

Научная статья

УДК 616.71-007.234-06:616.711.5-001.5-021.3-089.22:615.036

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2024-30-4-542-551>

Сравнительный анализ результатов хирургического лечения взрывных остеопоротических переломов тел позвонков грудопоясничной локализации

В.Д. Синявин¹, В.В. Рерих^{1,2}✉¹ Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Новосибирск, Россия² Новосибирский государственный медицинский университет, Новосибирск, РоссияАвтор, ответственный за переписку: Виктор Викторович Рерих, rvv_nsk@mail.ru

Аннотация

Введение. Хирургические методы лечения остеопоротических взрывных переломов тел позвонков имеют свои преимущества и недостатки. Циркулярная стабилизация и корригирующие вертебротомии для пожилых пациентов являются высокоинвазивными и несут в себе больший хирургический риск. В то же время применение малоинвазивных методов часто приводит к рецидиву деформации. Таким образом, в лечении пациентов с такой патологией необходим выбор способа хирургического лечения, позволяющего достичь оптимальных результатов.

Цель работы — сравнить результаты хирургического лечения взрывных остеопоротических переломов тел позвонков грудопоясничной локализации разработанным способом и методами циркулярной и гибридной стабилизации на основании клинических и рентгенологических критериев.

Материалы и методы. Исследование является ретропроспективным. Сформировано три группы пациентов в соответствии с видом оперативного вмешательства. Критерии включения: наличие первичного остеопороза, отсутствие остеотропной терапии до операции, остеопоротические переломы (тип OF3 и OF4) тел позвонков грудопоясничной локализации (Th10–L2). Период наблюдения составил 12 мес. Оценивали следующие критерии: величина коррекции кифоза (по методу Cobb), величина остаточной послеоперационной кифотической деформации, а также её рецидив в отдаленном послеоперационном периоде; сагиттальный баланс туловища (индекс Barrey), субъективная оценка состояния пациента (по болевой шкале VAS). Оценку качества жизни не проводили.

Результаты. Статистически значимой разницы в динамике сагиттального баланса в контрольный срок наблюдения между группами выявлено не было ($p > 0,99$). Не было отмечено разницы между группами и в клинических исходах (VAS) в контрольный срок наблюдения ($p > 0,05$). Определена статистически значимая разница в величинах кифотической деформации и ее коррекции в указанные сроки послеоперационного наблюдения между группами гибридной фиксации и группой корригирующей вертебротомии. С группой циркулярной стабилизации разницы не обнаружено.

Обсуждение. В связи с высокими рисками неблагоприятных исходов вентрального спондилодеза, в частности, проседания имплантата, для исключения выполнения вентрального спондилодеза мы применили способ коррекции локальной кифотической деформации и заднего спондилодеза аутокостью. Предлагаемый авторами способ коррекции локальной кифотической деформации в лечении пациентов со взрывными остеопоротическими переломами тел позвонков сочетает удовлетворительную коррекцию локального кифоза с минимальной хирургической агрессией, что снижает риски осложнений и неблагоприятных исходов. Предлагаемый метод может сочетаться и с гибридной фиксацией.

Заключение. Разработанный способ коррекции локальной кифотической деформации в лечении взрывных остеопоротических переломов тел позвонков в сравнении с циркулярной и гибридной стабилизацией демонстрирует удовлетворительную коррекцию локального кифоза, снижает риски осложнений и неблагоприятных исходов.

Ключевые слова: взрывной перелом, остеопороз, гибридная стабилизация, циркулярная стабилизация, вертебротомия, кифоз, сагиттальный баланс

Для цитирования: Синявин В.Д., Рерих В.В. Сравнительный анализ результатов хирургического лечения взрывных остеопоротических переломов тел позвонков грудопоясничной локализации. *Гений ортопедии*. 2024;30(4):542-551. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-4-542-551. EDN: ALWBMU.

Original article

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2024-30-4-542-551>

Comparative analysis of surgical treatment results for osteoporotic burst fractures of thoracolumbar vertebral bodies

V.D. Sinyavin¹, V.V. Rerikh^{1,2}✉¹ Novosibirsk Tsivyan Research Institute of Traumatology and Orthopedics, Novosibirsk, Russian Federation² Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russian Federation**Corresponding author:** Victor V. Rerikh, rvv_nsk@mail.ru

Abstract

Introduction Surgical methods for osteoporotic burst vertebral body fracture repair have their advantages and shortcomings. The use of circumferential stabilization and corrective vertebrotomies in elderly patients is highly invasive and carries great surgical risk. On the other hand, minimally invasive methods lead to recurrence of the deformity. Thus, in the treatment of patients with such pathology, it is necessary to choose a surgical method that allows achieving optimal results.

Purpose of the work was to compare the results of surgical treatment for osteoporotic burst fractures in thoracolumbar vertebral bodies using the developed method and methods of circular and hybrid stabilization based on clinical and radiological criteria.

Materials and methods The study was retrospective. Three groups of patients were formed according to the type of surgical intervention. Inclusion criteria were patients with primary osteoporosis who did not receive osteotropic therapy before surgery, with osteoporotic fractures (type OF3 and OF4) of the vertebral bodies of the thoracolumbar location (Th10–L2). The follow-up period was 12 months. The following criteria were assessed: the amount of kyphosis correction (according to the Cobb method), the amount of residual postoperative kyphotic deformity, as well as its recurrence in the long-term postoperative period; sagittal balance of the torso (Barrey index), subjective evaluation of the patient's condition (VAS). Quality of life assessment was not performed.

Results There were no statistically significant differences in the dynamics of sagittal balance during the follow-up period between the groups ($p > 0.99$). There was no difference between groups in clinical outcomes (VAS) at follow-up ($p > 0.05$). A statistically significant difference in the magnitude of kyphotic deformity and its correction in the specified postoperative periods was revealed between the hybrid fixation groups and the corrective vertebrotomy group. No difference was found with the circular stabilization group.

Discussion Due to the high risks of poor outcomes of anterior spinal fusion, in particular, implant subsidence, to avoid anterior spinal fusion, we used a method of focal kyphosis correction and posterior spinal fusion with autologous bone. The method proposed by the authors for the correction of focal kyphotic deformity in the treatment of patients with osteoporotic burst fractures of the vertebral bodies combines satisfactory correction of focal kyphosis with minimal surgical invasiveness, which reduces the risks of complications and poor outcomes. The proposed method may also be combined with hybrid fixation.

Conclusion The developed method for focal kyphotic deformity correction in the treatment of osteoporotic burst fractures of vertebral bodies provides satisfactory correction of focal kyphosis, reduces the risks of complications and poor outcomes in comparison with circular and hybrid stabilization.

