Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

На правах рукописи

Тахмазян Карапет Карапетович

Хирургическое лечение повреждений грудного и поясничного отделов позвоночника на фоне сниженной минеральной плотности костной ткани

3.1.8 – травматология и ортопедия

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:
Афаунов Аскер Алиевич,
доктор медицинских наук, профессор

Краснодар – 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ **4**

Глава 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ **9**

1.1. Эпидемиология переломов позвоночника на фоне сниженной минеральной плотности костной ткани 9

1.2. Диагностика остеопоротических переломов позвоночника 10

1.3. Консервативное лечение остеопоротических переломов позвоночника 12

1.4. Хирургические методы лечения переломов позвоночника на фоне остеопороза 13

1.4.1. Пункционная вертебропластика *13*

1.4.2. Остеосинтез позвоночника *17*

Глава 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ **22**

2.1. Материалы исследования 22

2.1.1. Материалы экспериментальной части исследования *22*

2.1.2. Материалы клинической части исследования *25*

2.2. Методы исследования 38

2.2.1. Методы экспериментальной части исследования *38*

2.2.2. Методы обследования больных *43*

2.2.3. Статистический метод исследования *44*

2.3. Используемые средства 45

Глава 3. ИЗУЧЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ИМПЛАНТАЦИИ РАЗЛИЧНЫХ ТРАНСПЕДИКУЛЯРНЫХ ФИКСАТОРОВ В ПОЗВОНКИ С ПОНИЖЕННОЙ МИНЕРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТЬЮ КОСТНОЙ ТКАНИ.. 47

3.1. Экспериментальное изучение механических свойств костной ткани тел позвонков 47

3.2. Экспериментальное изучения прочности цементной и бесцементной имплантации транспедикулярных винтов в позвонки с пониженной минеральной плотностью костной ткани 49

Глава 4. ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ С ПЕРЕЛОМАМИ ПОЗВОНОЧНИКА НА ФОНЕ ПОНИЖЕННОЙ ПЛОТНОСТИ КОСТНОЙ ТКАНИ **54**

4.1. Лечение пациентов подгруппы 1.1 54

4.2. Лечение пациентов подгруппы 1.2 55

4.3. Лечение пациентов подгруппы 2.1 57

4.4. Лечение пациентов подгруппы 2.2 58

Глава 5. РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ПЕРЕЛОМАМИ ГРУДНОГО И ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛОВ ПОЗВОНОЧНИКА СНИЖЕННОЙ МИНЕРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ КОСТНОЙ ТКАНИ **60**

5.1. Ближайшие результаты лечения 62
5.2. Отдаленные результаты лечения 64
5.3. Ошибки и осложнения 70

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 78
ВЫВОДЫ 90
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ 92

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ 93

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 94

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность и степень разработанности темы исследования

Согласно данным клинический рекомендаций по лечению осложненной и неосложненной травмы позвоночника от 2021 года, доля травматических повреждений позвоночного столба составляет от 5,5% до 17,8% от общего количества повреждений опорно-двигательного аппарата. Данные многочисленных наблюдений указывают, что наиболее часто повреждаются переходные отделы позвоночника, где на долю грудопоясничного переходного отдела (Th11-L2) приходится около 58,4% травм [6] При этом основное число пострадавших составляют лица молодого трудоспособного возраста от 17 до 45 лет.

Внедрение в клиническую практику травматологии и ортопедии современных хирургических технологий коррекции и стабилизации позвоночника при его повреждениях позволило значительно улучшить результаты лечения данной категории больных [6, 37, 23]. Общепринятым вариантом хирургического лечения при нестабильных повреждениях грудного и поясничного отделов позвоночника стала транспедикулярная фиксация (ТПФ) в изолированном виде, либо в сочетании с межтеловым спондилодезом [18]

В то же время в связи с общим улучшением качества жизни и уровня оказываемой медицинской помощи отмечается повсеместная тенденция старения населения планеты. При этом среди пациентов, получающих повреждения позвоночника все чаще оказываются люди старших возрастных групп (50+), ведущие активный образ жизни. Представители этой достаточно многочисленной категория больных, получают переломы позвонков при отсутствии в анамнезе каких-либо проблем с опорно-двигательным аппаратом, характерных для возрастных пациентов, с остеопорозом. Распространенность патологических переломов тел позвонков при сниженной минеральной плотности костной ткани (МПКТ) среди других повреждений скелета составляет около 10% у мужчин и 12,7% у женщин [22].

