



ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ КИФОЗОВ, ВОЗНИКШИХ ВСЛЕДСТВИЕ АВАСКУЛЯРНЫХ ОСТЕОНЕКРОЗОВ ТЕЛ ПОЗВОНКОВ

К.О. Борзых, В.В. Рерих, В.Д. Синявин

Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии
им. Я.Л. Цивьяна, Новосибирск, Россия

Цель исследования. Анализ результатов хирургического лечения пациентов с фиксированной деформацией позвоночника на фоне остеонекрозов тел позвонков грудного и поясничного отделов.

Материал и методы. Исследованы данные, полученные из историй болезни 40 пациентов, оперированных по поводу кифозов, возникших вследствие остеонекрозов тел позвонков. Пациентам были проведены этапные хирургические вмешательства в одну хирургическую сессию. Оценены демографические данные, рентгенологические результаты оперативного лечения до операции, после операции и в период до 1 года после операции.

Результаты. В результате оперативных вмешательств локальный кифоз в среднем корригирован с 30° до -0,25°. После исправления кифоза выявлены статистически значимые изменения показателей сагиттальных изгибов позвоночника: увеличение грудного кифоза, уменьшение поясничного лордоза. Улучшились показатели сагиттального баланса у 17 (42,5 %) пациентов. В период наблюдения отмечено статистически значимое улучшение показателей ВАШ и ODI. Отмечено 35 % интра- и послеоперационных осложнений, при динамическом наблюдении выявлено 8 (20 %) механических осложнений, предикторами которых являются дисбаланс (2 и 3 балла) по модификатору классификации Formica и показателю GT (глобальный угол) более 7°, недостаточная коррекция кифоза (LK postOp более 4°), показатель Т-критерия менее -3,35.

Заключение. Одномоментные этапные хирургические вмешательства позволяют полностью корригировать деформацию, восстановить сагиттальный профиль и тем самым улучшить качество жизни пациента. Для уменьшения механических осложнений при планировании и выполнении хирургического вмешательства необходимо учитывать найденные предикторы.

Ключевые слова: асептический некроз, остеонекроз тела позвонка, болезнь Кюммеля, остеопороз, циркулярная стабилизация, вентральный спондилодез, кифоз, сагиттальный дисбаланс.

Для цитирования: Борзых К.О., Рерих В.В., Синявин В.Д. Хирургическое лечение кифозов, возникших вследствие аваскулярных остеонекрозов тел позвонков // Хирургия позвоночника. 2024. Т. 21. № 2. С. 39–48. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2024.2.39-48>.

SURGICAL TREATMENT OF KYPHOSIS DUE TO AVASCULAR OSTEONECROSIS OF THE VERTEBRAL BODIES

K.O. Borzykh, V.V. Rerikh, V.D. Sinyavin

Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsivyan, Novosibirsk, Russia

Objective. To analyze the results of surgical treatment of patients with fixed spinal deformity due to osteonecrosis of the vertebral bodies of the thoracic and lumbar spine.

Material and Methods. The data obtained from the case histories of 40 patients operated on for kyphosis due to osteonecrosis of the vertebral bodies were studied. The patients underwent staged surgical interventions in one surgical session. Demographic data and radiological results of surgical treatment before surgery, after surgery and up to 1 year after surgery were assessed.

Results. As a result of surgical interventions, local kyphosis was corrected on average from 30° to -0.25°. After correction of kyphosis, statistically significant changes in the sagittal curves of the spine were revealed: an increase in thoracic kyphosis and a decrease in lumbar lordosis. There was an improvement in sagittal balance indicators in the form of a regression in the number of imbalanced patients — 17 (42.5 %) patients improved balance indicators. During the follow-up period, a statistically significant improvement in VAS and ODI scores was noted. Intra- and postoperative complications accounted for 35 %, and 8 (20 %) mechanical complications were identified during dynamic observation. Predictors of mechanical complications were the presence of imbalance: 2 and 3 points according to the balance modifier of the Formica classification and the GT index (global angle) > 7°, and insufficient correction of kyphosis (LK postOp > 4°), T-score index < -3.35.

Conclusion. Simultaneous staged surgical interventions allow for complete correction of the deformity, restoration of the sagittal profile, thereby improvement of the patient's quality of life. To reduce mechanical complications when planning and performing surgical intervention, it is necessary to take into account the identified predictors.

Key Words: aseptic necrosis, osteonecrosis of the vertebral body, K mel's disease, osteoporosis, circular stabilization, anterior spinal fusion, kyphosis, sagittal imbalance.

Please cite this paper as: Borzykh KO, Rerikh VV, Sinyavin VD. Surgical treatment of kyphosis due to avascular osteonecrosis of the vertebral bodies. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2024;21(2):39–48. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2024.2.39-48>.

Аваскулярный остеонекроз тел позвонков (синонимы: болезнь Кюммеля, отсроченный посттравматический коллапс позвонка, ишемический коллапс позвонка) представляет собой клиническую форму ишемического поражения кости тела позвонка, характеризующегося сложными процессами резорбции и регенерации, что приводит к потере структурной целостности субхондральной кости, которая реализуется в виде механической несостоятельности тел позвонков, и в конечном итоге к их коллапсу. В основе патогенеза остеонекрозов тел позвонков лежат процессы нарушения кровоснабжения в результате травмы, внутрисосудистой окклюзии и внесосудистой компрессии сосудов кости [1].

Наиболее частым этиологическим фактором остеонекроза кости является травма, сочетающая в себе как прямое воздействие на структуру кости позвонка, так и опосредованное при кровоизлиянии и отеке губчатой кости, что в условиях особенностей кровоснабжения передней трети тела позвонка приводит к внесосудистой компрессии позвоночных вен [2, 3]. Имеются данные о спонтанных остеонекрозах тел позвонков на фоне лечения онкологических заболеваний цитотоксическими химиопрепаратами, вирусных инфекций, что является нетравматической причиной их развития. Факторами риска болезни Кюммеля в литературе названы остеопения/остеопороз, сахарный диабет, ревматические заболевания [4].

Formica et al. [5] предложили классификацию остеонекрозов тел позвонков, основанную на рентгенологических критериях и отражающую стадийность течения заболевания (табл. 1).

