



ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ СТАБИЛИЗАЦИЯ В ЛЕЧЕНИИ ПАЦИЕНТОВ С ДЕГЕНЕРАТИВНЫМИ ПОРАЖЕНИЯМИ ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА ПРИ СНИЖЕННОЙ МИНЕРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ КОСТНОЙ ТКАНИ: СИСТЕМАТИЗИРОВАННЫЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

И.В. Широких, А.И. Васильев, Ю.М. Батрак, В.А. Пелеганчук

Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования, Барнаул, Россия

Цель исследования. Анализ методов, способствующих улучшению клинических и радиологических исходов хирургической стабилизации поясничного отдела позвоночника в условиях сниженной минеральной плотности костной ткани (МПКТ).

Материал и методы. Проведен поиск публикаций на английском и русском языках в базах данных MEDLINE и РИНЦ (глубина поиска 20 лет), отражающих результаты хирургического лечения пациентов с дегенеративными поражениями поясничного отдела позвоночника при сниженной МПКТ, по следующим ключевым словам: «остеопороз», «остеопения», «хирургия позвоночника», «спондилодез» и родственным терминам в заголовках, аннотациях. После применения критериев включения и исключения для анализа взяли 16 клинических исследований.

Результаты. Среди большого количества техник и имплант-ассоциированных факторов, влияющих на успех хирургических вмешательств при дегенеративных поражениях поясничного отдела позвоночника со сниженной МПКТ, в высококачественных клинических исследованиях доказана эффективность расширяемых винтов, спондилодеза с кортикальной установкой винтов (MIDLIF), цементной аугментации полиметилметакрилатом.

Заключение. Сочетание методик кортикальной установки педикулярных винтов, цементной аугментации, а также применение расширяемых винтов позволяют достигать при хирургическом лечении пациентов с дегенеративными поражениями поясничного отдела позвоночника со сниженной МПКТ результатов не хуже, чем у пациентов с нормальной МПКТ. Особое значение имеет предоперационная оценка регионарного состояния костной ткани, которая должна проводиться с использованием количественных КТ- или МРТ-исследований.

Ключевые слова: дегенеративные поражения поясничного отдела позвоночника, минеральная плотность костной ткани, остеопороз, остеопения.

Для цитирования: Широких И.В., Васильев А.И., Батрак Ю.М., Пелеганчук В.А. Инструментальная стабилизация в лечении пациентов с дегенеративными поражениями поясничного отдела позвоночника при сниженной минеральной плотности костной ткани: систематизированный обзор литературы // Хирургия позвоночника. 2024. Т. 21. № 1. С. 44–54.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2024.1.44-54>.

SURGICAL STABILIZATION FOR DEGENERATIVE LESIONS OF THE LUMBAR SPINE IN PATIENTS WITH REDUCED BONE MINERAL DENSITY: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

I.V. Shirokikh, A.I. Vasilyev, Yu.M. Batrak, V.A. Peleganchuk

Federal Center for Traumatology, Orthopedics and Endoprosthesis, Barnaul, Russia

Objective. To analyze methods contributing to the improvement of clinical and radiological outcomes of surgical stabilization of the lumbar spine in conditions of reduced bone mineral density (BMD).

Material and Methods. A search for publications presenting the results of clinical studies of surgical treatment of patients with degenerative lesions of the lumbar spine and reduced BMD was conducted in English and Russian in the MEDLINE and Russian Science Citation Index (RSCI) databases using key words “osteoporosis”, “osteopenia”, “spinal surgery”, “spinal fusion” and related terms in titles and abstracts with a search depth of 20 years. After applying the inclusion and exclusion criteria, 17 clinical studies were selected for analysis.

Results. Among the large number of techniques and implant-associated factors affecting the success of surgical intervention for degenerative lesions of the lumbar spine and reduced BMD, high-quality clinical studies have proven the effectiveness of expandable screws, spinal fusion with cortical screw placement and cement augmentation with polymethyl methacrylate.

Conclusion. The combination of techniques for cortical pedicle screw placement, cement augmentation and the use of expandable screws makes it possible to achieve results in surgical treatment of patients with degenerative lesions of the lumbar spine with reduced BMD comparable with those in patients with normal BMD. Of particular importance is the preoperative assessment of the regional state of bone tissue, which should be carried out using quantitative CT or MRI studies.

Key Words: degenerative lesions of the lumbar spine, bone mineral density, osteoporosis, osteopenia.

Please cite this paper as: Shirokikh IV, Vasilyev AI, Batrak YuM, Peleganchuk VA. Surgical stabilization for degenerative lesions of the lumbar spine in patients with reduced bone mineral density: a systematic literature review. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2024;21(1):44–54. In Russian.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2024.1.44-54>.

Остеопороз – мультифакториальное заболевание, характеризующееся снижением Т-значения минеральной плотности костной ткани (МПКТ) на 2,5 и более стандартных отклонений от средних показателей у молодых здоровых субъектов [1]. Его распространенность достигает 19,8–26,9 % среди женщин и 9,6–14,1 % среди мужчин [2]. В Российской Федерации число больных остеопорозом составляет около 16 млн [3]. Актуальность проблемы определяется не только повышенными рисками патологических переломов и связанными с ними инвалидизацией и смертностью, но и влиянием остеопороза на частоту неудовлетворительных исходов хирургического лечения пациентов с дегенеративными заболеваниями позвоночника.

У пациентов, подвергающихся хирургическому спондилодезу на поясничном отделе позвоночника, частота остеопении и остеопороза составляет 43,6 и 14,9 % соответственно, а в возрастной группе старше 50 лет распространенность остеопороза достигает 32,4 % [4, 5]. Многоуровневое стабилизирующее хирургическое вмешательство у пациентов с низким качеством кости сопряжено с увеличением до 13 % риска ранних (переломы ножек, компрессионные переломы смежного сегмента) и до 38 % – поздних (псевдоартрозы, расшатывание винтов, переходный кифоз, дегенерация и компрессионные переломы смежного сегмента) осложнений [6]. В настоящее время отсутствуют общепринятые клинические рекомендации по хирургическому лечению пациентов с дегенеративными поражения-

ми поясничного отдела позвоночника и сниженной МПКТ.

Цель исследования – анализ методов, способствующих улучшению клинических и радиологических исходов хирургической стабилизации поясничного отдела позвоночника при сниженной МПКТ.

Материал и методы

В базах данных MEDLINE и РИНЦ проведен поиск результатов клинических исследований на английском и русском языках, рассматривающих вопросы хирургического лечения пациентов с дегенеративными поражениями поясничного отдела позвоночника в условиях сниженной МПКТ, содержащих оценку клинических и радиологических исходов. Поиск осуществляли по следующим ключевым словам: «остеопороз», «остеопения», «хирургия позвоночника», «спондилодез» и родственными терминам в заголовках и аннотациях. По описанной стратегии поиска идентифицировали 251 работу, которые проверяли на соответствие критериям включения и исключения.

Критерии включения статей в анализ:

1) оригинальные клинические ретроспективные или проспективные исследования;

2) в исследуемой когорте большинство пациентов подвергалось хирургическому вмешательству по поводу симптоматического дегенеративного поражения поясничного отдела позвоночника в условиях инструментально подтвержденной сниженной МПКТ, критерием которой служили Т-значения данных остеоденситометрии -1,0

и менее (значения плотности по данным КТ при отборе работ в качестве основных не использовали из-за отсутствия единой стандартизированной методики измерения в ходе предоперационного планирования и, как следствие, невозможности объективного сопоставления исследований);

3) проведена оценка клинических и/или радиологических исходов лечения с последующим статистическим анализом.