Анамнестические данные и спондилометрические характеристики переломов у таких пациентов не соответствуют общеизвестным критериям низкоэнергетических переломов. Повреждения являются нестабильными и по современным

представлениям являются показаниями для хирургического лечения (*Клинические рекомендации по лечению острой осложненной и неосложненной травмы позвоночника у взрослых*). Но зачастую при предоперационном обследовании выясняется, что минеральная плотность костной ткани в области предстоящей металлофиксации позвоночника снижена, и соответствует остеопении или начальным проявлениям остеопороза.

В последнее время наблюдается тенденция к увеличению количества операций по поводу переломов позвонков на фоне сниженной МПКТ с применением ТПФ [4]. Современная ТПФ фиксирует все три остеолигаментарные колонны, обеспечивает трехмерную коррекцию, захватывая минимальное количество позвоночно-двигательных сегментов (ПДС) [28]. Но использование стандартных хирургических методов коррекции и стабилизации позвоночника у данных больных сопровождается риском неудовлетворительных результатов. Имеет место угроза миграций конструкций, появление нестабильности и деформаций в травмированных ПДС [59, 139, 114, 126, 86, 82].

Не смотря на большое количество публикаций, посвященных описанному вопросу, методика хирургической стабилизации и тактика лечения нестабильных переломов позвоночника у данной категории больных остается предметом дискуссий. В связи с этим актуальным является поиск оптимальных технических и тактических вариантов хирургической стабилизации, травмированных ПДС в указанных ситуациях.

Цель исследования – обосновать оптимальные технические и тактические варианты хирургической коррекции и стабилизации позвоночника у больных с нестабильными изолированными повреждениями грудных и поясничных позвонков при сниженной минеральной плотности костной ткани.

Задачи исследования

1. Изучить в эксперименте локальную прочность губчатой костной ткани тел грудных и поясничных позвонков.

2. Провести экспериментально-техническое изучение стабильности имплантации транспедикулярных винтов различных конструкций в позвонки с пониженной минеральной плотностью костной ткани.

3. Сравнить динамику функционального восстановления пациентов с переломами грудного и поясничного отделов позвоночника при сниженной минеральной плотности костной ткани после операций в зависимости от выбранного тактического и технического варианта лечения.

4. Выявить факторы, оказывающие негативное влияние на показатели функциональной адаптации больных в раннем и позднем периоде наблюдения.

5. Изучить результаты применения различных способов стабилизации позвоночника при лечении переломов грудного и поясничного отделов на фоне пониженной минеральной плотности костной ткани.

6. Обосновать оптимальные технические и тактические варианты хирургического лечения больных с повреждениями грудного и поясничного отделов позвоночника при пониженной минеральной плотности костной ткани.

Научная новизна

В эксперименте получены новые данные на трупном материале по градиенту локальной прочности губчатой костной ткани тел грудных и поясничных позвонков.

Получены новые экспериментальные данные по прочности цементной имплантации транспедикулярных винтов в позвонки нижнегрудного и поясничного отделов позвоночника.

Впервые предложено применение пункционной вертебропластики с целью профилактики проксимальной переходной несостоятельность (PJF) и дистальной переходной несостоятельности (DJF) при выполнении ТПФ у больных с переломами нижнегрудных и поясничных позвонков при пониженной минеральной плотности костной ткани.

Получены новые данные об отдаленных результатах ТПФ с цементной имплантацией винтов у больных с переломами грудного и поясничного отделов позвоночника при пониженной минеральной плотности костной ткани со сроком катамнеза более 10 лет.