Keywords: burst fracture, osteoporosis, hybrid stabilization, circular stabilization, vertebrotomy, kyphosis, sagittal balance

For citation: Sinyavin VD, Rerikh VV. Comparative analysis of surgical treatment results for osteoporotic burst fractures of thoracolumbar vertebral bodies. *Genij Ortopedii*. 2024;30(4):542-551. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-4-542-551

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире увеличивается частота остеопоротических компрессионных переломов позвонков, а вместе с этим и число пациентов, обращающихся по поводу острой и хронической боли и прогрессирующих деформаций позвоночника [1]. Более чем в 60 % случаев исходом данных повреждений является формирование тяжелых болезненных кифотических деформаций, возникающих вследствие формирования псевдоартроза тела поврежденного позвонка [2, 3]. Поэтому перед спинальным хирургами стоит задача подобрать рациональные методы оперативного вмешательства, позволяющие избежать дальнейшей компрессии поврежденного позвонка, достичь коррекции локального кифоза, создать условия для стабилизации и консолидации перелома, а также предотвратить неврологические нарушения. Известные способы циркулярной стабилизации с применением вентрального спондилодеза у пожилых пациентов с сопутствующим неблагоприятным коморбидным фоном являются высокоинвазивными и несут в себе больший хирургический риск [4, 5, 6, 7]. Малоинвазивные способы задней стабилизации в сочетании с вертебропластикой тела поврежденного позвонка, представленные как альтернатива циркулярной фиксации [8, 9], в ряде случаев приводят к неблагоприятным исходам, таким как потеря коррекции и рецидив болевого синдрома [10], что нашло подтверждение и в нашем предыдущем исследовании [11]. В специфических и сложных случаях, связанных с тяжелым кифозом (более 30°) и/или сагиттальным дисбалансом, рекомендуются остеотомии позвонков [12, 13]. Эти методы обладают высокой способностью коррекции деформации, но технически сложны и имеют высокие риски осложнений, что особенно важно для пациентов старшей возрастной группы.

Цель работы — сравнить результаты хирургического лечения взрывных остеопоротических переломов тел позвонков груднопоясничной локализации разработанным способом и методами циркулярной и гибридной стабилизации на основании клинических и рентгенологических критериев.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняло участие 52 пациента. Все поступали в клинику в порядке оказания неотложной помощи. На основании клинического, рентгенологического методов обследования, по данным МСКТ-исследования выявлены переломы тел позвонков груднопоясничного отдела позвоночника на фоне остеопороза. Среди пациентов было 40 женщин (77,7 %) и 12 мужчин (22,3 %). Средний возраст составил $(64,36 \pm 6,74)$ года. Основными причинами остеопоротических переломов была низкоэнергетическая травма (падения с высоты собственного роста на спину или ягодицы) в 68,4 % случаев и физическая нагрузка (работа в наклон, поднятие тяжести) — в 31,6 %.

Путем простой рандомизации все пациенты разделены на три группы. Группе 1 ($n = 17$) выполнена задняя стабилизация в сочетании с цементной пластикой или остеопластикой тела поврежденного позвонка (гибридная фиксация). Группе 2 ($n = 18$) проведена задняя стабилизация в сочетании вентральным спондилодезом (циркулярная стабилизация). Группы 1 и 2 являются контрольными. Пациентам группы 3 ($n = 17$, группа исследования) выполнена задняя протяженная фиксация в сочетании с корригирующей вертебротомией (авторский способ).

Сравнительный анализ проведен по ряду рентгенологических и клинических критериев.

Коррекцию локальной кифотической деформации (Патент на изобретение № 2810182) осуществляли следующим образом. На предоперационном этапе (рис. 1, а) измеряли угол кифотической деформации по Cobb. Далее определяли величину резекции суставных пар позвонков на уровне повреждения.

Для этого на уровне повреждения с обеих сторон расчерчивали угол резекции, который соответствует углу кифотической деформации (рис. 1, б):

- с одной стороны суставных пар позвонков определяли вершину угла, которой является каудо-дорзальная точка тела вышележащего позвонка от поврежденного;
- следующую точку располагали на латеральной части нижнего суставного отростка вышележащего позвонка от поврежденного;
- конечную точку угла определяли по латеральной поверхности нижнего края верхнего суставного отростка поврежденного позвонка.

Далее проецировали эти точки на противоположную сторону суставных пар позвонков (точки, отмеченные на суставных отростках, формируют основание угла резекции). Производили измерение высоты основания угла клиновидного дефекта, чтобы в дальнейшем на высоту основания произвести резекцию.

Во время операции сначала в соответствии с анатомическими ориентирами под рентгеновским контролем устанавливали транспедикулярные винты, не менее чем на 2 сегмента выше и ниже вершины локальной деформации. Затем, согласно предоперационному планированию, проводили остеотомию на полный поперечный размер суставных отростков с обеих сторон, при этом нижние суставные отростки вышележащего позвонка и верхние суставные отростки поврежденного позвонка удаляли в плоскости к вершине угла резекции по направлению кпереди и вверх, тем самым формируя клиновидный дефект (рис. 1, в). Аналогично проводили резекцию суставных пар с другой стороны. Далее путем постуральной экстензии смыкали нижний суставной отросток вышележащего позвонка с верхним суставным отростком поврежденного позвонка, тем самым достигая коррекции кифотической деформации, при этом угол становится равен 0° по Cobb (рис. 1, г, д). В завершение проводили установку и фиксацию стержней транспедикулярной конструкции в головках винтов и окончательный монтаж конструкции, при необходимости проводили дополнительную контракцию для улучшения контакта костных поверхностей смежных позвонков в зоне резекции. Выполняли ревизию положения спинномозговых корешков. Костный трансплантат, полученный в ходе резекции, укладывали по задней поверхности с перекрытием линии резекции.