Критерии исключения из обзора:

1) биомеханические исследования на животных, кадаверных или компьютерных моделях или описания случаев/серии случаев;

2) количественно не уточнены нозологии, которые являлись показанием к хирургическому вмешательству на позвоночнике, или исследуемые группы по ним были статистически значимо разнородны;

3) менее чем у половины пациентов из исследуемой когорты показаниями к операции были дегенеративные поражения поясничного отдела позвоночника, а основными причинами являлись переломы позвонков, опухолевые поражения или воспалительные спондилоартропатии;

4) отсутствовали сведения о МПКТ исследуемых субъектов или последняя не соответствовала критериям остеопороза или остеопении;

5) хирургическое вмешательство у большинства пациентов выполнялось не на поясничном отделе позвоночника;

6) отсутствовала оценка клинических и/или радиологических исходов лечения;

7) отсутствовала статистическая обработка результатов;

8) недоступна полнотекстовая версия.

После применения критериев включения и исключения в анализ вошли 16 клинических исследований. Общая методология поиска клинических исследований представлена на рис.

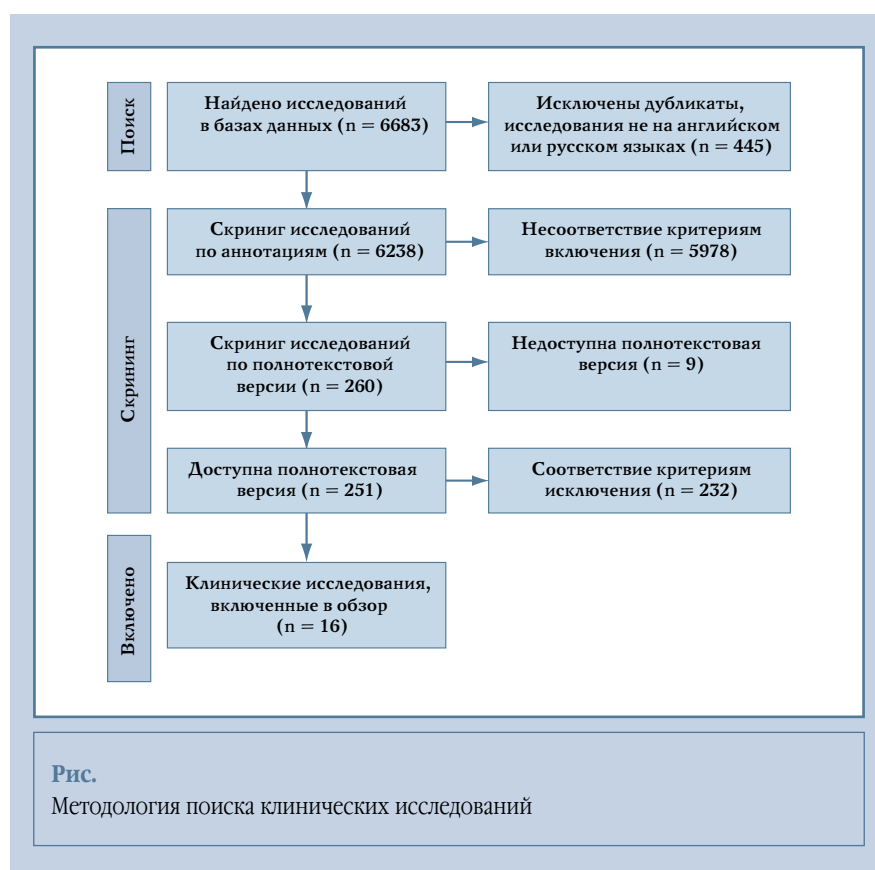
Глубина поиска составила 20 лет. Уровень доказательности проведенного исследования – 4 (OCEBM Levels of Evidence Working Group, The Oxford 2011 Levels of Evidence).

Результаты

Точная оценка МПКТ является необходимым этапом предоперационной подготовки. DEXA – золотой стандарт количественной оценки МПКТ, коррелирующей, в первую очередь, с риском патологических переломов и потенциальной пользой от назначения консервативной терапии [7]. В контексте хирургического планирования метод обладает рядом недостатков. Наличие суммационного эффекта в области исследования не позволяет оценивать состояние только губчатой кости, а результат может быть скомпрометирован сопутствующим остеосклерозом, неизбежно сопровождающим течение дегенеративных заболеваний позвоночника [8]. Альтернативой может служить программный модуль анализа трабекулярной структуры кости (Trabecular Bone Score – TBS). В клинических исследованиях TBS лучше предсказывает прочность, чем рутинная DEXA, однако все равно остается лишь непрямым методом оценки губчатой кости [9]. Прямая оценка плотности губчатой кости возможна с помощью КТ- и МРТ-исследований. Т-значения позвонков, по данным DEXA, объясняют лишь 48 % дисперсии регионарной плотности губчатой кости тел в единицах Хаунсфилда (HU) [10]. Произвести объемный анализ губчатой кости в единицах минеральной плотности (мг/см³) позволяет количественная КТ (ККТ), которая эффективно предсказывает прочность транспедикулярной фиксации, превосходя по точности

традиционные денситометрические показатели [11]. Измеренная методом КТ МПКТ статистически значимо связана с частотой расшатывания винтов и псевдоартрозов [12–14]. Высокая корреляция значений HU с Т-значениями DEXA позволяет судить о наличии остеопороза или остеопении только по данным КТ. Среднее значение губчатой костной плотности, оцененное по КТ трех областей интереса с помощью инструмента ROI (region of interest), измеренных в форме эллипса посередине тел позвонков L₁–L₄, а также рядом с замыкательными пластинками у пациентов с нормальной костной плотностью, остеопенией и остеопорозом, по данным DEXA, составляет 133,0 ± 37,6; 100,8 ± 24,5 и 78,5 ± 32,4 HU соответственно. При этом нижней границей 95 % доверительного интервала нормальной костной плотности является 118,4 HU, а остеопении – 93,1 HU [10]. Таким образом, пациентов, имеющих плотность губчатой кости интересующего позвонка менее 120

и 90 HU, можно рассматривать в контексте предстоящего хирургического вмешательства как имеющих остеопению или остеопороз соответственно. Основным недостатком ККТ является высокая лучевая нагрузка, чего лишено МРТ-исследование. Среди различных методов оценки с помощью МРТ наибольшую практическую ценность представляет релаксометрия с количественной оценкой качества кости (Vertebral Bone Quality – VBQ). Метод основан на изменении сигнала на T1-взвешенных изображениях (T1-ВИ) по мере замещения нормальной губчатой кости на жировой костный мозг и представляет собой отношение интенсивности сигнала губчатой кости тела позвонка к интенсивности сигнала цереброспинальной жидкости на том же уровне. В клинических исследованиях VBQ является значимым фактором риска, влияющим на вероятность расшатывания винтов [15]. Предсказательная точность VBQ может превосходить HU [16]. Как и с HU, VBQ



сильно коррелирует с Т-значениями денситометрии. Оптимальными диагностическими критериями остеопении и остеопороза являются значения VBQ 2,56 и 2,83 соответственно [17]. В данном случае наблюдается обратная корреляция, поскольку жировая инволюция губчатой кости характеризуется увеличением интенсивности сигнала на T1-ВИ. Таким образом, МРТ-исследование может эффективно дополнять ККТ в ходе предоперационной оценки качества кости.

