENTS
WITH SPINAL CORD INJURY OF THE THORACOLUMBAR SPINEV. S. Kuftov¹, V. D. Usikov², A. Yu. Ulitin^{3,4}, D. N. Monashenko⁵¹ Bryansk City Hospital No. 1 (11 Kamozina street, Bryansk, Russian Federation, 241035)² MTF "Sintez" (1B Tsentralnaya street, Penza, Russian Federation, 440004)³ Polenov Neurosurgery Institute – the branch of Almazov National Medical Research Centre
(12 Mayakovskogo street, St. Petersburg, Russian Federation, 191025)⁴ I. I. Mechnikov Northwestern State Medical University
(41 Kirochnaya street, St. Petersburg, Russian Federation, 191015)⁵ National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics named after R. R. Vreden
(8 Baykova street, St. Petersburg, Russian Federation, 195427)**Abstract**

The results of surgical treatment of patients with single-level spinal cord injury (PSMT) of the thoracolumbar spine in two groups of 35 people are presented. Clinical and X-ray examination was performed in representative groups. According to spiral computed tomography data, the effect of the calculated initial sizes of interbody gaps and the angle of deformation on the restoration of the size of the damaged vertebral body and closed decompression of the contents of the spinal canal was evaluated. In the main group, the developed method of preoperative planning was used for treatment, in which they tried to reproduce the calculated dimensions, and an improved method of spinal reposition. In the control group, the achieved sizes were retrospectively studied. The restoration of the calculated sizes of interbody gaps and the angle of deformation during surgery contributed to the restoration of the anterior and posterior dimensions of the bodies of damaged vertebrae with maximum decompression of the contents of the spinal canal, increased stability of osteosynthesis and reduced the number of complications. A comparison of long-term treatment outcomes to assess pain, economic and functional status on the R.G. Watkins scale showed the best treatment results for patients with thoracolumbar PSMT in the main group.

Keywords: spinal cord injury of the thoracolumbar spine; transpedicular hardware reposition of the spine

For citation: Kuftov V. S., Usikov V. D., Ulitin A. Yu., Monashenko D. N. Comparative results of surgical treatment of patients with spinal cord injury of the thoracolumbar spine. Russian neurosurgical journal named after professor A. L. Polenov. 2024;XVI(1):98–108. DOI: 10.56618/2071-2693_2024_16_1_98.

Введение

Переломы грудного отдела позвоночника составляют 5–6 % от всех переломов скелета, или 70–80 % от переломов позвоночника [1, 2]. Это связано с изменениями напряжения при переходе от жесткого грудного отдела в подвижный поясничный. Повреждения как в грудном, так и в поясничном отделе сопряжены с повреждением спинного мозга или корешков и последующими неврологическими нарушениями [3]. Осложненная травма позвоночника является значительным экономическим бременем как для семьи, так и для общества. Поэтому своевременное хирургическое вмешательство, направленное на декомпрессию содержимого позвоночного канала и фиксацию позвоночника, играет ведущую роль у пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой (ПСМТ) [4]. Задний срединный доступ и внутренняя фиксация педикулярным винтом являются классическим подходом при хирургическом лечении пере-

ломов грудного отдела позвоночника [5].

Достижение хорошего сагиттального и фронтального баланса даже в случаях с полным повреждением спинного мозга по-прежнему является одной из основных целей хирургического вмешательства, так как обеспечивает биомеханическую стабильность и тем самым облегчает проведение реабилитации [6].

Количественное изучение деформации позвоночника важно для понимания его нормальной анатомии, хирургического планирования и анализа результатов лечения. В остром периоде травмы оптимальным будет стремление к возвращению всех параметров позвоночника на исходный уровень, т. е. на этапе планирования оперативного вмешательства необходимо выполнять моделирование поврежденного отдела позвоночника. Многие работы по морфометрии позвоночника направлены на выявление закономерностей между разными анатомическими параметрами позвонков, однако

исследований, оценивающих клинические исходы в отношении сагиттального баланса при травмах позвоночника, в медицинской литературе имеется в небольшом количестве [7, 8]. Восстановление поврежденного позвоночника до сбалансированного состояния играет важную роль в достижении успешных результатов лечения [9].

Целью исследования являлось изучение влияния разработанного метода предоперационного планирования и усовершенствованного способа репозиции позвоночника у пациентов с ПСМТ груднопоясничного отдела на ближайшие и отдаленные результаты лечения.

Материалы и методы

Материалом для исследования послужили данные 70 пострадавших с ПСМТ груднопоясничного отдела (52 мужчины и 18 женщин). В исследование были включены лица в возрасте от 17 до 62 лет (средний возраст – $31,2 \pm 3,6$ года) с одноуровневыми переломами тел позвонков от ThXI до LII типа A3 и A4 по AO Spine. Критерии исключения: нетравматический характер переломов, повреждение более одного позвонка, наличие травмы позвоночника в анамнезе, аномалии и деформации позвоночника. Причиной травм были дорожно-транспортные происшествия и кататравмы.