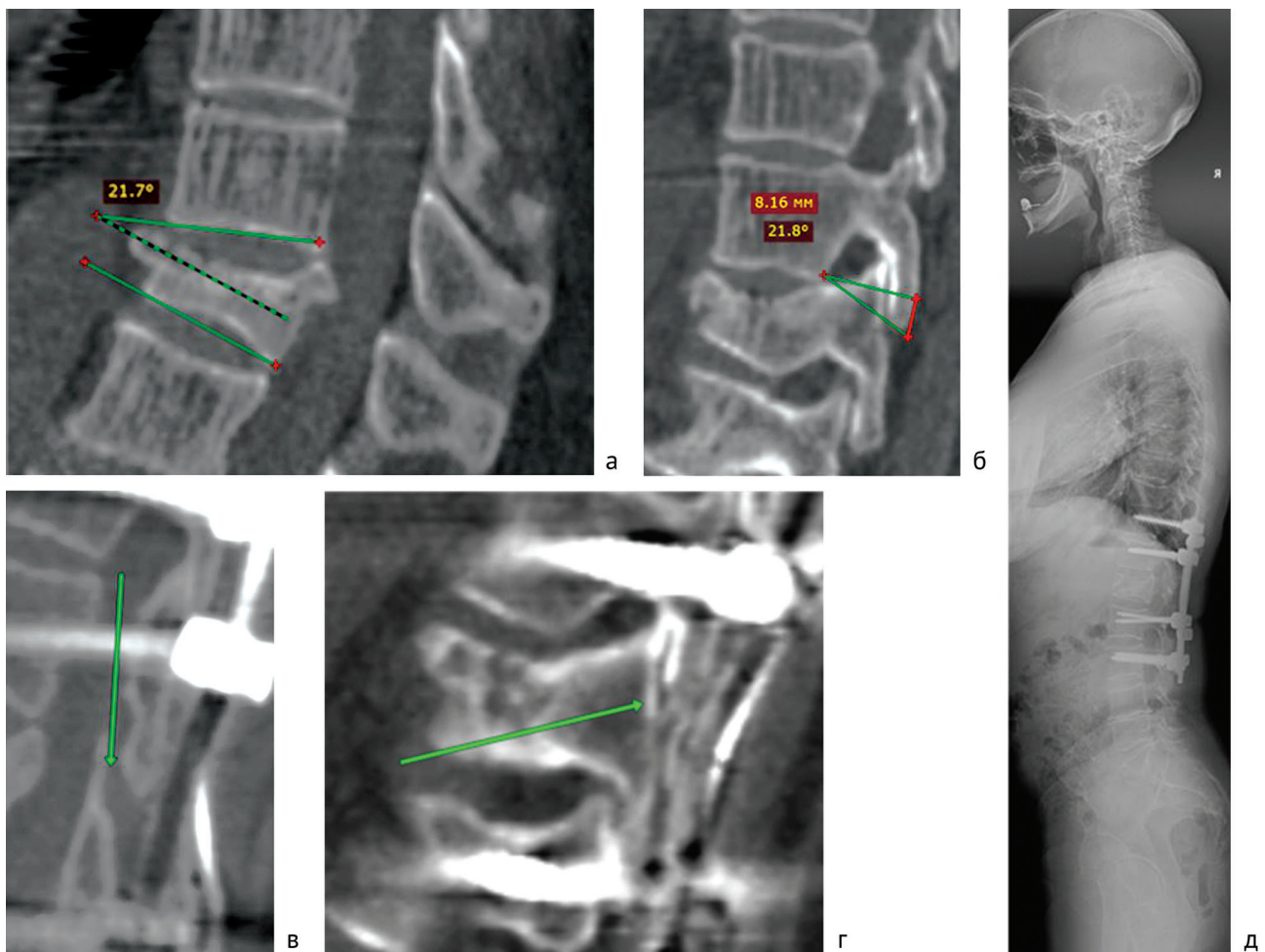


Рис. 1. Этапы выполнения способа коррекции локальной кифотической деформации: а — измерение угла кифотической деформации; б — вычисление угла резекции; в — зона резекции; г, д — смыкание дефекта, коррекция кифотической деформации

Критерии включения: впервые выявленные неосложненные переломы тел позвонков, возникшие на фоне остеопороза грудного отдела позвоночника (Th10–L2); полные и неполные взрывные патологические переломы (тип OF3 и OF4 по DGOU) [14]; Т-критерий по данным денситометрии от $-2,5$ и ниже; отсутствие остеотропной терапии до операции; период послеоперационного наблюдения не менее 12 мес.; исходная величина кифотической деформации от 20° и выше.

Критерии исключения: осложненные повреждения позвоночника (с неврологическим дефицитом); наличие вторичного остеопороза.

Оценивали следующие критерии: величину коррекции кифоза (по методу Cobb), величину остаточной послеоперационной кифотической деформации. Не полной считали коррекцию, если её величина составляла $> 5^\circ$. Оценивали рецидивы деформации на сроке 12 мес. Деформацию считали рецидивирующей, если на всём протяжении послеоперационного наблюдения она возросла более чем на 5° (ошибка в точности рентгенологических измерений межсегментарных отношений — 5°). Сагиттальный профиль оценивали до, после оперативного вмешательства и через 12 мес. после операции, учитывали параметр Barrey index C7/SFD ($-0,9 \pm 1$). Сагиттальный баланс был разделен следующим образом: сбалансированный (C7/SFD близко к 0); компенсированный дисбаланс ($0,5 < \text{C7/SFD} < 1$); декомпенсированный дисбаланс ($\text{C7/SFD} > 1$) [15]. Субъективную оценку состояния пациента оценивали по болевой шкале VAS. Оценку качества жизни не проводили. Средние сроки с момента получения травмы до оперативного вмешательства составили 15 ± 7 дней. Продолжительность проведенных операций и кровопотерю оценивали по данным медицинской документации. Всем пациентам после операции была рекомендована остеотропная терапия, однако оценка её эффективности в послеоперационном периоде в настоящем исследовании не проведена.

Статистические методы. Непрерывные данные возраста, койко-дней, смещений центров ротаций и балльных шкал ВАШ, Harris были проверены на соответствие нормальному распределению методом Колмогорова. Ввиду малого числа нормальных данных сравнение проводили непараметрическими методами.

Для описания непрерывных показателей в качестве основных статистик рассчитывали медианы [первый квартиль; третий квартиль] (МЕД [Q1; Q3]), а в качестве вспомогательных — среднее $\pm$ стандартное отклонение (СРЕД $\pm$ СО) и минимальное – максимальное значения. У категориальных и бинарных показателей определяли количество пациентов (частота) для каждой категории, для частот бинарных показателей величины и коррекции кифоза рассчитывали погрешность 95 % доверительного интервала (95 % ДИ). Сравнения непрерывных показателей между группами проводили с использованием U-критерием Манна – Уитни. Для оценки среднего различия между распределениями (effect size) рассчитывали медиану попарных разностей значений между группами (пМЕД) с построением 95 % ДИ и стандартизованную разницу средних (CPC). Категориальные показатели сравнивали с помощью точного двустороннего критерия Фишера. Проверку статистических гипотез проводили при критическом уровне значимости $p = 0,05$, т.е. различие считалось статистически значимым, если $p < 0,05$. Статистические расчёты проводили на языке R version 4.1.3 2022-03-10 (Vienna, Austria).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Величина исходной кифотической деформации в первой группе была ($22,06 \pm 1,92^\circ$) ($20-27^\circ$), во второй — ($27,17 \pm 5,36^\circ$) ($20-35^\circ$), в третьей — ($25,94 \pm 5,24^\circ$) ($20-35^\circ$). Средняя величина Т-критерия по данным денситометрии во всех группах — ($3,18 \pm 0,59$). Разницы по сагитальному профилю (сбалансированный / компенсированный / декомпенсированный) до операции между группами выявлено не было: в группах 1 и 3 $p = 0,16$, в группах 2 и 3 $p = 0,302$. Внутри групп отмечено различие в динамике кифоза, в группе 1 (потеря коррекции) $p = 0,011$ (табл. 1, рис. 2). Выявлена статистически значимая разница в величинах кифотической деформации и ее коррекции в указанные сроки послеоперационного наблюдения между группами 1 и 3 (табл. 1), при сравнении групп 2 и 3 различия не выявлено (табл. 1, рис. 3). Статистически значимой разницы в динамике сагиттального баланса в контрольный срок наблюдения между группами 1 и 3, 2 и 3 выявлено не было ($p > 0,99$) (рис. 4). Не было выявлено различия между группами и в клинических исходах (VAS) в контрольный срок наблюдения ($p > 0,05$) (рис. 5).