Необходимым условием удовлетворительных хирургических исходов при выполнении декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств на поясничном отделе позвоночника является достаточная иммобилизация сегмента до момента формирования полноценного межтелового блока. Таким образом, с целью профилактики псевдоартрозов важна именно инициальная прочность, обеспечиваемая интраоперационно. Наиболее распространенной методикой задней стабилизации является использование педикулярных винтов в комбинации с межтеловым спондилодезом. Неудачи задней стабилизации при остеопорозе характеризуются расшатыванием, прорезанием или вырыванием винтов. В связи с этим основные существующие методики профилактики направлены на модификацию конструкции и техник установки педикулярных винтов.

Прочность винтовой фиксации в общем смысле зависит от площади контакта винта и степени компрессии кости в стенках винтового канала. Влияние на эти параметры могут оказывать диаметр, длина или форма стержня и резьбы винта, что показано в ряде биомеханических исследований. Среди всех методик модификации дизайна педикулярных винтов клинически исследованы в условиях сниженной МПКТ лишь расширяемые винты. В контролируемом клиническом исследовании за 24 мес. наблюдения пациентов с остеопорозом после поясничного спондилодеза частота формирования межтелового блока была значительно больше (92,5 и 80,5 % соответственно), а частота

расшатывания – меньше (4,1 и 12,9 % соответственно) в группе расширяемых винтов против традиционных [18]. В сравнении с фенестрированными винтами и цементной аугментацией транспедикулярная фиксация расширяемыми винтами в условиях сниженной МПКТ позволяет добиться схожей клинической и радиологической эффективности. При этом полностью исключены риски осложнений, связанные с экстравазацией цемента [19]. В менее качественном неконтролируемом исследовании по применению расширяемых винтов при остеопорозе наблюдались удовлетворительные клинические исходы, за 35 мес. наблюдения частота сохранения стабильности оперированного сегмента составила 86 % [20]. При сравнительно высокой эффективности улучшения клинических и радиологических исходов на настоящий момент отсутствуют какие-либо доказательства того, что расширяемые винты могут способствовать увеличению числа инструментальных осложнений.

Хотя в лабораторных условиях показана важность множества параметров техник установки педикулярных винтов, включая способы препарации педикулы, изменение траектории или использование двойных винтов, клинически при сниженной МПКТ исследован лишь способ кортикальной установки. В самостоятельном варианте траектория винта через кортикальную кость подразумевает его прохождение в медиолатеральном и каудокраниальном направлении только через компактную костную ткань позвонка без вовлечения губчатой кости тела, в первую очередь теряющей прочность при остеопорозе [21]. МПКТ в области фиксации винта при кортикальной траектории значительно выше, чем при традиционной анатомической (параллельно ходу ножки) [22, 23]. Установка кортикальных винтов в сочетании с межтеловым спондилодезом характеризуется особым вариантом срединного доступа – MIDLIF (Midline Lumbar Interbody Fusion), при котором требуется гораздо меньшая степень диссекции мяг-

ких тканей, чем при традиционных способах. Поясничный трансформинальный спондилодез в условиях остеопороза с использованием традиционной траектории ведет к значимо большему числу расшатывания винтов, чем при кортикальной траектории (28,13 и 6,50 % соответственно), однако радиологические и клинические исходы не отличаются [24]. В недавнем рандомизированном клиническом исследовании показано, что кортикальная траектория при остеопорозе может улучшать кратковременные клинические исходы в контрольной точке 3 мес., а при оценке через год число расшатанных винтов оказывается значимо меньше, чем при традиционной траектории [25]. Меньшие длительность операции, объем кровопотери и мышечной травмы при процедуре MIDLIF способствуют быстрой активизации пациентов, что особенно важно при остеопорозе. При более длительном наблюдении (в течение трех лет) после поясничного спондилодеза с MIDLIF у пациентов с остеопорозом общая частота стабильного костного блока достигает 90,5 % и значимо улучшается качество жизни [26]. В связи с наличием опыта MIDLIF может рассматриваться в качестве перспективной альтернативы традиционной технике. Клинически исследованные методики модификации дизайна и техник установки винтов суммированы в табл. 1.

Одним из наиболее применяемых методов увеличения прочности задней фиксации является цементная аугментация педикулярных винтов. Наибольшую доказательную базу имеет применение полиметилметакрилата (ПММА), чем других биосовместимых материалов. Существуют две основные методики цементной аугментации: предзаполнение материалом винтового канала и инъекция в канюлированные педикулярные винты.

Применение ПММА широко исследовано клинически. Предзаполнение ПММА винтовых каналов с последующей установкой высокопрочных винтов в условиях остеопороза является эффективным мето-

Таблица 1

Клинические исследования модификаций дизайна и техник установки педикулярных винтов в условиях сниженной МПКТ

Исследование	Дизайн	Хирургическое вмешательство	Исследуемые группы/когорта	Результаты	Выводы
<i>Модификация дизайна педикулярных винтов</i>					
Wu et al. [18]	РКИ 157 пациентов с остеопорозом и симптоматическим спинальным стенозом поясничного отдела позвоночника	Одно- или многоуровневая транспедикулярная фиксация с межтеловым артродезом/заднелатеральным спондилодезом или без них	Основная (80): расширяемые педикулярные винты; контрольная (77): традиционные педикулярные винты без дополнительной цементной аугментации	Число расшатанных винтов (24 мес.): 20 vs 48 ($p < 0,001$); число переломов винтов (24 мес.): 2 vs 0 ($p = 0,34$); частота межтелового блока (24 мес.): 92,5 % vs 80,5 % ($p = 0,048$); ODI (12 мес.): 11,4 % vs 14,6 % ($p < 0,001$) в основной и контрольной группах соответственно	Расширяемые винты превосходят традиционные по клиническим и радиологическим исходам у пациентов с остеопорозом после декомпрессиивно-стабилизирующего хирургического вмешательства на поясничном отделе позвоночника
Gazzeri et al. [19]	РКИ 40 пациентов с остеопенией или остеопорозом, имеющих переломы или дегенеративную патологию поясничного отдела позвоночника, требующих хирургической стабилизации	Одно- или многоуровневая транспедикулярная фиксация без дискэктомии и межтелового артродеза	Основная (20): расширяемые винты без цементной аугментации; контрольная (20): канюлированные винты с аугментацией 1,5–3,0 мл ПММА на каждый винт	ODI (24 мес.): 23,8 % vs 22,9 % ($p = 0,79$); ВАШ (24 мес.): 2,9 vs 3,0 балла ($p = 0,67$); удовлетворенность от результата лечения 90 % vs 85 % ($p = 0,58$) в основной и контрольной группах соответственно. Во всех случаях оперированный сегмент был стабилен спустя 24 мес. наблюдения	Расширяемые винты не уступают по клинической и радиологической эффективности канюлированным винтам и полностью исключают риски, связанные с экстравазацией цемента
Cook et al. [20]	Ретроспективный анализ 145 случаев поясничного спондилодеза по поводу дегенеративной патологии, переломов, опухолевого поражения	Одно- или многоуровневая транспедикулярная фиксация расширяемыми винтами без дискэктомии и межтелового артродеза	Из 145 пациентов 21 имели остеопороз. Среди них у 17 показанием к хирургическому вмешательству был остеохондроз поясничного отдела позвоночника	При среднем периоде наблюдения в 35 мес. частота стабильности оперированного сегмента при остеопорозе составила 86 %	Расширяемые винты обеспечивают удовлетворительные хирургические исходы в условиях остеопороза, когда применение традиционных винтов сопряжено с высоким риском расшатывания
<i>Модификации техник установки педикулярных винтов</i>					
Liu et al. [24]	РКИ 70 пациентов с остеопорозом и остеохондрозом поясничного отдела позвоночника	Одно- или двухуровневый межтеловой спондилодез с применением кортикальной траектории винтов (MIDLIF) или традиционный трансформинальный межтеловой спондилодез (TLIF)	Основная (31): межтеловой спондилодез с применением MIDLIF; контрольная (32): традиционный TLIF	Число расшатанных винтов (18 мес.): 6,50 % vs 28,13 % ($p = 0,03$); глубина проседания кейджа (18 мес.): 2,49 vs 3,01 мм ($p = 0,02$) в основной и контрольной группах соответственно; частота межтелового блока значимо не различалась	Кортикальная траектория винтов обеспечивает схожие клинические исходы и лучшую стабильность сегмента, чем традиционная при проведении поясничного спондилодеза в условиях остеопороза
Ding et al. [25]	РКИ 124 пациентов с остеопорозом и остеохондрозом поясничного отдела позвоночника	Одноуровневый межтеловой спондилодез с применением кортикальной траектории винтов (MIDLIF) или традиционный трансформинальный межтеловой спондилодез (TLIF)	Основная (62): межтеловой спондилодез с MIDLIF; контрольная (62): традиционный TLIF	Число расшатанных винтов (12 мес.): 3 vs 14 ($p = 0,006$) в основной и контрольной группах соответственно; частота межтелового блока и клинические исходы значимо не различались	Кортикальная траектория винтов обеспечивает схожие клинические исходы и лучшую стабильность сегмента, чем традиционная при проведении поясничного спондилодеза в условиях остеопороза

