

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Новосибирский научно-исследовательский институт
травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна»
Министерства здравоохранения Российской Федерации

На правах рукописи



СИНЯВИН ВЛАДИМИР ДМИТРИЕВИЧ

ОСОБЕННОСТИ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ВЗРЫВНЫХ ПЕРЕЛОМОВ
ТЕЛ ПОЗВОНКОВ НА ФОНЕ ОСТЕОПОРОЗА
ГРУДО-ПОЯСНИЧНОЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ

3.1.8 — травматология и ортопедия

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:
доктор медицинских наук
Виктор Викторович Рерих

Новосибирск - 2024

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	10
1.1 ЭПИДЕМИОЛОГИЯ ОСТЕОПОРОЗА	10
1.2 КЛАССИФИКАЦИЯ ПЕРЕЛОМОВ ТЕЛ ПОЗВОНКОВ НА ФОНЕ ОСТЕОПОРОЗА	12
1.3 ПОДХОДЫ К МЕТОДАМ ЛЕЧЕНИЯ И ИСХОДЫ КОНСЕРВАТИВНОГО ЛЕЧЕНИЯ ОСТЕОПОРОТИЧЕСКИХ ПЕРЕЛОМОВ.....	13
1.4 ХИРУРГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ЛЕЧЕНИЯ ОСТЕОПОРОТИЧЕСКИХ ПЕРЕЛОМОВ ТЕЛ ПОЗВОНКОВ	15
<i>1.4.1 Пункционные способы лечения остеопоротических переломов тел позвонков</i>	<i>15</i>
<i>1.4.2 Обзор задней стабилизации в лечении остеопоротических переломов.</i>	<i>18</i>
<i>1.4.3 Гибридная стабилизация тела позвонка и вентральный спондилодез...</i>	<i>22</i>
<i>1.4.4 Остеотомии позвоночника в лечении взрывных остеопоротических переломов.....</i>	<i>27</i>
ГЛАВА 2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ	33
2.1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КЛИНИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА.....	33
2.2 МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ОСТЕОПОРОТИЧЕСКИХ ПЕРЕЛОМОВ	34
<i>2.2.1 Клиническая диагностика переломов тел позвонков на фоне остеопороза</i>	<i>34</i>
<i>2.2.2 Мультиспиральная компьютерная томография</i>	<i>35</i>
2.2.3 Денситометрия	35
2.2.4 Спондилография	36
<i>2.2.5 Используемая классификация остеопоротических переломов тел позвонков грудногопоясничной локализации</i>	<i>37</i>
2.2.6 Статистические методы обработки.....	37
2.3 МЕТОДЫ ЛЕЧЕНИЯ	38
2.4 КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ.....	41

2.4.1 Оценка локального кифоза	41
2.4.2 Оценка сагиттального профиля.....	41
2.4.3 Исследование функциональных исходов.....	42
2.5 Этапность исследований	42
ГЛАВА 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ВЗРЫВНЫХ ОСТЕОПОРТИЧЕСКИХ ПЕРЕЛОМОВ ТЕЛ ПОЗВОНКОВ	44
3.1 РЕЗУЛЬТАТЫ ПЕРВОГО ЭТАПА ИССЛЕДОВАНИЯ	44
3.2 РЕЗУЛЬТАТЫ ВТОРОГО ЭТАПА ИССЛЕДОВАНИЯ	46
3.3 ФАКТОРЫ РИСКА И ПРЕДИКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА НЕПОЛНУЮ КОРРЕКЦИЮ И РЕЦИДИВ ДЕФОРМАЦИИ	48
3.3.1 Первый этап исследований	48
3.3.2 Второй этап исследований.....	51
3.4 РЕЗУЛЬТАТЫ ТРЕТЬЕГО ЭТАПА ИССЛЕДОВАНИЯ	55
3.5 РЕЗУЛЬТАТЫ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИСХОДОВ	62
ГЛАВА 4 АЛГОРИТМ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ВЗРЫВНЫХ ПЕРЕЛОМОВ ТЕЛ ПОЗВОНКОВ НА ФОНЕ ОСТЕОПОРОЗА ГРУДОПОЯСНИЧНОЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ	66
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	69
ВЫВОДЫ	77
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	78
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	79
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	80

ВВЕДЕНИЕ

Остеопороз сегодня относят в ведущим заболеваниям человека, таким, как онкология, болезни сердечно-сосудистой системы, внезапная смерть. Это связано не только с его высокой распространенностью, но и с тяжестью исхода — переломов костей (Беневоленская Л.И., 2003). В связи с увеличением продолжительности жизни населения планеты ожидается значительный рост частоты остеопоротических переломов. Вместе с тем настороженность врача в отношении остеопороза, применение современных методов диагностики и рано начатая профилактика и лечение позволяют снизить риск возникновения переломов.

Переломы вследствие прогрессирующего снижения плотности костной ткани являются социально-экономическим бременем общества, приводя к увеличению показателей заболеваемости, снижению качества жизни и повышению смертности (Шостак Н.А., 2020). По данным R. Lindsay (2001) наличие одного перелома увеличивает вероятность развития последующих переломов в пять раз независимо от плотности кости. По данным других авторов, уменьшение минеральной плотности кости на два стандартных отклонения повышает риск перелома позвонка в 6 раз. Наличие компрессионного перелома повышает риск смерти на 15 % (Vacaro AR, 2004). Лечение переломов позвонков у пациентов пожилого и старческого возраста представляет значительные трудности. Причиной этого являются неблагоприятный преморбидный фон, обострение сопутствующих хронических соматических заболеваний и сниженная минеральная плотность кости у пациентов данной возрастной группы (Рерих В.В., Рахматиллаев Ш.Н., 2006; Риггз Б.Л., 2000; Hiroshi T., 2004).

В настоящее время появились новые методики оперативного лечения, усовершенствованы существующие, включая современные возможности анестезиологического пособия, что позволяет пересмотреть сложившиеся подходы

к оказанию помощи пациентам старшей возрастной группы с переломами тел позвонков грудопоясничного отдела позвоночника (Бобров Д.С., 2009).

Отсутствие единых подходов, тактик лечения, наличия алгоритмов, позволяющих выбрать наиболее рациональный способ хирургического лечения с целью улучшить клинические результаты и качество жизни пациентов, при этом минимизировать риски неблагоприятных исходов и осложнений, а также чёткого понимания о факторах, на них влияющих, привели к постановке цели и задач настоящего исследования.

Цель исследования

Улучшение результатов хирургического лечения пациентов с взрывными переломами тел позвонков грудопоясничной локализации на фоне остеопороза путём выбора тактики хирургического вмешательства.

Задачи исследования

1. Выявить основные предикторы прогрессирования локальной кифотической деформации позвоночника и потери коррекции в послеоперационном периоде у пациентов с взрывными переломами тел позвонков на фоне остеопороза грудопоясничной локализации.

2. Изучить влияние сагиттального баланса на течение и исходы хирургического лечения взрывных переломов тел позвонков грудопоясничного отдела позвоночника на фоне остеопороза.

3. Разработать способ коррекции кифотической деформации вследствие переломов тел позвонков грудопоясничной локализации на фоне остеопороза.

4. Разработать алгоритм выбора тактики хирургического лечения взрывных переломов тел позвонков грудопоясничной локализации на фоне остеопороза.

Научная новизна исследования

Определены риски и предикторы рецидива кифотической деформации в позднем послеоперационном периоде и, как следствие, усиления и/или появления болевого синдрома.

Впервые доказана необходимость учета сагиттального баланса в ходе предоперационного планирования с целью нивелирования неблагоприятных исходов в отдаленном периоде.

Впервые проведен сравнительный анализ способов хирургического лечения взрывных переломов тел позвонков на фоне остеопороза.

Впервые разработан способ коррекции кифотической деформации для взрывных переломов тел позвонков на фоне остеопороза, сочетающий в себе удовлетворительную коррекцию, а также сохраняет поврежденный сегмент в стабильном состоянии, тем самым снижая риски рецидива деформации.

Впервые внедрен алгоритм лечения взрывных переломов тел позвонков на фоне остеопороза, в который включена не только необходимость коррекции локального кифоза, но и сагиттального профиля пациента.

Практическая значимость исследования

1. Разработанный способ хирургического лечения взрывных переломов позвонков тел позвонков на фоне остеопороза обеспечит снижение риска рецидива локального кифоза, рецидива болевого синдрома, тем самым повышая качество жизни пациента.

2. Разработанный алгоритм лечения взрывных переломов тел позвонков на фоне остеопороза проводит дифференцированный подход к выбору оптимального способа хирургического лечения данной патологии.

Положения, выносимые на защиту

1. Разработанный метод коррекции деформации позвоночника обеспечивает коррекцию локального кифоза у пациентов со взрывными переломами тел позвонков на фоне остеопороза, уменьшая риски потери коррекции в послеоперационном периоде.

2. Разработанный алгоритм лечения взрывных переломов тел позвонков на фоне остеопороза груднопоясничной локализации позволяет выбрать способ оперативного вмешательства для профилактики рецидива локальной кифотической деформации.

Внедрение результатов исследования

Разработанный алгоритм и способ хирургического лечения взрывных переломов грудных и поясничных позвонков на фоне остеопороза внедрены в клиническую практику травматолого-ортопедического отделения №1 ФГБУ «ННИИТО им. Я. Л. Цивьяна» Минздрава России. Также сформированы лекционный курс на тему «Хирургическое лечение остеопоротических переломов тел позвонков» для клинических ординаторов, студентов и курсантов ФГБОУ ВО НГМУ Минздрава России.

Апробация работы

Основные положения диссертации доложены и обсуждены на:

1. Всероссийская научно-практическая конференция «Цивьяновские чтения» 3–4 декабря 2021 г г. Новосибирск.
2. «Современные технологии профилактики и лечения осложнений в травматологии» 22–23 апреля 2022 г г. Омск.
3. VI съезд травматологов-ортопедов СФО. 26–27 мая 2022 г г. Барнаул.
4. Ежегодная научно-практическая конференция «Вреденовские чтения» 25–26 августа 2022г г. Санкт-Петербург.

5. XII Всероссийский съезд травматологов-ортопедов 1–3 декабря 2022 г г. Москва.

6. Ежегодная всероссийская конференция молодых ученых «Вреденовские игры» 28 апреля 2023 г г. Санкт-Петербург.

7. Конференция молодых ученых в рамках XII съезда Российской Ассоциации хирургов-вертебрологов 24–27 мая 2023 г г. Москва.

8. Всероссийская научно-практическая конференция «Цивьяновские чтения» 3–4 ноября 2023 г г. Новосибирск.

Публикации

По теме диссертации опубликовано 4 печатные работы в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России для публикации основных научных результатов. Получен патент на изобретение №2810182 «Способ коррекции кифотической деформации».

Объём и структура работы

Диссертационная работа изложена на 105 страницах машинописного текста, состоит из введения, четырех глав (обзора литературы, материалов и методов исследования, результатов исследования, алгоритма выбора метода лечения), заключения и выводов, практических рекомендаций, списка литературы. Работа иллюстрирована 18 рисунками, 10 таблицами. Список литературы включает 199 источников, из них, отечественных -40, зарубежных -159.

Личный вклад автора

Автор сформулировал цели и задачи исследования, основные положения, выносимые на защиту, а также самостоятельно собрал и изучил данные литературы, составил программу исследования, выполнил сбор и обработку материалов, провел

их обобщение и анализ полученных результатов. Автор диссертационной работы участвовал во всех оперативных вмешательствах в качестве первого ассистента.

ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Эпидемиология остеопороза

Остеопороз представляет собой метаболическое заболевание скелета, характеризующееся снижением костной массы, нарушением микроархитектоники костной ткани и, как следствие, переломами при минимальной травме (Лесняк О.М., 2009; Kanis J.A., 2021). Остеопороз является полиэтиологическим заболеванием, развитие которого зависит от генетической предрасположенности, образа жизни, физической активности, эндокринологического статуса, наличия сопутствующих заболеваний, приема лекарственных препаратов, старения человека и индивидуальной продолжительности жизни (Белая Ж.Е., 2021; Мельниченко Г.А., 2017; Samacho PM, 2016). По данным Центра демографии, население Земли ежегодно увеличивается на 100 млн., и быстрорастущая группа среди них — это лица 60 лет и старше, причем в 2017 году в эту группу вошел каждый восьмой человек на Земле, а к 2050 году прогнозируется каждый пятый (Мухаметжанов Х., 2019). По данным Национального фонда остеопороза в США 55 % взрослого населения старше 50 лет (около 44 млн. человек) страдают остеопорозом или имеют его высокий риск; причем каждая вторая женщина и четвертый мужчина в этих возрастных группах могут получить переломы без травмы или при незначительной травме в течение оставшегося периода жизни (Reeve J., 1996). С увеличением продолжительности жизни неизбежным считается рост распространенности остеопороза, что повлияет на медико-социальные и экономические аспекты системы здравоохранения в целом. К 2025 году общее число переломов на фоне остеопороза и стоимость их лечения увеличится в полтора раза, а у лиц 65–74 лет число переломов может вырасти на 87 % (Chevalley T, 2007). По экспертным оценкам Всемирной Организации Здравоохранения, число переломов, связанных с остеопорозом, будет продолжать увеличиваться во всех странах мира. Значимость этой проблемы подчеркивается и в объявленной Всемирной Организацией Здравоохранения Декады заболеваний костей и суставов

(The Bone and Joint Decade) 2000–2010 гг., где остеопороз выделялся как одно из 4-х приоритетных заболеваний.

В российских исследованиях выявлено, что 24 % женщин и 13 % мужчин старше 50 лет в течение последующей жизни переносят патологический перелом (Лесняк О.М., 2011; Михайлов Е.Е., 2003; Ершова О.Б., 2012; Меньшикова Л.В., 2002; Добровольская О.В., 2016). Мировая статистика утверждает, что переломы при остеопорозе наблюдаются у 50 % населения в возрасте от 50 лет, при этом наиболее распространенной травмой является переломы тел позвонков (Musbahi O, 2018; Hazzard, M.A., 2014). В настоящее время в мире ежегодно регистрируется от 1,4 до 1,5 миллиона случаев компрессионных переломов позвоночника. Из них, около трети — возникают по причине системного остеопороза (Hoyt D., 2020). Подобные повреждения приводят к серьезным последствиям, таким как возникновение повторных (каскадных) переломов. Ввиду стойкого болевого синдрома пациенты минимизируют двигательную активность, основным является длительный постельный режим, что приводит к ряду осложнений: пролежням, ателектазам, пневмониям, тромбоэмболиям, деменции (Bajaj S., 2003; Cooper C., 1993; Melton LJ., 1989).

Значительное количество переломов (60–75 %) происходит на уровне сегмента Th12–L2. Этот анатомический участок считается наиболее уязвимой зоной перехода от более ригидного грудного отдела к относительно подвижному поясничному отделу позвоночника (Шостак Н.А., 2020). Согласно теории трехпорной стабильности позвоночника (Denis F., 1983), перелом при остеопорозе затрагивает передний комплекс, включающий переднюю продольную связку, переднюю часть фиброзного кольца и переднюю половину тела позвонка, тогда как целостность заднего комплекса — неременное условие стабильности позвоночно-двигательного сегмента и отсутствия неврологического дефицита. Поэтому неврологические нарушения при остеопоротических переломах довольно редки, поскольку костные отломки, как правило, не смещаются в позвоночный канал.

1.2 Классификация переломов тел позвонков на фоне остеопороза

Известна классификация с использованием полуколичественных критериев на основе анализа переломов тел позвонков груднопоясничной локализации у женщин в постменопаузальном периоде (Genant H, 2009). Изменения тел позвонков проводилась по степеням. Под 1-й степенью обозначалась начальная деформация со снижением высоты тела позвонка до 20 %. 2-я степень означала среднюю деформацию со снижением высоты тела 20–40 %. Выраженная деформации со снижением более 40 % являлась 3-й степенью. По форме деформации на основании отношении передней, средней и задней высоты тела позвонка, повреждения разделялись как клиновидная (*wedge deformity*), «двояковогнутая» (*biconcave deformity*) и «вдавленная» (*crush deformity*). Стоит отметить, что данная классификация является рентгенологической, не представляет клинической значимости, не определяет тактики хирургического лечения.

В 2018 году Германское общество травматологов-ортопедов (*German Society for Orthopaedics and Trauma*) во главе с K.J.Schnake предложили классификацию остеопоротических переломов (*Osteoporotic Vertebrae Fracture — OVF*) на основании биомеханических исследований. Предлагается 5 видов повреждений. Тип OF1 — трабекулярный отек (по данным МРТ), структура тела сохранена. OF2 — деформация без или с незначительным поражением задней стенки (менее 1/5 высоты тела); повреждение одной замыкательной пластинки тела. OF3 — деформация с поражением задней стенки (более 1/5 высоты тела). Характерно повреждение не только одной замыкательной пластинки, но и вовлечение передней и задней стенки (неполный взрывной перелом). OF4 — повреждение всех замыкательных пластинок, что соответствует морфологии полного взрывного перелома. Другими подтипами являются коллапс тела позвонка, или перелом «типа клещей» (*pincer-type*). OF5 — фиксированная деформация в сочетании с дистракционным или ротационным механизмом повреждения, встречаются редко у возрастных пациентов.

В описанных классификациях в качестве ведущего критерия используется морфология повреждения тела позвонка, качество костной ткани или не рассматривается вовсе (классификация *Genant*), или применяется с целью определения показаний к оперативному лечению, о чем будет сказано ниже. Стоит сказать, что классификация К.Ж. Schnake нашла своё широкое применение среди спинальных хирургов по всему миру, однако, общепринятой в настоящий момент не является.

1.3 Подходы к методам лечения и исходы консервативного лечения остеопоротических переломов

Традиционный консервативный метод лечения компрессионных неосложненных переломов тел позвонков на фоне остеопороза предусматривают длительный постельный режим, внешнюю иммобилизацию с использованием гипсового или съёмного ортопедических корсетов. Однако использование такого метода лечения значительно ограничивает активность пациентов, приводит к атрофии мышц спины, не устраняет посттравматическую деформацию поврежденного позвонка, способствует развитию постиммобилизационного остеопороза. При функциональном методе лечения пожилых людей, перенесших перелом тела позвонка, положительной стороной является возможность ранней активизации, что позволяет избежать ряд осложнений, прежде всего гипостатических, но ранняя мобилизация проводится в ущерб правильной консолидации перелома, что, естественно, сказывается на результатах лечения (Субботин В.В., 1975; Цивьян Я.Л., 1971). Вследствие возрастающей статической нагрузки на посттравматический деформированный позвоночный столб, происходит коллабирование тел смежных позвонков, у пожилых пациентов формируется ригидный кифоз, возникает прогрессирующая функциональная несостоятельность позвоночника (Сукачева Н.А., 2015; Рахматиллаев Ш.Н., 2006; Рожинская Л.Я., 2000; Родионова С.С., 2006; Ettinger В., 1994), что провоцирует хронический болевой синдром в спине (Перих В.В., 2009; Schiaich С., 1998;

Gehlbach S.H., 2000), а также значительно ухудшает качество жизни больных (Silverman S.L., 2005; Francis R.M., 2008). Более того, консервативный способ лечения взрывных остеопоротических переломов является фактором риска формирования остеонекроза тела позвонка с дальнейшим формированием тяжелого ригидного кифоза (Formica M., 2018).

Тем не менее, длительное время хирургическое лечение остеопоротических переломов позвонков применялось крайне редко и только при развитии грубой неврологической симптоматики у больных (Педаченко Е.Г., 2004; Shikata J., 1990; Shen M., 2007; Heggeness M.H., 1993; Healey J.H., 1996; Hasegawa K., 1997; Hiroshi T., 2004; Korovessis P., 2008). Проблема хирургического лечения таких пациентов заключается в невозможности выполнить надежную стабилизацию поврежденного позвоночно-двигательного сегмента позвоночника из-за высокого риска миграции имплантируемых конструкций на фоне сниженной минеральной плотности костной ткани (Педаченко Е.Г., 2006; Dickman C, 1992; Healey J.H., 1996; Neuner J.M., 2003). Оперативное лечение остеопоротических переломов позвонков является многосторонней и актуальной проблемой по ряду причин: высокой частотой встречаемости таких повреждений и частыми неудовлетворительными результатами (Ветрилэ С.Т., Кулешов А.А., 2010).

По мнению авторов (Дулаев А.К., 2002; Афаунов А.А., 2010; Javik JG, 2003; Hiroshi T, 2004), применение оперативных методов лечения во многих случаях позволяет осуществить достаточную коррекцию посттравматической деформации и предупредить ее прогрессирование, обеспечивает стабильную фиксацию поврежденных сегментов и способствует ранней активизации. Использование современных конструкций в лечении остеопоротических переломов позвонков частично решает проблему стабилизации поврежденного сегмента, поскольку надежность фиксации имплантатов, особенно в вентральных отделах позвоночника, зависит от плотности спонгиозной части и прочности кортикального слоя кости (Hasegawa K., 1995).

Современные методики хирургической коррекции и стабилизации при повреждениях позвоночника имеют большое количество сторонников, так как обеспечивают полноценную репозицию травмированных позвоночно-двигательных сегментов и функциональное восстановление в относительно короткие сроки. Применение хирургических методов не требует длительного постельного режима, способствует ранней вертикализации пациента, минимизирует послеоперационные риски. Отдельной проблемой хирургической коррекции и стабилизации позвоночника при травмах являются пациенты с остеопорозом. По мнению многих авторов, технические и тактические аспекты оперативных методов у данных пациентов остаются предметом дискуссий.

1.4 Хирургические методы лечения остеопоротических переломов тел позвонков

1.4.1 Пункционные способы лечения остеопоротических переломов тел позвонков

На протяжении десятилетий в лечении компрессионных тел позвонков на фоне остеопороза основными хирургическими методиками увеличения высоты тела позвонка, являются пункционные методы: кифопластика и цементная вертебропластика (Кавалерский Г.М., 2010; Афаунов А.А., 2015; Рерих В.В., 2010; Грубер Н.М., 2014; Мухаметжанов Х., 2019; Hinde K, 2020). Применяемые костные цементы на основе полиметилметакрилата (Wang Q, 2022; Lai PL, 2013) имеют различные свойства, такие как: высокая остеоинтеграционная потенция, иммунологическая совместимость, изменение пластичности, текучести и отвердевания в процессе его полимеризации. По мнению ряда авторов (Quan Q, 2023; Buchbinder R, 2018), преимуществом применения цементного наполнителя является возможность одномоментного заполнения дефекта спонгиозной части тела позвонка после инструментального восстановления высоты поврежденного позвонка. Это хирургическое вмешательство позволяет создать опору для

оставшихся костных структур тела позвонка и предполагает раннюю активизацию больных.

К эффектам лечебного воздействия вертебропластики относят анальгетический и стабилизирующий (Кравцов М.Н., 2018). Анальгетический эффект достигается внутренней иммобилизацией и прекращением патологической подвижности костных отломков; термическим разрушением части болевых рецепторов позвонка. В одном из последних обзоров сообщается о 75–95 % клинической эффективности вертебропластики у пациентов с острыми остеопорозными переломами (Ranade M, 2018). Стабилизирующий эффект обусловлен увеличением сопротивляемости позвонка аксиальной нагрузке, в целом осевой опороспособности позвоночника (опосредованное воздействие на рефлекторно-мышечные компоненты боли). Вертебропластика создает препятствие прогрессированию перелома увеличением биомеханической прочности тела позвонка при условии заполнения примерно 20 % его объема (Мануковский В.А., 2009). Также вертебропластика статистически незначимо увеличивает высоту тела позвонка и уменьшает угол кифоза, способствует сохранению роста пациентов, как за счет уменьшения частоты переломов, так и ввиду дальнейшей потери высоты оперированных позвонков (Kim JH, 2012; Klazen, 2010). К не менее важным достоинствам вертебропластики можно отнести мгновенную стабилизацию перелома позвонка, возникающую вслед за полимеризацией полиметилметакрилата, что не препятствует назначению бисфосфонатов в раннем послеоперационном периоде.

Несмотря на множественные проведенные исследования, в научной литературе периодически поднимается вопрос о завышении реальных показателей эффективности методов аугментации у данной категории больных (Buchbinder R, 2009; Kallmes DF, 2009; Staples MP, 2011; Firanescu CE, 2018). Всё это связано с недостатками цементных наполнителей. Миграция цемента, приводящая к эмболии легочной артерии, ожог костной и окружающих мягких тканей в период полимеризации (Deramond H., 1999; Li W, 2021; Ding X, 2023; KlazenСАН., 2010)

Отдельно следует выделить такие неблагоприятные исходы как неполная коррекция деформации, её потерю в раннем послеоперационном периоде, переломы смежных тел позвонков, что в совокупности приводит не только к рецидиву и/или усилению болевого синдрома, но и декомпенсации позвоночно-тазовых взаимоотношений (Tang B, 2021; Zhang Z, 2021; Tuan TA, 2020; Hinde K, 2020; KlazenСАН., 2010; ThillainadesanJ., 2010).

В 2019 году Cianfoni A et al. (2019) опубликовали работу, посвященную новой методике вертебропластики, которой было дано название Stent Screw-Assisted Internal Fixation (SAIF). Данный метод представляет собой металлический стент трубчатой формы с размещенным внутри баллоном в сочетании с установленными транскутанно транспедикулярными канюлированными фенестрированными винтами в тело поврежденного позвонка с последующим введением цемента через винт. Таким образом достигается укрепление композита стент-цемент и создание дополнительной фиксации, что в свой очередь снижает риск миграции стента и возникновения усталостных переломов средней и задней колон позвонка. Сами авторы разработанной методики заявляют, что результаты хоть и представляются перспективными, однако связаны с небольшим числом выборки пациентов, а также с их не сравнительным и нерандомизированным подходами. Данные исследования следует рассматривать с осторожностью. Для более аргументированной позиции необходимо провести более масштабные, рандомизированные и слепые сравнительные исследования (Cianfoni A, 2019; La Barbera, 2019).

Применение пункционных малоинвазивных методов не всегда позволяет решить все задачи хирургического лечения. Остается проблема восстановления биомеханической оси позвоночного столба при выраженном разрушении передней опорной колонны и надежной фиксации позвоночника (Hu S.S., 1997; Wuisman P., 2000; Nguyen T.V., 2003; Heini P.F., 2005; Becker S., 2008). Данные обстоятельства не позволяют применять эти методы в лечении определенного типа переломов — взрывных, что в свою очередь является предметом дискуссий среди исследователей в последние годы.

1.4.2 Обзор задней стабилизации в лечении остеопоротических переломов

Согласно исследованиям на долю взрывных переломов тел позвонков у лиц преклонного возраста приходится около 40 % (WoodKB, 2014) Из них в следствии неадекватного выбора тактики лечения исходами таких повреждений более 60 % случаев являются посттравматические болезненные кифотические деформации (Katsuura Y, 2018). И если у молодых пациентов варианты циркулярной стабилизации (360°-fusion) являются уже устоявшимися (Vaccaro AR, 2016), то методы хирургического лечения остеопоротических повреждений у пожилых пациентов до сих пор остаются предметами споров. В связи с этим оперативные вмешательства в объёме вентрального спондилодеза, транспедикулярной фиксации, коррегирующих остеотомий до сих пор не утратили своей актуальности в решении данной проблемы.