Теоретическая и практическая значимость работы

Полученные в диссертационном исследовании экспериментальные данные дают наглядное представление о преимуществе цементной имплантации винтов в

позвонки с пониженной минеральной плотностью костной ткани. Результаты, полученные в этом разделе работы, явились теоретическим обоснованием применения одноэтапной ТПФ с цементной имплантацией винтов у больных с переломами позвонков в грудном и поясничном отделе. Результаты экспериментального изучения градиента жесткости и предела упругости спонгиозной костной ткани в телах позвонков показали возможные пути увеличения стабильности металлофиксации травмированных ПДС при применении стандартных методик ТПФ с бесцементной имплантацией винтов.

Изученные в диссертации отдаленные результаты лечения больных с переломами позвонков грудного и поясничного отдела позвоночника на фоне сниженной минеральной плотности костной ткани с длительным катамнезом позволил обосновать выбор оптимального тактического и технического варианта хирургического лечения таких повреждений. Применение в клинической практике разработанного метода профилактики PJF (патент РФ № RU2669028C2 от 2018-10-05) у больных с пониженной минеральной плотностью костной ткани существенно уменьшает вероятность данного осложнения в позднем послеоперационном периоде, что имеет большое практическое значение особенно для пожилых пациентов с отягощенным преморбидным фоном.

Положения, выносимые на защиту

1. У больных с переломами грудных и поясничных позвонков на фоне пониженной минеральной плотности костной ткани задняя стабилизация с применением ТПФ с цементной имплантацией винтов не имеет статистически значимых отличий в отдаленных результатах по сравнению с дорзо-вентральной стабилизацией с применением бесцементной ТПФ.

2. Передний корпородез, выполненный в условиях ТПФ с цементной имплантацией винтов у больных с переломами грудных и поясничных позвонков на фоне пониженной минеральной плотности костной ткани, не дает статистически значимых преимуществ в отдаленных результатах лечения по сравнению с изолированной задней стабилизацией ТПФ с цементной имплантацией винтов.

Внедрение полученных данных. Способ профилактики переломов смежных позвонков при транспедикулярной фиксации на фоне остеопороза (патент РФ № RU2669028C2 от 2018-10-05) внедрен в клиническую практику нейрохирургического отделения № 3 государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Научно-исследовательский институт – Краевая клиническая больница № 1 имени профессора С. В. Очаповского» Министерства здравоохранения Краснодарского края; в нейрохирургическом отделении ГБУЗ СК КБ г. Ставрополя, в нейрохирургическом отделении МБУЗ ГБ № 4 г. Сочи, в нейрохирургическом отделении ГБУЗ ММБ г. Нарткала (Республика Кабардино-Балкария).

Апробация работы. Основные положения работы неоднократно доложены на международных, российских и межрегиональных конференциях.

Публикации. По теме диссертации опубликована 12 научных работ, 9 из которых – в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК. Получен 1 патент на изобретение.

Объем и структура работы. Диссертация изложена на 111 страницах компьютерного текста, библиографический указатель содержит 144 источников, из них 42 отечественных и 102 иностранных источника. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, выводов, практических рекомендаций и списка используемой литературы. Содержит 25 рисунков и 16 таблиц.

Личный вклад соискателя в работу. Автором самостоятельно проведен аналитический обзор отечественной и зарубежной литературы по изучаемой проблеме. Соискатель непосредственно участвовал в сборе и анализе клинического материала. Участвовал в лечении 80% тематических больных. Им выполнены статистическая обработка и обобщение результатов исследования, написаны текст диссертации, а также большинство публикаций по теме исследования. Личный вклад автора составляет 90% при получении результатов исследования и 70% – при оформлении публикаций по теме диссертации.

Глава 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Эпидемиология переломов позвоночника на фоне сниженной минеральной плотности костной ткани

Снижение костной массы является предиктором переломов, что значительно ухудшает качество жизни, приводит к нетрудоспособности, инвалидности и даже смертности [105, 66, 89]. Остеопоротические переломы, как правило, происходят вследствие низкой или умеренной травмы в областях скелета с высокой долей трабекулярной кости.