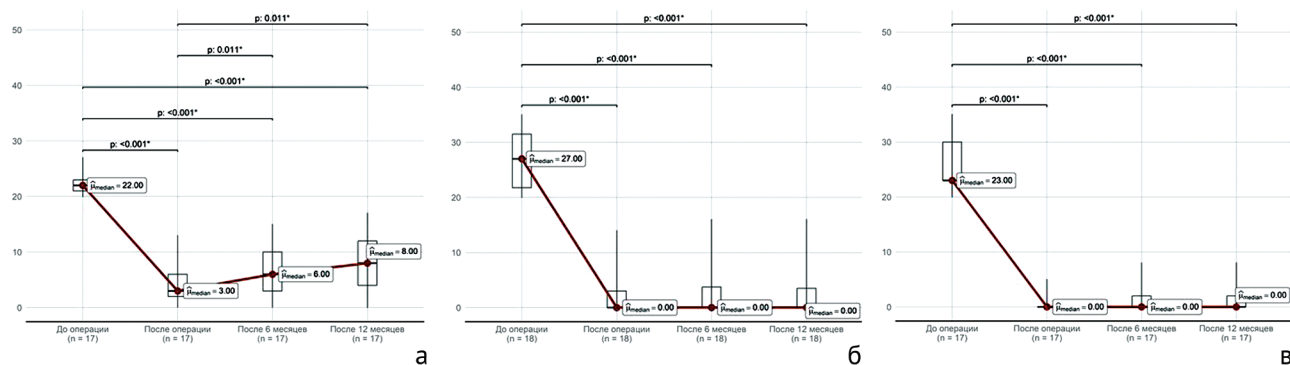


Рис. 2. Динамика величин кифоза внутри групп: а — группа 1; б — группа 2; в — группа 3

Таблица 1

Сравнение величин коррекции и динамика локального кифоза между группами

Название показателя	Группа 1 (n = 17)	Группа 2 (n = 18)	Группа 3 (n = 17)	Сравнение	
				Различие	p-уровень
Кифоз до операции, МЕД [Q1; Q3] СРЕД ± СО (МИН – МАКС)	22 [21; 23] 22,06 ± 1,92 (20 – 27)	27 [21,75; 31,5] 27,17 ± 5,36 (20 – 35)	23 [23; 30] 25,94 ± 5,24 (20 – 35)	пМЕД [95 % ДИ]: 2 [1; 8] СО [95 % ДИ]: -0,98 [-1,7; -0,27]* пМЕД [95 % ДИ]: -1 [-6; 3] СО [95 % ДИ]: 0,23 [-0,43; 0,9]**	0,012*, 0,584**
Кифоз после операции, МЕД [Q1; Q3] СРЕД ± СО (МИН – МАКС)	3 [2; 6] 4,24 ± 3,51 (0 – 13)	0 [0; 3] 2,5 ± 4,02 (0 – 14)	0 [0; 0] 0,47 ± 1,37 (0 – 5)	пМЕД [95 % ДИ]: -3 [-6; -2] СО [95 % ДИ]: 1,41 [0,66; 2,17]* пМЕД [95 % ДИ]: 0 [-2; 0] СО [95 % ДИ]: 0,67 [-0,01; 1,35]**	< 0,001*, 0,040**
Кифоз после 6 месяцев, МЕД [Q1; Q3] СРЕД ± СО (МИН – МАКС)	6 [3; 10] 7,06 ± 4,64 (0 – 15)	0 [0; 3,75] 3,11 ± 4,97 (0 – 16)	0 [0; 2] 1,24 ± 2,28 (0 – 8)	пМЕД [95 % ДИ]: -6 [-9; -3] СО [95 % ДИ]: 1,59 [0,82; 2,37]* пМЕД [95 % ДИ]: 0 [-2; 0] СО [95 % ДИ]: 0,48 [-0,19; 1,15]**	< 0,001*, 0,304**
Кифоз после 12 месяцев, МЕД [Q1; Q3] СРЕД ± СО (МИН – МАКС)	8 [4; 12] 7,71 ± 5,27 (0 – 17)	0 [0; 3,5] 3,11 ± 5,06 (0 – 16)	0 [0; 2] 1,29 ± 2,37 (0 – 8)	пМЕД [95 % ДИ]: -6 [-9; -3] СО [95 % ДИ]: 1,57 [0,8; 2,35]* пМЕД [95 % ДИ]: 0 [-2; 0] СО [95 % ДИ]: 0,46 [-0,22; 1,13]**	< 0,001*, 0,331**

Примечание: * – сравнение групп 1 и 3 (гибридная фиксация и корригирующая вертебротомия); ** – сравнение групп 2 и 3 (циркулярная фиксация и корригирующая вертебротомия).