Одной из главных дилемм среди спинальных хирургов является выбор между короткосегментарной и длинносегментарной фиксацией. При хирургическом лечении остеопоротических переломов позвонков, как правило, используется транспедикулярная фиксация на протяжении нескольких сегментов, так как недостаточная минеральная плотность кости при остеопорозе может не давать адекватной опоры фиксатору в случае моно- и бисегментарной фиксации. Основное показание к использованию транспедикулярных фиксаторов при остеопоротических переломах — переломы с выраженной деформацией позвонков, требующей восстановления высоты тела позвонка. Наиболее эффективно использование ТПФ у пациентов с нерезко выраженным снижением плотности костной ткани (Аганесов А.А., 2019). Оба типа стабилизации имеют ряд преимуществ: длинносегментарная обеспечивает хорошую стабильность имплантата и перелома, в то время как короткосегментарная позволяет сохранить функцию соседних позвоночно-двигательных сегментов (ПДС), обеспечить малотравматичность, снизить кровопотерю, сэкономить время операции (Schulze M, 2017)

В исследовании (M. Girardo et al., 2020) проводился сравнительный анализ протяженности фиксаций у пациентов с повреждениями тел позвонков на фоне остеопороза. В критерии включения вошли пациенты от 65 лет и старше с T-критерием по результатам денситометрии от -2,5 и ниже, уровнем повреждения Th10–L2. Всего прооперировано 37 пациентов: 22 пациентам, сформировавшим первую группу, с полным взрывным типом перелома выполнена длинносегментарная фиксация (8 винтов); вторую группу составило 15 пациентов, из которых неполный взрывной тип повреждения встречался в 12 случаях, а полный взрывной тип в 3 случаях, выполнена короткосегментарная фиксация (6 винтов). Средний срок наблюдения составил 33 месяца. Оценивались показатели величин до- и послеоперационного локального кифоза, а также данные анкет: Visual Analog Scale (VAS), Oswestry Disability Index (ODI). По окончании наблюдения достоверных различий в показателях ODI и VAS обнаружено не было ($p < 0,00001$). Статистический анализ не выявил различий в коррекции локального кифоза между группами, однако в первой группе была обнаружена достоверная разница между до- и послеоперационным уровнем кифоза ($p = 0,046$), тогда как во второй группе такой же разницы обнаружено не было. Среди механических осложнений в группе длинносегментарной фиксации имел место 1 случай проксимального переходного кифоза (РЖК), в то время как в группе короткосегментарной фиксации выявлено 6 осложнений (1 случай РЖК, 2 случая раскручивания гаек конструкции, 3 случая нестабильности винтов).

Таким образом, авторы заявляют, что оба метода лечения показали хорошие клинические и рентгенологические результаты, однако длинносегментарная стабилизация показала лучшую коррекцию локального кифоза и более низкие риски возникновения механических осложнений. К подобным результатам пришли и другие исследователи (Wu Y, 2019; Waqar M, 2017).

Нестабильность транспедикулярных винтов является серьезным осложнением у пациентов с остеопорозом (Басанкин И.В., 2016; Galbusera F, 2015). Для профилактики данного вида осложнений нередко применяется костный цемент

в качестве дополнительной стабилизации, чему посвящен ряд исследований (Афаунов А.А., 2015; Chang MC, 2013; El Saman A, 2013; Bostelmann R., 2015). Также известны работы в области сравнительного анализа транспедикулярных винтов, в которых демонстрировались преимущества канюлированных и расширяемых винтов, обеспечивающих лучшую стабильность с наименьшим риском расшатывания, по сравнению со стандартными винтами (Gazzeri R, 2020; Girardo M., 2018; Liu D., 2018). Однако, вопрос: достаточно ли короткосегментарной стабилизации в сочетании с цементной аугментацией или же необходима протяженная фиксация для обеспечения адекватной стабильности остеопоротических переломов тел позвонков, до сих пор остается открытым. Помимо решения этой задачи, работа L. Weser et al. (2016) преследовала ещё одну: оценка эффекта цементной аугментации в коротко- и длинносегментарных видах фиксации путём моделирования осевой компрессии, а также момента сгибания/разгибания. Исследование *in vivo* проводилось на человеческих остеопоротических позвонках груднопоясничного отдела позвоночника. Степень остеопороза измерялась путём измерения единиц Хаунсфилда (Scheyerer MJ, 2019). В каждый позвонок транспедикулярно была установлена пара винтов, причём с одной стороны проводилась дополнительная аугментация костным цементом. Для моделирования компрессионного перелома L1 позвонка на экспериментальную установку тело L2 позвонка устанавливалось нижней замыкательной пластинкой книзу, а тело Th12 позвонка располагалось в перевернутом виде (верхней замыкательной пластинкой книзу). Сама установка представляла собой гидравлический пресс со специальным коннектором, к которому закреплялся один конец стержня транспедикулярной конструкции, а второй конец был уложен в головки винтов так, чтобы расстояние от вышестоящего винта до коннектора составляло 8,3 см (что примерно соответствует высоте поврежденного ПДС). Начальная сила сжатия составляла от 50 до 100Н (что соответствует физиологическому диапазону нагрузки во время ходьбы). С каждым циклом сила сжатия увеличивалась на 0,05Н до тех пор, пока расстояние между коннектором

пресса и верхним винтов не сокращалось более чем на 20 мм. Тестирование проводилось с каждой стороны по отдельности. Таким образом было сформировано две группы, каждая из которых разделена на 2 подгруппы: группа 1 — короткоосементарная с аугментацией и без неё (1.1 и 1.2 соответственно) и группа 2 — длинноосементарная с аугментацией и без аугментации (2.1 и 2.2 соответственно).

Объединив все тестовые подгруппы, авторы пришли к выводу, что значительной разницы между аугментированными цементом винтами в короткоосементарной фиксации и протяженной фиксации без аугментации не было.

Сравнивая подгруппы 1.1 и 2.2, обнаружено, увеличение усталостной нагрузки на 16 % в подгруппе 1.1 и на 76 % в подгруппе 2.2. Разницы в отношении усталостной нагрузки в подгруппах 2.1 и 2.2 выявлено не было. Кроме того, во время тестирования наблюдалось повреждение губчатой кости во всех подгруппах, однако, значительно раньше оно возникало в подгруппе 1.2.

Также авторы выявили что, при выборе короткоосементарной фиксации в сочетании с аугментацией рекомендуется использовать моноаксиальные винты, так как полиаксиальные винты имеют высокие риски расшатывания ввиду высокого крутящего момента, который создается на головке винта. В целом, полученные L. Weser результаты, подтверждают выводы, сформулированные другими авторами работ на подобную тему (Kueny RA, 2014; Pekmezci M, 2015; Hartensuer R, 2013; Тахмазян К.К., 2022).

Следует отметить, что некоторые исследователи к определяющим моментам исходов лечения относят применяемую технику установки транспедикулярных винтов. Так, например, Karami KJ et al. (2015) показали, что размещение винта бикортикально улучшает фиксацию и уменьшает риски расшатывания, однако, при использовании этого метода существует риск повреждения сосудов. Ishii K et al. (2017) предлагает методику установки транспедикулярных винтов, которую впоследствии назвали *Groove-Entry Technique* (GET), суть которой сводится к проведению винта под углом через корень дуги так, чтобы конец винта выше места

перелома встал под верхнюю замыкательную пластинку и под нижнюю замыкательную пластинку ниже места перелома. Изменена и точка входа. На грудном отделе она образована тремя элементами: краниальной поверхности основания поперечного отростка (нижняя стенка), шейкой ребра (верхняя стенка) и латеральной стороной корня дуги позвонка (медиальная стенка). В поясничном отделе винты вводятся с внесуставной поверхности верхнего суставного отростка косо вниз и медиально для захвата телом винта кортикального слоя у перехода корня дуги в заднюю стенку тела позвонка. Предложенная техника минимизирует риски расшатывания винтов, появление зон костной резорбции вокруг имплантатов, формирования переходных кифозов, приводит к повышению стабильности всей конструкции, что важно при низкой минеральной плотности костной ткани. По мнению некоторых авторов (Sekiguchi I., 2018; Matsukawa K., 2014), данная технология в перспективе может стать альтернативой использования дополнительной цементной аугментации. Однако достоверного подтверждения пока нет.

1.4.3 Гибридная стабилизация тела позвонка и вентральный спондилодез

Способ задней фиксации отличается наименьшей травматизацией и хорошим стабилизирующим эффектом. Однако, поскольку тело позвонка представляет собой губчатую кость, которая легко подвергается компрессии, фиксирующая конструкция оказывается нестабильной ввиду действия осевой нагрузки, что особенно прослеживается у пожилых людей с низкой минеральной плотностью костной ткани (Blizzard DJ, 2015; Xiao ZL, 2014). В последние годы для предотвращения данного осложнения в клинической практике предпринимаются попытки пластики тела поврежденного позвонка либо костным цементом, либо аллокостью — депротенинизированным костным матриксом (ДПК) в сочетании с задней фиксацией, обеспечивая тем самым циркулярную стабилизацию поврежденного сегмента. Однако до сих пор остаётся неясным, какой из данных

способов является предпочтительным в лечении остеопоротических переломов. Так, в ряде исследований (XuZ., 2013; LiZ, 2020) сообщалось об удовлетворительных результатах задней стабилизации в сочетании с вертебропластикой с целью восстановления высоты тела позвонка и купирования болевого синдрома. Тем не менее, наиболее часто встречающимся осложнением является миграция костного цемента в венозную систему, что приводит к тромбоэмболическим осложнениям и в позвоночный канал, что может вызвать компрессию невралжных структур (RobinsonY, 2008; Zhang Z, 2021). С учётом данных рисков, применение этой методики при взрывных переломах тел позвонков может иметь ограничения. Подобные риски заставляют ряд исследователей прибегать к тривиальным методикам. Так, в работе Li et al. (2013) демонстрируются результаты лечения взрывных переломов на фоне остеопороза, путём выполнения остеопластики тела поврежденного позвонка в условиях задней фиксации. Через 3 месяца послеоперационного наблюдения отмечается выраженное снижение болевого синдрома в том числе при длительных аксиальных нагрузках. Высота тела позвонка была восстановлена сразу после операции, и через 3 месяца послеоперационного наблюдения снижения высоты не было обнаружено. Помимо прочего, не наблюдалось инфекционных и неврологических осложнений, что в сумме позволяет говорить, что пожилые пациенты хорошо переносят подобные оперативные вмешательства. Работа Qin et al. (2017) показала, что имплантация костной ткани в тело позвонка улучшает стабильность всей конструкции и снижает болевой синдром. Частота потери высоты позвонка в послеоперационном периоде начиная с 6-ти месяцев, рецидив локального кифоза и нестабильность металлоконструкции в группе остеопластики была выше, чем в группе изолированной короткосегментарной фиксации ($P < 0,05$). Удовлетворительные результаты данной методики подтверждаются в том числе и биомеханическими испытаниями (Jia C, 2019).

Следует отметить, что встречаемость исследований, посвященных непосредственному сравнению данных методов между собой довольно низкая, а доказательность их недостаточна.

По мнению Josten et al. (2016), повреждения межпозвонковых дисков при взрывных переломах у пожилых лиц встречаются достаточно редко, что, как предполагается, объясняется результатом двух основных причин: процесса фибротизации (гиалинового перерождения пульпозного ядра и дегидратации) самих дисков и низкоэнергетической травмы, возникающей вследствие остеопороза. На основе этого ряд авторов считает, что фиксации поврежденного тела позвонка цементом может быть достаточно для стабильности передней колонны, а, следовательно, выполнение у таких пациентов вентрального спондилодеза с дискэктомией и частичной корпэктомией может представлять собой «чрезмерное лечение» (overtreatment) (Spiegel UJ, 2017). Доказано, что двухэтапные оперативные вмешательства наиболее травматичны, увеличивают время хирургической сессии, приводят к более длительному пребыванию в стационаре, что является нежелательным особенно для пациентов преклонного возраста (Афаунов А.А., 2020; Hoffmann C, 2013; Scholz M, 2018). Возможно, менее инвазивный метод «гибридной стабилизации», заключающийся в цементной вертебропластике в сочетании с коротко-сегментарным задним инструментарием, является лучшим решением в этой группе пациентов. вентрального и дорзального спондилодеза) в сравнении с гибридной стабилизацией (транспедикулярной фиксации в сочетании с кифопластикой) взрывных остеопоротических переломов грудопоясничного отдела позвоночника. 29 пациентов в возрасте от 60 до 70 лет со взрывными переломами разделены на две группы. Обеим группам в качестве задней фиксации выполнялась короткосегментарная транспедикулярная фиксация с цементной аугментацией. Первой группе проводился вентральный бисегментарный спондилодез телескопическим имплантатом, а второй — кифопластика. Статистический анализ не показал существенно значимых отличий по всем критериям в исследуемых методах лечения. Однако, в своём исследовании

автор отмечает после выполнения гибридной стабилизации потерю коррекции в среднем на $7,7^\circ$ и, как следствие, усиление болевого синдрома в течение 12 месяцев после операции. Потеря коррекции подтверждена другими работами (Aboud N., 2022). Причин данных исходов авторы не называют.

К.Ж. Schnake (2018) с соавторами разработали классификацию остеопоротических переломов, в которой решающей в тактике выбора оперативной методики является морфология повреждения тела позвонка, а для определения показаний для хирургии использовались значение Т-критерия, выраженность болевого синдрома, сопутствующая соматическая патология. Следует отметить, что сама плотность костной ткани не учитывается авторами в качестве ведущего критерия выбора метода оперативного вмешательства, что, вероятно, привело к разбросу окончательных результатов лечения. При этом в данных работах вопрос о состоянии сагиттального баланса пациентов до и после оперативного вмешательства, его изменении в отдаленном послеоперационном периоде, а также значимости его роли не указывается. Следует отметить, что в одной из последних работ авторы сделали вывод об идентичности исходов с консервативным лечением в плане удовлетворенности пациентов результатами, что в свою очередь ставит под сомнение эффективность разработанной классификации (Spiegel UJA, 2023).

Следует отметить, что вышеуказанные авторы не исключают использование вентрального спондилодеза как такового. К.Ж. Schnake et.al. рекомендует прибегать к установке вентрального имплантата при локальных кифотических деформациях свыше 30° . Всегда следует помнить о высоких рисках неблагоприятных исходов вентрального спондилодеза, в частности, проседания имплантата, который может иметь прямую зависимость от снижения минеральной плотности костной ткани, измеряющейся Т-критерием (Tempel ZJ, 2015). Не до конца ясным остается практическое применение единиц Хаусфилда. Хотя и известны исследования, указывающие на корреляцию данного параметра и нестабильности металлоконструкций при дегенеративных заболеваниях позвоночника (Zou D,

2020; Schreiber JJ, 2014), работ по влиянию этого критерия при травме позвоночника на переходном грудно-поясничном отделе не достаточно.

В дополнение к вентральному спондилодезу С. Herren et al. (2019) рекомендуют проведение цементной аугментации замыкательных пластин тел смежных позвонков для минимизации риска проседания имплантата. Исследование *in vivo* проводилось на подготовленных моделях человеческих остеопоротических позвонков поясничного отдела позвоночника. Вид перелома — полный взрывной. Моделям проведена транспедикулярная фиксация с аугментацией, после чего выполнена полная ламинэктомия сегмента L4–L5. Причина этого заключается в том, что, как правило, нестабильные переломы 4-го типа вовлекают заднюю стенку с дополнительным сужением позвоночного канала. Автор отмечает, что любой вид ламинэктомии (частичная или полная в зависимости от вовлечения и расположения фрагмента задней стенки) является обязательным для декомпрессии позвоночного канала ввиду риска ятрогенной компрессии невралжных структур при проведении редукции. После установки телескопического имплантата аугментация замыкательных пластин проводилась путём установки канюлированных спиц на расстоянии 2 мм от контактирующих с имплантатом замыкательных пластин в горизонтальной плоскости, по которым вводили 1,5 см³ цемента. На модели постепенно воздействовала циклическая осевая нагрузка. В ходе эксперимента выяснилось, что дополнительная аугментация замыкательных пластин тел смежных позвонков приводит к значительно более высокой стабильности самих замыкательных пластин на границе кость-имплантат в отношении максимальной осевой нагрузки. В работе Oberkircher L et. al. (2018) проведенная цементная аугментация замыкательных пластин в тесте с осевой циклической нагрузкой привела к значительному увеличению стабильности межтелового кейджа ($p = 0,006$ и $p = 0,0047$). Средняя сила составила в конце нагрузки в группе без аугментации составила 1000 Н ± 258,2 Н, в группе с аугментацией 1766,7 Н ± 320,4 Н. Также была разница между количеством самих циклов (1662,1 и 3572 соответственно).

Сами авторы заявляют, что подобные методы остаются дискуссионными и требуют дополнительных клинических исследований.

1.4.4 Остеотомии позвоночника в лечении взрывных остеопоротических переломов

В специфических и сложных случаях, связанных с тяжелым кифозом (более 30°) и/или сагиттальным дисбалансом, а также для исключения проведения вентрального спондилодеза проводятся остеотомии позвонков (Jo, 2015; Li, 2023; Пташников Д.А., 2021). Эти методы обладают высокой способностью коррекции деформации, но технически сложны и имеют высокие риски осложнений, что особенно важно для пациентов старшей возрастной группы. Классификация остеотомий позвоночника, предложенная F.Schwab et al, а также особенности и принципы применения хирургических способов остаются прежними к использованию при данных повреждениях.

Существует способ вертебротомии *Smith-Peterson* (Smith-Petersen M., 1945; Dorward I, 2010), заключающийся в резекции минимум трех остистых отростков, отделения желтой связки и сечение во фронтальной плоскости суставных поверхностей обеих пар суставных отростков. Метод предполагает использование дорсальных отделов тела позвонка (средняя колонна) в качестве точки вращения при коррекции деформации через заблокированный межпозвонковый диск. Результатом является удлинение передней и укорочение задней колонн позвоночника. При этом происходит разрыв передней продольной связки и расхождение тел позвонков с формированием некоторого пространства между ними. Манипуляция сопровождается высоким риском повреждения крупных сосудов. Также недостатки данного способа заключаются в том, что не происходит полного смыкания костного дефекта, это приводит к отсутствию консолидации перелома и срастанию и как следствие позвоночник остается в нестабильном положении. У данного способа низкая величина коррекции деформации около 10°. Высокая травматичность у способа, что приводит к длительному

послеоперационному периоду у пациентов и высокому риску инфицирования (Zhang D, 2020). Наряду с этим существует способ корригирующей вертебротомии Ponte (Ponte A., 2013; Gill B., 2008) заключающийся в том, что способ выполняют в грудном отделе позвоночника (11–13 уровней), остистые и суставные отростки удаляют полностью, производят широкую резекцию полудужек, желтую связку удаляют полностью, резецируют корни дужек. Недостатки данного способа заключаются в том, что способ имеет ограничение по применению и выполняется только на грудном отделе позвоночника. Высокая травматичность, при выполнении способа резецируют большой объем костных структур, с большой кровопотерей, что приводит к длительному послеоперационному периоду у пациентов и высокому риску инфицирования. Позвоночник остается в нестабильном положении за счет того, что резецирование суставных отростков и дужек выполняется в передне-заднем направлении до полного иссечения.

В ряде исследований проводилась оценка клинических и радиологические результаты, а также осложнений и исходов субтракционной остеотомии (PSO), включая авторские модификации (Plais N., 2021; Kim SK., 2020; Takenaka S., 2014). В каждом из них отмечается удовлетворительное восстановление как локального кифоза, так и сагиттального баланса пациента. Тем не менее, авторы делают особый акцент на пациентов с неврологическим дефицитом на фоне травмы, для которых важно проведение декомпрессии невралных структур. Поэтому ввиду своей высокой травматичности проведение данной оперативной методики у неосложненных пациентов является излишним (Kobayashi K, 2018; Imagama S., 2011; Carreon LY., 2003).

При тяжелом кифозе некоторые исследователи также пытались исправить сагиттальный дисбаланс пациента с помощью VCR. В двухцентровом ретроспективном исследовании, включавшем 17 пациентов, результаты показали значительное улучшение сегментарного кифоза и регресс болевого синдрома (Коерке LG, 2022). В 5-летнем исследовании 109 пациентов (Pehlivanoglu T., 2021) предположили, что VCR в сочетании с имплантацией телескопического кейджа

является безопасной и эффективной операцией, которая значительно улучшает клинические результаты за счет декомпрессии и реконструкции резецированного позвонка. Телескопический кейдж обеспечивает стабилизацию вентральной колонны, минимизируя нагрузку на заднюю конструкцию (Wei H, 2019). В ретроспективном исследовании Sehmisch S. (2019) применял технику VCR на грудном отделе позвоночника у пациентов с остеопоротическими переломами и посттравматическими кифозами более 45° . Период наблюдения составил 36 месяцев. У всех пациентов выявлены коррекция кифотической деформации на $20 \pm 10^\circ$ и снижение болевого синдрома с $8,6 \pm 2,0$ (по VAS) до $5,0 \pm 1,4$. Средняя величина кифоза составила $25 \pm 14^\circ$ ($5-53^\circ$). Костный блок у пациентов достигнут в течение 6 месяцев. Анализ индекса инвалидности Освестри (ODI) перед операцией показал тяжелые нарушения у 2 пациентов (41–60 %), у 5 — очень тяжелые функциональные нарушения (61–80 %) и у 3 пациентов — полное функциональное нарушение (81–100 %). После операции 6 пациентов сообщили о тяжелых нарушениях (41–60 %), 3 — об очень тяжелых и 1 пациент о полном функциональном нарушении.

В работе Xu Z (2021) представлено ретроспективное исследование с участием 238 пациентов с застарелыми остеопоротическими переломами, из которых у 48 имелась тяжелая кифотическая деформация. Послеоперационное наблюдение во всех группах проводилось до 38 месяцев. По оценке VAS болевой синдром у всех пациентов снизился до 2 баллов ($2,12 \pm 0,74$), индекс инвалидизации упал с 70 ($70,18 \pm 2,24$) до 40 ($40,09 \pm 2,24$). В зависимости от уровня кифоза и неврологического дефицита проводились операции Ponte, SPO, PSO, VCR. Во всех проведенных методиках авторы достигли удовлетворительных результатов, что соответствует результатам работ других исследователей (Zhang Y, 2019; Zhou J., 2016; Chen JL., 2020; Li S, 2017). Однако VCR требует более высокого уровня хирургических навыков и более длительного обучения хирургов (Cho Y., 2017). Tomita K (2006) сообщает, что укорочение задней колонны можно разделить на три интервала: 1-й (безопасный) включает укорочение позвоночника до $1/3$ сегмента,

характеризуется отсутствием деформации дурального мешка или спинного мозга; 2-й (относительно безопасный) включает укорочение позвоночника от 1/3 до 2/3 сегмента, характеризуется гафрированием дурального мешка без деформации спинного мозга; 3-й вариант (опасный) включает укорочение сегмента позвоночника более чем на 2/3 сегмента, что вызывает деформацию дурального мешка и спинного мозга с неврологическими нарушениями. В заключении отметим, что 3х-колонные вертебротомии демонстрируют большую степень коррекции деформации, но в то же время длительную протяженность хирургической сессии, большую кровопотерю, высокий объём резекции костной ткани, а также риски ятрогенных неврологических (Watanabe K., 2019) и механических осложнений (Hyun SJ., 2010; Barrey C., 2014).

Заслуживает внимания, что в исследованиях, посвященных вертебротомиям, особое внимание уделяется значениям сагиттального профиля пациента, а не морфологии повреждения. Известно, что посттравматические деформации позвоночника, в том числе вследствие остеопоротических повреждений, являются следствием неадекватно выбранной тактики лечения и имеют локальный характер, которые, вместе с тем, приводят к возникновению компенсаторных изменений грудного и поясничного отделов позвоночника (Рерих В.В., 2017; Huec JC, 2015). В ряде источников отражается влияние параметров сагиттального баланса туловища, у пациентов с остеопоротическими переломами, что необходимо учитывать в ходе предоперационного планирования (Fechtenbaum J, 2016; Niu J, 2021; Hu Z, 2018).

В ходе анализа литературы зафиксировано отсутствие единых подходов, тактик лечения, наличия алгоритмов, позволяющих выбрать наиболее рациональный способ хирургического лечения с целью минимизировать риски неблагоприятных исходов, а также выявлено отсутствие чёткого понимания о факторах, на них влияющих. Стоит отметить о недостаточности исследований, которые бы объединяли и учитывали бы корреляции между морфологией повреждения, качеством минеральной плотности костной ткани, выраженностью кифотической деформации и сагиттальным профилем пациента. Именно

потребность в решении обозначенных вопросов привела к постановке цели и задач настоящего исследования.

Резюме

В литературе последних лет отмечается повышенный интерес исследователей к хирургическому лечению остеопоротических переломов, что может быть связано с высокой частотой неблагоприятных исходов данного вида повреждений. Частая встречаемость таких переломов, более половины из которых приходится на взрывной тип приводят к формированию тяжелых посттравматических кифозов, усилению болевого синдрома, формирования асептических некрозов, что еще раз подчеркивает социальную значимость остеопороза. При этом низкое качество минеральной плотности костной ткани, сопутствующая соматическая патология становятся факторами риска развития различных осложнений, создавая рамки и ограничения в выборе того или иного способа хирургического вмешательства. Доказанная неэффективность применения малоинвазивных пункционных способов, казавшихся ставшими «золотым» стандартом, в первую очередь цементной вертебропластики, заставляет специалистов прибегать к стандартным, а порой и более радикальным хирургическим методикам. Поэтому перед спинальными хирургами стоит задача подобрать рациональные методы оперативного вмешательства, позволяющие избежать дальнейшей компрессии поврежденного позвонка, достичь коррекции локального кифоза, создать условия для стабилизации и консолидации перелома, а также предотвратить неврологические осложнения. Находясь в поисках компромиссов между стабильностью и атравматичностью, разрабатывая новые классификации и способы трехколонной фиксации, исследователи не отвечают на вопросы о причинах потери коррекции, рецидивах деформаций, нестабильности металлоконструкций, которые приводят к усилению болевого синдрома и снижению качества жизни пациента. Стоит добавить, что в современной литературе представлены обзору противоречивые данные, касающиеся выбора

оптимального объёма хирургической стабилизации при остеопоротических переломах, особенно это касается взрывных повреждений. Имеющиеся исследования характеризуются малыми выборками, низким уровнем доказательности, элементами дублирования. Исследований, посвященных изучению влияния особенностей сагиттального профиля на исход хирургического лечения при травматических повреждениях не найдено. Вышеперечисленные обстоятельства оставляют данную проблематику до сих пор актуальной и побудили к формированию настоящего исследования.