Окончание таблицы 1

Клинические исследования модификаций дизайна и техник установки педикулярных винтов в условиях сниженной МПКТ

Noh, Zhang [26]	Ретроспективный анализ 200 пациентов с остеопенией и остеохондрозом поясничного отдела позвоночника	Одно- или многоуровневый межтеловой спондилодез с применением кортикальной траектории винтов (MIDLIF)	Разделение на группы в зависимости от количества оперированных сегментов. В среднем пациенты каждой группы имели снижение МПКТ, соответствующее остеопении	Общая частота межтелового блока спустя 3 года после операции — 90,5 %. Не было зарегистрировано случаев инструментальных осложнений. У всех пациентов наблюдалось статистически значимое улучшение по ВАШ, ODI, SF-36	Кортикальная траектория винтов обеспечивает удовлетворительные клинические и радиологические исходы при проведении поясничного спондилодеза в условиях остеопении
-----------------	---	---	--	---	---

РКИ — рандомизированное контролируемое исследование; ПММА — полиметилметакрилат; МПКТ — минеральная плотность костной ткани.

дом предотвращения расшатывания и инструментальных осложнений [27]. В неконтролируемых ретро- и проспективных исследованиях использование ПММА с канюлированными винтами у пациентов с остеопорозом для выполнения транспедикулярной фиксации в сочетании с заднелатеральным или межтеловым спондилодезом практически исключает вероятность расшатывания винтов и в подавляющем большинстве случаев значительно улучшает клинические исходы [28–32]. В случае вмешательства по поводу спондилолистеза в условиях остеопороза проведение малоинвазивного трансфораминального межтелового спондилодеза (MIS-TLIF) с применением ПММА позволяет добиться лучших степени редукции и угла сегментарного лордоза, чем без аугментации [33]. При протяженных конструкциях (3 и более уровня) и остеопорозе цементная аугментация позволяет добиться значительно меньшей частоты расшатывания винтов (0,89 против 8,46 % в контроле). Большинство случаев расшатывания при этом наблюдается на краниальном или каудальном сегментах конструкции. С учетом высокой частоты экстравазации ПММА (34,52 %) при увеличении числа оперированных уровней может быть полезна селективная цементная аугментация концевых позвонков [34]. При этом односторонняя цементная аугментация

обеспечивает клинические исходы не хуже, чем двусторонняя, с меньшим временем операции, кровопотерей и частотой формирования затеков [35]. Клинический опыт применения ПММА при дегенеративных поражениях поясничного отдела позвоночника и сниженной МПКТ представлен в табл. 2.

При сниженной МПКТ имеются повышенные риски развития послеоперационных инструментальных осложнений, в том числе переходных переломов и кифозов в отдаленном периоде. Так, например, риск проксимального переходного кифоза (ППК) при остеопорозе возрастает в 2,5 раза [36]. Наличие остеопороза усиливает негативный эффект избыточного проксимального переходного угла в виде увеличения риска ППК на 66,4 % с каждым дополнительным градусом [37]. Одним из принципов снижения вероятности этих осложнений является уменьшение нагрузки на каждую точку фиксации и переходные мобильные сегменты. Клинически методы профилактики ППК при сниженной МПКТ исследованы лишь в небольшом числе работ. В неконтролируемых исследованиях превентивная вертебропластика проксимального смежного сегмента эффективно предотвращает развитие переломов в послеоперационном периоде [27, 38]. Как педикулоламинарная фиксация, так и вертебропластика являются эффективными методами профилактики переломов смежного вышележащего позвонка,

в том числе в отечественных исследованиях. При остеопорозе следует избегать радикальной коррекции поясничного гиполордоза и сагиттального дисбаланса, поскольку это в некоторых случаях увеличивает риски осложнений [39]. Клинически исследованные методы профилактики ППК представлены в табл. 3.

Обсуждение

Несмотря на большое количество исследований по хирургическому лечению патологии позвоночника в условиях снижения минеральной плотности кости, на сегодняшний день не выработано унифицированного подхода к инструментализации у данной когорты пациентов. Во многом это связано с превалированием разнородных по дизайну экспериментальных биомеханических исследований на животных, кадаверных или компьютерных моделях. Лишь небольшое число клинических работ проводится в когорте пациентов с инструментально подтвержденным снижением МПКТ. Недостаток клинических исследований затрудняет идентификацию факторов, значимо влияющих на успех хирургического вмешательства. Без сомнения, наиболее изученной в клинических исследованиях является цементная аугментация ПММА, польза от которой оказывается тем выше, чем больше степень снижения МПКТ. Анализ имеющихся данных показывает зна-