Течение остеонекрозов тел позвонков в стадиях 0–1–2 сопровождается выраженным болевым синдромом вследствие остро развившейся нестабильности. После окончания этого периода, как правило, в срок 4–6 мес. после начала заболевания, на фоне рентгенологической картины коллапса позвонка формируется фиксированная локальная деформация,

нередко весьма грубая, сопровождающаяся изменениями как физиологических изгибов позвоночника, так и сагиттального позвоночно-тазового и глобального балансов, снижением качества жизни пациентов. Данные обстоятельства, не нашедшие отражения в отечественной и зарубежной литературе, определяют значимость данной патологии и обозначают цель исследования: анализ клинических и рентгенологических результатов лечения кифотических деформаций позвоночника, возникших вследствие аваскулярных остеонекрозов тел грудных и поясничных позвонков, методом одномоментных этапных вмешательств.

Материал и методы

Дизайн исследования: когортное ретроспективное моноцентровое.

Критерии включения в исследование: пациенты с остеонекрозами тел позвонков грудного и поясничного отделов позвоночника в стадии 3 по Formica et al. [5], способные к само-

стоятельному удержанию позы в положении стоя.

Критерии исключения: посттравматические кифозы, причиной которых не являлся асептический некроз тел позвонков.

Из 124 пациентов, поступивших в клинику в 2020–2022 гг. с приобретенными посттравматическими деформациями позвоночника, критериям включения соответствовали 40. Период наблюдения – 1 год после операции. Контрольные точки обследования: до и после операции, 6 мес. после операции, 1 год после операции.

Группа исследования состояла из 33 женщин, 7 мужчин. Возраст пациентов – от 30 до 74 лет, медиана – 64 [61; 67] года.

У 15 (37,5 %) пациентов отсутствует факт травмы (рис. 1), у 19 (47,5 %) – возникновению болей в спине предшествовала низкоэнергетическая травма (падение) и только 6 пациентов отмечают травматический эпизод (автомобильная травма, производственная травма), после которого выявлен перелом позвоночника и проводилось консервативное лечение. Кифо-

Таблица 1

Классификация аваскулярных некрозов позвонков по Formica et al. [5]

Стадия		Методы обследования	
0		Рентгенография, МРТ и КТ без патологии	
1 «ранняя фаза»		Рентгенография (-), КТ (-), МРТ (отек кости)	
2 «фаза нестабильности»		Рентгенография, КТ (+) (вакуум-симптом), МРТ (+) (симптом двойного контура)	
3 «фаза фиксированной деформации»		Рентгенография (+), КТ (+) (коллапс позвонка, фиксированная деформация), МРТ (-)	
Модификаторы			
Кифоз (индекс клиновидности)		Значения показателей сагиттального баланса	
А	Соотношение передней и задней высоты тела позвонка более 75 %	1. Баланс	SVA < 50 мм; PT ≤ thPT
		2. Скрытый дисбаланс	SVA < 50 мм; PT > thPT
В	Соотношение передней и задней высоты тела позвонка менее 75 %	3. Дисбаланс	SVA > 50 мм; PT > thPT

SVA – сагиттальная ось позвоночника/крестцовая вертикальная ось; PT – patient pelvic tilt – наклон таза; thPT – theoretical pelvic tilt – должный PT ($thPT = -0,7 + 0,37 \times PI$ – формула Vialle); классифицирование = стадия + модификатор углового кифоза + модификатор сагиттального баланса (например, стадия 3.А.2).

тические деформации диагностированы в срок от 6 до 11 мес. после возникновения болей в спине.

В соответствии с классификацией Formica et al. [5] все пациенты находились в стадии фиксированной деформации (стадия 3). Выраженный коллапс тела позвонка и грубый кифоз (модификатор А) сопровождал 70,0 % пациентов, 52,5 % имели скрытый или выраженный сагиттальный дисбаланс.

Пациенты характеризовались наличием коморбидной патологии, 35 из них имели более трех сопутствующих заболеваний: индекс коморбидности Charlson

[6] составил в среднем 4 [3; 5] балла; от 0 до 4 баллов – 22 пациента; 5–8 баллов – 18 пациентов.

У 6 пациентов выявили вертеброгенную неврологическую симптоматику, обусловленную стенозом позвоночного канала на уровне аваскулярного остеонекроза позвонка: компрессионно-ишемическая миелопатия – у 5 пациентов (ASIA D), полирадикулопатия вследствие компрессии корешков конского хвоста – у 1, при этом пациенты сохраняли способность к удержанию позы в положении стоя. Анамнестические данные говорят о постепенном развитии и усугублении неврологического дефицита.

Всем пациентам провели этапные вмешательства в одну хирургическую сессию. Коррекцию кифоза выполняли методом вентрального корригирующего спондилодеза, вторым этапом осуществили транспедикулярную фиксацию соответствующего уровня. Особенностью вентрального вмешательства в условиях коллапса тела позвонка и остеопороза позвоночника является положение пациента на спине, при этом коррекцию кифоза осуществляли постуральным способом после удаления тела позвонка путем изгиба хирургического стола с вершиной на уровне вмешательства без использования дистрагирующих сегмент манипуляций. По показаниям при выявленной компрессии спинного мозга и его корешков проводили переднюю декомпрессию путем удаления задней части тела позвонка – от педикулы до педикулы (рис. 2, 3).

При наличии задних спонтанных костных блоков предварительным этапом выполняли мобилизующие вмешательства в виде фасетэктомии. В этих случаях последовательность этапов операции была следующая: установка опорных элементов конструкции (винтов) и фасетэктомия – вентральный корригирующий спондилодез – монтаж конструкции, дополнительная коррекция деформации при необходимости.

Провели 7 трехэтапных вмешательств и 33 двухэтапных, всего 87 операций. Длинносегментарную транспедикулярную фиксацию (5 позвоночных сегментов) применили у 16 (40,0 %) пациентов, короткосегментарную (3 сегмента) – у 24 (60,0 %). Аугментацию винтов цементом выполнили у 25 (62,5 %) пациентов. Шести пациентам с клинически значимым стенозом позвоночного канала в ходе вентрального вмешательства провели переднюю декомпрессию.