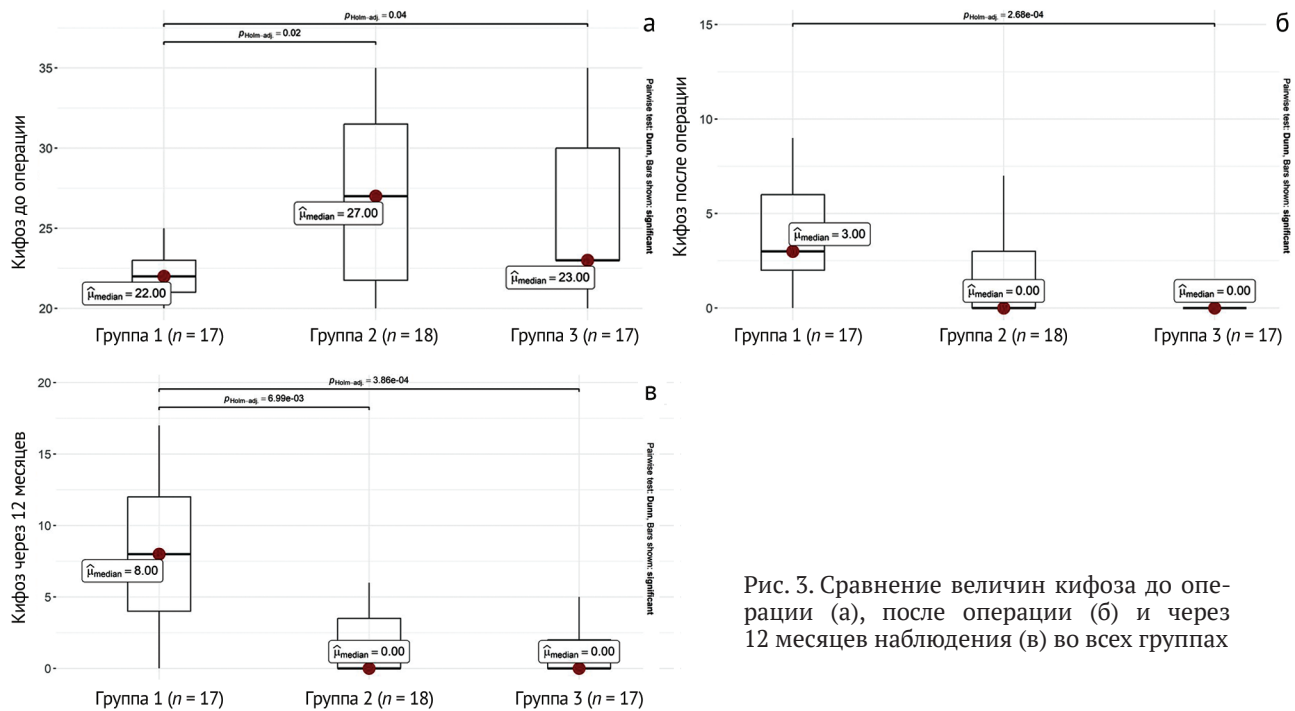


Рис. 3. Сравнение величин кифоза до операции (а), после операции (б) и через 12 месяцев наблюдения (в) во всех группах

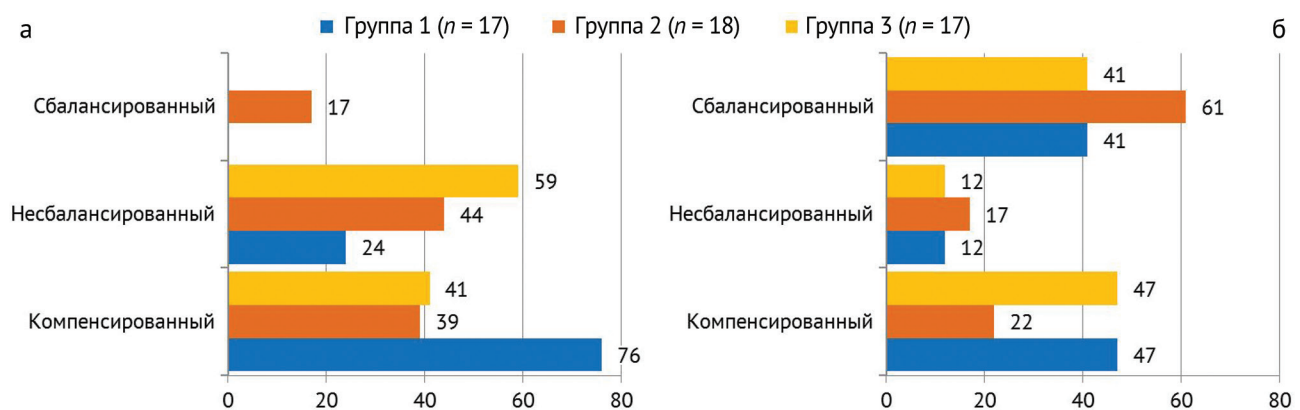


Рис. 4. Динамика сагиттального профиля до операции (а) и после операции (б) во всех группах

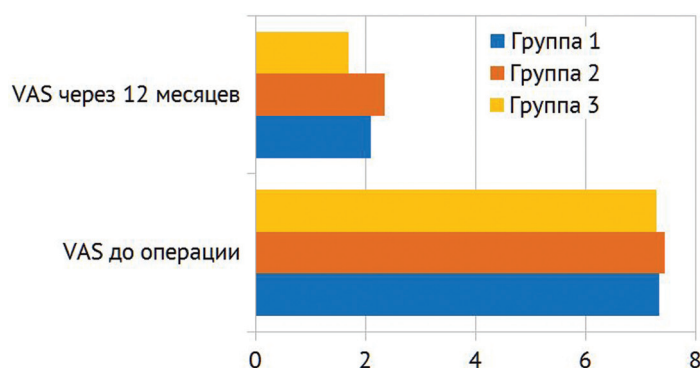


Рис. 5. Сравнение величины показателей VAS в группах

Осложнений в группах 1 и 3 не было. В группе 2 ранний послеоперационный период у 2 пациентов (11,1 %) осложнился брахиоплексопатией, у 1 пациента (5,5 %) выявлена госпитальная пневмония. Средняя кровопотеря в группе 1 составила 233,6 мл, в группе 2 — 531,3 мл, в группе 3 — 329,2 мл. Среднее время оперативного вмешательства в группе 1 составило 96,6 мин., в группе 2 — 262,3 мин.; в группе 3 — 153,5 мин.

ОБСУЖДЕНИЕ

Классификация остеотомий позвоночника, предложенная F. Schwab et al [16], а также особенности и принципы применения хирургических способов остаются прежними к их использованию при повреждениях позвонков на фоне остеопороза. Существует способ вертебротомии Smith – Peterson [17, 18], заключающийся в резекции минимум трех остистых отростков, отделении желтой связки и сечении во фронтальной плоскости суставных поверхностей обеих пар суставных отростков. Метод предполагает использование дорсальных отделов тела позвонка (средняя колонна) в качестве точки вращения при коррекции деформации через заблокированный межпозвонковый диск. Результатом является удлинение передней и укорочение задней колонн позвоночника. При этом происходит разрыв передней продольной связки и расхождение тел позвонков с формированием некоторого пространства между ними. Манипуляция сопровождается высоким риском повреждения крупных сосудов. Также недостатком данного способа является неполное смыкание костного дефекта, что не обеспечивает консолидацию перелома и сращение и, как следствие, позвоночник остается в нестабильном положении. Данному способу присуща низкая величина коррекции деформации (около 10°) и высокая травматичность, что обуславливает длительный послеоперационный период и высокий риск инфицирования [19]. Наряду с этим, существует способ корригирующей вертебротомии Ponte [20, 21], его выполняют в грудном отделе позвоночника (11–13 уровней), остистые и суставные отростки удаляют полностью, производят широкую резекцию полудужек, желтую связку удаляют полностью, резецируют корни дужек. Недостатком данного способа является ограничение по его применению (только на грудном отделе позвоночника). Высокая травматичность при его выполнении, резекция большого объема костных структур, сопровождающаяся значительной кровопотерей, увеличивают продолжительность послеоперационного ухода и риск инфицирования. Позвоночник остается в нестабильном положении за счет резекции суставных отростков, выполняемой в переднезаднем направлении до полного иссечения.