Одной из задач исследования являлось восстановление поврежденного отдела позвоночника, состоящего из тела позвонка и двух смежных дисков. Пациенты были разделены на основную ($n=35$) и контрольную ($n=35$) группы, в которых проводились закрытая аппаратная декомпрессия и транспедикулярная фиксация с вовлечением поврежденного позвонка. В основной группе применяли предоперационное планирование, основанное на математических расчетах исходных вертикальных размеров поврежденного тела позвонка со смежными дисками и угла деформации [10], а также усовершенствованный способ репозиции позвоночника (патент РФ № 2753133). Расчеты исходных размеров вели по вертикальным размерам соседних тел позвонков и межпозвоночных дисков по данным измерений спиральной компьютерной томографии (СКТ) (рис. 1).

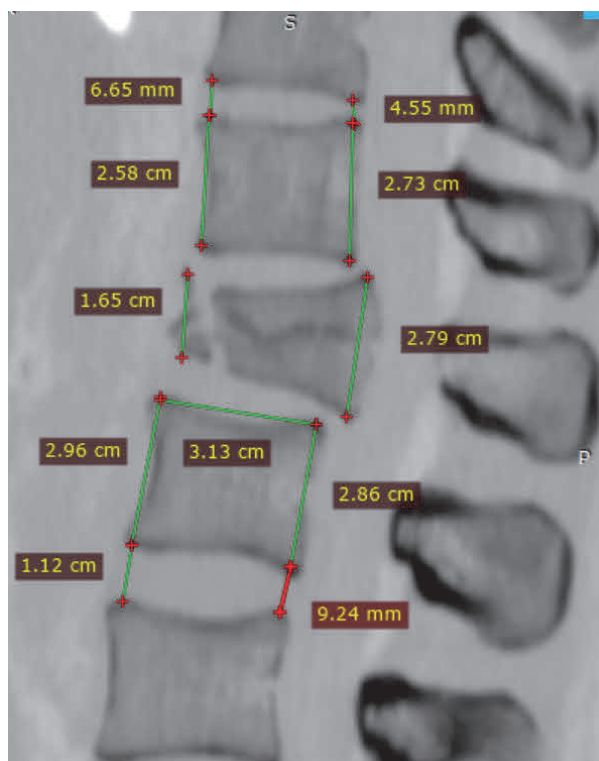


Рис. 1. Измерения вертикальных размеров тел позвонков и межпозвоночных дисков по данным СКТ для последующих математических расчетов
Fig. 1. Measurements of the vertical dimensions of the vertebral bodies and intervertebral discs according to CT data for subsequent mathematical calculations

Интраоперационно во время аппаратной репозиции воспроизводили рассчитанные параметры. В контрольной группе не использовали предложенный метод предоперационного планирования и аппаратную декомпрессию выполняли ориентировочно, «на глаз» (по исправлению деформации и восстановлению размеров тела позвонка) без усовершенствованного способа репозиции.

Средний возраст пациентов в основной группе составил $31,5 \pm 3,4$ года, в контрольной – $30,8 \pm 3,6$ года. Болевой синдром оценивался по визуально-аналоговой шкале (ВАШ) и составил $6,1 \pm 1,2$ балла в основной группе и $6,3 \pm 1,1$ в контрольной. Повреждения типа A3 диагностированы в основной группе у 12 и в контрольной – у 14 пациентов; повреждения типа A4 – у 23 и 21 пациента соответственно. В неврологическом статусе по шкале Frankel повреждения спинного мозга класса C были выявлены у 18 пострадавших основной и у 16 контрольной группы; класса D – у 9

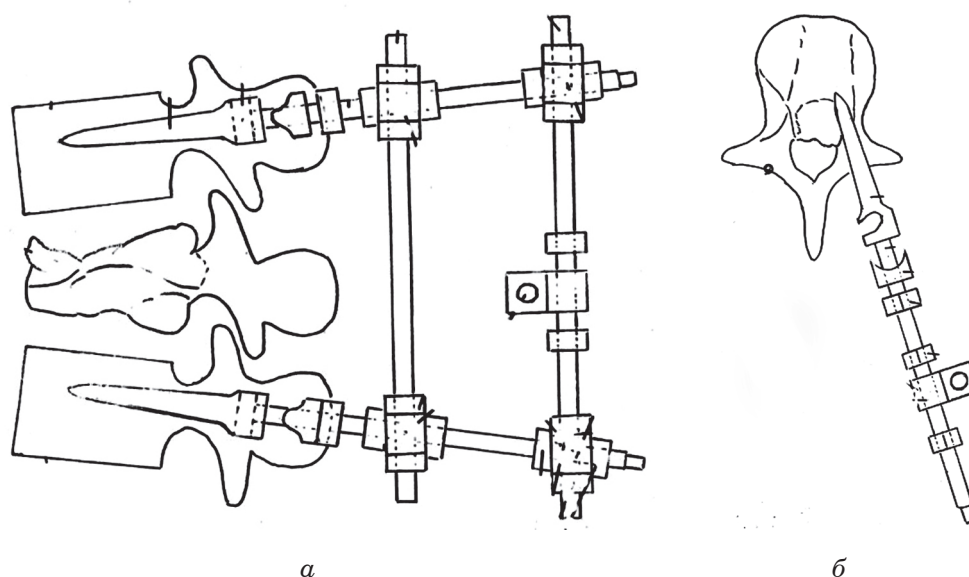


Рис. 2. Схема усовершенствованного репозиционного аппарата с дополнительной муфтой для проведения реклинационного винта: а – сагиттальная проекция; б – аксиальная проекция
Fig. 2. Diagram of an improved repositioning apparatus with an additional coupling for conducting a reclination screw: а – sagittal projection; б – axial projection

и 10 соответственно; класса Е – у 8 и 9 соответственно. Временной интервал от травмы до хирургического вмешательства составил 12–48 ч, в среднем $(19,1 \pm 5,3)$ ч. Возраст, причина травмы, морфологические особенности повреждения, характер болевого синдрома, результаты оценки по шкале Frankel и время от травмы до хирургического вмешательства статистически не различались в обеих исследуемых группах пациентов ($P > 0,05$).