Суммарная кровопотеря всех этапов вмешательства составила 300 [250,0; 512,5] мл (от 100 до 1650 мл). Среднее время хирургической сессии (суммарное время всех этапов) – 300 [240,0; 346,2] мин (от 190 до 600 мин). Оценили зарегистрированные интра-

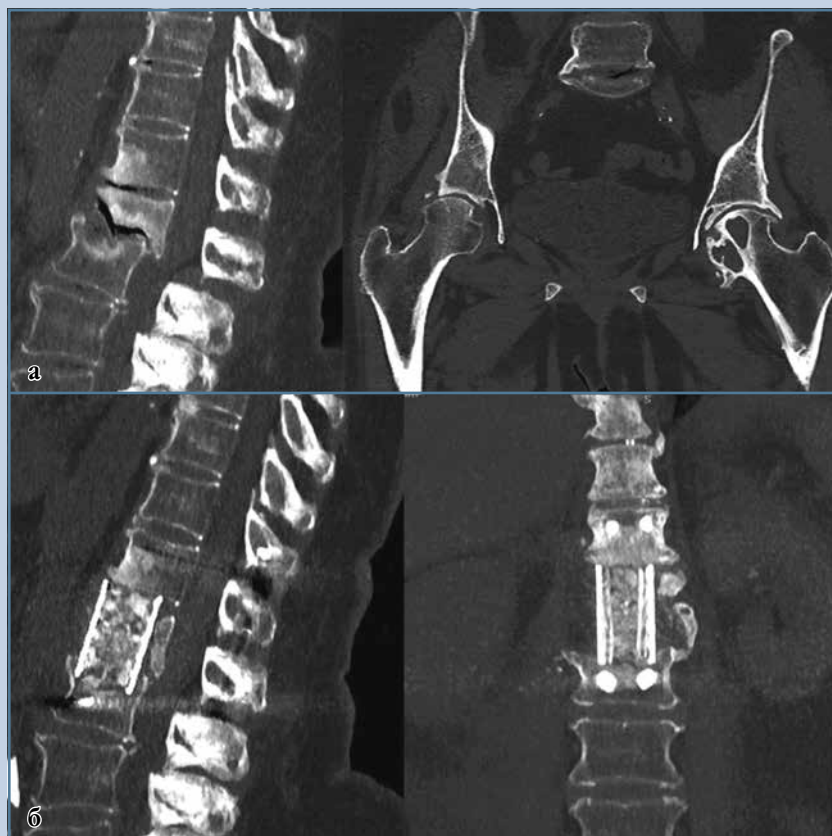
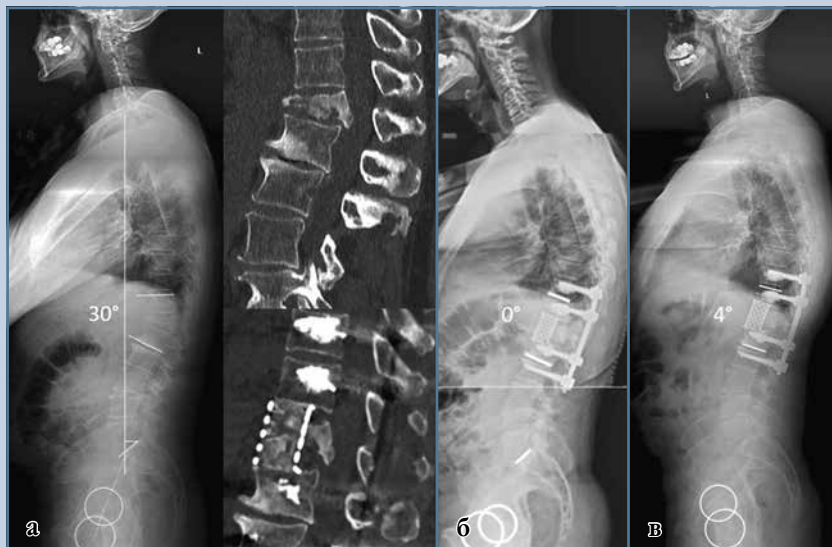


Рис. 1

МСКТ пациентки К., 64 лет: **а** – при обследовании по поводу болей в пояснице и левом тазобедренном суставе, возникших без факта травмы, выявлены аваскулярный остеонекроз L₁ позвонка (стадия 3.В.3) и аваскулярный остеонекроз головки левой бедренной кости; **б** – результат одномоментного двухэтапного вмешательства – вентрального корригирующего спондилодеза, транскutánной транспедикулярной фиксации

**Рис. 2**

Рентгенограммы и МСКТ пациента П., 62 лет: **а** – кифоз вследствие аваскулярного остеонекроза Th₁₂ позвонка (стадия 3.A.2); **б** – результат одномоментного двухэтапного оперативного вмешательства (вентральный корригирующий спондилодез и транспедикулярная фиксация, аугментация винтов), достигнута полная коррекция деформации; **в** – через 1 год после операции коррекция кифоза сохранена, отмечен костно-металлический блок Th₁₁–L₁ позвонков

и послеоперационные осложнения по стандартизованной классификации Clavien – Dindo [7], а также поздние механические осложнения, к которым отнесены потеря коррекции в период наблюдения более 10°, наличие кифоза (компрессионный перелом) в области, смежной с зоной фиксации.

Для определения минеральной плотности кости изучили данные рентгеновской денситометрии, значение Т-критерия и интерпретацию этого значения с позиции классификации остеопороза ВОЗ [8].

Исследовали показатели боли и функциональной дееспособности по ODI и ВАШ до и после операции в контрольных точках исследования.

Рентгенологические параметры оценивали до и после оперативного вмешательства и при контрольных исследованиях на профильных рентгенограммах позвоночника в положении пациента стоя в обычной позе, в двух стандартных

проекциях от черепа до средней трети бедренных костей, положение кистей на противоположных ключицах.