В ряде исследований проведена оценка клинических и рентгенологических результатов, осложнений и исходов субтракционной остеотомии (PSO), включая авторские модификации [22, 23, 24]. В каждом из них отмечено удовлетворительное восстановление локального кифоза и сагиттального баланса. Тем не менее, авторы делают особый акцент на пациентов с неврологическим дефицитом, возникшим на фоне травмы, для которых важно проведение декомпрессии невральных структур. Поэтому ввиду высокой травматичности выполнение данной оперативной методики у пациентов с неосложненной патологией является излишним [25, 26, 27].

При тяжелом кифозе некоторые исследователи также пытались исправить сагиттальный дисбаланс с помощью VCR. В двухцентровом ретроспективном исследовании, включавшем 17 пациентов, результаты показали значительное улучшение сегментарного кифоза и регресс болевого синдрома [28]. В пятилетнем исследовании, включавшем 109 пациентов, T. Pehlivanoglu et al. [29] предположили, что VCR в сочетании с имплантацией телескопического кейджа является безопасной и эффективной операцией, которая значительно улучшает клинические результаты за счет декомпрессии и реконструкции резецированного позвонка. Телескопический кейдж обеспечивает стабилизацию вентральной колонны, минимизируя нагрузку на заднюю конструкцию [30]. В ретроспективном исследовании S. Sehmisch et al. [31] применяли технику VCR на грудном отделе позвоночника у пациентов с остеопоротическими переломами и посттравматическими кифозами более 45°. Период наблюдения составил 36 месяцев. У всех пациентов выявлена коррекция кифотической деформации на $(20 \pm 10)^\circ$ и снижение болевого синдрома с $(8,6 \pm 2,0)$ по VAS до $(5,0 \pm 1,4)$. Средняя величина кифоза составила $(25 \pm 14)^\circ$ (5–53°). Костный блок достигнут в те-

чение 6 мес. Анализ индекса инвалидности Освестри (ODI) перед операцией показал тяжелые нарушения у двух пациентов (41–60 %), у пяти — очень тяжелые функциональные нарушения (61–80 %) и у трех пациентов — полное функциональное нарушение (81–100 %). После операции шесть пациентов сообщили о тяжелых нарушениях (41–60 %), три — об очень тяжелых и один пациент — о полном функциональном нарушении.

В работе Z. Xu et al. [32] представлено ретроспективное исследование с участием 238 пациентов с застарелыми остеопоротическими переломами, 48 из которых имели тяжелую кифотическую деформацию. Послеоперационное наблюдение во всех группах проводили до 38 мес. По оценке VAS болевой синдром у всех пациентов снизился до 2 баллов ($2,12 \pm 0,74$), индекс инвалидизации упал с 70 ($70,18 \pm 2,24$) до 40 ($40,09 \pm 2,24$). В зависимости от уровня кифоза и неврологического дефицита проводили операции Ponte, SPO, PSO, VCR. При использовании всех методик авторы достигли удовлетворительных результатов, что соответствует результатам работ других исследователей [33, 34, 35, 36]. Однако VCR требует более высокого уровня хирургических навыков и более длительного обучения хирургов [37]. K. Tomita et al. [38] сообщают, что укорочение задней колонны можно разделить на три интервала: безопасный включает укорочение позвоночника до 1/3 сегмента, характеризуется отсутствием деформации дурального мешка или спинного мозга; относительно безопасный включает укорочение позвоночника от 1/3 до 2/3 сегмента, характеризуется гофрированием дурального мешка без деформации спинного мозга; опасный вариант включает укорочение сегмента позвоночника более чем на 2/3 сегмента, что вызывает деформацию дурального мешка и спинного мозга с неврологическими нарушениями. Несмотря на высокую степень коррекции деформации, трехколонные вертебротомии сопровождаются длительной протяженностью хирургической сессии, большой кровопотерей и объемом резекции костной ткани, а также риском ятрогенных неврологических [39] и механических осложнений [40, 41].

Преимущества предложенного нами способа по сравнению с существующими вариантами остеотомий позвоночника заключаются в том, что способ не имеет ограничений по применению и может быть выполнен на любом отделе позвоночника. Способ малотравматичный, так как резецируют небольшой объем костных структур с минимальной кровопотерей, что обеспечивает сокращение продолжительности периода раннего послеоперационного наблюдения и снижает риск инфицирования, позвоночник остается в стабильном положении. Способ обеспечивает запланированную коррекцию локального кифоза в сагиттальной плоскости, минимальный объем резекции костной ткани, плотный контакт резецированных участков смежных позвонков в положении достигнутой коррекции с формированием заднего костного блока.

В проведенном нами исследовании в ходе сравнения нашего способа коррекции локальной кифотической деформации с циркулярной стабилизацией значимой разницы в величине коррекции деформации между группами статистически не выявлено. Отмечено значимое различие с группой гибридной стабилизации как в коррекции деформации, так и в величине кифоза после оперативного лечения и в указанные сроки послеоперационного наблюдения. Результаты оценивали и внутри групп. Примечательно, что средняя потеря коррекции в группе гибридной фиксации составила $7,7^\circ$, что совпадает с результатами авторов этого метода [42]. В группе исследования потеря коррекции выявлена у трех пациентов (13,6 %). В первом случае величина исходной деформации составила 35° , а величина остаточной деформации — 11° , что говорит об ограниченных корригирующих возможностях нашего способа. Однако стоит заметить, что кифозы такой величины при свежих взрывных переломах встречаются редко и в основном при формировании ригидных деформации на фоне остеонекрозов позвонков. У двух пациентов отмечен декомпенсированный дисбаланс как до, так и после оперативного вмешательства, что еще раз подтверждает необходимость коррекции сагиттального профиля [43–47].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемый нами способ коррекции локальной кифотической деформации позвоночника в лечении взрывных остеопоротических переломов тел позвонков в сравнении с циркулярной и гибридной стабилизацией демонстрирует удовлетворительную коррекцию локального кифоза, с минимальной хирургической агрессией, что снижает риски осложнений и неблагоприятных исходов. Техника может сочетаться и с гибридной фиксацией, однако для этого требуется проведение дополнительных исследований.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источник финансирования. Финансирование проведения исследования осуществлялось в рамках выполнения НИР государственного задания «Разработка и совершенствование способов и конструкций для коррекции посттравматических деформаций при анкилозирующих заболеваниях позвоночника», регистрационный номер 121051100278-4.

Этическая экспертиза. По результатам заключения Локального Этического Комитета (выписка из протокола заседания 001/24 от 15 января 2024 г.) настоящая статья может быть опубликована в открытой печати и не содержит секретной информации.