ГЛАВА 2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

2.1 Общая характеристика клинического материала

В основу настоящей работы, в соответствии с поставленной целью и задачами, положены результаты анализа медицинской документации 1351 пациентов с неосложненными переломами грудного и поясничного отдела позвоночника, получавших лечение в Травматолого-ортопедическом отделении №1 ФГБУ «ННИИТО им. Я. Л. Цивьяна» Минздрава России за период 2014 по 2023 годы.

Все пациенты поступали в клинику в порядке оказания неотложной помощи. На основании клинического, рентгенологического методов обследования, данным МСКТ-исследования у пациентов выявлены переломы тел грудных или поясничных позвонков.

Нами была определена группа пациентов с первичным остеопорозом, не получавших остеотропную терапию до момента госпитализации — 259 пациентов. Среди данного числа взрывные переломы выявлены у 207 пациентов, а грудопоясничная локализация (Th10–L2) зарегистрирована у 171 пострадавших, которые были оперированы различными методами. Эти пациенты составили материал собственного клинического исследования. В группе было 133 женщины (77,7 %) и 38 мужчины (22,3 %). Средний возраст составил 63,2 года. Основными причинами остеопоротических переломов была низкоэнергетическая травма — 68,4 % (падения с высоты собственного роста на спину или ягодицы) и отсутствие получения травмы — 31,6 % (работа в наклон, поднятие тяжести). Средние сроки с момента получения травмы до оперативного вмешательства составили 15 ± 7 дней.

Из данных 171 пациентов в дальнейшем были сформированы группы в соответствии с методикой оперативного лечения и использованными способами устранения кифотической деформации.

В группе 1 проведено оперативное вмешательство 73 пациентам в объёме задней стабилизации в сочетании с цементной пластикой или остеопластикой тела поврежденного позвонка.

В группу 2 вошло 76 пациентов, которым выполнена циркулярная стабилизация, включающая в себя вентральный бисегментарный спондилодез сетчатым или телескопическим имплантатом и транспедикулярную фиксацию;

В группе 3 приняло участие 22 пациента, которым была проведена задняя фиксация в сочетании с предложенным автором способом корригирующей вертебротомией на поврежденном уровне.

2.2 Методы диагностики остеопоротических переломов

Всем пациентам проведен комплекс рутинных и специальных исследований, позволяющих с высокой точностью определить уровень, характер повреждения позвоночника, классифицировать его с позиций современных классификаций и установить правильный диагноз. Для выявления переломов тел позвонков на фоне остеопороза в данной работе применены клинические методы обследования и лучевая диагностика (спондилография, телерентгенография позвоночника, компьютерная томография, денситометрия).

2.2.1 Клиническая диагностика переломов тел позвонков на фоне остеопороза

К клиническим исследованиям мы относили жалобы, анамнез, осмотр, пальпацию позвоночника по линии остистых отростков и паравертебральных точек. Обращало на себя внимание наличие низкоэнергетической травмы или отсутствие факта травмы в анамнезе. Все пациенты жаловались на боли в грудно-поясничном отделе позвоночника. При пальпации остистых отростков отмечался болевой синдром, локализованный в данной области. Все пациентам проводилось

неврологическое обследование с целью исключения наличия неврологического дефицита.

2.2.2 Мультиспиральная компьютерная томография

На сегодняшний день мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) является наиболее точным и информативным методом диагностики остеопоротических переломов тел позвонков. Данный метод даёт возможность качественно оценить поврежденные сегменты во всех плоскостях, с высокой точностью определить количественные параметры исследуемой области. Оценивается уровень повреждения, количеству поврежденных позвонков, морфология перелома, смещение фрагментов в позвоночный канал, степень его сужения, оценить повреждения задних структуру.

МСКТ исследование проведено всем пациентам, как до операции, так и в послеоперационном периоде. Исследование проводилось на рентгеновском компьютерном томографе Somatom go top — Siemens, Германия.

2.2.3 Денситометрия

Минеральная плотность костной ткани измерялась путем рентгеновской двухэнергетической абсорбциометрией. Оценивалась минеральная плотность кости (МПК) тел поясничных позвонков, проксимального отдела бедренной кости, дистального метаэпифиза лучевой кости.

В современной клинической практике индивидуальная МПК сравнивается с референсной базой данных. Из-за разницы в методах измерения МПК в зависимости от различий в диагностическом оборудовании наиболее приемлемым методом оценки МПК является использование T- и Z- критериев (Leib ES., 2004). T-критерий представляет собой стандартное отклонение выше или ниже среднего показателя от пика костной массы молодых женщин в возрасте 20–29 лет. Рекомендуемый референсный интервал получен из базы данных третьего

исследования национального здоровья и (NHANES III). Т-критерий используется для женщин в постменопаузе питания и мужчин старше 50 лет.

Состояние минеральной плотности выражается в стандартных квадратичных отклонениях от референтной нормы. Согласно ВОЗ, в пределах нормы находятся значения, отклоняющейся менее чем на 1 SD (стандартное отклонение) или выше, чем на -1, Соответственно, снижение минеральной плотности в диапазоне от -1,0 до -2,5 расценивалось как остеопения. Снижение плотности костной ткани по Т-критерию $< -2,5SD$ соответствует остеопорозу. Значение Т-критерия ниже -2,5, а также наличие хотя бы одного перелома в анамнезе расценивается как тяжелый остеопороз (Acosta F.L., 2005; Woerger T.O., 2000).

Стоит отметить, что Z-критерий представляет собой стандартное отклонение выше или ниже среднего показателя МПК у здоровых мужчин и женщин аналогичного возраста и применяется только у женщин до менопаузы, мужчин моложе 50 лет и детей, поэтому в нашем исследовании данный параметр не применялся. Важно подчеркнуть, что иные диагностические исследования такие как трехмерное измерение МПК (в т.ч. определение единиц Хаунсфилда), расчёт трабекулярного костного индекса, периферическая и ультразвуковая денситометрия в настоящей работе не применялись, так как во-первых, используются для оценки рисков возможных переломов и оценки терапевтического эффекта, а во-вторых, Т-критерии, получаемые при применении этих технологий, не могут быть достоверно использованы в целях диагностической классификации (Власова И.С., 1998; Bousson V., 2006; Emohare O., 2015; Pickhardt P.J., 2011; Петряйкин А.В., 2021).

Исследование проводилось на остеденситометре Discovery-A, США.

2.2.4 Спондилография

В условиях стационара, госпитализированным пациентам проводилась спондилография в положении стоя в передне-задней и боковой проекциях (режим *Full-Spine*) с целью определения не только истинной величины кифотической деформации, но и дифференцировки с ригидными посттравматическими деформациями,

определения степени мобильности поврежденного сегмента, подсчёт позвоночно-тазовых параметров сагиттального баланса, что соответствует рекомендациям достоверных источников (Spiegl UJ, 2018). Однако, ввиду стойкого болевого синдрома в области повреждения, а также технических трудностей данный метод обследования до оперативного вмешательства был проведен 53 % пациентов.

2.2.5 Используемая классификация остеопоротических переломов тел позвонков грудопоясничной локализации

Как уже оговаривалось выше, известные классификации переломов тел позвонков, возникших на фоне остеопороза, несмотря на частое своё отражение в мировой литературе, не являются официально признанными. По этой причине в нашем исследовании используется классификация повреждений позвоночника АО Spine Classification System, хотя по нашему мнению данная классификация полно отражает тяжесть повреждения при высокоэнергетической травме, что не характерно для остеопоротических повреждений. Тем не менее, морфологию повреждения диагностировали согласно данной классификации как неполный и полный взрывной перелом тела позвонка (типы А3 и А4 соответственно).

2.2.6 Статистические методы обработки

Дескриптивные статистики непрерывных показателей рассчитывались в виде медиана; для бинарных показателей вычислялось количество случаев, процент [95 % доверительный интервал процента] (по формуле Вилсона). Проверка нормальности распределения данных проводилась с использованием критерия Шапиро-Уилка, для сравнения показателей между группами применялся непараметрический непарный U-критерий Манна-Уитни, производился расчет смещения распределений с построением 95 % доверительного интервала для смещения. Выявление предикторов недостаточной коррекции и потери коррекции кифоза проводилось построением моделей логистических регрессий. Парные

числовые ассоциации определялись построением однофакторных моделей. Множественные числовые ассоциации (предикторы) определялись построением многофакторных моделей. Проверка статистических гипотез проводилась при критическом уровне значимости $p=0,05$, т.е. различие считалось статистически значимым, если $p < 0,05$.

2.3 Методы лечения

171 пациент с взрывными остеопоротическими переломами тел позвонков были оперированы различными способами. Каждый способ лечения был направлен на коррекцию локального кифоза, стабилизацию поврежденного сегмента, восстановление сагиттального профиля пациента. Оперативное лечение было проведено способами, в соответствии с которыми пациенты были разделены на 3 группы.

В группе 1 оперировано 73 пациента, которым проводилась задняя протяженная транспедикулярная фиксация (8 винтов) в сочетании с цементной вертебропластикой или остеопластикой (аллокостью) поврежденного позвонка. Первый вариант выполнен 26 пациентам; второй — 47 пациентам. Пациенты были разделены на подгруппы: 1.1 и 1.2 соответственно, после чего был проведен сравнительный анализ между данными подгруппами.

В группе 2 76 пациентам проведена циркулярная стабилизация в объеме вентрального бисегментарного спондилодеза и транспедикулярной фиксации. Оперативное вмешательство выполнялось одномоментно поэтапно: вначале проводился передний этап, на котором проводилась коррекция деформации, затем задний этап, на котором проводилась транспедикулярная фиксация. В качестве вентрального имплантата использовали телескопические имплантаты и цилиндрические имплантаты, начиненные аутокостью (кастомизированный кейдж). Транспедикулярная фиксация выполнялась в сегментах смежных с поврежденным позвонком.

В 3-й группе 22 пациентам проводилась задняя стабилизация с включением в фиксацию трех или четырех позвоночных сегментов смежных с поврежденным позвонком в сочетании с разработанным способом коррекции кифотической деформации. Показания к методу: неполные и полные взрывные остеопоротические переломы тел позвонков грудно-поясничной локализации с локальными посттравматическими кифотическими деформациями величиной более 20° .

Способ коррекции кифотической деформации осуществляется следующим образом. На предоперационном этапе (рисунок 1а) по Cobb определяют угол кифотической деформации. Далее определяют величину резекции суставных пар позвонков на уровне повреждения (рисунок 1б). Для этого на уровне повреждения с обеих сторон расчерчивают угол резекции (CAB), который соответствует углу кифотической деформации следующим образом (рисунок 1в).

С одной стороны суставных пар позвонков определяют вершину (А) каудо-дорзальную точку тела вышележащего позвонка от поврежденного. Точку (В) угла определяют на латеральной части нижнего суставного отростка вышележащего позвонка от поврежденного, точку (С) угла определяют по латеральной поверхности нижнего края верхнего суставного отростка поврежденного позвонка. Далее проецируют эти точки на противоположную сторону суставных пар позвонков. Проецируют вершину (А1) — каудо-дорзальную точку тела вышележащего позвонка от поврежденного, точку (В1) угла определяют на латеральной части нижнего суставного отростка вышележащего позвонка от поврежденного, точку (С1) угла определяют по латеральной поверхности нижнего края верхнего суставного отростка поврежденного позвонка. Расположение точек В и В1 определяют в ходе предоперационного планирования так, чтобы углы коррекции CAB и C1A1B1 были равны углу кифотической деформации по Cobb.

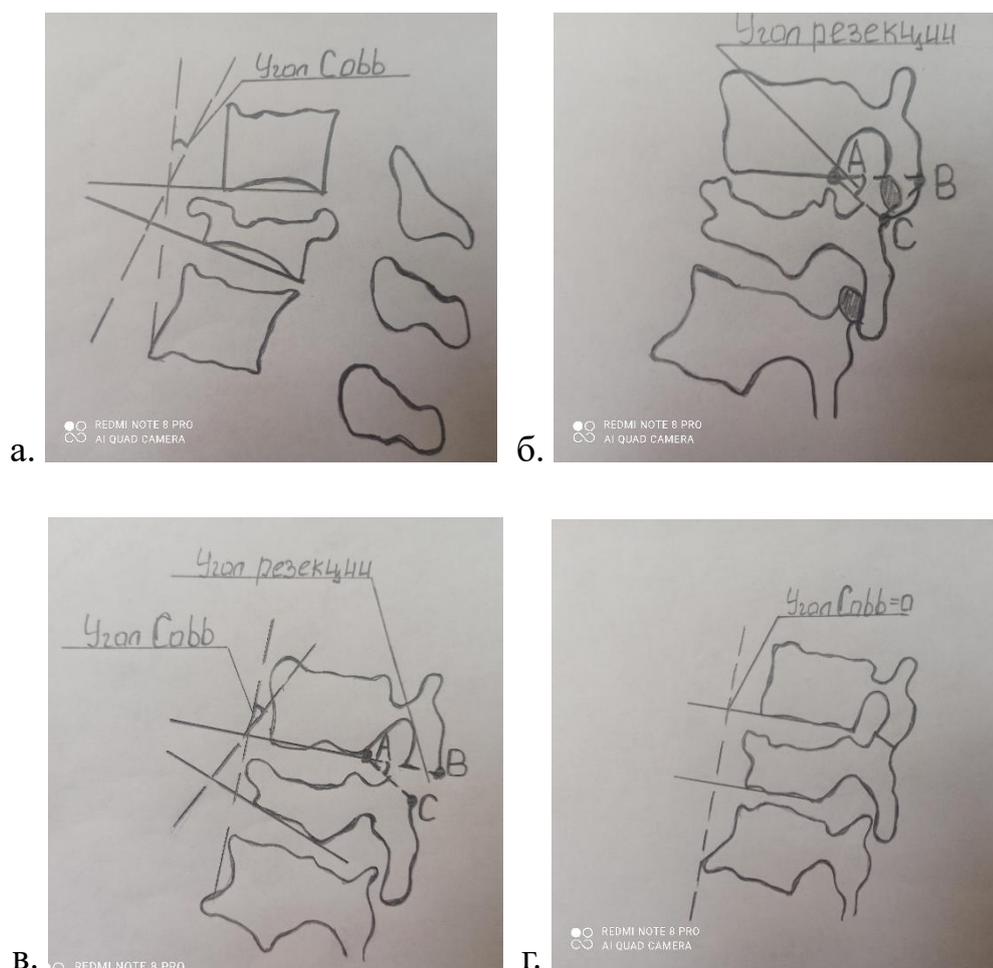


Рисунок 1 – Способ коррекции кифотической деформации

Далее производят измерение высоты основания (BB_1CC_1) угла клиновидного дефекта, чтобы в дальнейшем на высоту основания произвести резекцию. Во время операции согласно предоперационному планированию проводят резекцию на полный поперечный размер суставных отростков с обеих сторон, а именно нижние суставные отростки вышележащего позвонка резецируют в плоскости (AA_1BB_1) по направлению кпереди и вверх. Верхние суставные отростки поврежденного позвонка резецируют в плоскости (AA_1CC_1) по направлению кпереди и вверх, тем самым формируя клиновидный дефект. Далее смыкают нижний суставной отросток вышележащего позвонка с верхним суставным отростком поврежденного позвонка в плоскости (BB_1CC_1) тем самым достигая коррекции кифотической деформации, при этом угол по Cobb становится равен 0° (рисунок 1г). Затем выполняют ревизию положения спинномозговых корешков. Костный трансплантат,

полученный в ходе резекции укладывают по задней поверхности в области с перекрытием линии резекции.

2.4 Критерии оценки результатов

2.4.1 Оценка локального кифоза

Локальную кифотическую деформацию измеряли способом по *Cobb*. Оценивали следующие показатели:

- величину коррекции локального кифоза после операции;
- неполную коррекцию деформации. Неполной считали коррекцию, если её величина составляла более 5° ;
- потерю коррекции (рецидив деформации) на сроках 4, 6, 12 месяцев с момента операции. Рецидив деформации считался в случае, если на всём протяжении послеоперационного наблюдения отмечалось локальное нарастание кифоза более чем на 5° (ошибка в точности рентгенологических измерений межсегментарных отношений составляет 5°).

2.4.2 Оценка сагиттального профиля

Сагиттальный баланс пациентов оценивали по индексу *Barrey* ($C7/SFD$), который определяется как отношение $C7$ позвонка (горизонтальное расстояние от линии отвеса $C7PL$ до заднего края замыкательной пластинки $S1$) к SFD — *sacro-femoral distance* — крестцово-бедренное расстояние (горизонтальная дистанция между центром бикоксофеморального расстояния и вертикальной линией, проведенной через задний край замыкательной пластинки $S1$) (рисунок 2) (Le Huec JC, 2019).

Благодаря данному параметру сагиттальный профиль пациентов был разделен следующим образом: сбалансированный ($C7/SFD$ близко к 0); компенсированный дисбаланс ($0,5 < C7/SFD < 1$); декомпенсированный дисбаланс ($C7/SFD > 1$). Сагиттальный профиль оценивали на втором и третьем этапе лечения.

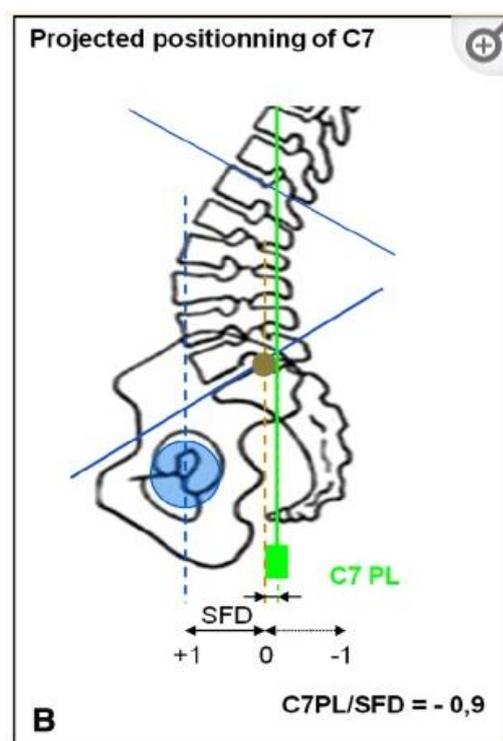


Рисунок 2 – Определение индекса *Barrey* (Le Huec JC, Thompson W, Mohsinaly Y, Barrey C, Faundez A. Sagittal balance of the spine)

2.4.3 Исследование функциональных исходов

Субъективное состояние пациентов оценивали по результатам анкетирования. Применялись анкеты функциональных шкал боли — *Visual Analog Scale* (VAS) и опросник *Oswestry Disability Index* (ODI Version 2.0) (Черепанов Е.А., 2009). Анкеты заполнялись в послеоперационном периоде на сроках 4 и 12 месяцев. Болевой синдром отдельно оценивали до операции. Сравнение проводилось как между сформированными группами, так и внутри них с целью определения динамики состояния.

2.5 Этапность исследований

Настоящее исследование было разделено на 3 этапа.

- **На первом этапе** исследования было проведен сравнительный анализ внутри группы 1 между подгруппами 1.1 и 1.2. Из вышеуказанных 171 пациентов на данном этапе приняли участие 73 пациента, которым была проведена гибридная

стабилизация. Данные пациенты ретроспективно были разделены на две группы. Первую группу составили 26 пациентов, которым выполнена задняя стабилизация в сочетании с цементной пластикой тела поврежденного позвонка. Во вторую группу вошло 47 пациентов, им проводилась задняя стабилизация в сочетании с остеопластикой тела поврежденного позвонка.

- **На втором этапе** исследования проводился сравнительный анализ между группой 1 и 2. Из 171 пациента в этом этапе исследования приняли участие 149 пациента, которые были разделены на две группы. Первую группу составили 73 пациента, которым была выполнена задняя стабилизация в сочетании с цементной пластикой или остеопластикой тела поврежденного позвонка. Во вторую группу вошли 76 пациентов, им проводилась задняя стабилизация в сочетании с вентральным спондилодезом.

- **На третьем этапе** исследования проводился сравнительный анализ методов хирургического лечения между группой 3 и 1; и 3 и 2. Пациентам, входившим в группу 3 (n=22) была выполнена протяженная транспедикулярная фиксация в сочетании с разработанным способом коррекции кифотической деформации. Данная группа поочередно сравнивалась с 1-й и со 2-й группами, из которых методом рандомизации было отобрано по 22 пациента с начальной величиной локальной кифотической деформации свыше 20°.

ГЛАВА 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ВЗРЫВНЫХ ОСТЕОПОРОТИЧЕСКИХ ПЕРЕЛОМОВ ТЕЛ ПОЗВОНКОВ

3.1 Результаты первого этапа исследования

На первом этапе клинического исследования проведен сравнительный анализ методов гибридной стабилизации: транспедикулярной фиксации в сочетании с цементной пластикой тела поврежденного позвонка и транспедикулярной фиксации в сочетании с остеопластикой в лечении взрывных переломов тел позвонков на фоне остеопороза (рисунки 3, 4).

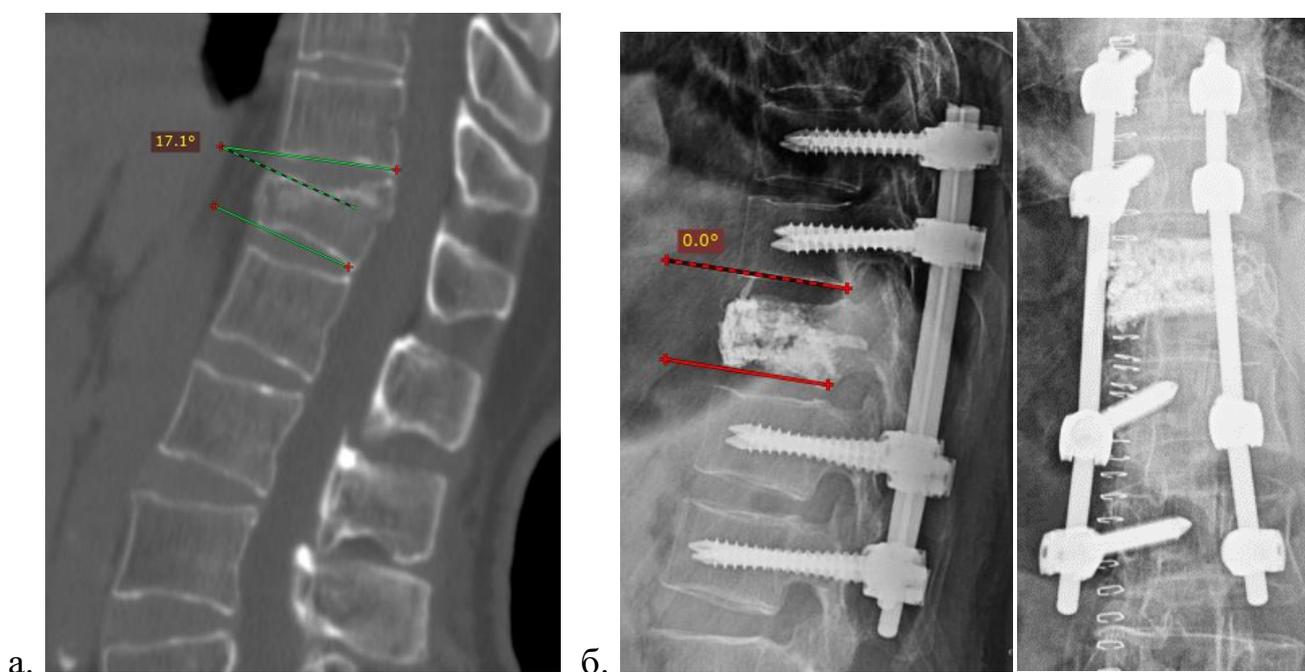


Рисунок 3 – Пациентка 55 лет. а. МСКТ груднопоясничного отдела позвоночника. Полный взрывной перелом тела Th12 позвонка. Посттравматический кифоз на уровне Th11–Th12 — 17° . Тяжелый остеопороз позвоночника (Т-критерий — $-3,9$); б. Спондилограммы в прямой и боковой проекциях. Состояние после цементной вертебропластики тела Th12 позвонка, протяженной задней стабилизации, коррекции кифоза

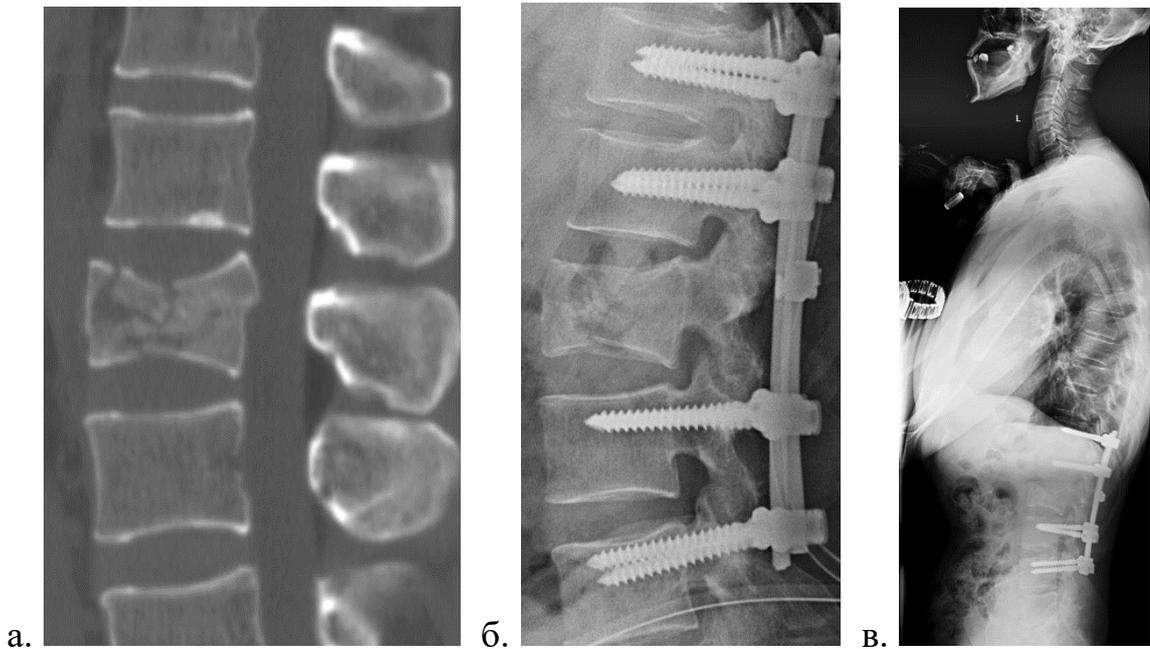


Рисунок 4 – Пациентка 64 г. а. Полный взрывной перелом тела L2 позвонка. Тяжелый остеопороз позвоночника (Т-критерий — $-3,1$); б. Состояние после остеопластики тела L2 позвонка аллокостью, протяженной задней фиксации; в. Телерентгенограмма в боковой проекции. Результат через 12 месяцев после операции

В исходных данных пациентов статистической разницы между группами не было. Возраст в первой группе пациентов составил $64,36 \pm 6,74$ лет, во второй $67,08 \pm 8,93$; величина Т-критерия в первой группе была $-3,36 \pm 0,51$; во второй — $-3,18 \pm 0,59$. Величина исходной кифотической деформации в первой группе равнялась $15,76 \pm 12,27^\circ$, во второй — $10,1 \pm 7,28^\circ$. Соотношение морфологии повреждения следующее: в первой группе тип А3 — 24 %, А4 — 76 %; во второй группе А3 — 53,1 %, А4 — 46,9 %. Разницы в величине кифоза после оперативного лечения и в указанные сроки послеоперационного наблюдения между группами статистически не выявлена (таблица 1). Не было разницы и величине коррекции деформации ($p > 0,05$).