Всем пациентам было проведено хирургическое вмешательство под общим наркозом. Укладка на операционном столе в положении лежа с валиками под грудиной и тазом. Выполнялся задний срединный доступ вдоль остистых отростков, обнажалась задняя поверхность позвонков до суставов. Устанавливались педикулярные винты в тела выше и ниже расположенных позвонков по отношению к поврежденному позвонку. Монтировалась репозиционная система, с помощью которой осуществлялась тракция по оси и проводилась коррекция кифотической деформации.

В контрольной группе на этапе, когда предположительно считали достаточной коррекцию деформации, в поврежденный позвонок вводили один или два реклинационных винта (зависело от разрушения корней дуг). Далее поочередно демонтировали репозиционную си-

стему и повторно монтировали с вовлечением реклинационных винтов. Продолжали репозиционные мероприятия с участием реклинационных винтов до оптимального устранения деформации поврежденного отдела позвоночника. Завершали оперативное вмешательство установкой фиксирующих штанг.

В основной группе после установки четырех винтов монтировалась репозиционная система, на которой уже были предусмотрены муфты для проведения реклинационных винтов. На этапе предоперационного планирования по данным СКТ производились математические расчеты исходных вертикальных размеров поврежденного тела позвонка со смежными дисками и угла деформации, с использованием размеров соседних тел позвонков и межпозвонковых дисков. Тракция позвоночника по оси и угловая коррекция осуществлялись с учетом рассчитанных исходных размеров на уровне поврежденного тела позвонка со смежными дисками по экрану монитора ЭОП. Реклинационные винты могли сразу участвовать в репозиции без демонтажа системы. На данном этапе сокращались продолжительность операции и объем кровопотери. Ламинэктомия у больных основной и контрольной групп не выполнялась, учитывая достаточность проведенной закрытой декомпрессии.

Всем больным при поступлении, сразу после операции, через 3 месяца, через год и через два года выполнялась СКТ. По данным СКТ в основной группе выполнялось предоперационное планирование с расчетом исходных параметров, к которым стремились во время операции, и в последующем сравнивались расчетные величины с показателями, достигнутыми в результате операции. В контрольной группе ретроспективно рассчитывались исходные параметры и сравнивались с параметрами, достигнутыми в результате операции. Рассчитанные вертикальные размеры оценивались в 100 %, а рассчитанный угол деформации – в 0°.

В обеих группах проведен анализ ближайших (до 3 месяцев) и отдаленных результатов лечения (до 2 лет). В ближайшем периоде анализировались следующие показатели: динамика болевого синдрома по ВАШ, восстановление передней и задней высоты поврежденного тела позвонка, величина смещения костных фрагментов от поврежденного тела позвонка в сторону позвоночного канала, дефицит просвета позвоночного канала, угол деформации, объем интраоперационной кровопотери и продолжительность операции. Также регистрировался регресс неврологической симптоматики по шкале Frankel.

В отдаленном периоде сравнивали следующие показатели: передняя и задняя высота тела поврежденного позвонка, величина смещения костных фрагментов в сторону позвоночного канала, дефицит просвета позвоночного канала и угол деформации, неврологический статус, осложнения в виде переломов и миграции металлоконструкции. Проведена оценка болей, экономического и функционального статуса по шкале R. G. Watkins.

Для статистической обработки использовалась программа Statistic SPSS ver. 24. Дан-

ные измерения были выражены в виде: (среднее значение $\pm$ стандартное отклонение). Для сравнения между двумя группами использовали t-критерий, для сравнения соотношения между двумя группами – критерий хи-квадрат (χ^2). О статистически значимой разнице свидетельствует $p < 0,05$.

Результаты

Сравнение эффективности лечения пациентов основной и контрольной групп по продолжительности операции и объему интраоперационной кровопотери приведено в табл. 1. Предложенные нами методики позволили сократить продолжительность операции в основной группе на 28 мин – $(132,4 \pm 11,9)$ мин, а в контрольной – $(160,4 \pm 12,8)$ мин ($p = 0,041$). Средний объем интраоперационной кровопотери в основной группе также был статистически достоверно меньше ($P < 0,05$).

Выраженность болевого синдрома у пациентов основной группы в послеоперационном периоде была статистически достоверно ниже по сравнению с контрольной группой ($p = 0,027$).