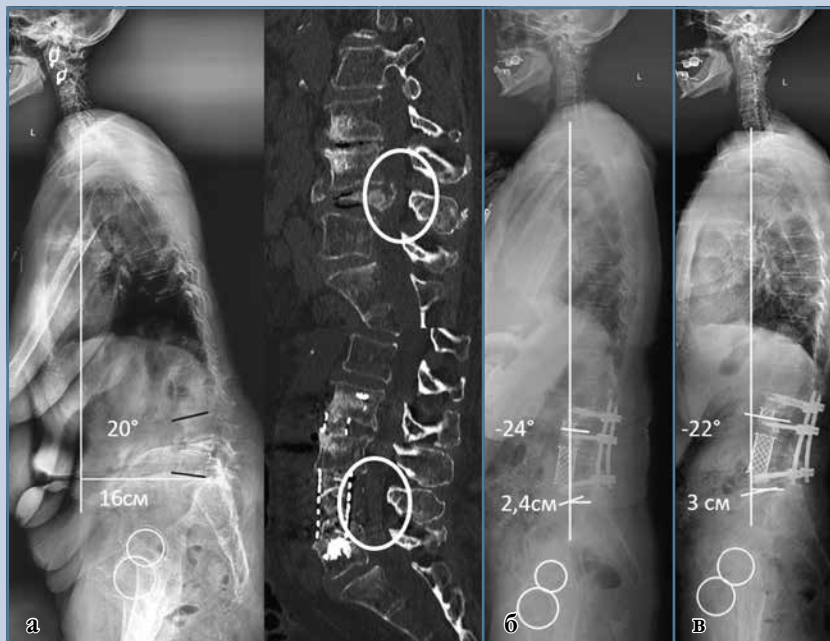
Исследовали следующие параметры сагиттального контура позвоночника: локальный кифоз (LK) по Cobb; грудной кифоз (ТК) от краниальной пластинки тела Th₄ до каудальной замыкательной пластинки позвонка выше поврежденного; поясничный лордоз (LL) от краниальной замыкательной пластинки позвонка ниже поврежденного до S₁. Измеряли параметры позвоночно-тазового (PI, PT, SS) и глобального (SVA) баланса и глобальный угол (GT) – угол пересечения линий, проведенных через центр S₁ позвонка от головок бедер и C₇ позвонка [9]. Изучали проседание вентрального имплантата как фактора потери коррекции локального кифоза.

Статистические методы. Непрерывные величины в исследуемой группе протестировали на нормальность критерием Шапиро – Уилка и представили

через статистики медиан с интерквартильными интервалами (МЕД [Q1; Q2]), средних арифметических ± стандартных отклонений (СРЕД ± СО), минимальных и максимальных значений (МИН – МАКС). Бинарные и категориальные величины представили количеством событий с частотой – n (%). Непрерывные величины до и после операции сравнивали критерием Вилкоксона. Для оценки сдвига распределений вычисляли псевдомедиану парных разностей (пМЕД), относительную величину различия определяли через стандартизованную разницу средних (СРС). Категориальную величину модификатор 2 по Formica до и после операции сравнивали критерием Мак-Немара. Все используемые критерии были двусторонними. Достигнутые уровни значений p менее 0,05 считались значимыми. Выявление предикторов механических осложнений выполняли построением моделей логистических регрессий. Попарные числовые ассоциации определяли построением однофакторных моделей, множественные числовые ассоциации (предикторы) – многофакторных моделей. Проверку статистических гипотез проводили при критическом уровне значимости $p = 0,05$, то есть различие считалось статистически значимым при $p < 0,05$. Расчеты проводили в IDE RStudio (версии 2023.09.1 Build 494 © 2009–2023 Posit Software, PBC, США) на R (версии 4.1.3).

Результаты

Посттравматический кифоз грудно-поясничного отдела позвоночника (LK) в ходе оперативных вмешательств полностью корригирован. После исправления кифоза выявили статистически значимые изменения всех показателей сагиттальных изгибов позвоночника: увеличение грудного кифоза ТК, уменьшение поясничного лордоза LL. Статистически значимых изменений показателей позвоночно-тазового и глобального сагиттального баланса не отмечено (табл. 2). Вы-

**Рис. 3**

Рентгенограммы и МСКТ пациентки К, 72 лет, с кифозом вследствие аваскулярного остеонекроза L_4 позвонка (стадия 3А.3), компрессией корешков конского хвоста, полирадикулопатией: **а** – грубый кифоз L_3 – L_4 , признаки глобального и позвоночно-тазового дисбаланса, стеноз позвоночного канала; **б** – результат одномоментного двухэтапного оперативного вмешательства (передняя декомпрессия, вентральный корригирующий спондилодез L_2 – L_5 и транскutánная фиксация, аугментация винтов), поясничный лордоз восстановлен, коррекция параметров глобального и позвоночно-тазового баланса, достигнута декомпрессия корешков конского хвоста; регресс неврологической симптоматики; **в** – через 1 год после операции костно-металлический блок L_2 – L_5 позвонков, коррекция кифоза сохранена

явили переход модификатора баланса (индивидуализированный PT и SVA) между его градациями до и после операции: до операции без признаков дисбаланса было 47,5 % пациентов, после операции – 70,0 %. Динамика перехода отражена на диаграмме сопряжения изменений модификатора (рис. 4).

Динамика кифоза в период наблюдения отражена в табл. 3, функциональные исходы пациентов – в табл. 4.

Регресс неврологической симптоматики при послеоперационном наблюдении отметили у двух из шести пациентов (переход в ASIA E).

Интраоперационные и послеоперационные осложнения по классификации Clavien – Dindo зафиксировали

у 14 (35 %) пациентов, учитывали любое отклонение от нормального течения послеоперационного периода (табл. 5). У трех пациентов было более одного осложнения.

Повторное оперативное вмешательство потребовалось в 1 (2,5 %) случае: провели ревизию правой плевральной полости, переднюю декомпрессию, повторный передний спондилодез. Причиной ревизионной хирургии стало неврологическое осложнение в виде нарастания моторного дефицита, имевшегося до операции (дистальный монопарез), до правосторонней моноплегии. Остальные осложнения были купированы в период нахождения пациентов в стационаре.

Механические осложнения через 6 и 8 мес. после операции выявлены у 8 (20 %) пациентов. В трех случаях это кифозы на смежных уровнях фиксации вследствие компрессионных переломов позвонков, в четырех – рецидивы кифоза вследствие проседания вентральных имплантатов в тела смежных позвонков, в одном – поздняя глубокая инфекция области хирургического вмешательства в срок более 4 мес. после операции, когда развились псевдоартроз и имплантат-ассоциированная инфекция в сочетании с грубой кифотической деформацией. В дальнейшем этой пациентке проведено успешное этапное реконструктивное вмешательство в специализированном нейрохирургическом стационаре одного из федеральных центров России.