Таблица 1 – Сравнение величины локального кифоза между подгруппами 1.1 (Вертебропластика+ТПФ) и 1.2 (Остеопластика+ТПФ) в группе гибридной стабилизации в контрольные сроки наблюдения, град

Период наблюдения	Вертебропластика + ТПФ (n=26)	Остеопластика + ТПФ (n=47)	U-критерий Манна-Уитни; p-уровень
До операции	14 [8; 20] 15,76±12,27	12 [6; 15] 10,1±7,28	>0,05
После операции	1 [0; 5] 1,04±3,17	0 [0; 2] 0,2±1,66	>0,05
Через 4 мес	1 [0; 5] 2,12±3,09	0 [0; 5] 0,45±4,52	>0,05
Через 6 мес	1 [0; 6] 2,44±3,38	1 [0; 6] 1,92±6,62	>0,05
Через 12 мес	2 [0; 6] 2±4,17	2 [0; 6] 2,27±6,88	>0,05

3.2 Результаты второго этапа исследования

На втором этапе настоящего исследования проведен сравнительный анализ методов гибридной стабилизации (транспедикулярной фиксации в сочетании с цементной пластикой или остеопластикой тела поврежденного позвонка) и циркулярной стабилизации (транспедикулярной фиксации в сочетании с вентральным спондилодезом) в лечении взрывных переломов тел позвонков на фоне остеопороза на основе рентгенологических критериев (рисунок 5).

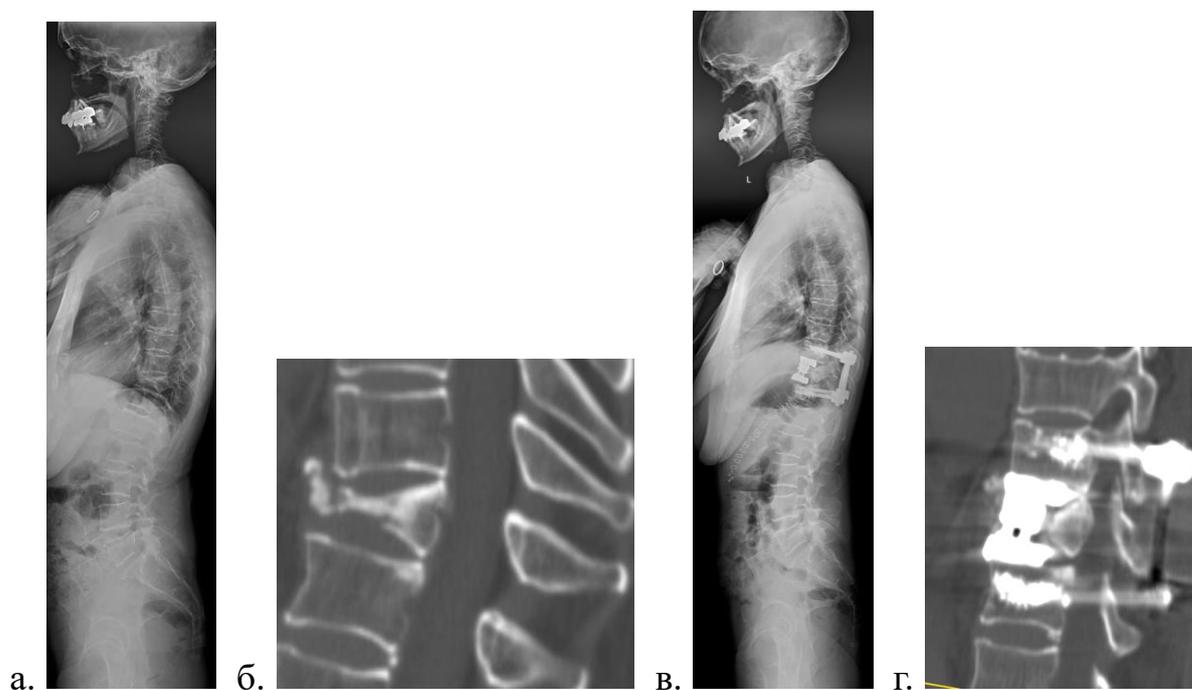


Рисунок 5 – Пациентка 74 года. а,б Взрывной перелом тела Th11 позвонка Посттравматический кифоз на уровне Th10–Th11 27°. Тяжелый остеопороз позвоночника (Т-критерий — -4,1); в, г. Состояние после вентрального бисегментарного спондилодеза на уровне Th10–Th12 телескопическим имплантом, задней стабилизации с дополнительной аугментацией винтов

В исходных данных пациентов статистической разницы между группами не было. Возраст в первой группе пациентов составил $66,17 \pm 8,66$ лет, во второй — $59,37 \pm 9,29$; величина Т-критерия в первой группе была $-3,2 \pm 0,59$; во второй — $2,96 \pm 0,61$; Величина исходной кифотической деформации в первой группе была $14,91 \pm 7,39^\circ$, во второй — $21,54 \pm 5,58^\circ$. Соотношение морфологии повреждения было следующее: в первой группе тип А3 — 43,1 %, А4 — 56,4 %; во второй группе А3 — 32,9 %, А4 — 67,1 %. Разницы по сагиттальному профилю (сбалансированный/компенсированный/декомпенсированный) до операции между группами выявлено не было ($p=0,568$). Статистически значимой разницы в величинах кифотической деформации и ее коррекции после оперативного лечения и в указанные сроки послеоперационного наблюдения между группами не было выявлено (таблица 2). Статистически значимой разницы в динамике сагиттального баланса между группами также не было выявлено: после операции $p=0,081$; через 12 месяцев $p=0,617$.

Таблица 2 – Динамика и сравнение локального кифоза в группах 1 (гибридная стабилизация) и 2 (циркулярная стабилизация) в контрольные сроки наблюдения

Период наблюдения	Гибридная стабилизация (n=73)	Циркулярная стабилизация (n=76)	U-критерий Манна-Уитни; p-уровень
До операции	13 [6; 16] 10,89±7,46	20 [15; 26] 21,71±8,6	>0,05
После операции	0 [0; 3] 0,44±5,59	0 [0; 2] 0,36±3,23	>0,05
Через 4 мес	0 [0; 5] 1,65±6,14	0 [0; 2] 0,65±3,15	>0,05
Через 6 мес	1 [0; 6] 2,11±6,21	0 [0; 2] 1,17±3,67	>0,05
Через 12 мес	2 [0; 6] 2,65±6,66	1 [0; 2] 1,53±4,23	>0,05

3.3 Факторы риска и предикторы, влияющие на неполную коррекцию и рецидив деформации

3.3.1 Первый этап исследований

В ходе проведенного **первого этапа** сравнительного анализа выявлено, что метод оперативного вмешательства значимо не влияет ни на неполную коррекцию ($p = 0,251$), ни на рецидив деформации ($p = 0,034$) на всех сроках наблюдения. Также стоит отметить, что на данные критерии не влияет морфология повреждения и протяженность задней конструкции (1,01 [0,63; 1,82] $p = 0,248$ при неполной коррекции и 1,41 [0,86; 2,83] $p = 0,240$ при рецидиве деформации). В модели логистической регрессии отмечено влияние значения T-критерия и протяженности фиксации, однако оно не велико (коэффициент корреляции Пирсона 0,15).

На неполную коррекцию деформации по данным таблицы 3 влияют уровень повреждения — Th12 позвонок, а также уровень T-критерия, причём влияние последнего значимо до 6 месяцев с момента оперативного лечения. После данного

периода степень остеопороза роли в рецидиве кифотической деформации не играет, вероятно, ввиду консолидации переломов.

Таблица 3 – Модели логистической регрессии неполной коррекции кифоза у пациентов в группе гибридной стабилизации

Ковариаты	ОШ [95 % ДИ]	p
Уровень Th12	5,96 [1,48; 30,1]	<0,01
Исходный кифоз >10°	7,46 [1,29; 141,63]	<0,05
T-критерий	2,42 [0,79; 7,72]	<0,05
Протяженность фиксации	2,95 [0,38; 16,5]	>0,05

Построение многофакторных моделей логистической регрессии (таблицы 4, 5) выявило, что повреждение на уровне Th12 позвонка повышает шансы рецидива кифоза в послеоперационном периоде в 3 раза.

Таблица 4 – Модели логистической регрессии рецидива кифоза при полной коррекции деформации у всех пациентов в группе 1 (гибридная фиксация)

Ковариаты	Однофакторные модели		Многофакторная оптимальная модель	
	ОШ [95 % ДИ]	p	ОШ [95 % ДИ]	p
Исходный кифоз >10°	12,16 [2,21; 227,87]	<0,01	17,48 [2,59; 375,46]	<0,01
Уровень Th12	3,37 [1,03; 11,68]	<0,05	3,31 [0,82; 15,35]	0,102
T-критерий	0,48 [0,13; 1,43]	0,221	0,18 [0,03; 0,77]	<0,05

Таблица 5 – Модели логистической регрессии рецидива кифоза при неполной коррекции деформации у всех пациентов в группе 1 (гибридная фиксация)

Ковариаты	ОШ [95 % ДИ]	p
T-критерий	0,31 [0,08; 1]	<0,05
Кифоз после операции >10°	2,17 [0,66; 8,54]	<0,05
Уровень Th12	1,4 [0,42; 4,48]	<0,05

Значимо влияет величина исходного кифоза, если она больше 10°. Морфология перелома — полный взрывной, несколько повышает шансы рецидива, однако это статистически не значимо. Отмечено, что значение T-критерия при полной коррекции деформации не влияет на формирование рецидива кифоза на всем протяжении послеоперационного периода. Согласно многофакторному анализу (ROC-анализ) для порогового значения вероятности неполной коррекции деформации показатели чувствительности составили 70 %, а специфичности 82,8 % (рисунок 6). Для порогового значения вероятности потери коррекции показатели чувствительности составили 86,7 %, а специфичности 67,8 % (рисунок 7).

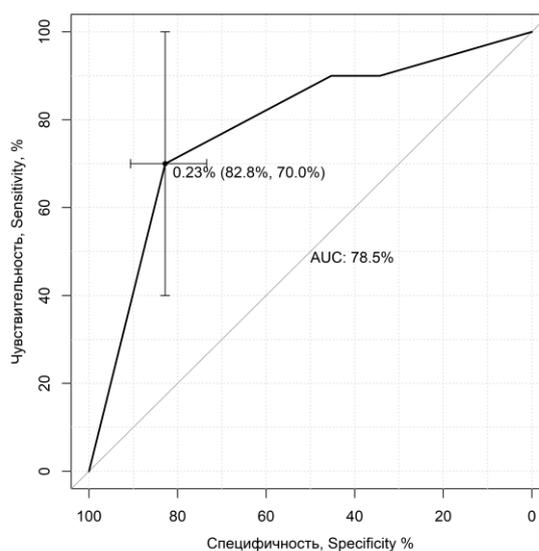


Рисунок 6 – ROC-кривая предикторов неполной коррекции кифоза первого этапа исследования

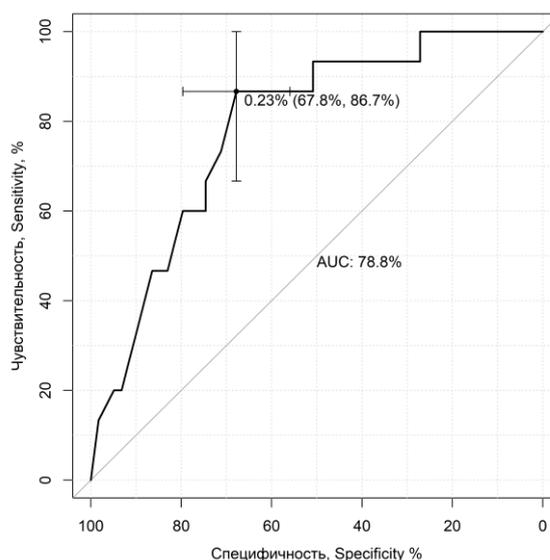


Рисунок 7 – ROC-кривая предикторов потери коррекции первого этапа исследования

3.3.2 Второй этап исследований

При построении моделей логистической регрессии выявлено, что метод оперативного вмешательства не влияет ни на неполную коррекцию, ни на рецидив деформации на всех сроках наблюдения ($p=0,068$). Предикторами неполной коррекции деформации являются декомпенсированный дисбаланс до операции, значение Т-критерия, исходный кифоз более 20° (таблица 6).

Таблица 6 – Модели логистической регрессии неполной коррекции кифоза в группах гибридной стабилизации и циркулярной стабилизации

Ковариаты	ОШ [95 % ДИ]	p
Декомпенсированный дисбаланс до операции	1,02 [1,01; 1,04]	<0,01
Исходный кифоз $>20^\circ$	0,34 [0,11; 0,94]	<0,05

Т-критерий	2,19 [1,09; 4,63]	<0,05
------------	-------------------	-------

Следует отметить, что последний показатель имеет значимую роль в группе гибридной стабилизации 2,96 [1,07; 9,02] $p=0,043$. Чувствительность данных предикторов составляет 88,2 % (рисунок 8).

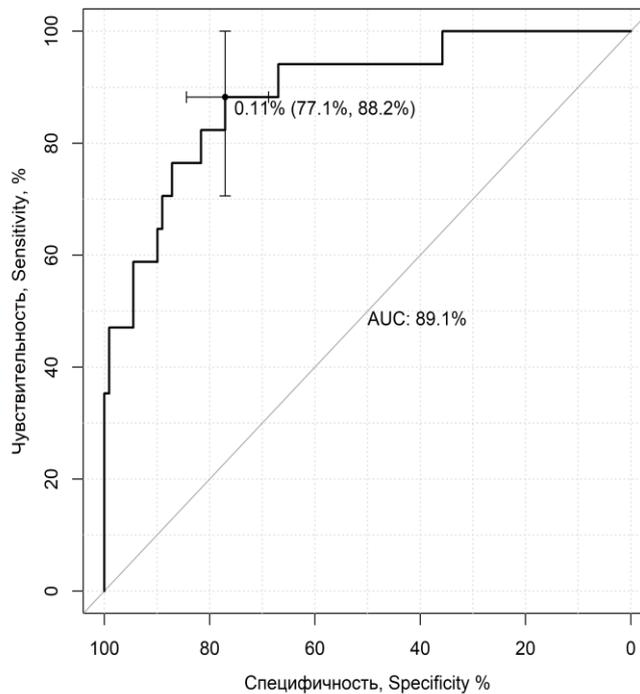


Рисунок 8 – ROC-кривая предикторов неполной коррекции кифоза на втором этапе исследований (Наилучшие показатели чувствительности — 88,2 % и специфичности — 77,1 % для порогового значения вероятности неполной коррекции)

Со значимой разницей на потерю коррекции через 12 месяцев после операции по данным таблицы 7 влияют декомпенсированный дисбаланс после оперативного вмешательства и кифоз после операции более 10° . Предикторами сагиттального дисбаланса через 12 месяцев после оперативного вмешательства являются значение Т-критерия (6,76 [1,91; 28,82] $p=0,005$) и декомпенсированный дисбаланс, не устраненный во время операции (3,9 [1,49; 10,56] $p=0,006$). Проведенный ROC

анализ выявил специфичность данных 96,2 % для порогового значения вероятности потери коррекции (рисунок 9).

Таблица 7 – Модели логистической регрессии рецидива кифоза на сроке 12 месяцев у всех пациентов в группах гибридной и циркулярной стабилизации

Ковариаты	ОШ [95 % ДИ]	p
Декомпенсированный дисбаланс после операции	1,04 [1,02; 1,06]	<0,001
Кифоз после операции >10°	2,17 [0,66; 8,54]	< 0,05

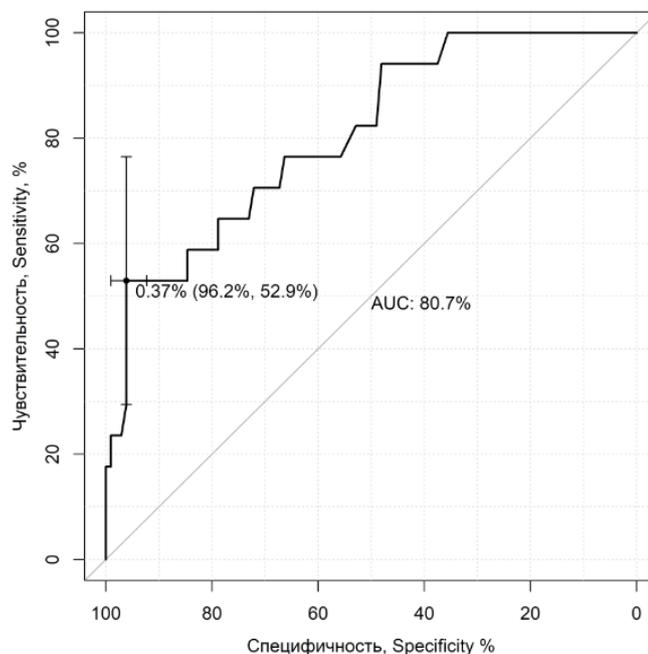


Рисунок 9 – ROC-кривая предикторов потери коррекции на втором этапе исследований (Наилучшие показатели чувствительности — 52,9 % и специфичности — 96,2 % для порогового значения вероятности потери коррекции)

Клинические примеры неблагоприятных исходов исследуемых хирургических способов представлены ниже (рисунки 10–12).

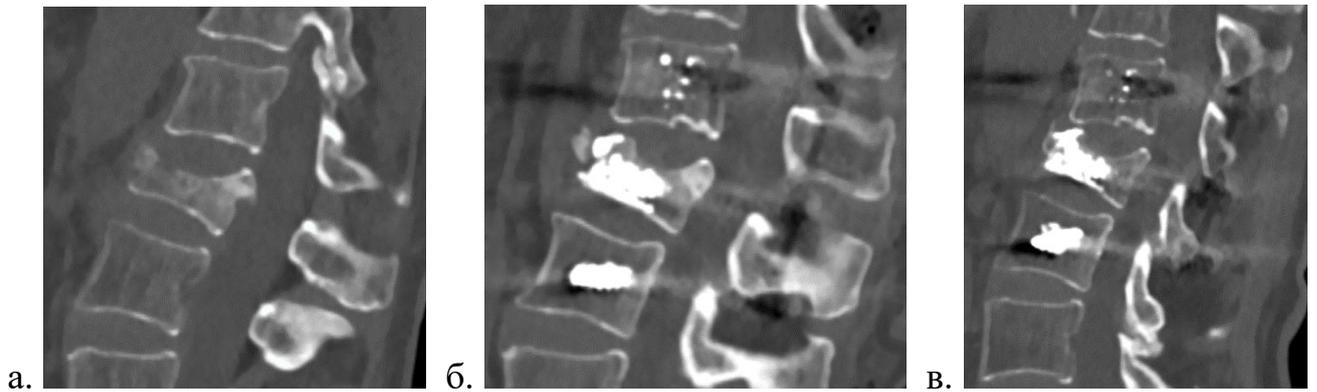


Рисунок 10 – Пациентка 72 г. На представленных МСКТ: а. Взрывной перелом тела L1 позвонка. Посттравматический кифоз 25°. Тяжелый остеопороз (Т-критерий — -2,8); б. Состояние после гибридной стабилизации, отмечается неполная коррекция деформации до 15°; в. Состояние через 12 месяцев с момента операции. Увеличение локального кифоза до 19°

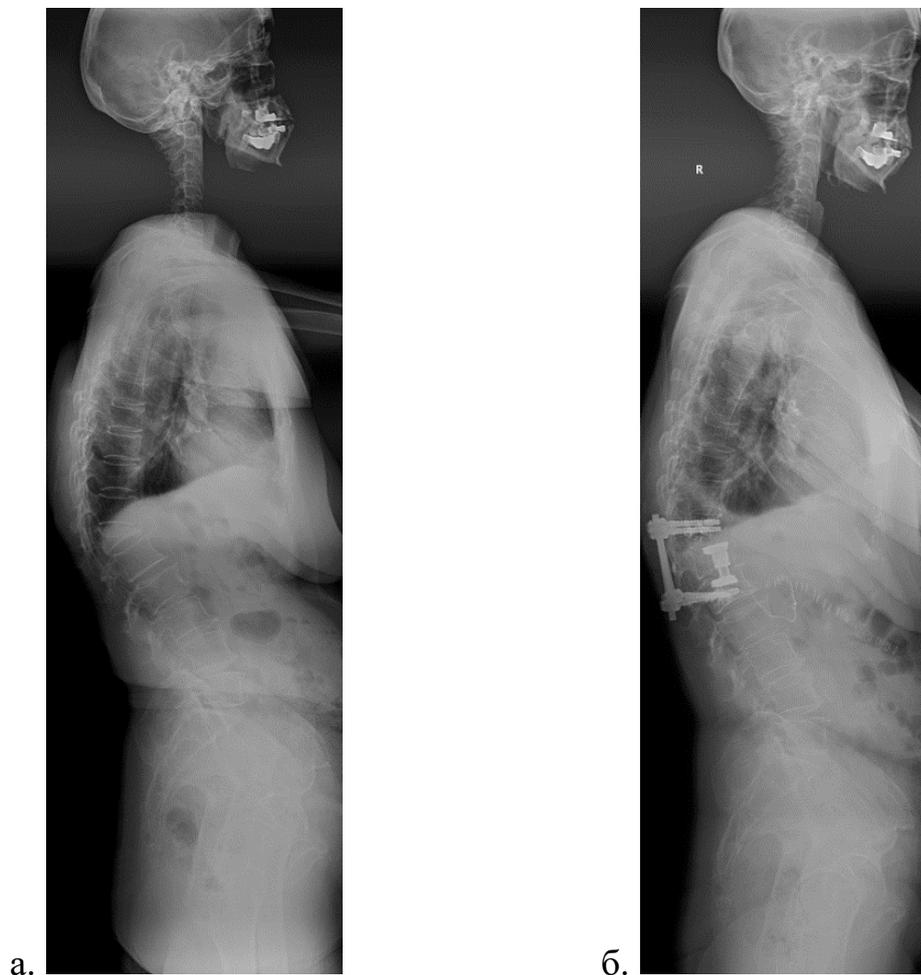


Рисунок 11 – Пациентка 74 г. На представленных телерентгенограммах: а. Взрывной остеопоротический перелом тела L1 позвонка, посттравматическая деформация 32°. Тяжелый остеопороз (Т-критерий — -2,6). б. Состояние после циркулярной стабилизации позвоночника. Отмечается проседание вентрального имплантата, неполная коррекция деформации

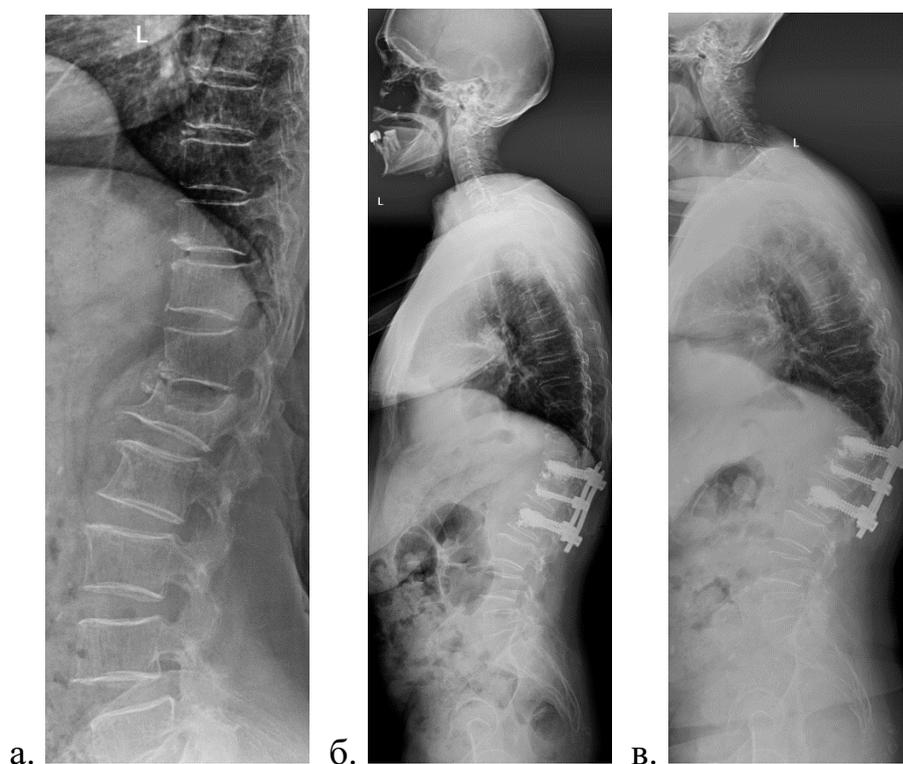


Рисунок 12 – Пациентка 76 л. Диагноз: Остеопоротический взрывной перелом тела L1 позвонка, посттравматический кифоз 20°. Тяжелый остеопороз (Т-критерий — -3,9). Декомпенсированный позвоночно-тазовый дисбаланс. На представленных рентгенограммах: а. Состояние до операции. б. Состояние после гибридной стабилизации. Отмечается удовлетворительная коррекция локального кифоза, однако сагиттальный профиль не был восстановлен; в. Состояние через 12 месяцев с момента операции. Отмечается рецидив локальной кифотической деформации до 20°, усугубление сагиттального дисбаланса

3.4 Результаты третьего этапа исследования

На третьем этапе исследования проводился сравнительный анализ методов хирургического лечения между группой 3 и 1; и 3 и 2. Пациентам, входившим в группу 3 (n=22) была выполнена протяженная транспедикулярная фиксация в сочетании со способом коррекции кифотической деформации, предложенного автором (рисунки 13, 14).