Переломы позвоночника занимают первое место в структуре всех остеопоротических переломов [60]. Самая высокая частота остеопоротических переломов позвонков выявлена в Швеции: 27,8% – у женщин и 26,7% – у мужчин [115]. В США ежегодно регистрируется около 750 тысяч остеопоротических компрессионных переломов позвоночника, а в мире – более 1,4 млн таких случаев [85, 133]. В Китае распространенность остеопоротических деформаций позвонков у женщин в возрасте 50 лет и старше составляет 19,8% [101].

У жителей Москвы, Екатеринбурга и Ярославля в возрасте 50 лет и старше распространенность переломов позвоночника, выявленная при количественной рентгенографии, составила в среднем от 7,2% у мужчин и от 7% у женщин. [20].

В настоящее время проблеме переломов позвоночника на фоне остеопороза посвящено огромное количество работ как в отечественной, так и в зарубежной литературе. При этом существует категория пациентов, которым планируются стабилизирующие операции на грудном или поясничном отделе позвоночника, ранее не обследованных на предмет снижения МПКТ и не имеющих в анамнезе диагноз остеопороз. Зачастую такие пациенты рассматриваются как пациенты с нормальной МПКТ и стабилизирующие оперативные вмешательства выполняются с применением стандартных транспедикулярных фиксаторов. В 2020 году B. Carlson и соавторы опубликовали работу, в которой в рамках предоперационного планирования 296 пациентам выполняли количественную компьютерную томографию поясничного отдела позвоночника. Средний возраст пациентов составлял 63 года, при этом группа старше 50 лет состояла из 248 (83,8%) пациентов, а группа младше 50

лет состояла из 48 (16,7%) пациентов. У 212 (71,6%) пациентов ранее не диагностировалось снижение минеральной плотности костной ткани. В результате у пациентов старше 50 лет остеопения выявлена в 48,8% исследуемых, остеопороз у 17,7%. В группе пациентов младше 50 лет остеопороз не выявлен, остеопения выявлена у 16,7% пациентов, у 129 (43,6%) исследуемых пациентов была выявлена остеопения, и у 44 (14,9%) пациентов – остеопороз [54].

1.2. Диагностика остеопоротических переломов позвоночника

Для диагностики остеопороза настоящее время используются следующие технологии: двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия (ДЭРА), количественная компьютерная томография (ККТ), двухэнергетическая компьютерная томография (КТ), костная ультрасонометрия (КУС), радиографическая абсорбциометрия, цифровая радиограмметрия, исследование биохимических и специфических маркеров [33, 88].

«Золотым стандартом» диагностики остеопороза (ОП) в настоящее время признана ДЭРА, которая проводится с использованием веерной или пучковой технологии. Данный метод исследования определяет содержание кальций гидроксиапатита на единицу поверхности кости, и минеральную плотность костной ткани, в последующем из этих параметров вычисляется проекционная минеральная плотность костной ткани. Таким образом, ДЭРА обеспечивает получение точных и воспроизводимых результатов определения МПКТ [9, 1, 41]. Ее преимуществами являются неинвазивность, короткое время исследования (10–15 мин), низкая лучевая нагрузка, составляющая менее 1/10 от дозы, получаемой при рентгенографии грудной клетки [99].

В современной клинической практике наиболее приемлемый способ оценки МПКТ – это оценка с использованием T- и Z-критериев. Согласно рекомендациям Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), диагностику остеопороза проводят на основании Т-критерия. Нормальными показателями минеральной плотности кости (МПК) считаются показатели Т-критерия до минус 1 (меньше на одно стандартное отклонение от пиковой костной массы). Диагноз «остеопения» ставится при показателях Т-критерия от минус 1 до минус 2,5 стандартного отклонения.

Остеопороз диагностируют при показателях Т-критерия минус 2,5 стандартного отклонения и ниже [39, 113, 99]. Недостатком ДЭРА является неспособность отражать изменения, происходящие в микроархитектуре костной ткани, которые могут ослаблять ее независимо от изменений в плотности кости [78, 165].