Предикторами механических осложнений стали неполная коррекция кифоза (LK postOp более 4°) и показатель глобального угла GT (GT preOp менее 7°), а также наличие дисбаланса (2 и 3 балла) по классификации Formica. Для проседания вентральных имплантатов предиктором также является показатель Т-критерия меньше -3,35 (табл. 6).

Обсуждение

Аваскулярный остеонекроз тела позвонка встречается у пациентов среднего и пожилого возраста, как правило, на фоне остеопороза. В этиологии рассматриваемого заболевания не исключен и фактор новой коронавирусной инфекции, поскольку в текущей социально-эпидемиологической обстановке отмечено повсеместное увеличение остеонекрозов костей всех локализаций [10, 11].

Formica et al. [4] разработали ориентированную на лечение классификацию аваскулярных остеонекрозов позвонков. Практическая ценность классификации состоит в четком разграничении стадий процесса остеонекроза позвонка в соответствии с диагностическими критериями, а также учет рентгенологических параметров в виде модификаторов – потери высоты тела позвонка/кифоза,

Таблица 2
Сравнение показателей сагиттальных изгибов позвоночника, глобального и позвоночно-тазового баланса до и после операции (n = 40)

Показатель	До операции	После операции	Различие пМЕД [95 % ДИ] СРС [95 % ДИ]	Критерий Вилкоксона, р-уровень
	МЕД [Q1; Q3] СРЕД ± СО (МИН – МАКС)	МЕД [Q1; Q3] СРЕД ± СО (МИН – МАКС)		
LK	30,0 [25,00; 34,00] 30,10 ± 6,83 (20–52)	0,0 [-3,25; 2,25] -0,25 ± 8,00 (-28–22)	30,00 [30,00; 30,50] 4,08 [3,30; 4,85]	<0,001*
TK	31,0 [22,25; 38,25] 31,30 ± 14,56 (8–79)	39,0 [34,00; 46,00] 40,65 ± 10,49 (22–85)	-9,50 [-9,50; -9,00] -0,74 [-1,19; -0,28]	<0,001*
LL	-63,0 [-67,75; -57,00] -62,42 ± 14,08 (-90– -3)	-57,5 [-60,00; -52,00] -56,17 ± 8,39 (-79– -39)	-7,00 [-7,50; -7,00] -0,54 [-0,99; -0,09]	<0,001*
PT	16,0 [10,75; 21,00] 16,05 ± 7,84 (0–33)	14,5 [9,00; 20,00] 14,45 ± 7,83 (-2–32)	1,50 [1,00; 1,50] 0,20 [-0,24; 0,64]	0,064
SS	35,5 [30,00; 39,25] 35,12 ± 7,69 (17–56)	36,0 [34,00; 39,25] 37,00 ± 6,73 (15–52)	-1,50 [-2,00; -1,50] -0,26 [-0,70; 0,18]	0,053
SVA	1,5 [-0,50; 3,80] 1,97 ± 3,94 (-4– -15)	1,0 [-1,00; 2,30] 1,62 ± 6,95 (-6–40)	1,00 [0,75; 1,10] 0,06 [-0,38; 0,50]	0,118
GT	15,5 [9,00; 23,50] 16,92 ± 10,88 (0–52)	12,5 [7,00; 18,25] 13,72 ± 9,39 (-1–35)	2,00 [2,00; 2,50] 0,31 [-0,13; 0,76]	0,047
Модификатор сагиттального баланса	1: 19 (47,5 %) 2: 14 (35,0 %) 3: 7 (17,5 %)	1: 28 (70,0 %) 2: 10 (25,0 %) 3: 2 (5,0 %)	—	0,074 ⁺

* p < 0,001; + сравнение критерием Мак-Немара.

Таблица 3
Динамика изменения кифоза в период наблюдения

LK preOp, град.	LK postOp, град.	LK postOp 6 мес., град.	LK postOp 12 мес., град.
МЕД [Q1; Q3] СРЕД ± СО (МИН – МАКС)	МЕД [Q1; Q3]* СРЕД ± СО* (МИН – МАКС)	МЕД [Q1; Q3] СРЕД ± СО (МИН – МАКС)	МЕД [Q1; Q3] СРЕД ± СО (МИН – МАКС)
30 [25,00; 34,00] 30,10 ± 6,83 (20–52)	0 [-3,25; 2,25]* -0,25 ± 8,00* (-28–22)*	2 [0,00; 5,75] 4,03 ± 11,13 (-26–44)	4 [0,75; 8,00] 5,82 ± 12,11 (-26–44)

*p < 0,001.

учет параметров глобального сагиттального баланса (SVA) и позвоночно-тазового баланса в виде РТ, индивидуализированного по PI. В соответствии со стадией и значением модификаторов предложена рабочая схема такти-

ки лечения [5]. Модификатор кифоза (отношения передней и задней высоты менее или более 75 %) отражает характерный признак остеонекроза – значительную потерю передней высоты тела из-за ишемическо-

го некроза тела позвонка в передней трети при относительной сохранности задней высоты тела. Этот признак визуально (чаще страдает каудовентральная часть тела) и рентгенометрически отличает деформацию тела позвонка при остеонекрозе от остеопоротических переломов, например, типов OF4 и OF5, оцененных по классификации DGOU [12, 13]. Модификатор сагиттального баланса отражает классификацию дисбаланса Lamartina et al. [14] с использованием показателя глобального баланса SVA, а PI-индивидуализированный РТ является ключевым параметром позвоночно-тазового баланса, отражает компенсаторную ретроверсию таза [15, 16]. К тому же увеличение РТ может отражать ретроверсию таза



не только по анатомическим причинам (уменьшение поясничного лордоза), но и быть рентгенологическим отражением выраженного болевого синдрома [17].

Современная хирургическая тактика на ранних стадиях остеонекроза позвонка заключается в проведении минимально-инвазивных

вмешательств, целью которых является стабилизация пораженного сегмента путем заполнения дефекта кости позвонка (вакуум-феномен, intravertebral cleft) цементом при вертебропластике, кифопластике [18], а также транскutánной транспедикулярной фиксации с вертебропластикой [19, 20]. Не все остеонекрозы

приводят к критической локальной деформации позвоночника. Mouga и Gabriel [21] отмечают вариант спонтанной стабилизации посттравматического некроза позвоночника остеопитами через 4–6 мес. консервативного лечения.