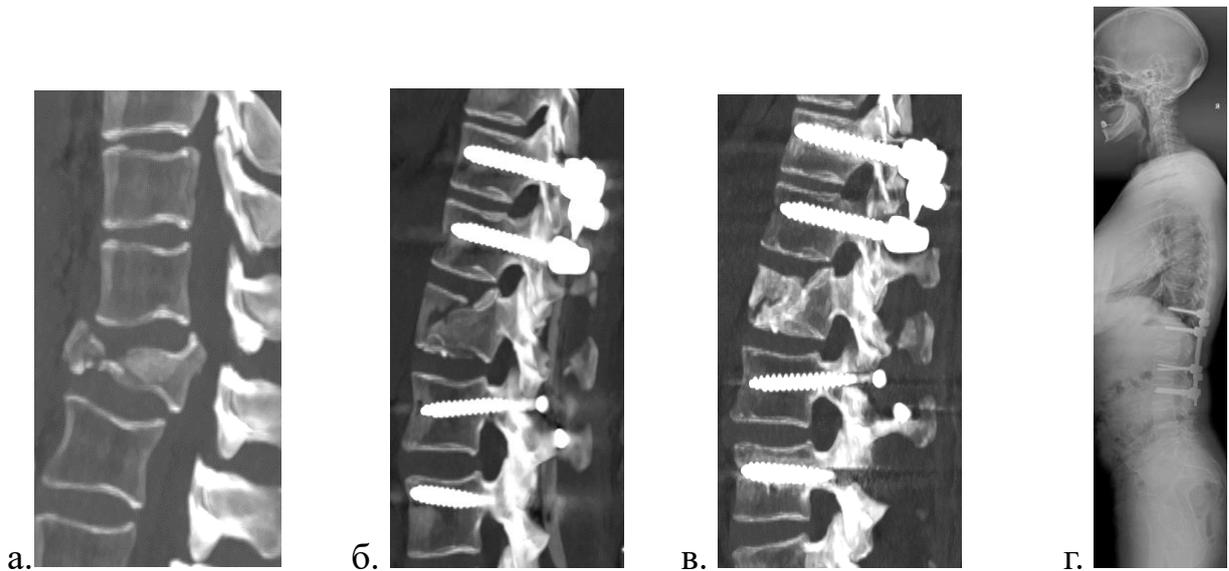


Рисунок 13 – Пациентка 63 г. а. Взрывной перелом тела L1 позвонка, посттравматический кифоз 24°. Тяжёлый остеопороз (Т-критерий — -2,7); б. Состояние после операции способом коррекции кифотической деформации на уровне Th12–L1, задней протяженной фиксации; в,г. Контрольные МСКТ и телерентгенограммы через 12 месяцев после оперативного лечения

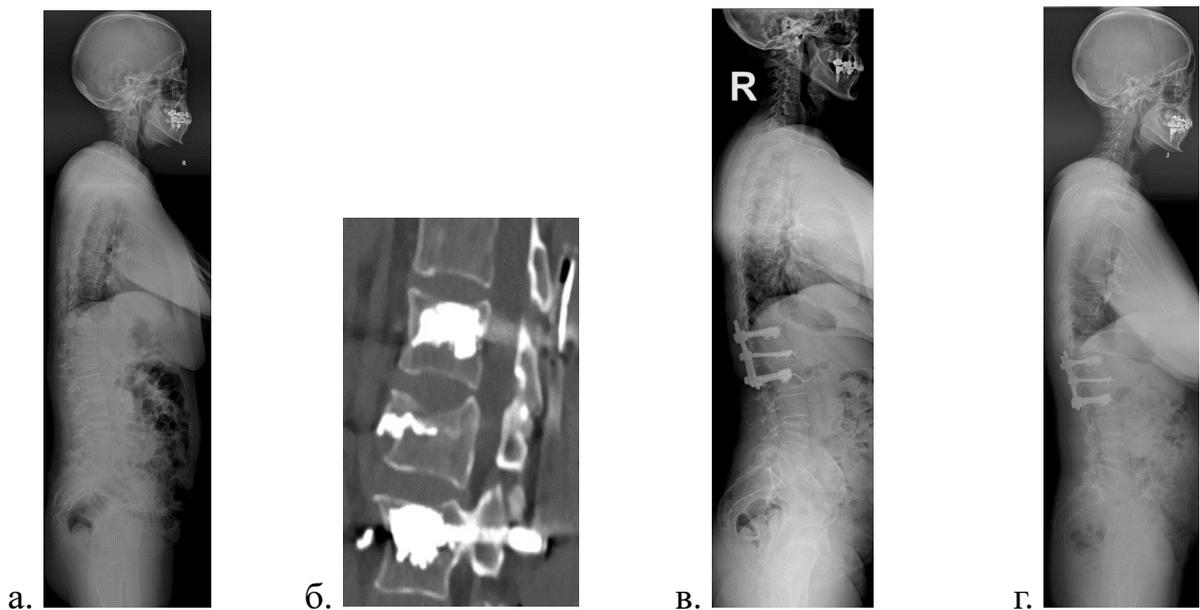


Рисунок 14 – Пациентка 60 г. а. МСКТ — скан и рентгенограммы стоя — взрывной остеопоротический перелом тела L1 Посттравматическая кифотическая деформация на уровне Th12–L1 позвонков — 24°. Тяжелый остеопороз (Т-критерий — -4,2). Компенсированный позвоночно-тазовый дисбаланс; б. МСКТ после проведенного оперативного лечения — гибридной стабилизации и способа коррекции кифотической деформации на уровне Th12–L1; в. Рентгенограммы стоя после оперативного вмешательства; г. Рентгенограммы стоя через 12 месяцев после операции

Величина исходной кифотической деформации в первой группе была $22,06 \pm 1,92$ (20–27), во второй — $27,17 \pm 5,36$ (20–35), в третьей — $25,94 \pm 5,24$ (20–35). Разницы по сагиттальному профилю (сбалансированный/ компенсированный/ декомпенсированный) до операции между группами выявлено не было: группы 1 и 3 — $p=0,16$, группы 2 и 3 — $p = 0,302$. Внутри групп отмечается различие в динамике кифоза в группе 1 (потеря коррекции) — $p= 0,011$ (таблица 8, рисунок 15). Выявлена статистически значимая разница в величинах кифотической деформации и ее коррекции в указанные сроки послеоперационного наблюдения между группами 1 и 3, при сравнении групп 2 и 3 разница не выявлено (таблица 8, рисунок 16).

Таблица 8 – Сравнение величин коррекции и динамика локального кифоза между группами 1 (гибридная стабилизация), 2 (циркулярная стабилизация) и 3 (способ коррекции кифотической деформации)

Период наблюдения	Группа 1 (N = 22)	Группа 2 (N = 22)	Группа 3 (N = 22)	Сравнение p-уровень
до операции	22 [21; 23] $22,06 \pm 1,92$ (20–27)	27 [21,75; 31,5] $27,17 \pm 5,36$ (20–35)	23 [23; 30] $25,94 \pm 5,24$ (20–35)	$<0,01^*$ $>0,05^{**}$
после операции	3 [2; 6] $4,24 \pm 3,51$ (0–13)	0 [0; 3] $2,5 \pm 4,02$ (0–14)	0 [0; 0] $0,47 \pm 1,37$ (0–5)	$<0,001^*$ $>0,05^{**}$
через 6 мес	6 [3; 10] $7,06 \pm 4,64$ (0–15)	0 [0; 3,75] $3,11 \pm 4,97$ (0–16)	0 [0; 2] $1,24 \pm 2,28$ (0–8)	$<0,001^*$ $>0,05^{**}$
через 12 мес	8 [4; 12] $7,71 \pm 5,27$ (0–17)	0 [0; 3,5] $3,11 \pm 5,06$ (0–16)	0 [0; 2] $1,29 \pm 2,37$ (0–8)	$<0,001^*$ $>0,05^{**}$

* — сравнение групп 1 и 3 (гибридная фиксация и способ коррекции кифотической деформации):

** — сравнение групп 2 и 3 (циркулярная фиксация и способ коррекции кифотической деформации)

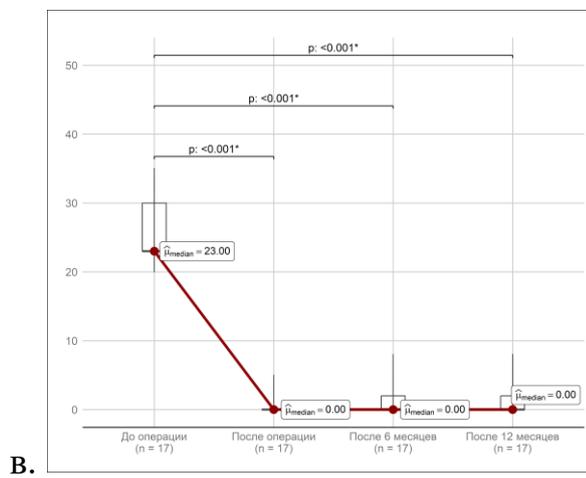
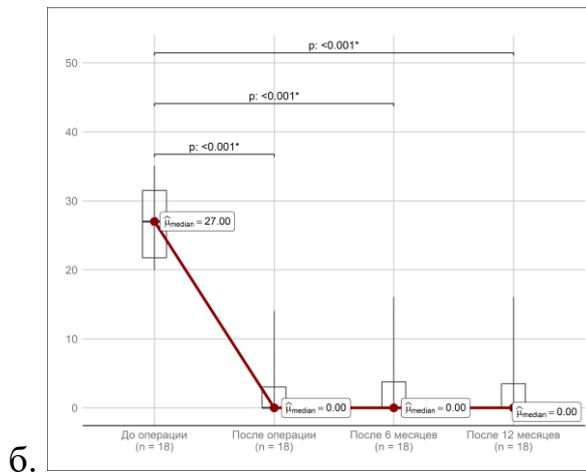
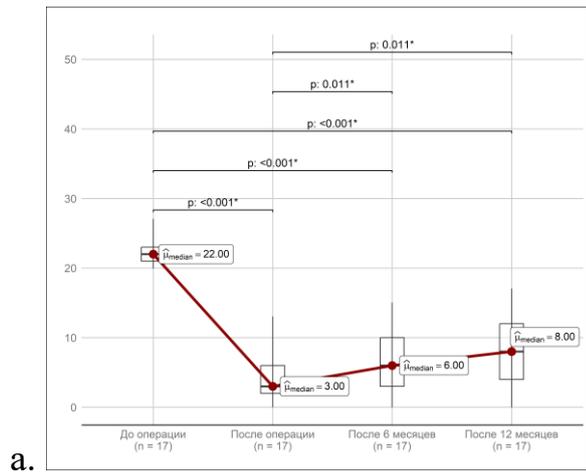


Рисунок 15 – Динамика величин кифоза внутри групп. а. Группа 1; б. Группа 2; в. Группа 3

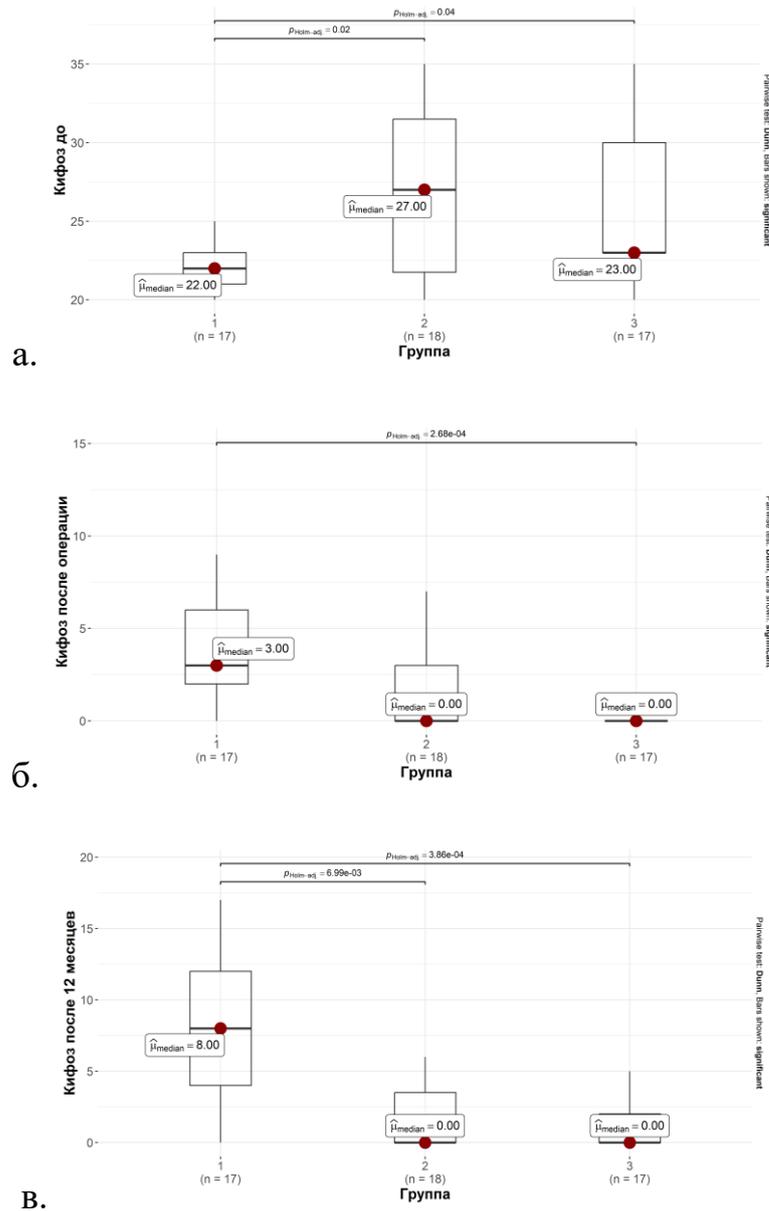


Рисунок 16 – Сравнение величин кифоза до операции (а.), после операции (б.) и через 12 месяцев наблюдения (в.) во всех группах

Статистически значимой разницы в динамике сагиттального баланса в контрольный срок наблюдения между группами 1 и 3, 2 и 3 выявлено не было ($p > 0,05$) (рисунок 17).

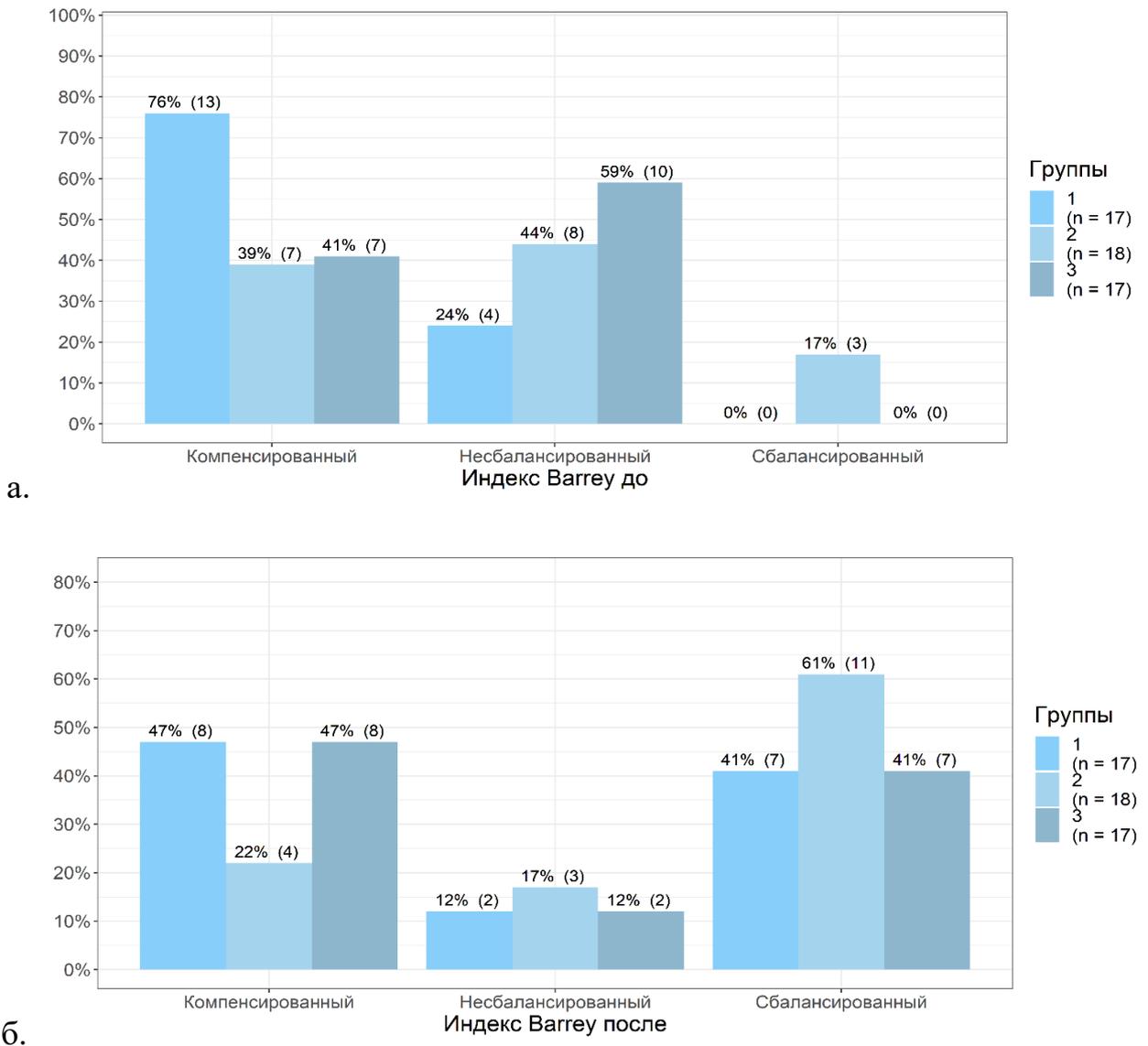


Рисунок 17 – Динамика сагиттального профиля до операции (а.) и после операции (б.) во всех группах

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

Преимущества предложенного нами способа коррекции кифотической деформации по сравнению с существующими вариантами вертебротомий заключаются в том, что способ не имеет ограничений по применению и

выполняется на любом отделе позвоночника. У способа низкая травматичность, так как резецируют небольшой объем костных структур, с минимальной кровопотерей, что приводит к сокращению послеоперационного периода у пациентов и низкому риску инфицирования, позвоночник в стабильном положении. При выполнении способа происходит полное смыкание костного дефекта, это приводит полному срастанию структур и полной коррекции кифотической деформации.

В ходе проведенного исследования сравнений способа коррекции кифотической деформации со способом циркулярной стабилизации разницы в величине коррекции деформации между группами статистически не выявлена. Отмечается значимое различие с группой гибридной стабилизации как в коррекции деформации, так и в величине локального кифоза после оперативного лечения и в указанные сроки послеоперационного наблюдения. Способ коррекции кифотической деформации обеспечивает запланированную коррекцию локального кифоза в сагиттальной плоскости, минимальный объём резекции костной ткани, плотный контакт резецированных участков смежных позвонков в положении достигнутой коррекции с формированием заднего костного блока. Результаты оценивались и внутри групп. Примечательно, что средняя потеря коррекции в группе гибридной фиксации составляет $7,7^\circ$, что совпадает с результатами, полученными авторами данной методики (Shnake et al.). В группе исследования потеря коррекции выявлена у трех пациентов (13,6 %), у двух пациентов отмечался декомпенсированный дисбаланс как до, так и после оперативного вмешательства, что еще раз подтверждает необходимость коррекции сагиттального профиля. В первом случае величина исходной локальной деформации составляла 35° , а величина остаточной деформации — 11° , что говорит об ограниченных корригирующих возможностях нашего способа. Однако, стоит заметить, что кифозы такой величины при свежих взрывных переломах встречаются редко и свойственны в основном при формировании ригидных деформации на фоне остеонекрозов позвонков. Следует отметить, что способ, предложенный автором, отличается меньшей кровопотерей, низкой степенью хирургической агрессии,

отсутствием осложнений не только по сравнению с известными способами вертебротомий, но и циркулярной стабилизацией, требующей выполнения дополнительного вентрального доступа к позвоночнику.

3.5 Результаты функциональных исходов

Функциональные исходы оценивались как внутри, так и между группами (таблицы 9).

Таблица 9 – Сравнение функциональных исходов во всех группах

Показатель в контрольный период	Группа 1 (N = 22)	Группа 2 (N = 22)	Группа 3 (N = 22)	p-уровень
VAS до операции	7,00 [6,00; 7,00] 6,69±0,70 (6,00–8,00)	7,00 [6,00; 7,00] 6,58±0,96 (5,00–8,00)	6,50 [6,00; 7,00] 6,50±0,76 (5,00–8,00)	1 v.s. 2: >0,05 1 v.s. 3: >0,05 2 v.s. 3: >0,05
VAS 4 мес	3,00 [3,00; 4,00] 3,50±1,03 (2,00–6,00)	3,00 [2,00; 4,00] 3,05±1,13 (2,00–5,00)	2,50 [2,00; 3,00] 2,64±0,74 (2,00–4,00)	1 v.s. 2: >0,05 1 v.s. 3: <0,01 2 v.s. 3: >0,05
VAS 12 мес	3,00 [2,00; 4,00] 3,12±1,31 (1,00–5,00)	2,00 [2,00; 3,50] 2,58±1,43 (1,00–6,00)	1,00 [1,00; 2,00] 1,57±1,02 (0,00–4,00)	1 v.s. 2: >0,05 1 v.s. 3: <0,001 2 v.s. 3: <0,01
ODI 4 мес	23,00 [10,00; 33,47] 22,52±12,73 (6,00–42,00)	21,00 [18,00; 28,00] 23,58±12,17 (8,00–60,00)	8,00 [6,00; 11,50] 12,20±10,02 (4,00–35,50)	1 v.s. 2: >0,05 1 v.s. 3: <0,01 2 v.s. 3: <0,001
ODI 12 мес	21,00 [6,00; 32,50] 20,84±15,60 (2,00–50,00)	12,00 [9,00; 24,00] 18,04±15,04 (6,00–64,40)	2,00 [2,00; 5,50] 7,11±10,45 (0,00–35,00)	1 v.s. 2: >0,05 1 v.s. 3: <0,001 2 v.s. 3: <0,001

Также проводилось сравнение между благоприятными и неблагоприятными исходами (таблица 10). В контрольные сроки наблюдения отмечается значимое

различие в группе 3 по сравнению с группами 1 и 2. Отмечается достоверное отличие в значениях между благоприятными и неблагоприятными исходами.

Таблица 10 – Сравнение благоприятных и неблагоприятных функциональных исходов

Показатель в контрольный период	Благоприятный исход (N = 40)	Неблагоприятный исход (N = 26)	p-уровень
VAS 4 мес	2,50 [2,00; 3,00] 2,53±0,56 (2,00–4,00)	4,00 [4,00; 5,00] 4,33±0,72 (3,00–6,00)	<0,001
VAS 12 мес	2,00 [1,00; 2,00] 1,68±0,68 (0,00–3,00)	4,00 [4,00; 5,00] 4,27±0,80 (3,00–6,00)	<0,001
ODI 4 мес	11,00 [8,00; 18,00] 12,82±5,74 (4,00–24,00)	34,00 [32,00; 37,75] 36,21±7,64 (30,00–60,00)	<0,001
ODI 12 мес	6,00 [2,50; 10,00] 6,88±4,26 (0,00–15,00)	34,00 [32,00; 35,25] 36,12±9,27 (26,60–64,40)	<0,001

Резюме

Целью хирургического лечения взрывных переломов тел позвонков на фоне остеопороза, является не только коррекция кифотической деформации и уменьшение болевого синдрома у пожилых лиц, но и профилактика возможных неблагоприятных исходов. По данным литературы последних лет эта цель достигается путем применения малоинвазивных хирургических методик, в частности гибридной стабилизации, которая в классическом варианте представляет собой транспедикулярную фиксацию в сочетании с вертебропластикой. Однако, ряд определенных осложнений, возникающих в следствие использования костного цемента, заставляют ряд исследователей прибегать к тривиальным методикам.

В ходе первого этапа нашего исследования при сравнении методов задней фиксации в сочетании с цементной вертебропластикой или остеопластикой поврежденного тела позвонка статистической разницы по рентгенологическим исходам выявлено не было. Со статистически значимой разницей можно сказать, что основными предикторами рецидива локального кифоза и усиления болевого синдрома являются: уровень повреждения — Th12 позвонок; степень исходной кифотической деформации и её неполная коррекция после оперативного вмешательства (более 10°); значение Т-критерия по данным денситометрии. Стоит отметить, что протяженность транспедикулярной конструкции статистически не влияет на возможность рецидива кифоза, однако следует заметить её зависимость от выраженности остеопороза, и чем более выражен последний, тем необходима протяжённая фиксация, что нашло своё доказательство в литературе (Hartensuer R, 2013; Nomagk L, 2020). Несмотря на отсутствие какой либо разницы между методами, с целью исключения рисков, возникающих при введении костного цемента в тело позвонка, а также из-за влияния токсичности костного цемента и увеличения зоны остеорезорбции на границе контакта кость–цемент, целесообразнее использование остеопластики депротенизированной аллокостью, особенно при полных взрывных переломах.

На втором этапе исследования нами проводилось сравнение гибридного и циркулярного способа оперативного вмешательства, в ходе которого статистически значимой разницы по рентгенологическим исходам выявлено не было. Предикторами неполной коррекции являются минеральная плотность костной ткани (значение Т-критерия) и величина исходного кифоза более 20° . Стоит отметить, что последний показатель значимо влияет на риски неполной коррекции в группе гибридной стабилизации, что говорит об ограниченных коррегирующих возможностях данного метода. В нашем исследовании при сравнении двух методов оперативного вмешательства статистически значимой разницы по рентгенологическим исходам выявлено не было. Предикторами неполной коррекции являются минеральная плотность костной ткани (значение Т-критерия)

и величина исходного кифоза более 20° . Стоит отметить, что последний показатель значительно влияет на риски неполной коррекции в группе гибридной стабилизации, что говорит об ограниченных коррегирующих возможностях данного метода.

Всегда следует помнить о высоких рисках неблагоприятных исходов вентрального спондилодеза, в частности, проседания имплантата. Поэтому для исключения выполнения вентрального спондилодеза мы применяем способ коррегирующей вертебротомии и заднего спондилодеза аутокостью. Предлагаемый автором способ коррегирующей вертебротомии в лечении взрывных остеопоротических переломов тел позвонков сочетает удовлетворительную коррекцию локального кифоза, с минимальной хирургической агрессией, что снижает риски осложнений и неблагоприятных исходов. Следует отметить, что предлагаемый способ коррегирующей вертебротомии может сочетаться и с гибридной фиксацией.

С целью упрощения оценки сагиттального профиля использовался индексу Barrey. Отмечено, что ряд пациентов с декомпенсированным дисбалансом до операции в отдаленном послеоперационном периоде не только оставались в декомпенсации, но и теряли локальную коррекцию, что подтверждает необходимость коррекции постурального профиля. Также выявлено, что данные неблагоприятные исходы коррелируют со сниженной минеральной плотностью костной ткани.