Таблица 2
Клинические исследования применения ПММА в условиях сниженной МПКТ

Исследование	Дизайн	Хирургическое вмешательство	Исследуемые группы/когорта	Результаты	Выводы
Цементная аугментация педикулярных винтов					
Alvarez-Galovich et al. [28]	Проспективный анализ 89 пациентов старше 65 лет с остеопорозом и остеондрозом поясничного отдела позвоночника	Одно- или многоуровневая транспедикулярная фиксация с аугментацией канюлированных винтов ПММА и заднелатеральным спондилодезом аутокостью	Все исследуемые пациенты соответствовали критериям остеопороза и имели симптоматический остеохондроз поясничного отдела позвоночника	За время наблюдения (12–40 мес.) не было клинических или радиологических признаков отсутствия формирования костного блока. У 90 % пациентов наблюдалось улучшение по ODI на 15 % и более	Цементная аугментация ПММА является безопасной и эффективной методикой при проведении поясничного спондилодеза у пожилых пациентов с остеопорозом
Dai et al. [29]	Проспективный анализ 43 пациентов с остеопорозом и остеохондрозом позвоночника, переломами или анкилозирующим спондилоартритом	Одно- или многоуровневая транспедикулярная фиксация с аугментацией канюлированных винтов ПММА и заднелатеральным спондилодезом аутокостью	Из 43 пациентов у 32 показанием к хирургическому вмешательству был симптоматический остеохондроз поясничного отдела позвоночника	За средний период наблюдения в 15,7 мес. не было случаев расшатывания винтов или послеоперационных инструментальных осложнений. У всех пациентов наблюдался регресс неврологической симптоматики и статистически значимое улучшение по ВАШ ($p = 0,018$) и ODI ($p = 0,025$)	Цементная аугментация ПММА с помощью канюлированных винтов в условиях остеопороза улучшает стабильность конструкции и уменьшает риск инструментальных осложнений
Pirera et al. [30]	Проспективный анализ 23 пациентов старше 70 лет с остеопорозом и симптоматической дегенеративной спинной нестабильностью поясничного отдела позвоночника	Одно- или многоуровневая транспедикулярная фиксация с аугментацией канюлированных винтов ПММА и заднелатеральным спондилодезом аутокостью	Все исследуемые пациенты соответствовали критериям остеопороза и имели симптоматический остеохондроз поясничного отдела позвоночника	В контрольной точке 6 мес. у всех пациентов были признаки формирования межотверстечного блока. В 3 случаях наблюдалась резорбция на границе «цемент – винт». Не зарегистрировано случаев инструментальных осложнений, 90 % пациентов имели улучшение по ODI на 15 % и более	Цементная аугментация ПММА является безопасной и эффективной методикой при проведении поясничного спондилодеза у пожилых пациентов с остеопорозом
Wang et al. [31]	Ретроспективный анализ 128 пациентов с остеопорозом и остеохондрозом позвоночника, переломами или анкилозирующим спондилоартритом	Одно- или многоуровневая транспедикулярная фиксация с аугментацией канюлированных винтов ПММА с или без межтелового/заднелатерального спондилодеза аутокостью	Из 128 пациентов у 97 показанием к хирургическому вмешательству был симптоматический остеохондроз поясничного отдела позвоночника	За средний период наблюдения в 42,4 мес. не было случаев расшатывания винтов, потребовавших ревизии. У всех пациентов наблюдались формирование костного блока и статистически значимое улучшение по ВАШ ($p < 0,001$) и ODI ($p < 0,001$)	Аугментация ПММА канюлированных винтов является безопасной и эффективной у пациентов с остеопорозом, которым показано хирургическое вмешательство с наложением инструментария
Moon et al. [32]	Проспективный анализ 37 пациентов с остеопорозом и симптоматическим дегенеративным спинальным стенозом поясничного отдела позвоночника	Одно- или многоуровневая транспедикулярная фиксация с аугментацией канюлированных винтов ПММА и трансформинальным межтеловым спондилодезом	Все исследуемые пациенты соответствовали критериям остеопороза и имели симптоматический остеохондроз поясничного отдела позвоночника	За средний период наблюдения в 23,5 мес. частота межтелового блока составила 91,9 %. Расшатывание винтов наблюдалось лишь в 1 случае. Во всех случаях отмечено статистически значимое уменьшение выраженности боли в ноге и спине по ВАШ после операции	Применение ПММА является безопасной и эффективной опцией при проведении хирургических вмешательств по поводу поясничного остеохондроза в условиях остеопороза
Wang et al. [33]	Ретроспективный анализ 88 пациентов с остеопорозом и симптоматическим спондилодезом поясничного отдела позвоночника	Одноуровневый минимально-инвазивный трансформинальный межтеловый спондилодез (MIS-TLIF) с транспедикулярной фиксацией	Основная (36): MIS-TLIF с транспедикулярной фиксацией vs 90,4 % ($p = 0,684$); ODI (после операции): 22 % vs 22 % ($p = 0,951$); ВАШ в ноге (после операции): 1,19 vs 1,06 ($p = 0,202$); степень поясничного лордоза: 52,39° vs 47,08° ($p = 0,010$) в основной и контрольной группах соответственно	Частота полного межтелового блока: 96,0 % vs 90,4 % ($p = 0,684$); ODI (после операции): 22 % vs 22 % ($p = 0,951$); ВАШ в ноге (после операции): 1,19 vs 1,06 ($p = 0,202$); степень поясничного лордоза: 52,39° vs 47,08° ($p = 0,010$) в основной и контрольной группах соответственно	В условиях остеопороза и при наличии спондилодеза при схожих клинических исходах аугментация ПММА позволяет добиться больших степеней редукции и коррекции поясничного лордоза
Tang et al. [34]	Проспективный анализ 93 пациентов с остеопорозом и многоуровневым (3 и более уровней, требующих хирургического вмешательства) остеохондрозом поясничного отдела позвоночника	3- или 4-уровневый трансформинальный (TLIF) или задний (PLIF) межтеловый спондилодез с транспедикулярной фиксацией	Основная (46): TLIF/PLIF с транспедикулярной фиксацией и аугментацией ПММА; контрольная (47): TLIF/PLIF с транспедикулярной фиксацией без аугментации ПММА	Число расшатанных винтов: 3/356 vs 33/390 ($p < 0,001$); длительность операции: 303,07 мин vs 268,72 мин ($p = 0,010$) в основной и контрольной группах соответственно. Послеоперационные оценки ВАШ и ODI значительно не различались	Цементная аугментация обеспечивает лучшую стабильность при многоуровневом поясничном спондилодезе в условиях остеопороза, но удлиняет время операции и ассоциировано с рисками экстравазации цемента. Для уменьшения риска осложнений может быть полезной селективная цементная аугментация конкретных позвонков
Lin et al. [35]	Нерандомизированное сравнительное исследование 50 пациентов с остеопорозом и спондилодезом на поясничном отделе позвоночника	Одноуровневый трансформинальный межтеловый спондилодез (TLIF) с транспедикулярной фиксацией канюлированными винтами	Основная (29): TLIF с транспедикулярной фиксацией и аугментацией ПММА с одной стороны; контрольная (21): TLIF с транспедикулярной фиксацией и аугментацией ПММА с двух сторон	Во всех случаях статистически значимое клиническое улучшение после операции по оценкам ВАШ и ODI без различий между группами; во всех случаях сформирован полный костный блок; время операции: 186,1 мин vs 204,4 мин; кровопотеря: 185,0 мл vs 236,4 мл в основной и контрольной группах соответственно	Унилатеральная цементная аугментация обеспечивает равную клиническую и радиологическую эффективность в сравнении с билатеральной при меньших времени операции и кровопотери
ПММА — полиметилметакрилат; МПКТ — минеральная плотность костной ткани.					

Таблица 3

Клинически исследованные методы профилактики проксимального переходного кифоза в условиях сниженной МПКТ

Исследование	Дизайн	Хирургическое вмешательство	Исследуемые группы/ когорта	Результаты	Выводы
<i>Методы укрепления концов конструкции с целью профилактики проксимального переходного кифоза</i>					
Аудоган et al. [27]	Ретроспективный анализ 49 пациентов с остеопорозом и остеохондрозом позвоночника, переломами или опухолевым поражением	Одно- или многоуровневая транспедикулярная фиксация с цементной вертебропластикой смежного сегмента	Из 49 пациентов у 29 показанием к хирургическому вмешательству был симптоматический остеохондроз поясничного отдела позвоночника	За средний период наблюдения в 37 мес. не было случаев переломов проксимального или дистального смежных сегментов	Цементная вертебропластика смежных инструментов позвонков является эффективным методом профилактики проксимального переходного кифоза при выполнении поясничного спондилодеза в условиях остеопороза
Басанкин И.В. с соавт. [39]	Проспективный анализ 140 пациентов с остеопорозом и дегенеративной деформацией поясничного отдела позвоночника	Многоуровневая инструментальная фиксация с коррекцией фронтального и сагиттального дисбалансов	I группа (36): коррекция поясничного лордоза до 30°; II группа (23): коррекция поясничного лордоза до 30° + проксимальная ламинарная фиксация; III группа (20): полная коррекция с профилактической проксимальной вертебропластикой; IV группа (60): полная коррекция	Частичная коррекция поясничного лордоза и ламинарная фиксация обеспечивают наименьшее число случаев проксимального переходного кифоза — на 16–28 % в сравнении с остальными группами (p = 0,001). При отсутствии методов профилактики и полной коррекции частота кифозов значительно больше в сравнении с остальными методами (p < 0,050)	Частичная коррекция поясничного лордоза, ламинарная фиксация и превентивная вертебропластика являются эффективными методами профилактики проксимального переходного кифоза

МПКТ — минеральная плотность костной ткани.