При отсутствии лечения в ранние стадии остеонекроза развиваются коллапс тела позвонка, кифотическая деформация и неврологический дефицит, что является показанием для реконструктивного оперативного вмешательства. Восстановление анатомии позвоночника и воспроизведение его физиологических изгибов возможны либо за счет реконструкции передней колонны пораженного сегмента, либо за счет остеотомии позвоночника и уменьшения задней высоты сегмента.

Мы использовали тактику одномоментного этапного оперативного вмешательства – корпэктомии и циркулярную стабилизацию. Данная методика позволяет восстановить нормальные сегментарные взаимоотношения, провести коррекцию кифоза и при необходимости осуществить полноценную декомпрессию передних отделов спинного мозга и его корешков. Использование вентральных фиксаторов в условиях остеопоротического позвоночника по показаниям сопровождалось применением длинносегментарной фиксации и аугментации винтов цементом.

Примененная хирургическая техника постуральной коррекции кифоза после корпэктомии позволяет исправить локальную сагиттальную деформацию любой величины. Рентгенологические результаты этапных одномоментных операций выражались в полной коррекции посттравматической деформации (с 30° до -0,25°) и регрессе компенсаторных изменений смежных с кифозом изгибов позвоночника: отмечено увеличение грудного кифоза и уменьшение поясничного лордоза. При передних операциях по поводу остеонекроза позвонков Wang et al. [22] отмечают остаточную величину кифоза после операции – $7,6^\circ \pm 5,5^\circ$, Kanayama

Таблица 4

Динамика изменения показателей качества жизни в период наблюдения

Показатель	До операции	6 мес. после операции	12 мес. после операции
ODI			
МЕД [Q1; Q3]	54 [34,0; 70,0]	32 [25,0; 48,0]*	30 [22,0; 45,0]
СРЕД ± СО	54,2 ± 12,1	32,4 ± 9,3*	30,2 ± 4,2
(МИН – МАКС)	(30–80)	(10–50)	(10–45)
ВАШ			
МЕД [Q1; Q3]	5 [3,2; 7,0]	3 [2,0; 3,8]*	2 [1,5; 3,1]
СРЕД ± СО	4,8 ± 1,8	2,5 ± 1,6*	2,1 ± 1,4
(МИН – МАКС)	(2–7)	(1–5)	(1–5)

*p < 0,001.

Таблица 5

Интраоперационные и послеоперационные осложнения

Осложнения	Класс по Clavien – Dindo	Количество, n (%)
Неврологические (моторный дефицит)	3b	1 (2,5)
Неинфекционные:		
– ателектаз, требующий курации в ОРИТ	2	2 (5,0)
– пневмоторакс	2	1 (2,5)
– фибрилляция предсердий	2	3 (7,5)
– анемия, требующая трансфузии	2	3 (7,5)
– тромбоз вен нижних конечностей	1	1 (7,5)
– периоперационная плексопатия	1	1 (2,5)
Инфекционные:		
– новая коронавирусная инфекция (COVID-19)	1	3 (7,5)
– внутрибольничная пневмония	2	2 (5,0)
– ранняя поверхностная инфекция области хирургического вмешательства	2	1 (2,5)
Всего		17

Таблица 6

Значения ковариат в моделях логистической регрессии механических осложнений (n = 8)

Ковариаты	Однофакторные модели		Многофакторная модель	
	ОШ [95 % ДИ]	p	ОШ [95 % ДИ]	p
LK postOp более 4°	0,02 [0,00; 0,13]	<0,001*	0,02 [0,00; 0,14]	0,001*
T-критерий менее -3,35	0,13 [0,02; 0,92]	0,039*	23,76 [0,70; 7890,13]	0,127
GT preOp менее 7°	7,47 [1,29; 49,42]	0,026*	—	—
Модификатор 2 по Formica	0,21 [0,03; 0,79]	0,049*	—	—

* p < 0,05.

et al. [23] – 12,5°, Kashii et al. [24] – 15,3° ± 8,1°. Достигнутая коррекция кифоза при дальнейшем наблюдении претерпевала изменения, однако через год после операции кифоз в области операции в исследованной группе в среднем составил 5,8° [-4°; 40°], при том что в литературных источниках кифоз при подобных вмешательствах в период наблюдения был от 9,9° до 26,8° [22–24]; потерю коррекции и рецидивы кифоза авторы связывают с проведением передних вмешательств в условиях остеопороза.

Несмотря на отсутствие статистически значимых изменений показателей позвоночно-тазового и глобального сагиттального баланса, в среднем по группе при послеоперационном исследовании отмечено улучшение

показателей модификатора баланса по Formica у 14 (35 %) пациентов.

Объем кровопотери и времени операции в настоящем исследовании находятся в рамках показателей, приведенных в литературе [22–24].

Для оценки осложнений применяли классификацию Clavien – Dindo, которая показала, что наиболее тяжелым в исследованной группе было неврологическое осложнение (n = 1, 2,5 %), потребовавшее повторного вмешательства (3b). Осложнения и отклонения от нормального течения послеоперационного периода (включая коронавирусную инфекцию) составили 35 %, что меньше, чем, например, осложнения при трехколонных остеотомиях при лечении дегене-

ративного дисбаланса у сравнимой по качеству здоровья и возрасту категории пациентов [25], и были купированы в стационаре.

К поздним механическим осложнениям (n = 8; 20,0 %) мы отнесли потерю коррекции более 10° (n = 5) вследствие проседания имплантата и возникновение компрессионных переломов (n = 3) позвонков выше или ниже зоны фиксации. Ревизионная этапная хирургия потребовалась одному пациенту по поводу имплантат-ассоциированной инфекции, псевдоартроза и рецидива кифоза до 40°, в результате которой достигнута санация очага инфекции и полная устойчивая коррекция деформации. Uchida et al. [26] сообщают о механических осложнениях у 11 (36 %) из 30 пациентов (2 смежных перелома, 9 случаев расшатывания винтов передних конструкций и проседания кейджей). Kanayama et al. [23] в группе из 31 пациента отмечают 7 переломов смежных позвонков и 6 случаев прогрессирующего кифоза [23].