ГЛАВА 4 АЛГОРИТМ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ВЗРЫВНЫХ ПЕРЕЛОМОВ ТЕЛ ПОЗВОНКОВ НА ФОНЕ ОСТЕОПОРОЗА ГРУДОПОЯСНИЧНОЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ

На основании выявленных в ходе научно-исследовательской работы статистически значимых предикторов неполной коррекции локальной кифотической деформации и потери коррекции в отдаленном послеоперационном периоде, нами предложен алгоритм определения объема хирургической стабилизации при оперативном лечении остеопоротических взрывных переломов тел позвонков груднопоясничной локализации (рисунок 18). Данный алгоритм обоснованно позволяет подойти к выбору объема стабилизации, опираясь на данные предоперационного обследования.



Рисунок 18 – Алгоритм лечения взрывных переломов тел позвонков на фоне остеопороза груднопоясничной локализации

Алгоритм используется следующим образом. После проведения необходимых клиничко-рентнегелогических методов обследования пациента с

взрывным остеопоротическим переломом тела позвонка, определения морфологии перелома, его локализации, оценки качества костной ткани, в ходе предоперационного планирования необходимо ответить на ряд вопросов, прежде всего о доступности пациента к оперативному лечению. При отсутствии противопоказаний необходимо ответить на главный вопрос: нуждается ли пациент в коррекции локальной кифотической деформации? А также необходима ли коррекция сагиттального профиля? На основании проведенного исследования локальная кифотическая деформация разделена на три интервала: 11-19°, 20-30° и выше 30°. Соответственно, в первом случае технологией выбора является гибридная стабилизация, представляющая собой заднюю протяженную фиксацию (предпочтительно транскутанную) в сочетании с вертебропластикой или остеопластикой тела поврежденного позвонка. Несмотря на отсутствие статистически значимой разницы между данными методиками, с целью исключения рисков миграции костного цемента, мы рекомендуем проведение остеопластики поврежденного позвонка. Не исключается совместное применение гибридной стабилизации и предлагаемого способа коррекции локальной кифотической деформации. Во втором варианте мы рекомендуем применять заднюю протяженную фиксацию в сочетании со способом коррекции кифотической деформации, предложенным автором, который показывает удовлетворительную степень коррекции, малотравматичен по сравнению с другими видами вертебротомий, обеспечивает формирование заднего костного блока, оставляя позвоночно-двигательный сегмент в стабильном положении. В редких случаях, когда локальный кифоз составляет выше 30° необходимо прибегнуть к способу циркулярной стабилизации, однако, стоит отметить о высоких рисках проседания вентрального имплантата. Если пациенту не требуется коррекция сагиттального профиля, то ориентир остается только на локальный кифоз. В случае необходимости коррекции сагиттального баланса предпочтение отдается проведению способа кифотической деформации, предложенного автором в сочетании с транспедикулярной фиксацией, так как гибридная фиксация имеет

ограниченные корригирующие возможности, а циркулярная фиксация является избыточной. Во всех вариантах в качестве дополнительного укрепления винтов с целью профилактики нестабильности металлоконструкции мы рекомендуем применение аугментации винтов костным цементом. Вне зависимости от метода оперативного вмешательства, пациент нуждается в восстановительном лечении в условиях специализированных реабилитационных центров, а также необходимости проведения остеотропной терапии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В литературе последних лет отмечается повышенный интерес исследователей к хирургическому лечению остеопоротических переломов, что может быть связано с высокой частотой неблагоприятных исходов данного вида повреждений. Высокая частота встречаемости таких переломов, более половины из которых приходится на взрывной тип приводят к формированию тяжелых посттравматических кифозов, усилению болевого синдрома. При этом низкое качество минеральной плотности костной ткани, сопутствующая соматическая патология становятся факторами риска развития различных осложнений, создавая рамки и ограничения в выборе того или иного способа хирургического вмешательства. Доказанная неэффективность применения малоинвазивных пункционных способов, казавшихся ставшими «золотым» стандартом, в первую очередь цементной вертебропластики, заставляет специалистов прибегать к стандартным, а порой и радикальным хирургическим методикам. Находясь в поисках компромиссов между стабильностью и атравматичностью, разрабатывая новые систематики и способы трехколонной фиксации, исследователи не отвечают на вопросы о причинах потери коррекции, рецидивах деформаций, нестабильности металлоконструкций, которые приводят к усилению болевого синдрома и снижению качества жизни пациента.

Целью хирургического лечения взрывных переломов тел позвонков на фоне остеопороза, является не только коррекция кифотической деформации и уменьшение болевого синдрома у пожилых лиц, но и профилактика возможных неблагоприятных исходов. По данным литературы последних лет эта цель достигается путем применения малоинвазивных хирургических методик, в частности гибридной стабилизации, которая в классическом варианте представляет собой транспедикулярную фиксацию в сочетании с вертебропластикой. Однако, ряд определенных осложнений, возникающих в следствие использования костного цемента, заставляют исследователей прибегать к тривиальным методикам. Тем не

менее, до сих пор остаются востребованными, а в ряде случаев незаменимыми, методы циркулярной стабилизации, представляющий собой вентральный спондилодез и транспедикулярную фиксацию и методы корригирующих вертебротомий. Однако такие виды вмешательств являются травматичными, обладают высокой степенью инвазии, сопровождаются большой кровопотерей и рисками послеоперационных осложнений. В современных работах предлагаются варианты алгоритмов лечения остеопоротических переломов, в которых решающими в тактике выбора оперативной методики является лишь морфология повреждения тела позвонка, а для определения показаний для хирургии используются значения Т-критерия, выраженность болевого синдрома, сопутствующая соматическая патология. Здесь следует отметить, что сама плотность костной ткани не учитывается авторами в качестве ведущего критерия выбора метода оперативного вмешательства, что, вероятно, привело к разбросу окончательных результатов лечения. При этом в данных работах вопрос о состоянии сагиттального баланса пациентов до и после оперативного вмешательства, его изменении в отдаленном послеоперационном периоде, а также значимости его роли не указывается.

Отсутствие чётких показаний к применению того или иного варианта лечения, выявленных причин неблагоприятных исходов, а также достаточных достоверных исследований, побудили нас к формулированию цели и задач настоящего исследования.

Нами были отобраны 171 пациент с взрывными остеопоротическими переломами тел позвонков, проходившие лечение в условиях стационара ФГБУ «ННИИТО им. Я. Л. Цивьяна» Минздрава России в период с 2014 по 2023 гг. Среди отобранных было 133 женщины (77,7 %) и 38 мужчины (22,3 %). Средний возраст составил 63,2 года. Основными причинами остеопоротических переломов была низкоэнергетическая травма — 68,4 % (падения с высоты собственного роста на спину или ягодицы) и отсутствие получения травмы — 31,6 % (работа в наклон, поднятие тяжести). Средние сроки с момента получения травмы до оперативного

вмешательства составили 15 ± 7 дней. Каждый способ лечения был направлен на коррекцию локального кифоза, стабилизацию поврежденного сегмента, восстановление сагиттального профиля пациента. Критерии включения: пациенты с выявленными впервые неосложненными переломами тел позвонков, возникших на фоне остеопороза груднопоясничного отдела позвоночника (Th10–L2); с полными и неполными взрывными переломами (тип A3 и A4 по AO/Spine Classification System); с T-критерием по данным денситометрии от -2,5 и ниже; пациенты, не получавшие остеотропную терапию до операции; с периодом послеоперационного наблюдения не менее 12 месяцев. Критерии исключения: пациенты с осложненными повреждениями позвоночника (с неврологическим дефицитом); пациенты с вторичным остеопорозом. Оценивали следующие критерии: величину коррекции кифоза (по методу Cobb), рецидивы деформации на сроке 12 месяцев. Сагиттальный профиль оценивали до, после оперативного вмешательства и через 12 месяцев после операции, учитывали параметр *Barrey index*. Сагиттальный баланс был разделен следующим образом: сбалансированный компенсированный и декомпенсированный дисбаланс.

Оперативное лечение было проведено способами, в соответствии с которыми пациенты были разделены на 3 группы.

В группе 1 оперировано 73 пациента, которым проводилась задняя протяженная транспедикулярная фиксация (8 винтов) в сочетании с цементной вертебропластикой или остеопластикой (аллокостью) поврежденного позвонка.

В группе 2 76 пациентам проведена циркулярная стабилизация в объеме вентрального бисегментарного спондилодеза и транспедикулярной фиксации. Оперативное вмешательство выполнялось одномоментно поэтапно: вначале проводился передний этап, на котором проводилась коррекция деформации, затем задний этап, на котором проводилась транспедикулярная фиксация. В качестве вентрального имплантата использовали телескопические имплантаты и цилиндрические имплантаты, начиненные аутокостью (кастомизированный кейдж). Транспедикулярная фиксация выполнялась на коротком сегменте (4 винта).

В группе 3 22 пациентам проводилась задняя протяженная стабилизация (8 винтов) в сочетании с способом коррекции кифотической деформации, предложенным автором.

На основании сформированных групп наше исследование разделено на три этапа.

На первом этапе исследования было проведен сравнительный анализ внутри группы 1 между подгруппами 1.1 и 1.2. Из вышеуказанных 171 пациентов на данном этапе приняли участие 73 пациента, которым была проведена гибридная стабилизация. Данные пациенты ретроспективно были разделены на две группы. Первую группу составили 26 пациентов, которым выполнена задняя стабилизация в сочетании с цементной пластикой тела поврежденного позвонка. Во вторую группу вошло 47 пациентов, им проводилась задняя стабилизация в сочетании с остеопластикой тела поврежденного позвонка.

На втором этапе исследования проводился сравнительный анализ между группой 1 и 2. Из 171 пациента в этом этапе исследования приняли участие 149 пациента, которые были разделены на две группы. Первую группу составили 73 пациентов, которым была выполнена задняя стабилизация в сочетании с цементной пластикой или остеопластикой тела поврежденного позвонка. Во вторую группу вошли 76 пациентов, им проводилась задняя стабилизация в сочетании вентральным спондилодезом.

На третьем этапе исследования проводился сравнительный анализ методов хирургического лечения между группой 3 и 1; и 3 и 2. Пациентам, входившим в группу 3 (n=22) была выполнена протяженная транспедикулярная фиксация в сочетании со способом коррекции кифотической деформации, предложенного автором. Данная группа поочередно сравнивалась с 1-й и со 2-й группами, из которых было отобрано по 22 пациента с начальной величиной локальной кифотической деформации свыше 20°.

Дескриптивные статистики непрерывных показателей рассчитывались в виде медиана; для бинарных показателей вычислялось количество случаев, процент

[95 % доверительный интервал процента] (по формуле Вилсона). Проверка нормальности распределения данных проводилась с использованием критерия Шапиро-Уилка, для сравнения показателей между группами применялся непараметрический непарный U-критерий Манна-Уитни, производился расчет смещения распределений с построением 95 % доверительного интервала для смещения. Выявление предикторов недостаточной коррекции и потери коррекции кифоза проводилось построением моделей логистических регрессий. Попарные числовые ассоциации определялись построением однофакторных моделей. Множественные числовые ассоциации (предикторы) определялись построением многофакторных моделей. Проверка статистических гипотез проводилась при критическом уровне значимости $p=0,05$, т.е. различие считалось статистически значимым, если $p < 0,05$.

В ходе первого этапа нашего исследования при сравнении методов задней фиксации в сочетании с цементной вертебропластикой или остеопластикой поврежденного тела позвонка статистической разницы по рентгенологическим исходам выявлено не было. Со статистически значимой разницей можно сказать, что основными предикторами рецидива локального кифоза и усиления болевого синдрома являются: уровень повреждения — Th12 позвонок; степень исходной кифотической деформации и её неполная коррекция после оперативного вмешательства (более 10°); значение T-критерия по данным денситометрии. Стоит отметить, что протяженность транспедикулярной конструкции статистически не влияет на возможность рецидива кифоза, однако следует заметить её зависимость от выраженности остеопороза, и чем более выражен последний, тем необходима протяжённая фиксация, что нашло своё доказательство в литературе (Hartensuer R, 2013; Nomagk L, 2020). Несмотря на отсутствие какой-либо разницы между методами, с целью исключения рисков, возникающих при введении костного цемента в тело позвонка, а также из-за влияния токсичности костного цемента и увеличения зоны остеорезорбции на границе контакта кость–цемент,

целесообразнее использование остеопластики депротенизированной аллокостью, особенно при полных взрывных переломах.

На втором этапе исследования нами проводилось сравнение гибридного и циркулярного способа оперативного вмешательства, в ходе которого статистически значимой разницы по рентгенологическим исходам выявлено не было. Предикторами неполной коррекции являются минеральная плотность костной ткани (значение T-критерия) и величина исходного кифоза более 20°. Стоит отметить, что последний показатель значимо влияет на риски неполной коррекции в группе гибридной стабилизации, что говорит об ограниченных коррегирующих возможностях данного метода. Согласно нашему исследованию, вполне вероятно, что предпочтение вентральному спондилодезу стоит отдавать при наличии кифотической деформации свыше 20°. В нашем исследовании с целью упрощения оценки сагиттального профиля использовался индекс Varrey. Отмечено, что ряд пациентов с декомпенсированным дисбалансом до операции в отдаленном послеоперационном периоде не только оставались в декомпенсации, но и теряли локальную коррекцию, что подтверждает необходимость коррекции постурального профиля. Также выявлено, что данные неблагоприятные исходы коррелируют со сниженной минеральной плотностью костной ткани. В нашем исследовании при сравнении двух методов оперативного вмешательства статистически значимой разницы по рентгенологическим исходам выявлено не было. Предикторами неполной коррекции являются минеральная плотность костной ткани (значение T-критерия) и величина исходного кифоза более 20°. Стоит отметить, что последний показатель значимо влияет на риски неполной коррекции в группе гибридной стабилизации, что говорит об ограниченных коррегирующих возможностях данного метода. Согласно нашему исследованию, предпочтение вентральному спондилодезу, возможно, стоит отдавать при наличии кифотической деформации свыше 20°. Однако, всегда следует помнить о высоких рисках неблагоприятных исходов вентрального спондилодеза, в частности, проседания имплантата. Поэтому для исключения выполнения вентрального спондилодеза мы применяем способ

корректирующей вертебротомии и заднего спондилодеза аутокостью. С целью упрощения оценки сагиттального профиля использовался индекс *Barrey*. Отмечено, что ряд пациентов с декомпенсированным дисбалансом до операции в отдаленном послеоперационном периоде не только оставались в декомпенсации, но и теряли локальную коррекцию, что подтверждает необходимость коррекции постурального профиля. Также выявлено, что данные неблагоприятные исходы коррелируют со сниженной минеральной плотностью костной ткани.

На третьем этапе исследования проводился анализ эффективности способа коррекции кифотической деформации, предложенного автором. Сравнительный анализ не показал значимых различий в коррекции кифоза между группой циркулярной фиксации, и в тоже время в сравнении с группой стабилизации данный способ демонстрирует высокие показатели коррекции, отсутствие рецидива деформации, лучшую коррекцию сагиттального профиля. Отмечено, что ряд пациентов с декомпенсированным дисбалансом до операции в отдаленном послеоперационном периоде не только оставались в декомпенсации, но и теряли локальную коррекцию, что подтверждает необходимость коррекции постурального профиля. Также выявлено, что данные неблагоприятные исходы коррелируют со сниженной минеральной плотностью костной ткани. Не исключено, что предложенный способ коррекции кифотической деформации можно сочетать с гибридным методом стабилизации. Преимущества предложенного способа по сравнению с существующими другими вариантами остеотомий позвоночника заключаются в том, что способ не имеет ограничений по применению и выполняется на любом отделе позвоночника. У способа низкая травматичность, так как резецируют не большой объем костных структур, с минимальной кровопотерей, что приводит к сокращению послеоперационного периода у пациентов и низкому риску инфицирования, позвоночник в стабильном положении. При выполнении способа происходит полное смыкание костного дефекта, это приводит к полной коррекции кифотической деформации и формированию костного блока.

Клиническую эффективность хирургического лечения пациентов оценивали по показателям шкалы VAS до операции, после оперативного лечения, в позднем послеоперационном периоде. Для субъективной оценки самочувствия использовали опросник Освестри (ODI). Показатели ODI оценивали в раннем и отдаленном послеоперационном периоде (4 и 12 месяцев). Функциональные исходы сравнивали не только между группами, но и между благоприятными и неблагоприятными исходами. Сравнивая динамику показателей VAS и ODI после операций у больных с благоприятными исходами между всеми тремя группами установлено значимое различие с группой пациентов, которым проводился разработанный способ коррекции локального кифоза. Отмечается достоверное отличие в значениях между благоприятными и неблагоприятными исходами.

На основании выявленных в ходе научно-исследовательской работы статистически значимых предикторов неполной коррекции локальной кифотической деформации и потери коррекции в отдаленном послеоперационном периоде, нами предложен алгоритм определения объёма хирургической стабилизации при оперативном лечении взрывных переломов тел позвонков грудопоясничной локализации на фоне остеопороза. Данный алгоритм обоснованно позволяет подойти к выбору объёма стабилизации, опираясь на данные предоперационного обследования. В разработанном алгоритме основополагающим фактором выбора метода оперативного лечения является необходимость коррекции не только локальной кифотической деформации, но и сагиттального баланса туловища.

На основании представленных результатов проведенного исследования лечения больных с взрывными остеопоротическими переломами тел позвонков грудопоясничной локализации, изучения функциональных исходов, определения факторов, влияющих на неблагоприятные исходы, автором сформулированы выводы и практические рекомендации.

ВЫВОДЫ

1. Выявлены предикторы остаточной деформации и потери коррекции у пациентов со взрывными переломами тел позвонков на фоне остеопороза: минеральная плотность костной ткани ($p < 0,05$), величина исходного локального кифоза ($p < 0,05$), неполная коррекция деформации ($p < 0,05$), уровень повреждения ($p < 0,01$).

2. Индекс *Barrey*, как показатель глобального сагиттального баланса, является ведущим фактором риска рецидива деформации в отдаленном послеоперационном периоде ($p < 0,001$).

3. Разработанный «Способ лечения кифотической деформации» в лечении взрывных переломов тел позвонков на фоне остеопороза по сравнению с гибридным способом показал лучшую коррекцию локального кифоза ($p < 0,001$), сохраняя её в отдаленном периоде наблюдения, как и способ циркулярной стабилизации ($p > 0,05$).

4. С учётом установленных предикторов создан алгоритм лечения взрывных переломов тел позвонков на фоне остеопороза для выбора необходимого объёма стабилизации.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Всем пациентам с взрывными переломами на фоне остеопороза в качестве дообследования целесообразно выполнять рентгенографию позвоночника в положении стоя (телерентгенография);

2. Способ лечения кифотической деформации в лечении взрывных переломов тел позвонков на фоне остеопороза показывает удовлетворительную степень коррекции, обладает меньшей степенью хирургической агрессии, обеспечивает формирование заднего костного блока, оставляя позвоночно-двигательный сегмент в стабильном положении.

3. Алгоритм лечения взрывных переломов тел позвонков на фоне остеопороза позволяет выбрать оптимальную тактику хирургического лечения, тем самым повысив эффективность результатов лечения в отдаленном послеоперационном периоде.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- МПК — Минеральная плотность кости;
- ДПК — Депротенинизированная кость;
- ПДС — Позвоночно-двигательный сегмент;
- ТПФ — Транспедикулярная фиксация;
- ЭОП — Электронно-оптический преобразователь;
- МСКТ — Мультиспиральная компьютерная томография;
- GET — Groove Entry Technique;
- РЖК — Proximal junctional kyphosis (Проксимальный переходный кифоз);
- ODI — Oswestry Disability Index (Опросник Освестри);
- OVF — Osteoporotic vertebra fracture (остеопоротические переломы позвонков);
- VAS — Visual analog scale (визуальная аналоговая шкала).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аганесов, А.Г. Малоинвазивная реконструкция позвонков при переломах на фоне остеопороза / А.Г. Аганесов // *Opinion Leader*. – 2019. – № Т. 26, № 8. – С. 40-48.
2. Афаунов, А.А. Передний корпородез в этапном хирургическом лечении пациентов с переломами грудных и поясничных позвонков при пониженной минеральной плотности костной ткани / А.А. Афаунов, И.В. Басанкин, К.К. Тахмазян [и др.] // *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. – 2020. – Т. 27, № 3. – С. 5-15. – doi: 10.17816/vto.273.
3. Афаунов, А.А. Тактика лечения посттравматических деформаций нижнегрудного и поясничного отделов позвоночника / А.А. Афаунов, А.В. Мишагин, И.В. Басанкин // *Вестник физиотерапии и курортологии*. – 2015. – Т. 21, № 2. – С. 99.
4. Афаунов, А.А. Цементная имплантация винтов при выполнении транспедикулярной фиксации для лечения повреждений позвоночника на фоне остеопороза / А.А. Афаунов, И.В. Басанкин, К.К. Тахмазян // *Вестник физиотерапии и курортологии*. – 2015. – Т. 21, № 2. – С. 98-99.
5. Афаунов, А.А. Экспериментальное изучение стабильности бесцементной и цементной имплантации транспедикулярных винтов в позвонки с пониженной минеральной плотностью костной ткани / А.А. Афаунов, В.Д. Усиков, Д.А. Пташников [и др.] // *Травматология и ортопедия России*. – 2010. – № 2. – С. 97-101.
6. Басанкин, И.В. Способ профилактики переломов смежных позвонков при транспедикулярной фиксации на фоне остеопороза / И.В. Басанкин, К.К. Тахмазян, А.А. Афаунов // *Хирургия позвоночника*. – 2016. – Т. 13, № 3. – С. 8-14. – doi: 10.14531/ss2016.3.8-14.
7. Белая, Ж.Е. Федеральные клинические рекомендации по диагностике, лечению и профилактике остеопороза / Ж.Е. Белая, К.Ю. Белова, Е.В. Бирюкова [и др.]

др.] // Остеопороз и остеопатии. – 2021. – Т. 24, № 2. – С. 4-47. – doi: 10.14341/osteo12930.

8. Беневоленская, Л.И. Руководство по остеопорозу / Л.И. Беневоленская. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. – 524 с.

9. Бобров, Д.С. Дифференцированное хирургическое лечение переломов груднопоясничного отдела позвоночника у пациентов старшей возрастной группы : автореферат дис. ... кандидата медицинских наук : 14.00.22 / Бобров Дмитрий Сергеевич; [Место защиты: Моск. мед. акад. им. И.М. Сеченова]. – Москва, 2009. – 24 с.

10. Ветрилэ, С.Т. Тактика хирургического лечения пациентов с переломами тел грудного и поясничного отдела позвоночника на фоне системного остеопороза и оценка ее эффективности в отдаленном периоде / С.Т. Ветрилэ, А.А. Кулешов, В.В. Швец [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2010. – № 2. – С. 102-105.

11. Власова, И.С. Возрастные изменения минеральной плотности трабекулярного вещества позвонков и риск переломов / И.С. Власова, А.Д. Сорокин, С.К. Терновой // Медицинская визуализация. – 1998. – № 4. – С. 31-35.

12. Грубер, Н.М. Лечение различных видов повреждений тел позвонков методом пункционной вертебропластики / Н.М. Грубер, Е.К. Валеев, В.Г. Дербышева [и др.] // Практическая медицина. – 2014. – № 4 (80). – С. 56-60.

13. Добровольская, О.В. Экономические аспекты осложненного остеопороза: стоимость лечения в течение первого года после перелома / О.В. Добровольская, Н.В. Торощова, О.М. Лесняк // Современная ревматология. – 2016. – Т. 10, № 3. – С. 29-34.

14. Дулаев, А.К. Лечение больных с патологическими переломами позвонков на фоне остеопороза с использованием современных хирургических технологий / А.К. Дулаев, В.П. Орлов, А.В. Дадыкин // VII съезд травматологов-ортопедов России. Тезисы докладов. – Новосибирск, 2002. – Т. 1. – С. 74.

15. Ершова, О.Б. Эпидемиология переломов проксимального отдела бедренной кости у городского населения Российской Федерации: результаты

многоцентрового исследования / О.Б. Ершова, К.Ю. Белова, М.В. Белов // *Материалы научно-практической конференции «Остеопороз – важнейшая мультидисциплинарная проблема здравоохранения XXI века»*. – Санкт-Петербург, 2012. – С. 23-27.

16. Кавалерский, Г.М. Кифопластика при лечении остеопоротических переломов тел позвонков / Г.М. Кавалерский, Л.Ю. Слияков, С.К. Макиров [и др.] // *Травматология и ортопедия России*. – 2010. – № 2. – С. 110-112.

17. Кравцов, М.Н. Методики аугментации и перкутанной видеоэндоскопической декомпрессии в лечении пациентов с остеопоротическими переломами позвонков / М.Н. Кравцов, С.Д. Мирзаметов, Д.В. Свистов // *Саратовский научно-медицинский журнал*. – 2018. – Т. 14, № 3. – С. 412-416.

18. Лесняк, О.М. Аудит состояния проблемы остеопороза в странах Восточной Европы и Центральной Азии 2010 / О.М. Лесняк // *Остеопороз и остеопатии*. – 2011. – Т. 14, № 2. – С. 3-6. – doi: 10.14341/osteo201123-6.

19. Мануковский, В.А. Вертебропластика в лечении патологии позвоночника : клинико-экспериментальное исследование : автореферат дис. ... доктора медицинских наук : 14.00.28 / Мануковский Вадим Анатольевич; [Место защиты: Воен.-мед. акад. им. С.М. Кирова]. – Санкт-Петербург, 2009. – 43 с.

20. Мельниченко, Г.А. Федеральные клинические рекомендации по диагностике, лечению и профилактике остеопороза / Г.А. Мельниченко, Ж.Е. Белая, Л.Я. Рожинская [и др.] // *Проблемы эндокринологии*. – 2017. – Т. 63, № 6. – С. 392-426.

21. Меньшикова, Л.В. Ближайшие и отдаленные исходы переломов проксимального отдела бедра у лиц пожилого возраста и их медико-социальные последствия (по данным многоцентрового исследования) / Л.В. Меньшикова, Н.А. Храмова, О.Б. Ершова // *Остеопороз и остеопатии*. – 2002. – Т. 5, № 1. – С. 8-11.

22. Михайлов, Е.Е. Руководство по остеопорозу / Е.Е. Михайлов, Л.И. Беневоленская. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. – 45 с.

23. Мухаметжанов, Х. Особенности диагностики, комплексного лечения и реабилитации пациентов с остеопоротическими переломами позвонков / Х. Мухаметжанов, Б.М. Карибаев, О.С. Бекарисов // *Kazakh Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. – 2019. – № 1 (26). – С. 23-30.

24. Мухаметжанов, Х. Сравнительный анализ лечения стабильных и нестабильных остеопоротических переломов позвоночника / Х. Мухаметжанов, Д.Ж. Мухаметжанов, Б.М. Карибаев // *Нейрохирургия и неврология Казахстана*. – 2019. – № 4 (57). – С. 16-30.