Использование репозиционной системы позволяло устранять как переднюю форму сдавления спинного мозга, так и форму и размеры поврежденного тела позвонка. Эффективность проводимой репозиции оценивали по дистракции межтеловых промежутков и угла деформации. Передние и задние размеры тела позвонка со смежными дисками обозначали как межтеловые промежутки (Mta и Mtp). Восстановление передних и задних вертикальных размеров поврежденного тела позвонка и закрытая декомпрессия содержимого позвоночного канала наблюдались в обеих группах больных. Качество проведенной декомпрессии дурального мешка оценивали по величине оставшегося стеноза по данным СКТ после хирургического лечения. Параме-

Таблица 1. Длительность операции и объем интраоперационной кровопотери

Table 1. Duration of surgery and volume of intraoperative blood loss

Показатель	Основная группа (n=35)	Контрольная группа (n=35)	Значение вероятности (P)	Достоверность различий
Длительность операции, мин	$(132,4 \pm 11,9)$	$(160,4 \pm 12,8)$	0,041	$p < 0,05$
Объем интраоперационной кровопотери, мл	$(276,0 \pm 21,3)$	$(352,1 \pm 38,2)$	0,03	$p < 0,05$

Таблица 2. Ближайшие результаты лечения в основной и контрольной группах

Table 2. The immediate results of treatment in the main and control groups

Параметр	Основная группа (n=35)	Контрольная группа (n=35)	Значение вероятности (p)	Достоверность различий
ВАШ, баллы	(1,8±0,2)	(2,5±0,3)	0,027	p<0,05
Дефицит просвета позвоночного канала, %	(12,8±2,3)	(15,1±2,4)	0,045	p<0,05
Смещение костных фрагментов в просвет канала, мм	(2,7±0,3)	(3,9±0,4)	0,005	p<0,05
Передняя высота тела позвонка, %	(95,2±4,1)	(91,8±4,2)	0,015	p<0,05
Задняя высота тела позвонка, %	(98,6±2,2)	(96,5±2,8)	0,046	p<0,05
Mta, мм	(98,6±2,1)	(92,8±2,2)	0,000	p<0,05
Mtp, мм	(99,5±1,1)	(95,9±3,1)	0,001	p<0,05
$\Delta\alpha$, °	(2,1±0,9)	(5,8±2,1)	0,000	p<0,05

тры сравнения ближайших результатов лечения отражены в табл. 2.

На дефицит просвета позвоночного канала, остаточную величину смещения костных фрагментов и на восстановление высоты тела позвонка влияла дистракция межтеловых промежутков. В основной группе передние межтеловые промежутки (Mta) после операции составили (98,6±2,1) %, а задние (Mtp) – (99,5±1,1) % от рассчитанных размеров. Это способствовало не только выполнению закрытой декомпрессии позвоночного канала, но и максимальному восстановлению вертикальных размеров тела поврежденного позвонка.

В процессе оперативного лечения угол сегментарной деформации был исправлен в основной группе на (16,9±2,3)°, а в контрольной группе – на (14,1±2,8)°. При целенаправленном стремлении к восстановлению угла деформации разница с рассчитанным углом в основной группе составила (2,1±0,9)°. В контрольной группе разница составила (5,8±2,1)°.

Данные о восстановлении утраченных неврологических функций по шкале Frankel приведены в табл. 3.

Статистически достоверных различий в восстановлении неврологического статуса в двух группах больных не получено (p>0,05).

Отдаленные результаты лечения изучались в период от года до 2 лет. Оценка отдаленных результатов лечения проводилась по таким же клинико-рентгенологическим критериям, как и при оценке ближайших результатов. При этом более пристальное внимание уделяли параметрам, характеризующим стабильность фиксации позвоночника и регресс неврологических нарушений у больных с ПСМТ.

Оценка болей по ВАШ показала увеличение разницы в баллах между группами в отдаленном периоде наблюдения (табл. 4). Средний балл в основной группе – (1,3±0,2), в контрольной – (2,3±0,3) (p=0,012). Размеры передних межтеловых промежутков уменьшились в основной группе на 2,5 %, задних – на 1,3 %. В контрольной группе размеры уменьшились на 3,4 и 2,2 % соответственно. Смещение фрагментов в просвет позвоночного канала уменьшилось и почти сравнялось в обеих группах. Происходил процесс ремоделирования позвоночного канала. По нашим наблюдениям,

Таблица 3. Неврологические нарушения по шкале Frankel при поступлении и в ближайшем послеоперационном периоде

Table 3. Neurological disorders on the Frankel scale at admission and in the immediate postoperative period

Группа сравнения		С	Д	Е
Основная	До операции	18	9	8
	После операции	12	11	12
Контрольная	До операции	16	10	9
	После операции	11	11	13
Значение χ^2		0,017	0,386	0,019
Значение P		0,895	0,534	0,890

Таблица 4. Отдаленные результаты лечения в основной и контрольной группах

Table 4. Long-term treatment results in the main and control groups

Параметр	Основная группа (n=35)	Контрольная группа (n=35)	Значение вероятности (p)	Достоверность различий
ВАШ, баллы	(1,3±0,2)	(2,3±0,3)	0,012	p<0,05
Дефицит просвета позвоночного канала, %	(11,8±0,8)	(12,1±1,1)	0,630	p>0,05
Смещение костных фрагментов в просвет канала, мм	(2,2±0,2)	(2,9±0,2)	0,036	p<0,05
Передняя высота тела позвонка, %	(94,5±0,9)	(90,1±1,2)	0,028	p<0,05
Задняя высота тела позвонка, %	(97,8±0,8)	(96,1±0,7)	0,346	p>0,05
Mta, мм	(96,1±1,2)	(89,5±1,3)	0,014	p<0,05
Mtp, мм	(98,2±0,7)	(93,7±1,2)	0,001	p<0,05
$\Delta\alpha$, °	(4,2±0,8)	(9,6±0,9)	0,000	p<0,05