В ходе исследования установлено, что предикторами механических осложнений являются недостаточная коррекция кифоза (LK postOp более 4°), значительная одномоментная коррекция кифоза (Δ LK более 37,5°), показатель T-критерия меньше -3,35. Кроме того, предикторами механических осложнений оказались интегральные показатели сагиттального баланса: наличие дисбаланса (2 и 3 балла) по модификатору баланса классификации Formica и показателя GT (глобальный угол) более 7°. Протяженность задней фиксации, наличие/отсутствие аугментации винтов, показатель ROI позвонков не повлияли на возникновение механических осложнений.

Достоинство вентральных корригирующих оперативных вмешательств – в больших возможностях коррекции кифоза (Δ LK более 37,5°), но это является и их недостатком: полная коррекция грубого кифоза до должных величин в условиях тяжелого остеопороза приводит к проседа-

нию имплантата, несмотря на заднюю фиксацию и аугментацию винтов цементом. По-видимому, для хирургического лечения грубой кифотической деформации более 37,5° в условиях тяжелого остеопороза позвоночника и с признаками дисбаланса следует предпочесть альтернативный вид реконструктивной хирургии – остеотомию позвоночника.

Показатели боли и функциональной дееспособности в исследованной группе в период наблюдения статистически значимо улучшились ($p < 0,001$).

Заключение

Результаты хирургического лечения кифозов вследствие аваскулярных остеонекрозов тел позвонков методом одномоментных этапных вмешательств в исследованной группе характеризуются полной коррекцией кифоза, улучшением показателей сагиттального баланса, показателей боли и функциональной дееспособности в период наблюдения. Выявленные ограничения метода в виде предикторов механических ослож-

нений должны быть использованы при планировании хирургических вмешательств.

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом учреждения.

Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Литература/References

- Shah KN, Racine J, Jones LC, Aaron RK. Pathophysiology and risk factors for osteonecrosis. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2015;8:201–209. DOI: 10.1007/s12178-015-9277-8.
- Lafforgue P. Pathophysiology and natural history of avascular necrosis of bone. *Joint Bone Spine*. 2006;73:500–507. DOI: 10.1016/j.jbspin.2006.01.025.
- He D, Yu W, Chen Z, Li L, Zhu K, Fan S. Pathogenesis of the intravertebral vacuum of Kummell's disease. *Exp Ther Med*. 2016;12:879–882. DOI: 10.3892/etm.2016.3369.
- Formica M, Zanirato A, Cavagnaro L, Basso M, Divano S, Formica C, Felli L. What is the current evidence on vertebral body osteonecrosis?: A systematic review of the literature. *Asian Spine J*. 2018;12:586–599. DOI: 10.4184/asj.2018.12.3.586.
- Formica M, Zanirato A, Cavagnaro L, Basso M, Divano S, Lamartina C, Berjano P, Felli L, Formica C. Vertebral body osteonecrosis: proposal of a treatment-oriented classification system. *Eur Spine J*. 2018;7(Suppl 2):190–197. DOI: 10.1007/s00586-018-5600-6.
- Charlson ME, Pompei P, Ales KL, MacKenzie CR. A new method of classifying prognostic comorbidity in longitudinal studies: development and validation. *J Chronic Dis*. 1987;40:373–383. DOI: 10.1016/0021-9681(87)90171-8.
- Dindo D, Demartines N, Clavien PA. Classification of surgical complications: a new proposal with evaluation in a cohort of 6336 patients and results of a survey. *Ann Surg*. 2004;240:205–213. DOI: 10.1097/01.sla.0000133083.54934.ae.
- Cotts KG, Cifu AS. Treatment of osteoporosis. *JAMA*. 2018;319:1040–1041. DOI: 10.1001/jama.2017.21995.
- Obeid I, Boissiere L, Yilgor C, Larrieu D, Pellise F, Alanay A, Acaroglu E, Perez-Grueso FJ, Kleinstuck F, Vital JM, Bourghli A. Global tilt: a single parameter incorporating spinal and pelvic sagittal parameters and least affected by patient positioning. *Eur Spine J*. 2016;25:3644–3649. DOI: 10.1007/s00586-016-4649-3.
- Торгашин А.Н., Родионова С.С. Остеонекроз у пациентов, перенесших COVID-19: механизмы развития, диагностика, лечение на ранних стадиях (обзор литературы) // Травматология и ортопедия России. 2022. Т. 28. № 1. С. 128–137. [Torgashin AN, Rodionova SS. Osteonecrosis in patients recovering from COVID-19: Mechanisms, Diagnosis, and Treatment at Early-Stage Disease (Review). *Travmatologiya i ortopediya Rossii* (Traumatology and Orthopedics of Russia). 2022;28(1):128–137]. DOI: 10.17816/2311-2905-1707.
- Клименко А.А., Демидова Н.А., Андрияшкина Д.Ю., Бабадаева Н.М., Кондрашов А.А., Саакян Ю.М. Мультифокальный остеонекроз как последствие новой коронавирусной инфекции // Научно-практическая ревматология. 2023. Т. 61. № 1. С. 34–41. [Klimenko AA, Demidova NA, Andryashkina DYU, Babadava NA, Kondrashov AA, Saakyan YuM. Multifocal osteonecrosis as a consequence of a new coronavirus infection. *Rheumatology Science and Practice*. 2023;61(1):34–41]. DOI: 10.47360/1995-4484-2023-34-41.
- Schnake KJ, Blattner TR, Hahn P, Franck A, Hartmann F, Ullrich B, Verheyden A, Mork S, Zimmermann V, Gonschorek O, Mller M, Katscher S, Saman AE, Pajenda G, Morrison R, Schinkel C, Piltz S, Partenheimer A, Muller CW, Gercek E, Scherer M, Bouzraki N, Kandziora F. 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):465–495. DOI: 10.1177/2192568217717972.
- Chen Z, Lou C, Yu W, He D. Comparison of intravertebral clefts between kummell disease and acute osteoporotic vertebral compression fracture: a radiological study. *Orthop Surg*. 2021;13:1979–1986. DOI: 10.1111/os.13025.
- Lamartina C, Berjano P, Petrucci M, Sinigaglia A, Casero G, Cecchinato R, Damilano M, Bassani R. Criteria to restore the sagittal balance in deformity and degenerative spondylolisthesis. *Eur Spine J*. 2012;21 Suppl 1(Suppl 1):S27–S31. DOI: 10.1007/s00586-012-2236-9.
- Garbossa D, Pejrona M, Damilano M, Sansone V, Ducati A, Berjano P. Pelvic parameters and global spine balance for spine degenerative disease: the importance of containing for the well being of content. *Eur Spine J*. 2014;23 Suppl 6:616–627. DOI: 10.1007/s00586-014-3558-6.
- Vialle R, Levassor N, Rillardon L, Templier A, Skalli W, Guigui P. Radiographic analysis of the sagittal alignment and balance of the spine in asymptomatic subjects. *J Bone Joint Surg Am*. 2005;87:260–267. DOI: 10.2106/JBJS.D.02043.
- Pourtaheri S, Sharma A, Savage J, Kalfas I, Mroz TE, Benzel E, Steinmetz MP. Pelvic retroversion: a compensatory mechanism for lumbar stenosis. *J Neurosurg Spine*. 2017;27:137–144. DOI: 10.3171/2017.2.SPINE.16963.
- Dai SQ, Qin RQ, Shi X, Yang HL. Percutaneous vertebroplasty versus kyphoplasty for the treatment of neurologically intact osteoporotic Kummell's disease. *BMC Surg*. 2021;21:65. DOI: 10.1186/s12893-021-01057-x.
- Park SJ, Kim HS, Lee SK, Kim SW. Bone cement-augmented percutaneous short segment fixation: an effective treatment for Kummell's disease? *J Korean Neurosurg Soc*. 2015;58:54–59. DOI: 10.3340/jkns.2015.58.1.54.
- Lu W, Wang L, Xie C, Teng Z, Han G, Shi R, Liang J, Lu S. Analysis of percutaneous kyphoplasty or short-segmental fixation combined with vertebroplasty in the treatment of Kummell disease. *J Orthop Surg Res*. 2019;14:311. DOI: 10.1186/s13018-019-1358-8.