25. Педаченко, А.А. Пункционная вертебропластика при агрессивных гемангиомах тел позвонков / А.А. Педаченко, С.В. Куцаев, В.А. Рогожин [и др.] // *Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко*. – 2004. – № 1. – С. 16-20.

26. Петряйкин, А.В. Количественная компьютерная томография, современные данные. Обзор / А.В. Петряйкин, И.А. Скрипникова // *Медицинская визуализация*. – 2021. – Т. 25, № 4. – С. 134-146. – doi: 10.24835/1607-0763-1049.

27. Пташников, Д.А. Оценка нового способа заднего спондилодеза при лечении пациентов с посттравматическими кифотическими деформациями грудного и поясничного отделов позвоночника / Д.А. Пташников, Ш.Ш. Магомедов, С.П. Роминский // *Хирургия позвоночника*. – 2021. – Т. 18, № 3. – С. 30-38.

28. Рахматиллаев, Ш.Н. Особенности лечения переломов тел позвонков грудного и поясничного отделов позвоночника, возникших на фоне остеопороза : диссертация ... кандидата медицинских наук : 14.00.22 / Рахматиллаев Шухрат Нумонжонович; [Место защиты: ФГУ "Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии"]. – Новосибирск, 2006. – 131 с.

29. Рерих, В.В. Корреляции функциональной дееспособности и параметров сагиттального баланса у пациентов с посттравматическими деформациями позвоночника / В.В. Рерих, К.О. Борзых, А.Г. Самохин // *Современные проблемы науки и образования*. – 2017. – № 6. – С. 4.

30. Рерих, В.В. Остеопластика в системе лечения переломов тел грудных и поясничных позвонков / В.В. Рерих, М.А. Садовой, Ш.Н. Рахматиллаев // Хирургия позвоночника. – 2009. – № 2. – С. 25-34.

31. Рерих, В.В. Хирургическое лечение переломов позвонков на фоне сниженной минеральной плотности кости / В.В. Рерих, М.А. Садовой, Ш.Н. Рахматиллаев // Травматология и ортопедия России. – 2010. – № 2. – С. 116-119.

32. Родионова, С.С. Остеопороз — проблема XXI века / С.С. Родионова // VIII съезд травматологов-ортопедов России: тезисы докладов. – Самара, 2006. – Т. 2. – С. 802-803.

33. Рожинская, Л.Я. Системный остеопороз : Практическое руководство для врачей / Л. Я. Рожинская. – 2. изд., перераб. и доп. – М.: Мокеев, 2000. – 195 с.

34. Субботин, В.В. Переломы позвоночника у людей пожилого и старческого возраста: диссертация ... кандидата медицинских наук: 14.00.22 / Субботин Владимир Вольдемарович; Новосиб. науч.-исслед. ин-т травматологии и ортопедии. – Новосибирск : [б. и.], 1975. – 62 с.

35. Сукачева, Н.А. Лечение больных с переломами позвоночника на фоне остеопороза / Н.А. Сукачева, Р.Г. Олейников, А.А. Алексиевская [и др.] // Бюллетень медицинских интернет-конференций. – 2015. – Т. 5, № 5. – С. 859.

36. Сумин, Д.Ю. Некоторые аспекты оптимизации вертебропластики при переломах тел позвонков на фоне остеопороза / Д.Ю. Сумин, Ю.И. Титова // Цивьяновские чтения: Сборник материалов IX Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых с международным участием. Материалы съезда (Новосибирск, 25–26 ноября 2016 года). – Новосибирск: ООО "Сибирское университетское издательство", 2016. – Т. 1. – С. 306-309.

37. Тахмазян, К.К. Хирургическое лечение повреждений грудного и поясничного отделов позвоночника на фоне сниженной минеральной плотности костной ткани : диссертация ... кандидата медицинских наук: 3.1.8. / Тахмазян Карапет Карапетович; [Место защиты: ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова»

Министерства здравоохранения Российской Федерации]. – Краснодар, 2022. – 111 с.

38. Цивьян, Я.Л. Фиксатор-стяжка в комплексе функционального лечения компрессионных переломов позвоночника. Методическое пособие для врачей / Я.Л. Цивьян, Э.А. Рамих. – Новосибирск. 1965.

39. Черепанов, Е.А. Русская версия опросника освестри: культурная адаптация и валидность / Е.А. Черепанов // Хирургия позвоночника. – 2009. – № 3. – С. 93-98. – doi: 10.14531/ss2009.3.93-98.

40. Шостак, Н.А. Остеопоротические переломы позвонков: диагностика и тактика ведения / Н.А. Шостак, Н.Г. Правдюк, А.А. Мурадянц // Лечебное дело. – 2020. – № 3. – С. 4-12.

41. Aboud, N. Occurrence of adjacent segment fractures after surgical treatment of an osteoporotic vertebral fracture: a retrospective comparison between two different treatment methods / N. Aboud, N. Eckardt, M.A. Kamp [et al.] // Arch Orthop Trauma Surg. – 2023. – Vol. 143(5). – P. 2333-2339. – doi: 10.1007/s00402-022-04434-0.

42. Acosta, F.L. Kyphoplasty-augmented short-segment pedicle screw fixation of traumatic lumbar burst fractures: initial clinical experience and literature review / F.L. Acosta, H.E. Aryan, W.R. Taylor [et al.] // Neurosurg. Focus. – 2005. – Vol. 18(3). – P. e9.

43. Bajaj, S. Osteoporosis: evaluation and treatment / S. Bajaj, K.G. Saag // Curr Womens Health Rep. – 2003. – Vol. 3(5). – P. 418-424.

44. Barrey, C. Pedicle subtraction osteotomy in the lumbar spine: indications, technical aspects, results and complications / C. Barrey, G. Perrin, F. Michel [et al.] // Eur J Orthop Surg Traumatol. – 2014. – Vol. 24(1). – P. 21-30. – doi: 10.1007/s00590-014-1470-8.

45. Becker, S. Assessment of different screw augmentation techniques and screw designs in osteoporotic spines / S. Becker, A. Chavanne, R. Spitaler [et al.] // Eur. Spine J. – 2008. – Vol. 17. – P. 1462-1469.

46. Blizzard, D.J. Extreme lateral interbody fusion with posterior

instrumentation for spondylodiscitis / D.J. Blizzard, C.P. Hills, R.E. Isaacs [et al.] // *J ClinNeurosci.* – 2015. – Vol. 22(11). – P. 1758-1761. – doi: 10.1016/j.jocn.2015.05.021.

47. Boerger, T.O. Does 'canal clearance' affect neurological outcome after thoracolumbar burst fractures? / T.O. Boerger, D. Limb, R.A. Dickson // *J. Bone Joint Surg. Br.* – 2000. – Vol. 82(5). – P. 629-635.

48. Bostelmann, R. Erratum to: Effect of augmentation techniques on the failure of pedicle screws under cranio-caudal cyclic loading / R. Bostelmann, A. Keiler, H.J. Steiger [et al.] // *Eur Spine J.* – 2015. – Vol. 24(9). – P. 2098. – doi: 10.1007/s00586-015-4001-3.

49. Bousson, V. Volumetric quantitative computed tomography of the proximal femur: Relationships linking geometric and densitometric variables to bone strength. Role for compact bone / V. Bousson, A. Le Bras, F. Roqueplan [et al.] // *Osteoporos Int.* – 2006. – Vol. 17(6). – P. 855-864. – doi: 10.1007/s00198-006-0074-5.

50. Buchbinder, R. Percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fracture / R. Buchbinder, R.V. Johnston, K.J. Rischin [et al.] // *Cochrane Database Syst Rev.* – 2018. – Vol. 4(4). – P. CD006349. – doi: 10.1002/14651858.CD006349.pub3.

51. Buchbinder, R. A randomized trial of vertebroplasty for painful osteoporotic vertebral fractures / R. Buchbinder, R.H. Osborne, P.R. Ebeling [et al.] // *N. Engl. J. Med.* – 2009. – Vol. 361(6). – P. 557-568.

52. Camacho, P.M. American association of clinical endocrinologists and American college of endocrinology clinical practice guidelines for the diagnosis and treatment of postmenopausal osteoporosis – 2016 / P.M. Camacho, S.M. Petak, N. Binkley [et al.] // *Endocr Pract.* – 2016. – Vol. 22(4). – P. 1-42. – doi: 10.4158/EP161435.GL.

53. Carreon, L.Y. Perioperative complications of posterior lumbar decompression and arthrodesis in older adults / L.Y. Carreon, R.M. Puno, J.R. Dimar [et al.] // *J Bone Joint Surg Am.* – 2003. – Vol. 85(11). – P. 2089-2092.

54. Chang, M.C. Polymethylmethacrylate augmentation of cannulated pedicle screws for fixation in osteoporotic spines and comparison of its clinical results and

biomechanical characteristics with the needle injection method / M.C. Chang, H.C. Kao, S.H. Ying [et al.] // *J Spinal Disord Tech.* – 2013. – Vol. 26(6). – P. 305-315. – doi: 10.1097/BSD.0b013e318246ae8a.

55. Chen, J.L. Surgical choice of posterior osteotomy way for senile osteoporotic thoracolumbar fracture with kyphosis / J.L. Chen, Y. Xu, L. Wan [et al.] // *Zhongguo Gu Shang.* – 2020. – Vol. 33(2). – P. 121-126. – doi: 10.12200/j.issn.1003-0034.2020.02.006.

56. Chevalley, T. Incidence of hip fracture over a 10-year period (1991-2000): reversal of a secular trend / T. Chevalley, E. Guilley, F.R. Herrmann [et al.] // *Bone.* – 2007. – Vol. 40(6). – P. 1284-1289.

57. Cho, Y. Corpectomy and circumferential fusion for advanced thoracolumbar Kümmell's disease / Y. Cho // *Musculoskelet Surg.* – 2017. – Vol. 101(3). – P. 269-274.

58. Cianfoni, A. Stent-screw-assisted internal fixation: the SAIF technique to augment severe osteoporotic and neoplastic vertebral body fractures / A. Cianfoni, D. Distefano, P. Scarone [et al.] // *J Neurointerv Surg.* – 2019. – Vol. 11(6). – P. 603-609.

59. Cianfoni, A. Stent screw-assisted internal fixation (SAIF): clinical report of a novel approach to stabilizing and internally fixating vertebrae destroyed by malignancy / A. Cianfoni, D. Distefano, P. Scarone [et al.] // *J Neurosurg Spine.* – 2019. – Vol. 32(4). – P. 507-518. – doi: 10.3171/2019.9.SPINE19711.

60. Consensus development conference: diagnosis, prophylaxis, and treatment of osteoporosis // *Am J Med.* – 1993. – Vol. 94(6). – P. 646-650. [https://doi.org/10.1016/0002-9343\(93\)90218-e](https://doi.org/10.1016/0002-9343(93)90218-e).

61. Cooper, C. The epidemiology of vertebral fractures / C. Cooper, T. O'Neill, A. Silman [et al.] // *Bone.* – 1993. – Vol. 14. – P. 89-97.

62. Denis, F. The three-column spine and its significance in the classification of acute thoracolumbar spinal injuries / F. Denis // *Spine (Phila Pa 1976).* – 1983. – Vol. 8(8). – P. 817-831.

63. Deramond, H. Percutaneous vertebroplasty / H. Deramond, C. Depriester, P. Toussaint [et al.] // *Semin Musculoskelet Radiol.* – 1997. – Vol. 1(2). – P. 285-296. doi: 10.1055/s-2008-1080150.
64. Deramond, H. Temperature elevation caused by bone cement polymerization during vertebroplasty / H. Deramond, N.T. Wright, S.M. Belkoff // *Bone.* – 1999. – Vol. 25(2). – P. 17S-21S.
65. Dickman, C. Transpedicular screw-rod fixation of the lumbar spine: operative technique and outcome in 104 cases / C. Dickman, R.G. Fessler, M. McMillan [et al.] // *J. Neurosurg.* – 1992. – Vol. 77(6). – P. 860-870.
66. Ding, X. Location and Effect of Bone Cement in Percutaneous Vertebroplasty for Osteoporotic Vertebral Compression Fractures / X. Ding, Q. Zhang, Y. Zhao, J. Wang // *Biomed Res Int.* – 2022. – Vol. 2022. – P. 6127620. – doi: 10.1155/2022/6127620.
67. Dorward, I. Osteotomies in the posterior-only treatment of complex adult spinal deformity: a comparative review / I. Dorward, L. Lenke // *Neurosurgical Focus.* – 2010. – Vol. 26(3). – P. e4.
68. Dorward I., Lenke L. Osteotomies in the posterior-only treatment of complex adult spinal deformity: a comparative review // *Neurosurgical Focus.* – 2010. – Vol. 26(3). – P. e4.
69. El Saman, A. Reduced loosening rate and loss of correction following posterior stabilization with or without PMMA augmentation of pedicle screws in vertebral fractures in the elderly / A. El Saman, S. Meier, A. Sander [et al.] // *Eur J Trauma Emerg Surg.* – 2013. – Vol. 39(5). – P. 455-60. – doi: 10.1007/s00068-013-0310-6.
70. Emohare, O. Opportunistic computed tomography screening shows a high incidence of osteoporosis in ankylosing spondylitis patients with acute vertebral fractures / O. Emohare, A. Cagan, D.W. Polly [et al.] // *J. Clin. Densitom.* – 2015. – Vol. 18(1). – P. 17-21. – doi: 10.1016/j.jocd.2014.07.006.

71. Ettinger, B. Kyphosis in older women and its relation to back pain, disability and osteopenia: the study of osteoporotic fractures / B. Ettinger, M.D. Black, L. Palermo [et al.] // *Osteoporos. Int.* – 1994. – Vol. 4. – P. 55-60.

72. Fechtenbaum, J. Sagittal balance of the spine in patients with osteoporotic vertebral fractures / J. Fechtenbaum, A. Etcheto, S. Kolta [et al.] // *Osteoporos Int.* – 2016. – Vol. 27(2). – P. 559-567. – doi: 10.1007/s00198-015-3283-y.

73. Firanescu, C.E. Vertebroplasty versus sham procedure for painful acute osteoporotic vertebral compression fractures (VERTOS IV): randomised sham controlled clinical trial / C.E. Firanescu, J. de Vries, P. Lodder [et al.] // *BMJ.* – 2018. – Vol. 361. – P. 1551.

74. Formica, M. Vertebral body osteonecrosis: proposal of a treatment-oriented classification system / M. Formica, A. Zanirato, L. Cavagnaro [et al.] // *European Spine Journal.* – 2018. – Vol. 27(2). – P. 190-197. – doi: 10.1007/s00586-018-5600-6.

75. Formica, M. What is the Current Evidence on Vertebral Body Osteonecrosis?: A Systematic Review of the Literature / M. Formica, A. Zanirato, L. Cavagnaro [et al.] // *Asian Spine J.* – 2018. – Vol. 12(3). – P. 586-599. – doi: 10.4184/asj.2018.12.3.586.

76. Francis, R.M. Back pain in osteoporotic vertebral fractures / R.M. Francis, T.J. Aspray, G. Hide [et al.] // *Osteoporos Int.* – 2008. – Vol. 19(7). – P. 895-903. – doi: 10.1007/s00198-007-0530-x.

77. Galbusera, F. Pedicle screw loosening: a clinically relevant complication? / F. Galbusera, D. Volkheimer, S. Reitmaier [et al.] // *Eur Spine J.* – 2015. – Vol. 24(5). – P. 1005-16. doi: 10.1007/s00586-015-3768-6.

78. Gazzeri, R. 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 / R. Gazzeri, K. Panagiotopoulos, M. Galarza [et al.] // *Neurosurg Focus.* – 2020. – Vol. 49(2). – P. E14. doi: 10.3171/2020.5.FOCUS20232.

79. Gehlbach, S.H. Recognition of vertebral fracture in a clinical setting / S.H. Gehlbach, C. Bigelow, M. Heimisdottir [et al.] // *Osteoporos Int.* – 2000. – Vol. 11(7). – P. 577-582. – doi: 10.1007/s001980070078. PMID: 11069191.
80. Genant, H. Vertebral fracture assessment using a semiquantitative technique / H. Genant, C. Wu, C. van Kuijk [et al.] // *J Bone Miner Res.* – 2009. – Vol. 8(9). – P. 1137-1148. – doi: 10.1002/jbmr.5650080915.
81. Genant, H.K. Assessment of prevalent and incident vertebral fractures in osteoporosis research / H.K. Genant, M. Jergas // *Osteoporos Int.* – 2003. – Vol. 14(3). – P. 43-55.
82. Gill, B. Corrective osteotomies in the spine. Current concept review / B. Gill, A. Levin, T. Burd [et al.] // *J. Bone Joint Surg.* – 2008. – Vol. 90(11). – P. 2509-2520.
83. Girardo, M. Long versus Short Segment Instrumentation in Osteoporotic Thoracolumbar Vertebral Fracture / M. Girardo, A. Massè, S. Risitano [et al.] // *Asian Spine J.* – 2020. – Vol. 15(4). – P. 424-430. – doi: 10.31616/asj.2020.0033.
84. Girardo, M. Different pedicle osteosynthesis for thoracolumbar vertebral fractures in elderly patients / M. Girardo, A. Rava, F. Fusini [et al.] // *Eur Spine J.* – 2018. – Vol. 27(2). – P. 198-205. – doi: 10.1007/s00586-018-5624-y.
85. Hacking, C. AO Spine classification systems / C. Hacking, F. Deng, D. Bell [et al.] // *Radiopaedia.org.* – Режим доступа: <https://radiopaedia.org/articles/ao-spine-classification-systems>.
86. Hartensuer, R. Biomechanical evaluation of combined short segment fixation and augmentation of incomplete osteoporotic burst fractures / R. Hartensuer, D. Gehweiler, M. Schulze [et al.] // *BMC Musculoskelet Disord.* – 2013. – Vol. 14. – P. 360. – doi: 10.1186/1471-2474-14-360.
87. Hasegawa, K. Osteosynthesis without instrumentation for vertebral pseudarthrosis in the osteoporotic spine / K. Hasegawa, T. Homma, S. Uchiyama [et al.] // *J. Bone Joint Surg. Br.* – 1997. – Vol. 79. – P. 452-456.

88. Hasegawa, K. Effect of disc lesion on microdamage accumulation in lumbar vertebrae under cyclic compression loading / K. Hasegawa, C.H. Turner, J. Chen [et al.] // *Clin. Orthop.* – 1995. – Vol. 311. – P. 190-198.
89. Hazzard, M.A. Compression fractures and impact on US healthcare resource utilization / M.A. Hazzard, K.T. Huang, U.N. Toche [et al.] // *Asian Spine J.* – 2014. – Vol. 8(5). – P. 605-614. – doi: 10.4184/asj.2014.8.5.605.
90. Heaney, R.P. The natural history of vertebral osteoporosis. Is low bone mass an epiphenomenon? / R.P. Heaney // *Bone.* – 1992. – Vol. 13. – P. 23-26.
91. Heggeness, M.H. Spine fracture with neurological deficit in osteoporosis / M.H. Heggeness // *Osteoporos. Int.* – 1993. – Vol. 3. – P. 215-221.
92. Heini, P.F. The current treatment: A survey of osteoporotic fracture treatment. Osteoporotic spine fractures: the spine surgeon's perspective / P.F. Heini // *Osteoporos. Int.* – 2005. – Vol. 16(2). – P. 85-92.
93. Herren, C. Influence of additional cement augmentation on endplate stability in circumferential stabilisation of osteoporotic spine fractures / C. Herren, K. Quast, A. Prescher [et al.] // *Clin Biomech (Bristol, Avon).* – 2019. – Vol. 68. – P. 163-168. – doi: 10.1016/j.clinbiomech.2019.06.008.
94. Hinde, K. Mortality Outcomes of Vertebral Augmentation (Vertebroplasty and/or Balloon Kyphoplasty) for Osteoporotic Vertebral Compression Fractures: A Systematic Review and Meta-Analysis / K. Hinde, J. Maingard, J.A. Hirsch [et al.] // *Radiology.* – 2020. – Vol. 295(1). – P. 96-103. – doi: 10.1148/radiol.2020191294.
95. Hiroshi, T. High-risk osteoporotic vertebral fractures for pseudarthrosis causing painful elderly kyphosis: Proceedings of the NASS 19th Annual Meeting / T. Hiroshi // *Spine J.* – 2004. – Vol. 4(7). – P. 143-119.
96. Hoffmann, C. Die ventrale Spondylodese beim älteren Patienten-- Overtreatment oder sinnvolle Therapieoption? [What is the effect of ventral thoracoscopic spondylodesis (VTS) on elderly patients and what is the medium-term outcome?] / C. Hoffmann, U.J. Spiegl, S. Hauck [et al.] // *Z Orthop Unfall.* – 2013. – Vol. 151(3). – P. 257-263. – doi: 10.1055/s-0032-1328522.

97. Homagk, L. Die Hybridstabilisierung und geriatrische Komplexbehandlung in der Therapie von A-Frakturen der Wirbelsäule [Hybrid stabilization and geriatric complex treatment of type A spinal fractures] / L. Homagk, A. Hellweger, G.O. Hofmann // *Chirurg.* – 2020. – Vol. 91(10). – P. 878-885. – doi: 10.1007/s00104-020-01136-4.
98. Hoyt, D. Current Concepts in the Management of Vertebral Compression Fractures / D. Hoyt, I. Urits, V. Orhurhu [et al.] // *Current Pain and Headache Reports.* – 2020. – Vol. 24(5). – P. 16. – doi: 10.1007/s11916-020-00849-9.
99. Hu, S.S. Internal fixation in osteoporotic spine / S.S. Hu // *Spine.* – 1997. – Vol. 22(1). – P. 43-48.
100. Hu, Z. Global sagittal alignment in elderly patients with osteoporosis and its relationship with severity of vertebral fracture and quality of life / Z. Hu, G.C.W. Man, A.K.L. Kwok [et al.] // *Arch Osteoporos.* – 2018. – Vol. 13(1). – P. 95. – doi: 10.1007/s11657-018-0512-y.
101. Hyun, S.J. Clinical outcomes and complications after pedicle subtraction osteotomy for fixed sagittal imbalance patients: a long-term follow-up data / S.J. Hyun, S.C. Rhim // *J Korean Neurosurg Soc.* – 2010. – Vol. 47(2). – P. 95–101. – doi: 10.3340/jkns.2010.47.2.95.
102. Imagama, S. Perioperative complications and adverse events after lumbar spinal surgery: evaluation of 1012 operations at a single center / S. Imagama, N. Kawakami, T. Tsuji [et al.] // *J Orthop Sci.* – 2011. – Vol. 16. – P. 510–515.
103. Ishii, K. A Novel Groove-Entry Technique for Inserting Thoracic Percutaneous Pedicle Screws / K. Ishii, Y. Shiono, H. Funao [et al.] // *Clin Spine Surg.* – 2017. – Vol. 30(2). – P. 57-64. – doi: 10.1097/BSD.0000000000000461.
104. Jarvik, J.G. Vertebroplasty: learning more, but not enough / J.G. Jarvik, D.F. Kallmes, S.K. Mirza [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976).* – 2003. – Vol. 28(14). – P. 1487-1489. – doi: 10.1097/00007632-200307150-00002. PMID: 12865831.
105. Jia, C. Biomechanical properties of pedicle screw fixation augmented with allograft bone particles in osteoporotic vertebrae: different sizes and amounts / C. Jia, R.

Zhang, T. Xing [et al.] // *Spine J.* – 2019. – Vol. 19(8). – P. 1443-1452. – doi: 10.1016/j.spinee.2019.04.013.

106. Jo, D.J. Clinical and radiological outcomes of modified posterior closing wedge osteotomy for the treatment of posttraumatic thoracolumbar kyphosis / D.J. Jo, Y.S. Kim, S.M. Kim [et al.] // *J Neurosurg Spine.* – 2015. – Vol. 23(4). – P. 510–517. – doi: 10.3171/2015.1.SPINE131011.

107. Josten, C. Komplexpathologien an der Wirbelsäule: Trauma trifft Degeneration – eine Bestandsaufnahme [Complex Pathologies of the Spine: Trauma meets Degeneration] / C. Josten, C.E. Heyde, U.J. Spiegl // *Z Orthop Unfall.* – 2016. – Vol. 154(5). – P. 440-448. – doi: 10.1055/s-0042-108344.

108. Kallmes, D.F. A randomized trial of vertebroplasty for osteoporotic spinal fractures / D.F. Kallmes, B.A. Comstock, P.J. Heagerty [et al.] // *N Engl J Med.* – 2009. – Vol. 361(6). – P. 569–579.

109. Kanis, J.A. On behalf of the WHO Scientific Group. Assessment of osteoporosis at the primary health-care level. Technical Report / J.A. Kanis. – Sheffield (UK): University of Sheffield (UK), WHO Collaborating Centre, 2008.

110. Karami, K.J. Biomechanical evaluation of the pedicle screw insertion depth effect on screw stability under cyclic loading and subsequent pullout / K.J. Karami, L.E. Buckenmeyer, A.M. Kiapour [et al.] // *J Spinal Disord Tech.* – 2015. – Vol. 28(3). – P. E133-139. – doi: 10.1097/BSD.000000000000178.

111. Katsuura, Y. What is the Current Evidence on Vertebral Body Osteonecrosis?: A Systematic Review of the Literature / Y. Katsuura, M. Formica, A. Zanirato [et al.] // *Asian Spine J.* – 2018. – Vol. 12(3). – P. 586-599. – doi: 10.4184/asj.2018.12.3.586.

112. Kim, J.H. Long-term follow-up of percutaneous vertebroplasty in osteoporotic compression fracture: minimum of 5 years follow-up / J.H. Kim, S.H. Yoo, J.H. Kim // *Asian Spine J.* – 2012. – Vol. 6(1). – P. 6–14. – doi: 10.4184/asj.2012.6.1.6.

113. Kim, S.K. Modified Pedicle Subtraction Osteotomy for Osteoporotic Vertebral Compression Fractures / S.K. Kim, J.Y. Chung, Y.J. Park [et al.] // *Orthop Surg.* – 2020. – Vol. 12(2). – P. 388-395. – doi: 10.1111/os.12589.

114. Klazen, C.A.H. Vertebroplasty versus conservative treatment in acute osteoporotic vertebral compression fractures (Vertos II): an open-label randomised trial / C.A.H. Klazen, P.N.M. Lohle, J. de Vries [et al.] // *Lancet.* – 2010. – Vol. 376(9746). – P. 1085–1092. – doi: 10.1016/S0140-6736(10)60954-3.

115. Klazen, C.A.H. Percutaneous vertebroplasty is not a risk factor for new osteoporotic compression fractures: results from VERTOS II / C.A.H. Klazen, A. Venmans, J. de Vries [et al.] // *Am J Neuroradiol.* – 2010. – Vol. 8. – P. 1447-1450.