чимое уменьшение частоты формирования как псевдоартрозов, так и расшатывания педикулярных винтов с применением цементной аугментации в условиях остеопороза. Также наблюдается минимизация послеоперационных инструментальных осложнений. Улучшение радиологических и клинических исходов достигается традиционной техникой или фенестрированными винтами, которые имеют преимущество в связи с меньшим риском экстравазации цемента. Дополнительными факторами, относящимися к дизайну и установке педикулярных винтов и имеющими доказанную клиническую эффективность, являются расширяемые винты и их установка с применением кортикальной траектории.

Использование расширяемых винтов в высококачественных клинических исследованиях является безопасным в контексте риска инструментальных осложнений и при прочих равных обеспечивает лучшую стабильность в условиях сниженной МПКТ, чем традиционные педикулярные винты. Методика срединной кортикальной фиксации с межтеловым спондилодезом не только улучшает частоту успешного артродеза, но и требует меньших мышечных травм и ревизии задних опорных структур в ходе оперативного доступа, что способствует более ранней активизации пациентов. Сочетание методов превентивной вертебропластики и ламинарной фиксации переходных сегментов является эффективным при профилактике

ППК. Значительно меньшее внимание в существующем спектре клинических исследований уделено применению межтеловых имплантатов при сниженной МПКТ, что составляет перспективное поле для изучения. Рациональность использования тех или иных описанных хирургических методик должна базироваться на точной предоперационной оценке регионарной плотности губчатой кости, в связи с чем количественные КТ- или МРТ-исследования более предпочтительны, чем рутинная денситометрия. Ориентиром для принятия решения о необходимости применения вышеописанных методик является снижение плотности кости до 90–120 HU и менее при волюметрическом анализе плотности кости по данным МСКТ.

Заключение

Сочетание методик кортикальной установки педикулярных винтов, цементной аугментации, а также применение расширяемых винтов позволяют достигать результатов хирургического лечения пациентов с дегенеративны-

ми поражениями поясничного отдела позвоночника при сниженной МПКТ не худших, чем при нормальной МПКТ. Особое значение при этом имеет предоперационная оценка регионарного состояния костной ткани, которая должна проводиться с использованием количественных КТ- или МРТ-исследований.

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

1. **Kanis JA.** Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis: synopsis of a WHO report. WHO Study Group. Osteoporos Int. 1994;4:368–381. DOI: 10.1007/BF01622200.
2. **Salari N, Ghasemi H, Mohammadi L, Behzadi MH, Rabieenia E, Shohaimi S, Mohammadi M.** The global prevalence of osteoporosis in the world: a comprehensive systematic review and meta-analysis. J Orthop Surg Res. 2021;16:609. DOI: 10.1186/s13018-021-02772-0.
3. **Lesnyak O, Bilezikian JP, Zakroyeva A.** Report on the Audit on Burden of Osteoporosis in Eight Countries of the Eurasian Region: Armenia, Belarus, Georgia, Moldova, Kazakhstan, the Kyrgyz Republic, the Russian Federation, and Uzbekistan. Arch Osteoporos. 2020;15:175. DOI: 10.1007/s11657-020-00836-y.
4. **Carlson BB, Salzmänn SN, Shirahata T, Ortiz Miller C, Carrino JA, Yang J, Reisener MJ, Sama AA, Cammisia FP, Girardi FP, Hughes AP.** Prevalence of osteoporosis and osteopenia diagnosed using quantitative CT in 296 consecutive lumbar fusion patients. Neurosurg Focus. 2020;49:E5. DOI: 10.3171/2020.5.FOCUS20241.
5. **Zou D, Jiang S, Zhou S, Sun Z, Zhong W, Du G, Li W.** Prevalence of osteoporosis in patients undergoing lumbar fusion for lumbar degenerative diseases: a combination of DXA and Hounsfield units. Spine. 2020;45:E406–E410. DOI: 10.1097/BRS.0000000000003284.
6. **DeWald CJ, Stanley T.** Instrumentation-related complications of multilevel fusions for adult spinal deformity patients over age 65: surgical considerations and treatment options in patients with poor bone quality. Spine. 2006;31(19 Suppl):S144–S151. DOI: 10.1097/01.brs.0000236893.65878.39.
7. **Marshall D, Johnell O, Wedel H.** Meta-analysis of how well measures of bone mineral density predict occurrence of osteoporotic fractures. BMJ. 1996;312:1254–1259. DOI: 10.1136/bmj.312.7041.1254.
8. **Liu G, Peacock M, Eilam O, Dorulla G, Braunstein E, Johnston CC.** Effect of osteoarthritis in the lumbar spine and hip on bone mineral density and diagnosis of osteoporosis in elderly men and women. Osteoporos Int. 1997;7:564–569. DOI: 10.1007/BF02652563.
9. **Rabier B, Heraud A, Grand-Lenoir C, Winzenrieth R, Hans D.** A multicentre, retrospective case-control study assessing the role of trabecular bone score (TBS) in menopausal Caucasian women with low areal bone mineral density (BMDa): Analysing the odds of vertebral fracture. Bone. 2010;46:176–181. DOI: 10.1016/j.bone.2009.06.032.
10. **Schreiber JJ, Anderson PA, Rosas HG, Buchholz AL, Au AG.** Hounsfield units for assessing bone mineral density and strength: a tool for osteoporosis management. J Bone Joint Surg Am. 2011;93:1057–1063. DOI: 10.2106/JBJS.J.00160.
11. **Ishikawa K, Toyone T, Shirahata T, Kudo Y, Matsuoka A, Maruyama H, Hayakawa C, Tani S, Sekimizu M, Tsuchiya K, Eguro T, Oshita Y, Ozawa T, Nakao Y, Sano S, Nagai T, Kanzaki K, Inagaki K.** A novel method for the prediction of the pedicle screw stability: regional bone mineral density around the screw. Clin Spine Surg. 2018;31:E473–E480. DOI: 10.1097/BSD.0000000000000703.
12. **Sakai Y, Takenaka S, Matsuo Y, Fujiwara H, Honda H, Makino T, Kaito T.** Hounsfield unit of screw trajectory as a predictor of pedicle screw loosening after single level lumbar interbody fusion. J Orthop Sci. 2018;23:734–738. DOI: 10.1016/j.jos.2018.04.006.
13. **Schreiber JJ, Hughes AP, Taher F, Girardi FP.** An association can be found between hounsfield units and success of lumbar spine fusion. HSS J. 2014;10:25–29. DOI: 10.1007/s11420-013-9367-3.
14. **Meredith DS, Schreiber JJ, Taher F, Cammisia FP Jr, Girardi FP.** Lower preoperative Hounsfield unit measurements are associated with adjacent segment fracture after spinal fusion. Spine. 2013;38:415–418. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31826ff084.
15. **Chen Z, Lei F, Ye F, Zhang H, Yuan H, Li S, Feng D.** Prediction of pedicle screw loosening using an MRI-based vertebral bone quality score in patients with lumbar degenerative disease. World Neurosurg. 2023;171:E760–E767. DOI: 10.1016/j.wneu.2022.12.098.
16. **Li W, Zhu H, Hua Z, Miao D, Wang F, Tong T, Wang L.** Vertebral bone quality score as a predictor of pedicle screw loosening following surgery for degenerative lumbar disease. Spine. 2023;48:1635–1641. DOI: 10.1097/BRS.0000000000004577.
17. **Chen Z, Lei F, Ye F, Yuan H, Li S, Feng D.** MRI-based vertebral bone quality score for the assessment of osteoporosis in patients undergoing surgery for lumbar degenerative diseases. J Orthop Surg Res. 2023;18:257. DOI: 10.1186/s13018-023-03746-0.
18. **Wu ZX, Gong FT, Liu L, Ma ZS, Zhang Y, Zhao X, Yang M, Lei W, Sang HX.** A comparative study on screw loosening in osteoporotic lumbar spine fusion between expandable and conventional pedicle screws. Arch Orthop Trauma Surg. 2012;132:471–476. DOI: 10.1007/s00402-011-1439-6.
19. **Gazzeri R, Panagiotopoulos K, Galarza M, Bolognini A, Callovin G.** Minimally invasive spinal fixation in an aging population with osteoporosis: clinical and radiological outcomes and safety of expandable screws versus fenestrated screws augmented with polymethylmethacrylate. Neurosurg Focus. 2020;49:E14. DOI: 10.3171/2020.5.FOCUS20232.
20. **Cook SD, Barbera J, Rubi M, Salkeld SL, Whitecloud TS 3rd.** Lumbosacral fixation using expandable pedicle screws. An alternative in reoperation and osteoporosis. Spine J. 2001;11:109–114. DOI: 10.1016/s1529-9430(01)00020-1.
21. **Santoni BG, Hynes RA, McGilvray KC, Rodriguez-Canessa G, Lyons AS, Henson MA, Womack WJ, Puttlitz CM.** Cortical bone trajectory for lumbar pedicle screws. Spine J. 2009;9:366–373. DOI: 10.1016/j.spinee.2008.07.008.
22. **Zhang R, Gao H, Li H, Xing T, Jia C, Zhang J, Dong F, Shen C.** Differences in bone mineral density of trajectory between lumbar cortical and traditional pedicle screws. J Orthop Surg Res. 2019;14:128. DOI: 10.1186/s13018-019-1169-y.
23. **Mai HT, Mitchell SM, Hashmi SZ, Jenkins TJ, Patel AA, Hsu WK.** Differences in bone mineral density of fixation points between lumbar cortical and traditional pedicle screws. Spine J. 2016;16:835–841. DOI: 10.1016/j.spinee.2015.11.034.