Информированное согласие. Не требуется.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Abdelgawaad AS, Ezzati A, Govindasamy R, et al. Kyphoplasty for osteoporotic vertebral fractures with posterior wall injury. *Spine J.* 2018;18(7):1143-1148. doi: 10.1016/j.spinee.2017.11.001
2. Formica M, Zanirato A, Cavagnaro L, et al. What is the Current Evidence on Vertebral Body Osteonecrosis?: A Systematic Review of the Literature. *Asian Spine J.* 2018;12(3):586-599. doi: 10.4184/asj.2018.12.3.586
3. Katsuura Y, Osborn JM, Cason GW. The epidemiology of thoracolumbar trauma: A meta-analysis. *J Orthop.* 2016;13(4):383-388. doi: 10.1016/j.jor.2016.06.019
4. Matsuyama Y, Goto M, Yoshihara H, et al. Vertebral reconstruction with biodegradable calcium phosphate cement in the treatment of osteoporotic vertebral compression fracture using instrumentation. *J Spinal Disord Tech.* 2004;17(4):291-296. doi: 10.1097/01.bsd.0000097253.54459.a6
5. Korovessis P, Hadjipavlou A, Repantis T. Minimal invasive short posterior instrumentation plus balloon kyphoplasty with calcium phosphate for burst and severe compression lumbar fractures. *Spine (Phila Pa 1976).* 2008;33(6):658-667. doi: 10.1097/BRS.0b013e318166e0bb
6. Kanayama M, Ishida T, Hashimoto T, et al. Role of major spine surgery using Kaneda anterior instrumentation for osteoporotic vertebral collapse. *J Spinal Disord Tech.* 2010;23(1):53-56. doi: 10.1097/BSD.0b013e318193e3a5
7. Sudo H, Ito M, Kaneda K, et al. Anterior decompression and strut graft versus posterior decompression and pedicle screw fixation with vertebroplasty for osteoporotic thoracolumbar vertebral collapse with neurologic deficits. *Spine J.* 2013;13(12):1726-1732. doi: 10.1016/j.spinee.2013.05.041
8. Josten C, Heyde CE, Spiegl UJ. Complex Pathologies of the Spine: Trauma meets Degeneration. *Z Orthop Unfall.* 2016;154(5):440-448. (In German) doi: 10.1055/s-0042-108344
9. Spiegl UJ, Josten C, Devitt BM, Heyde CE. Incomplete burst fractures of the thoracolumbar spine: a review of literature. *Eur Spine J.* 2017;26(12):3187-3198. doi: 10.1007/s00586-017-5126-3
10. Schnake KJ, Scheyerer MJ, Spiegl UJA, et al. Minimally invasive stabilization of thoracolumbar osteoporotic fractures. *Unfallchirurg.* 2020;123(10):764-773. (In German) doi: 10.1007/s00113-020-00835-1
11. Рерих В.В., Синявин В.Д. Сравнительный анализ методов гибридной и циркулярной стабилизации на основании рентгенологических критериев при лечении взрывных переломов тел позвонков на фоне остеопороза. *Хирургия позвоночника.* 2023;20(3):26-33. doi: 10.14531/ss2023.3.26-33
12. Li J, Xu L, Liu Y, et al. Open Surgical Treatments of Osteoporotic Vertebral Compression Fractures. *Orthop Surg.* 2023;15(11):2743-2748. doi: 10.1111/os.13822
13. Jo DJ, Kim YS, Kim SM, et al. Clinical and radiological outcomes of modified posterior closing wedge osteotomy for the treatment of posttraumatic thoracolumbar kyphosis. *J Neurosurg Spine.* 2015;23(4):510-517. doi: 10.3171/2015.1.SPINE131011
14. Schnake KJ, Blattert TR, Hahn P, et al. Classification of Osteoporotic Thoracolumbar Spine Fractures: Recommendations of the Spine Section of the German Society for Orthopaedics and Trauma (DGOU). *Global Spine J.* 2018;8(2 Suppl):46S-49S. doi: 10.1177/2192568217717972
15. Le Huec JC, Thompson W, Mohsinaly Y, et al. Sagittal balance of the spine. *Eur Spine J.* 2019;28(9):1889-1905. doi: 10.1007/s00586-019-06083-1
16. Schwab F, Blondel B, Chay E, et al. The comprehensive anatomical spinal osteotomy classification. *Neurosurgery.* 2014;74(1):112-120; discussion 120. doi: 10.1227/NEU.00000000000001820
17. Smith-Petersen MN, Larson CB, Aufranc OE. Osteotomy of the spine for correction of flexion deformity in rheumatoid arthritis. *Clin Orthop Relat Res.* 1969;66:6-9.
18. Dordard IG, Lenke LG. Osteotomies in the posterior-only treatment of complex adult spinal deformity: a comparative review. *Neurosurg Focus.* 2010;28(3):E4. doi: 10.3171/2009.12.FOCUS09259
19. Zhang D, Zhang W, Zhou X, et al. Treatment of chronic thoracolumbar osteoporotic fractures combined with kyphosis with cement-injectable cannulated pedicle screw and multiple level Schwab grade I osteotomy. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi.* 2020;34(12):1533-1538. (In Chin.) doi: 10.7507/1002-1892.202006129
20. Ponte A. What is a true Ponte osteotomy? In: *Half-day Courses. 48th Annual Meeting & Course.* Lion, France; 2013:63-65.
21. Gill JB, Levin A, Burd T, Longley M. Corrective osteotomies in spine surgery. *J Bone Joint Surg Am.* 2008;90(11):2509-2520. doi: 10.2106/JBJS.H.00081
22. Plais N, Mengis C, Gallego Bustos JM, et al. Simplified Pedicle Subtraction Osteotomy for Osteoporotic Vertebral Fractures. *Int J Spine Surg.* 2021;15(5):1004-1013. doi: 10.14444/8129
23. Kim SK, Chung JY, Park YJ, et al. Modified Pedicle Subtraction Osteotomy for Osteoporotic Vertebral Compression Fractures. *Orthop Surg.* 2020;12(2):388-395. doi: 10.1111/os.12589
24. Takenaka S, Mukai Y, Hosono N, Fuji T. Major surgical treatment of osteoporotic vertebral fractures in the elderly: a comparison of anterior spinal fusion, anterior-posterior combined surgery and posterior closing wedge osteotomy. *Asian Spine J.* 2014;8(3):322-330. doi: 10.4184/asj.2014.8.3.322
25. Kobayashi K, Imagama S, Sato K, et al. Postoperative Complications Associated With Spine Surgery in Patients Older Than 90 Years: A Multicenter Retrospective Study. *Global Spine J.* 2018;8(8):887-891. doi: 10.1177/2192568218767430
26. Imagama S, Kawakami N, Tsuji T, et al. Perioperative complications and adverse events after lumbar spinal surgery: evaluation of 1012 operations at a single center. *J Orthop Sci.* 2011;16(5):510-515. doi: 10.1007/s00776-011-0123-6
27. Carreon LY, Puno RM, Dimar JR 2nd, et al. Perioperative complications of posterior lumbar decompression and arthrodesis in older adults. *J Bone Joint Surg Am.* 2003;85(11):2089-2092. doi: 10.2106/00004623-200311000-00004
28. Koepke LG, Weiser L, Stangenberg M, et al. Outcome after Posterior Vertebral Column Resection in Patients with Severe Osteoporotic Fractures-A Retrospective Analysis from Two Centers. *Medicina (Kaunas).* 2022;58(2):277. doi: 10.3390/medicina58020277
29. Pehlivanoglu T, Erdag Y, Oltulu I, et al. Unilateral Posterior Surgery for Severe Osteoporotic Vertebrae Fractures' Sequelae in Geriatric Population: Minimum 5-Year Results of 109 Patients. *Neurospine.* 2021;18(2):319-327. doi: 10.14245/ns.2040812.406