Таблица 5. Неврологические нарушения по шкале Frankel в ближайшем и отдаленном периодах

Table 5. Neurological disorders according to the Frankel scale in the near and long-term periods

Группа сравнения		C	D	E
Основная	До операции	12	9	12
	После операции	6	11	20
Контрольная	До операции	11	11	13
	После операции	6	10	19
Значение χ^2		0,037	1,011	0,300
Значение P		0,847	0,314	0,583

в первый год уменьшение составило в среднем на 2 мм.

Потеря достигнутой коррекции в основной группе составила $(2,1\pm1,1)^\circ$ от исправленной на $(16,9\pm2,3)^\circ$ во время операции, в контрольной группе – $(3,8\pm1,3)^\circ$ от исправленной на $(14,1\pm2,8)^\circ$. Угол сегментарной деформации разнится в основной группе с рассчитанным углом на $(4,2\pm0,8)^\circ$, в контрольной группе – на $(9,6\pm0,9)^\circ$.

Картина неврологических нарушений в ближайшем и отдаленном периодах наблюдения представлена в табл. 5.

В отдаленном периоде также не получено статистически значимых нарушений в неврологическом статусе ($P>0,05$).

Осложнения, выявленные в обеих группах больных, связаны с ошибками при выполнении транспедикулярного остеосинтеза и достигнутыми параметрами в процессе выполнения репозиции позвоночника (табл. 6). Это прослеживается по нарастанию угловой деформации поврежденного отдела позвоночника. В контрольной группе осложнения происходили статистически чаще ($P<0,05$).

Сравнение отдаленных исходов лечения – динамики болевого синдрома, экономического и функционального статуса по шкале R. G. Watkins – представлено в табл. 7. Отличные исходы лечения достоверно чаще отмечались в основной группе ($p=0,030$), но хорошие

Таблица 6. Осложнения в исследуемых группах пациентов

Table 6. Complications in the studied groups of patients

Осложнения	Основная группа	Контрольная группа	Значение χ^2	Значение P
Переломы и миграция металлоконструкции	–	1	4,375	0,036
Нарастание угловой деформации более 5°	2	9		
Инфекционные осложнения	1	–		
Общий показатель осложнений	3 (8,6 %)	11 (31,4 %)		

Таблица 7. Отдаленные исходы лечения по шкале R. G. Watkins

Table 7. Long-term treatment outcomes according to the R. G. Watkins scale

Исход лечения	Основная группа (n=35), n (%)	Контрольная группа (n=35), n (%)	Значение χ^2	Значение P
Отличный	20 (57,1)	11 (34,3)	4,689	0,030
Хороший	14 (40,0)	20 (57,1)	2,058	0,151
Плохой	1 (2,9)	4 (8,6)	1,938	0,163

($p=0,151$) и плохие исходы лечения ($p=0,163$) достоверно не отличались.

Обсуждение

Лечение переломов позвоночника, осложненных повреждением спинного мозга, сопряжено с большими экономическими затратами как на лечение, так и на последующую реабилитацию, неблагоприятные исходы часто и негативно влияют на качество жизни пациентов [11]. Переходный грудопоясничный отдел позвоночника на пересечении физиологической кривизны неподвижного грудного и подвижного поясничного отделов чаще подвержен повреждениям, а узость позвоночного канала в данной области сопряжена с высоким риском повреждения спинного мозга [12].

В последние десятилетия эффективность хирургического лечения значительно возросла благодаря постоянному развитию медицинских технологий и совершенствованию медицинского оборудования. Своевременное хирургическое лечение, направленное на декомпрессию спинного мозга, восстановление анатомии поврежденного отдела и фиксацию позвоночника, способствует проведению ранней реабилитации пациентов [13].

Многие авторы указывают на важность коррекции локальной деформации и восстановления биомеханической оси поврежденного позвоночника [14, 15]. Хороший отдаленный исход с минимальными осложнениями может быть достигнут только при соблюдении биомеханических принципов по восстановлению сагиттального профиля позвоночника [16]. Чрезмерная или недостаточная коррекция деформации позвоночника способствует развитию синдрома смежного уровня [17]. Неустраненная деформация позвоночника может привести к неправильному положению соседних сегментов, к изменениям в био-

механике позвоночника и хроническому болевому синдрому [18].

Поскольку в норме физиологическая форма позвоночника индивидуальна, то для исправления возникшей деформации необходим индивидуальный подход при соблюдении биомеханических принципов [19]. Для изучения баланса позвоночника особый акцент делается на изучение морфологических особенностей грудного и поясничного отделов и распределение нормального кифоза в грудном отделе и поясничного лордоза. Можно рассчитать величину кифоза в верхней части, используя общее значение кифоза [20].