24. Liu L, Zhang S, Liu G, Yang B, Wu X. Early clinical outcome of lumbar spinal fixation with cortical bone trajectory pedicle screws in patients with osteoporosis with degenerative disease. *Orthopedics*. 2019;42:E465–E471. DOI: 10.3928/01477447-20190604-01.
25. Ding H, Hai Y, Liu Y, Guan L, Pan A, Zhang X, Han B, Li Y, Yin P. Cortical trajectory fixation versus traditional pedicle-screw fixation in the treatment of lumbar degenerative patients with osteoporosis: a prospective randomized controlled trial. *Clin Interv Aging*. 2022;17:175–184. DOI: 10.2147/CIA.S349533.
26. Noh SH, Zhang HY. Minimally invasive spine surgery with midline cortical bone trajectory screw fixation for lumbar degenerative disease in a retrospective study of 200 patients. *Neurospine*. 2021;18:355–362. DOI: 10.14245/ns.2142016.008.
27. Aydogan M, Ozturk C, Karatoprak O, Tezer M, Aksu N, Hamzaoglu A. The pedicle screw fixation with vertebroplasty augmentation in the surgical treatment of the severe osteoporotic spines. *J Spinal Disord Tech*. 2009;22:444–447. DOI: 10.1097/BSD.0b013e31818e0945.
28. Alvarez-Galovich L, Tome-Bermejo F, Moya AB, Mahillo-Fernandez I, Piñera AR, Mengis CL, Gallego JM, Garzon FM, Rodriguez MG, Sanz S, Peiro-Garcia A. Safety and efficacy with augmented second-generation perforated pedicle screws in treating degenerative spine disease in elderly population. *Int J Spine Surg*. 2020;14:811–817. DOI: 10.14444/7115.
29. Dai F, Liu Y, Zhang F, Sun D, Luo F, Zhang Z, Xu J. Surgical treatment of the osteoporotic spine with bone cement-injectable cannulated pedicle screw fixation: technical description and preliminary application in 43 patients. *Clinics (Sao Paulo)*. 2015;70:114–119. DOI: 10.6061/clinics/2015(02)08.
30. Pinera AR, Duran C, Lopez B, Saez I, Correia E, Alvarez L. Instrumented lumbar arthrodesis in elderly patients: prospective study using cannulated cemented pedicle screw instrumentation. *Eur Spine J*. 2011;20 Suppl 3(Suppl 3):408–414. DOI: 10.1007/s00586-011-1907-2.
31. Wang Z, Liu Y, Rong Z, Wang C, Liu X, Zhang F, Zhang Z, Xu J, Dai F. Clinical evaluation of a bone cement-injectable cannulated pedicle screw augmented with polymethylmethacrylate: 128 osteoporotic patients with 42 months of follow-up. *Clinics (Sao Paulo)*. 2019;74:e346. DOI: 10.6061/clinics/2019/e346.
32. Moon BJ, Cho BY, Choi EY, Zhang HY. Polymethylmethacrylate-augmented screw fixation for stabilization of the osteoporotic spine: a three-year follow-up of 37 patients. *J Korean Neurosurg Soc*. 2009;46:305–311. DOI: 10.3340/jkns.2009.46.4.305.
33. Wang W, Liu C, Li J, Li H, Wu J, Liu H, Li C, Zhou Y. Comparison of the fenestrated pedicle screw and conventional pedicle screw in minimally percutaneous fixation for the treatment of spondylolisthesis with osteoporotic spine. *Clin Neurol Neurosurg*. 2019;183:105377. DOI: 10.1016/j.clineuro.2019.105377.
34. Tang YC, Guo HZ, Guo DQ, Luo PJ, Li YX, Mo GY, Ma YH, Peng JC, Liang D, Zhang SC. Effect and potential risks of using multilevel cement-augmented pedicle screw fixation in osteoporotic spine with lumbar degenerative disease. *BMC Musculoskelet Disord*. 2020;21:274. DOI: 10.1186/s12891-020-03309-y.
35. Liu YY, Xiao J, Jin HJ, Wang Z, Yin X, Liu MY, Zhao JH, Liu P, Dai F. Comparison of unilateral and bilateral polymethylmethacrylate-augmented cannulated pedicle screw fixation for the management of lumbar spondylolisthesis with osteoporosis. *J Orthop Surg Res*. 2020;15:446. DOI: 10.1186/s13018-020-01975-1.
36. Басанкин И.В., Пташников Д.А., Масевнин С.В., Афаунов А.А., Гюльзатян А.А., Тахмазян К.К. Значимость различных факторов риска в формировании проксимального переходного кифоза и нестабильности металлоконструкции при оперативном лечении взрослых с деформациями позвоночника // Хирургия позвоночника. 2021. Т. 18. № 1. С. 14–23. [Basankin IV, Ptashnikov DA, Masevnin SV, Afaunov AA, Giulzatyan AA, Takhmazyan KK. Significance of various risk factors for proximal junctional kyphosis and instability of instrumentation in surgical treatment for adult spinal deformities. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2021;18(1):14–23]. DOI: 10.14531/ss2021.1.14-23.
37. Басанкин И.В., Порханов В.А., Пташников Д.А., Тахмазян К.К., Афаунов А.А., Томина М.И., Малахов С.Б., Шаповалов В.К. Анализ причин развития проксимального переходного кифоза после инструментальной фиксации на фоне дефицита минеральной плотности костной ткани // Гений ортопедии. 2019. Т. 25. № 1. С. 65–70. [Basankin IV, Porkhanov VA, Ptashnikov DA, Takhmazyan KK, Afaunov AA, Tomina MI, Malakhov SB, Shapovalov VK. Analysis of the causes of proximal junctional kyphosis following spinal instrumented fixation in patients with bone mineral density deficiency. *Genij Ortopedii*. 2019;25:65–70]. DOI: 10.18019/1028-4427-2019-25-1-65-70.
38. Raman T, Miller E, Martin CT, Keibaish KM. The effect of prophylactic vertebroplasty on the incidence of proximal junctional kyphosis and proximal junctional failure following posterior spinal fusion in adult spinal deformity: a 5-year follow-up study. *Spine J*. 2017;17:1489–1498. DOI: 10.1016/j.spinee.2017.05.017.
39. Басанкин И.В., Пташников Д.А., Масевнин С.В., Афаунов А.А., Гюльзатян А.А., Тахмазян К.К. Эффективность различных вариантов хирургического лечения и профилактики проксимального переходного кифоза у пациентов с деформациями поясничного отдела позвоночника при сопутствующем остеопорозе // Хирургия позвоночника. 2022. Т. 19. № 1. С. 6–14. [Basankin IV, Ptashnikov DA, Masevnin SV, Afaunov AA, Giulzatyan AA, Takhmazyan KK. Efficiency of various options for surgical treatment and prevention of proximal junctional kyphosis in patients with lumbar spine deformities and concomitant osteoporosis. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2022;19(1):6–14]. DOI: 10.14531/ss2022.1.6-14.