116. Klazen, C.A.H. Clinical course of pain in acute osteoporotic vertebral compression fractures / C.A.H. Klazen, H.J.J. Verhaar, P.N.M. Lohle [et al.] // *J Vasc Interv Radiol.* – 2010. – Vol. 21(9). – P. 1405–1409. – doi: 10.1016/j.jvir.2010.05.018.

117. Kobayashi, K. Postoperative complications associated with spine surgery in patients older than 90 years: a multicenter retrospective study / K. Kobayashi, S. Imagama, K. Sato [et al.] // *Global Spine J.* – 2018. – Vol. 8(8). – P. 887–891. – doi: 10.1177/2192568218767430.

118. Koepke, L.G. Outcome after posterior vertebral column resection in patients with severe osteoporotic fractures: a retrospective analysis from two centers / L.G. Koepke // *Medicina (Kaunas).* – 2022. – Vol. 58(2). – P. 277.

119. Korovessis, P. Minimal invasive short posterior instrumentation plus balloon kyphoplasty with calcium phosphate for burst and severe compression lumbar fractures / P. Korovessis, A. Hadjipavlou, T. Repantis // *Spine.* – 2008. – Vol. 33(6). – P. 658-667.

120. Kueny, R.A. Influence of the screw augmentation technique and a diameter increase on pedicle screw fixation in the osteoporotic spine: pullout versus fatigue testing / R.A. Kueny, J.P. Kolb, W. Lehmann [et al.] // *Eur Spine J.* – 2014. – Vol. 23(10). – P. 2196-2202. – doi: 10.1007/s00586-014-3476-7.

121. La Barbera, L. Stent Screw-Assisted Internal Fixation (SAIF) of Severe Lytic Spinal Metastases: A Comparative Finite Element Analysis of the SAIF Technique

/ L. La Barbera, A. Cianfoni, A. Ferrari [et al.] // *World Neurosurg.* – 2019. – Vol. 128. – P. 370-377.

122. La Barbera, L. Stent-Screw Assisted Internal Fixation of Osteoporotic Vertebrae: A Comparative Finite Element Analysis on SAIF Technique / L. La Barbera, A. Cianfoni, A. Ferrari [et al.] // *Front Bioeng Biotechnol.* – 2019. – Vol. 7. – P. 308. – doi: 10.3389/fbioe.2019.00308.

123. Lai, P.L. Chemical and physical properties of bone cement for vertebroplasty / P.L. Lai, L.H. Chen, W.J. Chen [et al.] // *Biomed J.* – 2013. – Vol. 36(4). – P. 162-167. – doi: 10.4103/2319-4170.112750.

124. Le Huec, J.C. Insufficient restoration of lumbar lordosis and FBI index following pedicle subtraction osteotomy is an indicator of likely mechanical complication / J.C. Le Huec, A. Cogniet, H. Demezou [et al.]. // *Eur Spine J.* – 2015. – Vol. 24(1). – P. S112-120. – doi: 10.1007/s00586-014-3659-2.

125. Le Huec, J.C. Sagittal balance of the spine / J.C. Le Huec, W. Thompson, Y. Mohsinaly [et al.] // *Eur Spine J.* – 2019. – Vol. 28(9). – P. 1889-1905. – doi: 10.1007/s00586-019-06083-1.

126. Leib, E.S. Official positions of the International Society for Clinical Densitometry / E.S. Leib, E.M. Lewiecki, N. Binkley // *J Clin Densitom.* – 2004. – Vol. 7(1). – P. 1-6. – doi: 10.1385/jcd:7:1:1.

127. Li, D. Short-segment pedicle instrumentation with transpedicular bone grafting for nonunion of osteoporotic vertebral fractures involving the posterior edge / D. Li, Y. Huang, H. Yang [et al.]. // *Eur J Orthop Surg Traumatol.* – 2013. – Vol. 23(1). – P. 21-26. – doi: 10.1007/s00590-011-0928-1.

128. Li, J. Open Surgical Treatments of Osteoporotic Vertebral Compression Fractures / J. Li, L. Xu, Y. Liu [et al.] // *Orthop Surg.* – 2023. – Vol. 15(11). – P. 2743-2748. – doi: 10.1111/os.13822.

129. Li, S. Clinical outcome and surgical strategies for late post-traumatic kyphosis after failed thoracolumbar fracture operation: Case report and literature review

/ S. Li, Z. Li, W. Hua [et al.] // *Medicine (Baltimore)*. – 2017. – Vol. 96(49). – P. 356-367. – doi: 10.1097/MD.00000000000008770.

130. Li, W. Machine Learning Applications for the Prediction of Bone Cement Leakage in Percutaneous Vertebroplasty / W. Li, J. Wang, W. Liu [et al.] // *Front Public Health*. – 2021. – Vol. 9. – P. 812023. – doi: 10.3389/fpubh.2021.812023.

131. Li, Z. Efficacy analysis of percutaneous pedicle screw fixation combined with percutaneous vertebroplasty in the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures with kyphosis / Z. Li, Y. Wang, Y. Xu [et al.] // *J Orthop Surg Res*. – 2020. – Vol. 15(1). – P. 53. – doi: 10.1186/s13018-020-1583-1.

132. Lindsay, R. Risk of new vertebral fracture in the year following a fracture / R. Lindsay, S.L. Silverman, C. Cooper [et al.]. // *JAMA*. – 2001. – Vol. 285(3). – P. 320-323.

133. Liu, D. Biomechanical study of injectable hollow pedicle screws for PMMA augmentation in severely osteoporotic lumbar vertebrae: effect of PMMA distribution and volume on screw stability / D. Liu, J. Sheng, H.H. Wu [et al.]. // *J Neurosurg Spine*. – 2018. – Vol. 29(6). – P. 639-646. – doi: 10.3171/2018.4.SPINE171225.

134. Matsukawa, K. Cortical bone trajectory for lumbosacral fixation: penetrating S-1 endplate screw technique: technical note / K. Matsukawa, Y. Yato, T. Kato [et al.] // *J Neurosurg Spine*. – 2014. – Vol. 21(2). – P. 203-209. – doi: 10.3171/2014.3.SPINE13665.

135. Melton, L.J. Epidemiology of vertebral fractures in women / L.J. Melton, S.H. Kan, M.A. Frye [et al.] // *Am J Epidemiol*. – 1989. – Vol. 129. – P. 1000-1011.

136. Musbahi, O. Vertebral compression fractures / O. Musbahi, A.M. Ali, H. Hassany [et al.] // *Br J Hosp Med (Lond)*. – 2018. – Vol. 79(1). – P. 36-40. – doi: 10.12968/hmed.2018.79.1.36.

137. Osteoporosis: fragility fracture risk, Costing report, 2012 // National Institute for Health and Care Excellence. – Режим доступа: www.nice.org.uk/guidance/cg146/resources/costing-report-pdf-186811885.

138. Neuner, J.M. Diagnosis and treatment of osteoporosis in patients with vertebral compression fractures / J.M. Neuner, J.K. Zimmer, M.B. Hamel // *J. Am. Geriatr. Soc.* – 2003. – Vol. 51(4). – P. 483-491.

139. Nguyen, T.V. Osteoporotic vertebral burst fractures with neurologic compromise / T.V. Nguyen, S. Ludwig, D. Gelb // *J Spin. Disord. Tech.* – 2003. -Vol. 16(1). – P. 10-19.

140. Niu, J. Characteristics of Osteoporotic Low Lumbar Vertebral Fracture and Related Lumbosacral Sagittal Imbalance / J. Niu, T. Feng, C. Huang [et al.] // *Orthopedics.* – 2021. – Vol. 44(1). – P. e7-e12. – doi: 10.3928/01477447-20201028-05.

141. Oberkircher, L. Anterior cement augmentation of adjacent levels after vertebral body replacement leads to superior stability of the corpectomy cage under cyclic loading-a biomechanical investigation / L. Oberkircher, A. Krüger, D. Hörth [et al.]. // *Spine J.* – 2018. – Vol. 18(3). – P. 525-531. – doi: 10.1016/j.spinee.2017.10.068.

142. Pehlivanoglu, T. Unilateral posterior surgery for severe osteoporotic vertebrae fractures' sequelae in geriatric population: minimum 5-year results of 109 patients / T. Pehlivanoglu, Y. Erdag, I. Oltulu [et al.]. // *Neurospine.* – 2021. – Vol. 18(2). – P. 319-327.

143. Pekmezci, M. Integrity of Damage Control Posterior Spinal Fusion Constructs for Patients with Polytrauma: A Biomechanical Investigation / M. Pekmezci, S. Herfat, A.A. Theologis [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976).* – 2015. – Vol. 40(23). – P. E1219-E1225. – doi: 10.1097/BRS.0000000000001058.

144. Perry, J.P. Simultaneous screening for osteoporosis at CT colonography: Bone mineral density assessment using MDCT attenuation techniques compared with the DXA reference standard / J.P. Perry, L.J. Lee, del Rio A. Muñoz [et al.] // *J Bone Miner Res.* – 2011. – Vol. 26(9). – P. 2194-2203. – doi: 10.1002/jbmr.428.

145. Plais, N. Simplified Pedicle Subtraction Osteotomy for Osteoporotic Vertebral Fractures / N. Plais, C. Mengis, J.M. Gallego Bustos [et al.] // *Int J Spine Surg.* – 2021. – Vol. 15(5). – P. 1004-1013. – doi: 10.14444/8129.

146. Ponte, A. What is a true Ponte osteotomy / A. Ponte // 48th Annual Meeting & Course. Half-day Courses. – Lion, France, 2013. – P. 63-65.
147. Qin, Z. Transpedicular Interbody Bone Grafting in the Treatment of Senile Osteoporotic Vertebral Fracture / Z. Qin, H. Liu, G. Chen [et al.] // Pak J Med Sci. – 2017. – Vol. 33(5). – P. 1166-1170. – doi: 10.12669/pjms.335.12908.
148. Quan, Q. New Research Progress of Modified Bone Cement Applied to Vertebroplasty / Q. Quan, X. Gongping, N. Ruisi // World Neurosurg. – 2023. – Vol. 176. – P. 10-18. – doi: 10.1016/j.wneu.2023.04.048.
149. Ranade, M. Vertebroplasty: for whom and when / M. Ranade, R. Geeraert, H. Pandit // Maturitas. – 2018. – Vol. 118. – P. 76-77. – doi: 10.1016/j.maturitas.2018.07.005.
150. Reeve, J. The European Prospective Osteoporosis Study / J. Reeve // Osteoporos Int. – 1996. – Vol. 6(3). – P. 16-18.
151. Robinson, Y. Complications and safety aspects of kyphoplasty for osteoporotic vertebral fractures: a prospective follow-up study in 102 consecutive patients / Y. Robinson, S.K. Tschoke, P.F. Stahel [et al.] // Patient Saf Surg. – 2008. – Vol. 2. – P. 2. – doi: 10.1186/1754-9493-2-2.
152. Rometsch, E. Does Operative or Nonoperative Treatment Achieve Better Results in A3 and A4 Spinal Fractures Without Neurological Deficit?: Systematic Literature Review With Meta-Analysis / E. Rometsch, M. Spruit, R. Härtl [et al.] // Global Spine J. – 2017. – Vol. 7(4). – P. 350-372. – doi: 10.1177/2192568217699202.
153. Roussouly, P. Classification of the normal variation in the sagittal alignment of the human lumbar spine and pelvis in the standing position / P. Roussouly, S. Gollogly, E. Berthonnaud [et al.] // Spine (Phila Pa 1976). – 2005. – Vol. 30(3). – P. 346-353. – doi: 10.1097/01.brs.0000152379.54463.65.
154. Scheyerer, M.J. Hounsfield units als Maß für die Knochendichte – Anwendungsmöglichkeiten in der Wirbelsäulenchirurgie [Hounsfield units as a measure of bone density-applications in spine surgery] / M.J. Scheyerer, B. Ullrich, G. Osterhoff

[et al.] // Unfallchirurg. – 2019. – Vol. 122(8). – P. 654-661. – doi: 10.1007/s00113-019-0658-0.

155. Schiaich, C. Reduced pulmonary function in patients with spinal osteoporotic fractures / C. Schiaich, H.W. Minne, T. Bruckner [et al.] // Osteoporos Int. – 1998. – Vol. 8. – P. 261-267.

156. Schnake, K.J. Classification of Osteoporotic Thoracolumbar Spine Fractures: Recommendations of the Spine Section of the German Society for Orthopaedics and Trauma (DGOU) / K.J. Schnake, T.R. Blattert, P. Hahn [et al.]. // Global Spine J. – 2018. – Vol. 8(2). – P. 46S-49S. – doi: 10.1177/2192568217717972.

157. Schnake, K.J. Minimal-invasive Stabilisierung bei thorakolumbalen osteoporotischen Frakturen [Minimally invasive stabilization of thoracolumbar osteoporotic fractures] / K.J. Schnake, M.J. Scheyerer, U.J.A. Spiegl [et al.] // Unfallchirurg. – 2020. – Vol. 123(10). – P. 764-773. – doi: 10.1007/s00113-020-00835-1.

158. Scholz, M. Prospective randomized controlled comparison of posterior vs. posterior-anterior stabilization of thoracolumbar incomplete cranial burst fractures in neurological intact patients: the RASPUTHINE pilot study / M. Scholz, F. Kandziora, T. Tschauder [et al.] // Eur Spine J. – 2018. – Vol. 27(12). – P. 3016-3024. – doi: 10.1007/s00586-017-5356-4.

159. Schreiber, J.J. An association can be found between hounsfield units and success of lumbar spine fusion / J.J. Schreiber, A.P. Hughes, F. Taher [et al.] // HSS J. – 2014. – Vol. 10(1). – P. 25-29. – doi: 10.1007/s11420-013-9367-3.

160. Schulze, M. Biomechanical characteristics of pedicle screws in osteoporotic vertebrae-comparing a new cadaver corpectomy model and pure pull-out testing / M. Schulze, D. Gehweiler, O. Riesenbeck [et al.]. // J Orthop Res. – 2017. – Vol. 35(1). – P. 167-174. – doi: 10.1002/jor.23237.

161. Schwab, F. The comprehensive anatomical spinal osteotomy classification / F. Schwab, B. Blondel, E. Chay [et al.] // Neurosurgery. – 2014. – Vol. 74(1). – P. 112-120. – doi: 10.1227/NEU.0000000000000182.

162. Sehmisch, S. Posterior vertebral column resection (PVCR) zur Korrektur von Hyperkyphosen bei osteoporotischen Frakturen der Brustwirbelsäule [Posterior vertebral column resection for correction of kyphotic deformity due to osteoporotic fractures of the thoracic spine] / S. Sehmisch, W. Lehmann, M. Dreimann [et al.]. // *Oper Orthop Traumatol.* – 2019. – Vol. 31(4). – P. 311-320. – doi: 10.1007/s00064-019-0616-6.

163. Sehmisch, S. Posterior vertebral column resection (PVCR) zur Korrektur von Hyperkyphosen bei osteoporotischen Frakturen der Brustwirbelsäule [Posterior vertebral column resection for correction of kyphotic deformity due to osteoporotic fractures of the thoracic spine] / S. Sehmisch, W. Lehmann, M. Dreimann [et al.]. // *Oper Orthop Traumatol.* – 2019. – Vol. 31(4). – P. 311-320. – doi: 10.1007/s00064-019-0616-6.

164. Sekiguchi, I. Diagonal Trajectory Posterior Screw Instrumentation for Compromised Bone Quality Spine: Groove-Entry Technique/Hooking Screw Hybrid / I. Sekiguchi, N. Takeda, N. Ishida // *Spine Surg Relat Res.* – 2018. – Vol. 2(4). – P. 309-316. – doi: 10.22603/ssrr.2018-0002.

165. Shen, M. Osteoporotic vertebral compression fractures: a review of current surgical management techniques / M. Shen, Y. Kim // *Am J Orthop.* – 2007. – Vol. 36(5). – P. 241-248.

166. Shikata, J. Surgical treatment for paraplegia resulting from vertebral fractures in senile osteoporosis / J. Shikata, T. Yamamuro, H. Iida [et al.] // *Spine.* – 1990. – Vol. 15. – P. 485-489.

167. Shimode, M. Spinal wedge osteotomy by a single posterior approach for correction of severe and rigid kyphosis or kyphoscoliosis / M. Shimode, T. Kojima, K. Sowa // *Spine.* – 2002. – Vol. 27. – P. 2260-2267.

168. Silverman, S.L. The clinical consequences of vertebral compression fracture / S.L. Silverman // *Bone.* – 1992. – Vol. 13(2). – P. 27-31.

169. Smith-Petersen, M. Osteotomy of the spine for correction of flexion deformity in rheumatoid arthritis / M. Smith-Petersen, C. Larson, O. Aufranc // *Clin Orthop Relat Res.* – 1969. – Vol. 66. – P. 6-9.

170. Spiegl, U.J. Which anatomic structures are responsible for the reduction loss after hybrid stabilization of osteoporotic fractures of the thoracolumbar spine? / U.J. Spiegl, A.B. Ahrberg, C. Anemüller [et al.]. // *BMC Musculoskelet Disord.* – 2020. – Vol. 21(1). – P. 54. – doi: 10.1186/s12891-020-3065-3.

171. Spiegl, U.J. The conservative treatment of traumatic thoracolumbar vertebral fractures – a systematic review / U.J. Spiegl, K. Fischer, J. Schmidt [et al.] // *Dtsch Arztebl Int.* – 2018. – Vol. 115. – P. 697-704. – doi: 10.3238/arztebl.2018.0697.

172. Spiegl, U.J. Incomplete burst fractures of the thoracolumbar spine: a review of literature / U.J. Spiegl, C. Josten, B.M. Devitt [et al.] // *Eur Spine J.* – 2017. – Vol. 26(12). – P. 3187-3198. – doi: 10.1007/s00586-017-5126-3.

173. Spiegl, U.J.A. Treatment and Outcome of Osteoporotic Thoracolumbar Vertebral Body Fractures with Deformation of Both Endplates with or Without Posterior Wall Involvement (OF 4): Short-Term Results from the Prospective EOFTT Multicenter Study / U.J.A. Spiegl, P. Schenk, K.J. Schnake [et al.] // *Global Spine J.* – 2023. – Vol. 13(1). – P. 36S-43S. – doi: 10.1177/21925682221140831.

174. Staples, M.P. Effectiveness of vertebroplasty using individual patient data from two randomised placebo-controlled trials: meta-analysis / M.P. Staples, D.F. Kallmes, B.A. Comstock [et al.] // *BMJ.* – 2011. – Vol. 343. – P. 39-52.

175. Takenaka, S. Major surgical treatment of osteoporotic vertebral fractures in the elderly: a comparison of anterior spinal fusion, anterior-posterior combined surgery and posterior closing wedge osteotomy / S. Takenaka, Y. Mukai, N. Hosono [et al.] // *Asian Spine J.* – 2014. – Vol. 8(3). – P. 322-330. – doi: 10.4184/asj.2014.8.3.322.

176. Tang, B. Risk Factors for Cement Leakage in Percutaneous Vertebroplasty for Osteoporotic Vertebral Compression Fractures: An Analysis of 1456 Vertebrae Augmented by Low-Viscosity Bone Cement / B. Tang, L. Cui, X. Chen [et al.] // *Spine*

(Phila Pa 1976). – 2021. – Vol. 46(4). – P. 216-222. – doi: 10.1097/BRS.00000000000003773.

177. Tempel, Z.J. Impaired bone mineral density as a predictor of graft subsidence following minimally invasive transpoas lateral lumbar interbody fusion / Z.J. Tempel, G.S. Gandhoke, D.O. Okonkwo [et al.] // *Eur Spine J.* – 2015. – Vol. 24 Suppl 3. – P. 414-419. – doi: 10.1007/s00586-015-3844-y.

178. Thillainadesan, J. Long-term outcomes of vertebroplasty for osteoporotic compression fractures / J. Thillainadesan, G. Schlaphoff, K.A. Gibson [et al.] // *J Med Imaging Radiat Oncol.* – 2010. – Vol. 54(4). – P. 307-314. – doi: 10.1111/j.1754-9485.2010.02176.x.

179. Tomita, K. Total en bloc spondylectomy for spinal tumors: improvement of the technique and its associated basic background / K. Tomita, N. Kawahara, H. Murakami [et al.] // *J Orthop Sci.* – 2006. – Vol. 11(1). – P. 3-12.

180. Tuan, T.A. Cement Leakage in Percutaneous Vertebroplasty for Multiple Osteoporotic Vertebral Compression Fractures: A Prospective Cohort Study / T.A. Tuan, T.V. Luong, P.M. Cuong [et al.] // *Orthop Res Rev.* – 2020. – Vol. 12. – P. 105-111. – doi: 10.2147/ORR.S255517.

181. Urquhart, J.C. Treatment of thoracolumbar burst fractures: extended follow-up of a randomized clinical trial comparing orthosis versus no orthosis / J.C. Urquhart, O.A. Alrehaili, C.G. Fisher [et al.] // *J Neurosurg Spine.* – 2017. – Vol. 27(1). – P. 42-47. – doi: 10.3171/2016.11.SPINE161031.

182. Vaccaro, A.R. Diagnosis and management of thoracolumbar spine fractures / A.R. Vaccaro, D.H. Kim, D.S. Brodke [et al.] // *Instructional Course Lectures.* – 2004. – Vol. 53. – P. 359-373.

183. Vaccaro, A.R. The surgical algorithm for the AOSpine thoracolumbar spine injury classification system / A.R. Vaccaro, G.D. Schroeder, C.K. Kepler [et al.] // *Eur Spine J.* – 2016. – Vol. 25(4). – P. 1087-1094. – doi: 10.1007/s00586-015-3982-2.

184. Wang, Q. Application and modification of bone cement in vertebroplasty: A literature review / Q. Wang, J.F. Dong, X. Fang [et al.] // *Jt Dis Relat Surg.* – 2022. – Vol.

33(2). – P. 467-478. – doi: 10.52312/jdrs.2022.628. Epub 2022.

185. Waqar, M. Short versus long-segment posterior fixation in the treatment of thoracolumbar junction fractures: a comparison of outcomes / M. Waqar, D. Van-Popta, D.G. Barone [et al.]. // *Br J Neurosurg.* – 2017. – Vol. 31(1). – P. 54-57. – doi: 10.1080/02688697.2016.1206185.

186. Watanabe, K. Surgical outcomes of spinal fusion for osteoporotic vertebral fracture in the thoracolumbar spine: Comprehensive evaluations of 5 typical surgical fusion techniques / K. Watanabe, K. Katsumi, M. Ohashi [et al.] // *J Orthop Sci.* – 2019. – Vol. 24(6). – P. 1020-1026. – doi: 10.1016/j.jos.2019.07.018.

187. Wei, H. Posterior fixation combined with vertebroplasty or vertebral column resection for the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures with intravertebral cleft complicated by neurological deficits / H. Wei, C. Dong, Y. Zhu [et al.] // *Biomed Res Int.* – 2019. – Vol. 2019. – P. 4126818.

188. Weiser, L. Cement augmentation versus extended dorsal instrumentation in the treatment of osteoporotic vertebral fractures: a biomechanical comparison / L. Weiser, M. Dreimann, G. Huber [et al.] // *Bone Joint J.* – 2016. – Vol. 98-B(8). – P. 1099-1105. – doi: 10.1302/0301-620X.98B8.37413.

189. Wood, K.B. Management of thoracolumbar spine fractures / K.B. Wood, W. Li, D.R. Lebl [et al.] // *Spine J.* – 2014. – Vol. 14(1). – P. 145-164. – doi: 10.1016/j.spinee.2012.10.041.

190. Wu, Y. The stability of long-segment and short-segment fixation for treating severe burst fractures at the thoracolumbar junction in osteoporotic bone: A finite element analysis / Y. Wu, C.H. Chen, F.Y. Tsuang [et al.] // *PLoS One.* – 2019. – Vol. 14(2). – P. e0211676. – doi: 10.1371/journal.pone.0211676.

191. Wuisman, P.I. Augmentation of (pedicle) screws with calcium apatite cement in patients with severe progressive osteoporotic spinal deformities: an innovative technique / P.I. Wuisman, M. Van Dijk, H. Staal [et al.] // *Eur Spine J.* – 2000. – Vol. 9(6). – P. 528-533. – doi: 10.1007/s005860000169.

192. Xiao, Z.L. effect of transpedicular intervertebral bone graft after posterior

pedicle screw fixation of thoracolumbar fractures in senile-osteoporotic vertebral fracture patients / Z.L. Xiao, Y.X. Shan, S.S. Hu [et al.] // *Prog Mod Biomed.* – 2014. – Vol. 14(23). – P. 4491-4493. – doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2014.23.024.

193. Xu, Z. Surgical options for symptomatic old osteoporotic vertebral compression fractures: a retrospective study of 238 cases / Z. Xu, D. Hao, L. Dong [et al.] // *BMC Surg.* – 2021. – Vol. 21(1). – P. 22. – doi: 10.1186/s12893-020-01013-1.

194. Xu, Z. Effectiveness of long segment fixation combined with vertebroplasty for severe osteoporotic thoracolumbar compressive fractures / Z. Xu, W. Xu, C. Wang [et al.]. // *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi.* – 2013. – Vol. 27(11). – P. 1331-1337.

195. Zhang, D. Treatment of chronic thoracolumbar osteoporotic fractures combined with kyphosis with cement-injectable cannulated pedicle screw and multiple level Schwab grade I osteotomy / D. Zhang, W. Zhang, X. Zhou [et al.] // *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi.* – 2020. – Vol. 34(12). – P. 1533-1538. – doi: 10.7507/1002-1892.202006129.

196. Zhang, Y. SRS-Schwab grade IV osteotomy combined with satellite rod for thoracolumbar old osteoporotic fracture with severe kyphosis / Y. Zhang, Q. Zhao, X. Qin [et al.] // *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi.* – 2019. – Vol. 33(3). – P. 259-264. – doi: 10.7507/1002-1892.201808022.

197. Zhang, Z. Risk factors analysis of adjacent fractures after percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fracture / Z. Zhang, Q. Jing, R. Qiao [et al.] // *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi.* – 2021. – Vol. 35(1). – P. 20-25. – doi: 10.7507/1002-1892.202008044.

198. Zhou, J. Pedicle Subtraction Osteotomy Assisted with Anterior Column Reconstruction for Treatment of Chronic Osteoporotic Vertebral Compression Fracture / J. Zhou, Y. Ma, F. Wang [et al.] // *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi.* – 2016. – Vol. 30(5). – P. 575-579. – doi: 10.7507/1002-1892.20160116.

199. Zou, D. Computed tomography Hounsfield unit-based prediction of pedicle screw loosening after surgery for degenerative lumbar spine disease / D. Zou, A.

Muheremu, Z. Sun [et al.] // J Neurosurg Spine. – 2020. – Vol. 32(5). – P. 716-721. – doi: 10.3171/2019.11.SPINE19868.