Рассчитать до операции точные размеры сагиттального профиля травмированного отдела позвоночника возможно только после спондилографии позвоночника с тазом, выполненной накануне перед операцией в положении стоя, и с использованием множества позвоночно-тазовых параметров [21], что трудно сделать у больных с позвоночно-спинномозговой травмой.

Спорным остается вопрос, к каким параметрам нужно стремиться и по каким ориентироваться в процессе устранения деформации позвоночника, а предлагаемые расчеты углов исправления деформации являются приближительными [22].

На основе анализа большого числа рентгенограмм и компьютерных томограмм авторами представлены эталонные значения сегментарных углов в грудопоясничном переходе, которые имеют значительные различия [23]. Использование при лечении переломов абсолютных величин деформации в качестве эталона для хирургического вмешательства осложняется широким разнообразием нормальной анатомии позвоночника [24].

J. P. Farcy et al. [25] предложил расчет сагиттального индекса при переломах грудопоясничного отдела позвоночника, а именно – из-

мерение кифотической деформации позвоночного сегмента, скорректированное на нормальный сагиттальный контур на уровне деформированного сегмента.

Разработаны математические модели для виртуального восстановления положения позвоночника на основе инерциальных датчиков [26], математические расчеты по описанию динамических процессов в позвоночнике с помощью дифференциального уравнения Лагранжа второго порядка [27], но они не находят применения в хирургии позвоночника.

Решение о способе восстановления формы позвоночного канала должно быть направлено в сторону уменьшения травматичности хирургического вмешательства [28]. Получила широкое распространение закрытая декомпрессия позвоночного канала за счет диссекции и лигаментотаксиса, которая позволяет уменьшить стеноз позвоночного канала почти на половину [29]. При оставшемся стенозе позвоночного канала следует помнить о его ремоделировании и не спешить прибегать к агрессивным методам декомпрессии, особенно при неосложненных повреждениях позвоночника [30].

Приведенные выше результаты свидетельствуют о том, что применение предоперационного планирования способствует оптимальному восстановлению высоты поврежденных тел позвонков и максимальной декомпрессии содержимого позвоночного канала. А использование усовершенствованного способа репозиции позвоночника сокращает продолжительность операции и уменьшает кровопотерю.

Мы сравнивали ближайшие и отдаленные результаты лечения между двумя группами в течение 2 лет. Эти результаты дополнительно продемонстрировали, что использование методики предоперационного планирования по расчету исходных вертикальных размеров и угла деформации поврежденного тела позвонка со смежными дисками приводит к меньшему количеству осложнений и улучшало результаты лечения больных.

Заключение

Применение усовершенствованного способа репозиции позвоночника позволило умень-

шить интраоперационную кровопотерю и продолжительность оперативного лечения.

Воспроизведение при ПСМТ грудного и поясничного отделов рассчитанных размеров межтеловых промежутков и угла деформации на этапах планирования и интраоперационного контроля позволяло добиваться максимального восстановления передних и задних размеров тел поврежденных позвонков с максимальной декомпрессией содержимого позвоночного канала.

При восстановлении во время операции рассчитанных размеров межтеловых промежутков и угла деформации повышается устойчивость остеосинтеза и уменьшается число осложнений.

Сравнение отдаленных исходов лечения на основе оценки болевого синдрома, экономического и функционального статуса по шкале R. G. Watkins показало лучшие результаты лечения больных с ПСМТ груднопоясничного отдела в основной группе.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. **Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки. **Financing.** The study was performed without external funding.

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики. Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании. Исследование выполнено в соответствии с требованиями Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (в ред. 2013 г.). **Compliance with patient rights and principles of bioethics.** All patients gave written informed consent to participate in the study. The study was carried out in accordance with the requirements of the World Medical Association Declaration of Helsinki (updated in 2013).

ORCID авторов / ORCID of authors

Куфтов Владимир Сергеевич /
Kuftov Vladimir Sergeevich
<https://orcid.org/0000-0002-0548-8944>

Усиков Владимир Дмитриевич /
Usykov Vladimir Dmitrievich
<https://orcid.org/0000-0001-7350-6772>

Улитин Алексей Юрьевич /
Ulitin Alexey Yurievich
<https://orcid.org/0000-0002-8343-4917>

Монашенко Дмитрий Николаевич /
Monashenko Dmitry Nikolaevich
<https://orcid.org/0000-0002-8571-1447>