21. Moura DFL, Gabriel JP. Evolution of vertebral posttraumatic necrosis to bone healing after self-stabilizing osteophytosis development - case report. J Spine Surg. 2021;7:524–531. DOI: 10.21037/jss-21-58.
22. Wang F, Wang D, Tan B, Dong J, Feng R, Yuan Z, Wang N. Comparative study of modified posterior operation to treat Kummell's disease. Medicine (Baltimore). 2015;94:e1595. DOI: 10.1097/MD.0000000000001595.
23. Kanayama M, Ishida T, Hashimoto T, Shigenobu K, Togawa D, Oha F, Kaneda K. Role of major spine surgery using Kaneda anterior instrumentation for osteoporotic vertebral collapse. J Spinal Disord Tech. 2010;23:53–56. DOI: 10.1097/BSD.0b013e318193e3a5.
24. Kashii M, Yamazaki R, Yamashita T, Okuda S, Fujimori T, Nagamoto Y, Tamura Y, Oda T, Ohwada T, Yoshikawa H, Iwasaki M. Surgical treatment for osteoporotic vertebral collapse with neurological deficits: retrospective comparative study of three procedures – anterior surgery versus posterior spinal shorting osteotomy versus posterior spinal fusion using vertebroplasty. Eur Spine J. 2013;22:1633–1642. DOI: 10.1007/s00586-013-2759-8.
25. Bianco K, Norton R, Schwab F, Smith JS, Klineberg E, Obeid I, Mundis G Jr, Shaffrey CI, Kebaish K, Hostin R, Hart R, Gupta MC, Burton D, Ames C, Boachie-Adjei O, Protopsaltis TS, Lafage V. Complications and intercenter variability of three-column osteotomies for spinal deformity surgery: a retrospective review of 423 patients. Neurosurg Focus. 2014;36:E18. DOI: 10.3171/2014.2.FOCUS1422.
26. Uchida K, Nakajima H, Yayama T, Miyazaki T, Hirai T, Kobayashi S, Chen K, Guerrero AR, Baba H. Vertebroplasty-augmented short-segment posterior fixation of osteoporotic vertebral collapse with neurological deficit in the thoracolumbar spine: comparisons with posterior surgery without vertebroplasty and anterior surgery. J Neurosurg Spine. 2010;13:612–621. DOI: 10.3171/2010.5.SPINE09813.

Адрес для переписки:

Борzych Константин Олегович
630091, Россия, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17,
Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии
им. Я.Л. Цивьяна,
bkodoc@yandex.ru

Address correspondence to:

Borzykh Konstantin Olegovich
Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics
n.a. Ya.L. Tsiyvan,
17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia,
bkodoc@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 06.05.2024

Рецензирование пройдено 11.06.2024

Подписано в печать 18.06.2024

Received 06.05.2024

Review completed 11.06.2024

Passed for printing 18.06.2024

Константин Олегович Борzych, канд. мед. наук, врач-травматолог-ортопед, нейрохирург, старший научный сотрудник научно-исследовательского отделения патологии позвоночника, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, ORCID: 0000-0001-5685-6834, bkodoc@yandex.ru;

Виктор Викторович Рерих, д-р мед. наук, начальник научно-исследовательского отделения патологии позвоночника, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, ORCID: 0000-0001-8545-0024, clinic@niito.ru;

Владимир Дмитриевич Синявин, врач-травматолог-ортопед, младший научный сотрудник научно-исследовательского отделения патологии позвоночника, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, ORCID: 0000-0001-5237-6403, Dr.VladimirSinyavin@gmail.com.

Konstantin Olegovich Borzykh, MD, PhD, orthopaedic traumatologist, neurosurgeon, senior researcher of the Research Department of Spine Pathology, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsiyvan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, ORCID: 0000-0001-5685-6834, bkodoc@yandex.ru; Viktor Viktorovich Rerikh, DMSc, Head of the Research Department of Spine Pathology, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsiyvan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, ORCID: 0000-0001-8545-0024, clinic@niito.ru;

Vladimir Dmitryevich Sinyavin, orthopaedic traumatologist, junior researcher of the Research Department of Spine Pathology, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsiyvan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, ORCID: 0000-0001-5237-6403, Dr.VladimirSinyavin@gmail.com.