Также следует отметить некоторые ограничения и ошибки при использовании метода ДЭРА. Одна из самых существенных ошибок связана с тем, что ДЭРА имеет системную ошибку из-за неравномерности содержания жира в жиросодержащих тканях (жир и желтый костный мозг) различных участков тела и костей. Увеличение жиросодержащих тканей, окружающих кость, неоднородное распределение жира в костном мозге поясничных позвонков при остеопорозе значительно снижает коэффициент поглощения в области измерения и может влиять на числовое значение показателя МПК. Ошибки возникают при измерении МПК позвоночника в прямой проекции на фоне сколиозов, компрессионных переломов, кальцификации аорты, остеофитов. Например, при сколиозе в зависимости от выраженности ротации позвонка плотность костной ткани может значительно варьировать [31, 2, 123, 99, 92, 102, 52].

Преимуществами количественной компьютерной томографии (ККТ) являются раздельный анализ трабекулярной и кортикальной костной ткани, а также одномоментная визуализация остеопоротических переломов позвонков; недостатками являются низкая точность, значительное облучение, высокая стоимость [42]. Преимущество ККТ по сравнению с рентгеновской денситометрией проявляется в случаях определения качественных изменений в позвонках, когда четко визуализируется почти полная резорбция губчатой костной ткани позвонка, что дает возможность прогнозировать высокий риск перелома тела позвонка [17, 12].

При ККТ производится измерение МПКТ в трех проекциях, определяется количество минерализованной костной ткани на объем кости (г/см^3). Данный метод теоретически должен быть лучше двухпространственного определения МПКТ, однако, согласно клиническим данным, его преимущества незначительны. Исследования показали, что оптимальные для клинической практики показатели основываются на двухпространственном определении МПКТ, проводимой при ДЭРА [25].

Костная ультрасонометрия (КУС) имеет ряд особенностей, обусловленных физической сущностью метода. Основные показатели, принимаемые в расчет при работе КУС, это скорость ультразвука (SOS) и широкополосное затухание ультразвука (BUA). На качество КУС влияет значительно больше субъективных факторов, чем при денситометрии. В настоящее время КУС не стандартизирована. Точность и воспроизводимость измерений у КУС ниже, чем у двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии (DXA). Как правило, исследование проводят на пяточной кости, поскольку ей присущ более высокий метаболизм, чем кортикальной, и ее характеристики могут адекватно отражать костные потери в период менопаузы. Периферическую КУС нельзя рассматривать как инструмент для количественной диагностики ОП, также она не может рассматриваться в качестве скринингового метода исследования [9, 35, 112, 99, 42].

Сама по себе низкая МПК не коррелирует с конкретными клиническими симптомами. Диагноз ставится на основании изменений в форме позвонка, визуализирующихся на стандартной рентгенограмме или на изображении DXA [67, 70, 72, 98, 60, 128].

1.3. Консервативное лечение остеопоротических переломов позвоночника

До сих пор не существует общепринятого систематизированного подхода к выбору метода лечения остеопоротических переломов позвоночника в зависимости от степени выраженности остеопороза и характера перелома [26, 4].

Традиционным методом лечения стабильных неосложненных переломов тел позвонков на фоне остеопороза является консервативный, который предусматривает длительный постельный режим, внешнюю иммобилизацию с использованием гипсового или съемного ортопедического корсета, физиотерапию [27, 3, 36, 15, 131, 81]. Недостатком консервативного метода является длительное ограничение активности пострадавших, что приводит к атрофии мышц спины, способствует развитию постиммобилизационного остеопороза, нарушению пищеварения, может стать

причиной пневмонии и даже инсульта [137]. Более 80% пострадавших после консервативного лечения ограничены в бытовой деятельности, а часть из них нуждаются в постороннем уходе [127].

Китайские исследователи рекомендуют применять консервативное лечение лишь при выраженности болевого синдрома по визуально-аналоговой шкале (ВАШ) менее 5 баллов [104, 91]. Опыт многочисленных исследований показывает, что консервативное лечение приводит к снижению интенсивности боли в течение 12 месяцев у 60% больных, в то время как остальные 40% продолжают испытывать сильные боли через год после переломов и нуждаются в хирургическом лечении [91, 131].