Литература / References

- Piccone L., Cipolloni V., Nasto L. A., Pripp C., Tamburrelli F. C., Maccaro G, et al. Thoracolumbar burst fractures associated with incomplete neurological deficit in patients under the age of 40: Is the posterior approach enough? Surgical treatment and results in a case series of 10 patients with a minimum follow-up of 2 years. *Injury*. 2020;51(2):312–316. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.injury.2019.12.031>.
- Diotalevi L., Bailly N., Wagnac É., Mac-Thiong J. M., Goulet J., Petit Y. Dynamics of spinal cord compression with different patterns of thoracolumbar burst fractures: Numerical simulations using finite element modelling. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2020;72:186–194. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2019.12.023>.
- Vaccaro A. R., Oner C., Kepler C. K., Dvorak M., Schnake K., Bellabarba C., Reinhold M., Aarabi B., Kandziora F., Chapman J., Shanmuganathan R., *Fehlings M., Vialle L.* AOSpine Spinal Cord Injury & Trauma Knowledge Forum. AOSpine thoracolumbar spine injury classification system: fracture description, neurological status, and key modifiers. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013;38(23):2028–2037. Doi: <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3182a8a381>.
- Крылов В. В., Гринь А. А., Кайков А. К. и др. Современные принципы в хирургии травм и заболеваний позвоночника // Неотложная мед. помощь: Журнал им. Н. В. Склифосовского. 2014. № 4. С. 36–41. [Krylov V. V., Grin A. A., Kaykov A. K., Oschepkov S. K., Lvov I. S. Modern principles in surgery of injuries and diseases of the spine. *Neotlozhnaya meditsinskaya pomoshch: Zhurnal im. N.V. Sklifosovskogo*. 2014;(4):36–41. (In Russ.). EDN: <https://elibrary.ru/tgoisj>.
- Wang T., Wang Z., Ji P., Zhang J., Zhang C., Zhang L. The efficacy and safety of anterior versus posterior approach for the treatment of thoracolumbar burst fractures: a systematic review and meta-analysis. *Ann Transl Med*. 2022;10(6):309. Doi: <https://doi.org/10.21037/atm-22-903>.
- Kumar S., Patralekh M. K., Boruah T., Kareem S. A., Kumar A., Kumar R. Thoracolumbar fracture dislocation (AO type C injury): A systematic review of surgical reduction techniques. *J Clin Orthop Trauma*. 2021(5):730–741. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2019.09.016>.
- Lafage R., Steinberger J., Pesenti S., Assi A., Elysee J. C., Iyer S., Lenke L. G., Schwab F. J., Kim H. J., Lafage V. Understanding Thoracic Spine Morphology, Shape, and Proportionality. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2020;45(3):149–157. Doi: <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000003227>.
- 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: <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2020.106225>.
- Kunkel M. E., Herkommer A., Reinehr M., Böckers T. M., Wilke H. J. Morphometric analysis of the relationships between intervertebral disc and vertebral body heights: an anatomical and radiographic study of the human thoracic spine. *J Anat*. 2011;219(3):375–387. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1469-7580.2011.01397.x>.
- Математические расчеты по моделированию поврежденного тела позвонка со смежными дисками и сагиттального угла на грудном и поясничном отделах / В. Д. Усиков, В. С. Куфтов, Д. Н. Монашенко, А. А. Долгушин // Росс. нейрохирург. журн. им. проф. А. Л. Поленова. 2022. Т. 14, № 4. С. 98–110. [Usikov V. D., Kuflov V. S., Monashenko D. N., Dolgushin A. A. Mathematical calculations for modeling the damaged vertebral body with adjacent discs and the sagittal angle in the thoracic and lumbar regions. *Rossiiskii neirokhirurgicheskii zhurnal imeni professora A. L. Polenova*. 2022;14(4):98–110. (In Russ.).] Doi: https://doi.org/10.56618/20712693_2022_14_4_98 EDN: <https://elibrary.ru/gvfzzv>.
- Sherrod B., Karsy M., Guan J., Mortenson J., Flis A., Rosenbluth J. P., Bisson E., Dailey A. Cost Analysis of Inpatient Rehabilitation after Spinal Injury: A Retrospective Cohort Analysis. *Cureus*. 2019;11(9):e5747. Doi: <https://doi.org/10.7759/cureus.5747>.
- Yuksel M. O., Gurbuz M. S., Is M., Somay H. Is the Thoracolumbar Injury Classification and Severity Score (TLICS) Superior to the AO Thoracolumbar Injury Classification System for Guiding the Surgical Management of Unstable Thoracolumbar Burst Fractures without Neurological Deficit?. *Turk Neurosurg*. 2018;28(1):94–98. Doi: <https://doi.org/10.5137/1019-5149.JTN.19094-16.2>.
- Wong C. E., Hu H. T., Tsai C. H., Li J. L., Hsieh C. C., Huang K. Y. Comparison of Posterior Fixation Strategies for Thoracolumbar Burst Fracture: A Finite Element Study. *J Biomech Eng*. 2021;143(7):071007. Doi: <https://doi.org/10.1115/1.4050537>.
- Томилов А. Б., Кузнецова Н. Л. Ортопедическая коррекция посттравматических деформаций позвоночника // Гений ортопедии. 2012. № 1. С. 60–63. [Tomilov A. B., Kuznetsova N. L. Orthopedic correction of posttraumatic spinal deformities. *Genij Ortopedii*. 2012;(1):60–63. (In Russ.).] EDN: <https://elibrary.ru/pbxuih>.
- Olivares O. B., Carrasco M. V., Pinto G. I., Tonda F. N., Riera Martínez J. A., González A. S. Preoperative and Postoperative Sagittal Alignment and Compensatory Mechanisms in Patients With Posttraumatic Thoracolumbar Deformities Who Undergo Corrective Surgeries. *Int J Spine Surg*. 2021;15(3):585–590. Doi: <https://doi.org/10.14444/8079>.
- 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. [Burtsev A. V., Ryabykh S. O., Kotelnikov A. O., Gubin A. V. Clinical issues of the sagittal balance in adults. *Genij Ortopedii*. 2017;23(2):228–235. (In Russ.).] Doi: <https://doi.org/10.18019/1028-4427-2017-23-2-228-235>. EDN: <https://elibrary.ru/yudvzb>.
- Lee J. C., Choi S. W. Adjacent Segment Pathology after Lumbar Spinal Fusion. *Asian Spine J*. 2015;9(5):807–17. Doi: <https://doi.org/10.4184/asj.2015.9.5.807>.
- Дулаев А. К., Кутянов Д. И., Мануковский В. А. и др. Выбор тактики и технологии инструментальной фиксации при изолированных неосложненных взрывных переломах грудных и поясничных позвонков // Хирургия позвоночника. 2019. Т. 16, № 2. С. 7–17. [Dulaev A. K., Kutyanov D. I., Manukovskiy V. A., Parshin M. S., Iskrovskiy S. V., Zhelnov P. V. Decision-making and technical choice in instrumental fixation for neurologically uncomplicated isolated burst fractures of the thoracic and lumbar vertebrae. *Khirurgiya Pozvonochnika*. 2019;16(2):7–17. (In Russ.).] Doi: <https://doi.org/10.14531/ss2019.2.7-17>. EDN: <https://elibrary.ru/ugwozk>.
- 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: <https://doi.org/10.1155/2017/1568258>.
- Pesenti S., Lafage R., Stein D., Elysee J. C., Lenke L. G., Schwab F. J., Kim H. J., Lafage V. The Amount of Proximal Lumbar Lordosis Is Related to Pelvic Incidence. *Clin Orthop Relat Res*. 2018;476(8):1603–1611. Doi: <https://doi.org/10.1097/CORR.0000000000000380>.