Адрес для переписки:

Широких Илья Валерьевич
656045, Россия, Барнаул, ул. Ляпидевского, 1/3,
Федеральный центр травматологии, ортопедии
и эндопротезирования,
shir413@mail.ru

Address correspondence to:

Shirokikh Ilya Valeryevich
Federal Center for Traumatology, Orthopedics and Endoprosthesis,
1/3 Lyapidevskogo str., Barnaul, 656045, Russia,
shir413@mail.ru

Статья поступила в редакцию 13.06.2023

Рецензирование пройдено 28.11.2023

Подписано в печать 04.12.2023

Received 13.06.2023

Review completed 28.11.2023

Passed for printing 04.12.2023

Илья Валерьевич Широких, врач-нейрохирург отделения травматологии и ортопедии № 4, Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования, Россия, 656045, Барнаул, ул. Ляпидевского, 1/3, ORCID: 0000-0002-5324-3132, shir413@mail.ru;
 Андрей Игоревич Васильев, канд. мед. наук, заведующий отделением травматологии и ортопедии № 4, Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования, Россия, 656045, Барнаул, ул. Ляпидевского, 1/3; ассистент кафедры травматологии, ортопедии и вертебродологии, Алтайский государственный медицинский университет, Россия, 656038, Барнаул, пр. Ленина, 40, ORCID: 0000-0002-0965-4137, andreyivasiliev@gmail.com;
 Юрий Михайлович Батрак, канд. мед. наук, заместитель главного врача по медицинской части, Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования, Россия, 656045, Барнаул, ул. Ляпидевского, 1/3; доцент кафедры травматологии, ортопедии и вертебродологии, Алтайский государственный медицинский университет, Россия, 656038, Барнаул, пр. Ленина, 40, ORCID: 0000-0003-0489-1480, dr_yu.batrak@mail.ru;
 Владимир Алексеевич Пелеганчук, д-р мед. наук, главный врач, Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования, Россия, 656045, Барнаул, ул. Ляпидевского, 1/3; заведующий кафедрой, профессор кафедры травматологии, ортопедии и вертебродологии, Алтайский государственный медицинский университет, Россия, 656038, Барнаул, пр. Ленина, 40, ORCID: 0000-0002-2386-4421, 297501@mail.ru.

Ilya Valeryevich Shirokikh, neurosurgeon of the Department of Traumatology and Orthopedics No. 4 of the Federal Center for Traumatology, Orthopedics and Endoprosthetics, 1/3 Lyapidevskogo str., Barnaul, 656045, Russia, ORCID: 0000-0002-5324-3132, shir413@mail.ru;
 Andrey Igorevich Vasilyev, MD, PhD, Head of the Department of Traumatology and Orthopedics No. 4 of the Federal Center for Traumatology, Orthopedics and Endoprosthetics, 1/3 Lyapidevskogo str., Barnaul, 656045, Russia; assistant of the Department of Traumatology, Orthopedics and Vertebrology of the Altai State Medical University (ASMU), 40 Lenina str., Barnaul, 656038, Russia, ORCID: 0000-0002-0965-4137, andreyivasiliev@gmail.com;
 Yuri Mikhailovich Batrak, MD, PhD, Deputy Chief Physician for Medical Affairs of the Federal Center for Traumatology, Orthopedics and Endoprosthetics, 1/3 Lyapidevskogo str., Barnaul, 656045, Russia; Associate Professor of the Department of Traumatology, Orthopedics and Vertebrology of the Altai State Medical University (ASMU), 40 Lenina str., Barnaul, 656038, Russia, ORCID: 0000-0003-0489-1480, dr_yu.batrak@mail.ru;
 Vladimir Alekseyevich Peleganchuk, DMSc, Chief Physician of the Federal Center for Traumatology, Orthopedics and Endoprosthetics, 1/3 Lyapidevskogo str., Barnaul, 656045, Russia; Head and Professor of the Department of Traumatology, Orthopedics and Vertebrology of the Altai State Medical University (ASMU), 40 Lenina str., Barnaul, 656038, Russia, ORCID: 0000-0002-2386-4421, 297501@mail.ru.

ПОЗДРАВЛЕНИЕ



Хирургия
позвоночника
научно-практический журнал
Russian Journal of Spine Surgery

С большой радостью поздравляем редколлегию, коллектив редакции, авторов, рецензентов и всех читателей с 20-летним юбилеем журнала «Хирургия позвоночника»!

Этот журнал стал открытым форумом для обмена идеями, опытом и актуальными исследованиями, способствуя развитию особой области медицины — вертебродологии.

Наше стойкое и преданное редакционное сообщество продолжает подтверждать свою приверженность новым научным достижениям и меняющимся потребностям практикующих врачей. Позвольте выразить надежду на то, что журнал страница за страницей будет неизменно расти и процветать, пропитывая светом знаний сферу хирургии позвоночника.

Желаем сохранять силу влияния и оставаться востребованным изданием и в течение следующих 20 лет.

НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н. Н. Бурденко