30. Wei H, Dong C, Zhu Y. Posterior Fixation Combined with Vertebroplasty or Vertebral Column Resection for the Treatment of Osteoporotic Vertebral Compression Fractures with Intravertebral Cleft Complicated by Neurological Deficits. *Biomed Res Int*. 2019;2019:4126818. doi: 10.1155/2019/4126818
31. Sehmisch S, Lehmann W, Dreimann M, et al. Posterior vertebral column resection for correction of kyphotic deformity due to osteoporotic fractures of the thoracic spine. *Oper Orthop Traumatol*. 2019;31(4):311-320. (In German) doi: 10.1007/s00064-019-0616-6
32. Xu Z, Hao D, Dong L, et al. Surgical options for symptomatic old osteoporotic vertebral compression fractures: a retrospective study of 238 cases. *BMC Surg*. 2021;21(1):22. doi: 10.1186/s12893-020-01013-1
33. Zhang Y, Zhao Q, Qin X, et al. SRS-Schwab grade IV osteotomy combined with satellite rod for thoracolumbar old osteoporotic fracture with severe kyphosis. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi*. 2019;33(3):259-264. (In Chin.) doi: 10.7507/1002-1892.201808022
34. Zhou J, Ma Y, Wang F, et al. Pedicle subtraction osteotomy assisted with anterior column reconstruction for treatment of chronic osteoporotic vertebral compression fracture. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi*. 2016 M;30(5):575-579. (In Chin.) doi: 10.7507/1002-1892.20160116
35. Chen JL, Xu Y, Wan L, Yao GX. Surgical choice of posterior osteotomy way for senile osteoporotic thoracolumbar fracture with kyphosis. *Zhongguo Gu Shang*. 2020;33(2):121-126. (In Chin.) doi: 10.12200/j.issn.1003-0034.2020.02.006
36. Li S, Li Z, Hua W, et al. Clinical outcome and surgical strategies for late post-traumatic kyphosis after failed thoracolumbar fracture operation: Case report and literature review. *Medicine (Baltimore)*. 2017;96(49):e8770. doi: 10.1097/MD.00000000000008770
37. Cho Y. Corpectomy and circumferential fusion for advanced thoracolumbar Kummell's disease. *Musculoskelet Surg*. 2017;101(3):269-274. doi: 10.1007/s12306-017-0480-1
38. Tomita K, Kawahara N, Murakami H, Demura S. Total en bloc spondylectomy for spinal tumors: improvement of the technique and its associated basic background. *J Orthop Sci*. 2006;11(1):3-12. doi: 10.1007/s00776-005-0964-y
39. Watanabe K, Katsumi K, Ohashi M, et al. Surgical outcomes of spinal fusion for osteoporotic vertebral fracture in the thoracolumbar spine: Comprehensive evaluations of 5 typical surgical fusion techniques. *J Orthop Sci*. 2019;24(6):1020-1026. doi: 10.1016/j.jos.2019.07.018
40. Hyun SJ, Rhim SC. Clinical outcomes and complications after pedicle subtraction osteotomy for fixed sagittal imbalance patients: a long-term follow-up data. *J Korean Neurosurg Soc*. 2010;47(2):95-101. doi: 10.3340/jkns.2010.47.2.95
41. Barrey C, Perrin G, Michel F, et al. Pedicle subtraction osteotomy in the lumbar spine: indications, technical aspects, results and complications. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2014;24 Suppl 1:21-30. doi: 10.1007/s00590-014-1470-8
42. Spiegl UJ, Ahrberg AB, Anemüller C, et al. Which anatomic structures are responsible for the reduction loss after hybrid stabilization of osteoporotic fractures of the thoracolumbar spine? *BMC Musculoskelet Disord*. 2020;21(1):54. doi: 10.1186/s12891-020-3065-3
43. Рерих В.В., Борзых К.О., Самохин А.Г. Корреляции функциональной дееспособности и параметров сагиттального баланса у пациентов с посттравматическими деформациями позвоночника. *Современные проблемы науки и образования*. 2017;(6). URL: <https://s.science-education.ru/pdf/2017/6/27046.pdf>.
44. Hu Z, Man GCW, Kwok AKL, et al. Global sagittal alignment in elderly patients with osteoporosis and its relationship with severity of vertebral fracture and quality of life. *Arch Osteoporos*. 2018;13(1):95. doi: 10.1007/s11657-018-0512-y
45. Niu J, Feng T, Huang C, et al. Characteristics of Osteoporotic Low Lumbar Vertebral Fracture and Related Lumbosacral Sagittal Imbalance. *Orthopedics*. 2021;44(1):e7-e12. doi: 10.3928/01477447-20201028-05
46. Le Huec JC, Cogniet A, Demezon H, et al. Insufficient restoration of lumbar lordosis and FBI index following pedicle subtraction osteotomy is an indicator of likely mechanical complication. *Eur Spine J*. 2015;24 Suppl 1:S112-S120. doi: 10.1007/s00586-014-3659-2
47. Fechtenbaum J, Etcheto A, Kolta S, et al. Sagittal balance of the spine in patients with osteoporotic vertebral fractures. *Osteoporos Int*. 2016;27(2):559-567. doi: 10.1007/s00198-015-3283-y

Статья поступила 25.01.2024; одобрена после рецензирования 25.01.2024; принята к публикации 18.06.2024.

The article was submitted 25.01.2024; approved after reviewing 25.01.2024; accepted for publication 18.06.2024.

Информация об авторах:

Владимир Дмитриевич Синявин — врач травматолог-ортопед, младший научный сотрудник, Dr.VladimirSinyavin@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5237-6403>;

Виктор Викторович Рерих — доктор медицинских наук, начальник отделения, профессор кафедры, rvv_nsk@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8545-0024>.

Information about the authors:

Vladimir D. Sinyavin — orthopaedic surgeon, junior researcher, Dr.VladimirSinyavin@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5237-6403>;

Victor V. Rerikh — Doctor of Medical Sciences, Head of the Department, Professor of the Department, rvv_nsk@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8545-0024>.

Вклад авторов

Владимир Дмитриевич Синявин — написание статьи, сбор и интерпретация полученных данных.

Виктор Викторович Рерих — редакция статьи, разработка концепции и дизайна исследования.