21. 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(8):1073–1095. Doi: <https://doi.org/10.1007/s00586-008-0700-3>.
22. Hou G. J., Zhou F., Tian Y., Ji H. Q., Zhang Z. S., Guo Y., Lv Y., Yang Z. W., Zhang Y. W. [Risk factors of recurrent kyphosis in thoracolumbar burst fracture patients treated by short segmental pedicle screw fixation]. *Beijing Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban.* 2020;53(1):167–174. Doi: <https://doi.org/10.19723/j.issn.1671-167X.2021.01.025>.
23. Zappalá M., Lightbourne S., Heneghan N. R. 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(1):447. Doi: <https://doi.org/10.1186/s13018-021-02592-2>.
24. Hipp J. A., Grieco T. F., Newman P., Reitman C. A. Definition of Normal Vertebral Morphometry Using NHANES-II Radiographs. *JBMR Plus.* 2022;6(10):e10677. Doi: <https://doi.org/10.1002/jbm4.10677>.
25. Farcy J. P., Weidenbaum M., Glassman S. D. Sagittal index in management of thoracolumbar burst fractures. *Spine (Phila Pa 1976).* 1990;15(9):958–965. Doi: <https://doi.org/10.1097/00007632-199009000-00022>.
26. Voinea G. D., Butnariu S., Mogan G. Measurement and Geometric Modelling of Human Spine Posture for Medical Rehabilitation Purposes Using a Wearable Monitoring System Based on Inertial Sensors. *Sensors (Basel).* 2016;17(1):3. Doi: <https://doi.org/10.3390/s17010003>.
27. Орлов С. В., Каныкин А. Ю., Москалев В. П. и др. Математический расчет прочности позвоночного столба при хирургическом лечении нестабильных переломов позвоночника // Вестник хирургии им. И. И. Грекова. 2009. Т. 168, № 2. С. 61–64. [Orlov S.V., Kanykin A. Yu., Moskalev V. P., Shchedrenok V. V., Sedov R. L. Mathematical calculation of the strength of the spinal column in the surgical treatment of unstable spinal fractures. *Vestnik khirurgii im. I. I. Grekova.* 2009;168(2):61–64. (In Russ.)]. EDN: <https://elibrary.ru/kugyyz>.
28. Benek H. B., Akcay E., Yilmaz H., Yurt A. Efficiency of Distraction and Ligamentotaxis in Posterior Spinal Instrumentation of Thoracolumbar Retropulsed Fractures. *Turk Neurosurg.* 2021;31(6):973–979. Doi: <https://doi.org/10.5137/1019-5149.JTN.34860-21.3>.
29. Афаунов А. А., Кузьменко А. В. Транспедикулярная фиксация при повреждениях грудного и поясничного отделов позвоночника, сопровождающихся травматическим стенозом позвоночного канала // Хирургия позвоночника. 2011. Т. 4. С. 008–017. [Afaunov A. A., Kuzmenko A. V. Transpedicular fixation for thoracic and lumbar spine injury with post-traumatic spinal stenosis. *Khirurgiya Pozvonochnika.* 2011;(4):008–017. (In Russ.)]. Doi: <https://doi.org/10.14531/ss2011.4.8-17>. EDN: <https://elibrary.ru/onttib>.
30. Leferink V. J., Nijboer J. M., Zimmerman K. W., Veldhuis E. F., ten Vergert E. M., ten Duis H. J. Burst fractures of the thoracolumbar spine: changes of the spinal canal during operative treatment and follow-up. *Eur Spine J.* 2003;12(3):255–260. Doi: <https://doi.org/10.1007/s00586-002-0499-2>.