1.4. Хирургические методы лечения переломов позвоночника на фоне остеопороза

Целью хирургического лечения переломов тел позвонков, возникших на фоне остеопороза, является создание стабильности и восстановления анатомической оси позвоночника [27]. До 80-х годов прошлого века единственным хирургическим способом лечения компрессионных переломов позвоночника являлись декомпрессия невральных структур с последующим спондилодезом [138, 5, 9]. Однако нередко результаты таких операций были неудовлетворительными вследствие низкой минеральной плотности костной ткани.

В настоящее время в клинической практике широко применяются малоинвазивные способы лечения компрессионных переломов позвонков – вертебропластика и кифопластика.

1.4.1. Пункционная вертебропластика

Суть вертебропластики заключается во введении под контролем электронно-оптического преобразователя (ЭОП) в тело позвонка контрастного костного цемента. За счет заполнения полости деструкции происходит стабилизация переднего опорного комплекса и исчезают патологические микродвижения в теле позвонка, вызыва-

ющие раздражение богато иннервированной надкостницы, что клинически проявляется в виде уменьшения болевого синдрома в пораженном сегменте. Кроме того, этот способ позволяет укрепить тело позвонка, целостность и механические свойства которого были нарушены из-за развития остеопоротического перелома, гемангиомы, или метастаза злокачественной опухоли [24, 14, 58, 119, 138, 132]. В конечном итоге, это повышает качество жизни больного и предупреждает развитие грубой неврологической симптоматики [13].

Впервые пункционная вертебропластика было выполнена в 1984 г. французскими врачами – нейрохирургом P. Galibert и нейрорадиологом H. Deramond – пациенту с гемангиомой тела С2 позвонка. Оказалось, что введение цемента в тело позвонка имеет выраженный обезболивающий эффект [69, 62]. В дальнейшем этот способ лечения стал применяться у больных с компрессионными переломами тел позвонков на фоне остеопороза [47, 84, 91, 141]. Согласно рекомендациям Общества интервенционной радиологии (SIR), показаниями к применению пункционной вертебропластики являются остеопоротические переломы позвоночника давностью более двух недель; обширный остеолиз тел позвонков вследствие доброкачественных или злокачественных опухолей, сопровождающийся болевым синдромом; переломы тел позвонков на фоне остеонекроза [14, 77, 107].

Абсолютными противопоказаниями для проведения пункционной вертебропластики являются асимптоматичные компрессионные переломы позвоночника, оскольчатые переломы тел позвонков, активный остеомиелит пораженного позвонка; коагулопатия, аллергическая реакция на костный цемент; миелопатия на уровне перелома; случаи, когда высота тела позвонка составляет менее 10% его нормальной высоты [14, 75, 107, 43]. Стеноз спинномозгового канала является относительным противопоказанием [119].

До настоящего времени продолжаются дискуссии относительно эффективности пункционной вертебропластики. В 2009 году были опубликованы результаты двух рандомизированных исследований, в которых одной группе пациентов выполняли чрескожную вертебропластику, а контрольной группе больных – плацебо-процедуру, имитирующую вертебропластику [53, 87, 93]. Наблюдения пациентов в

сроки от одного до шести месяцев показали идентичные результаты в обеих группах как в отношении выраженности болевого синдрома, так и функционального состояния больных.

К осложнениям пункционной вертебропластики относятся распространение костного цемента за пределы тела позвонка, его проникновение в просвет позвоночного канала, а также в паравертебральные мягкие ткани [14, 19, 118]. Кроме того, в публикациях сообщается о таких осложнениях, как химические или термальные поражения невральных структур, сдавление нервов, эмболия легочной артерии [79].

Из всех перечисленных осложнений распространение костного цемента в смежный межпозвонковый диск является наиболее серьезным, поскольку, по мнению многих авторов, является причиной развития компрессионных переломов смежных позвонков [65, 95, 130, 106]. По данным Y. J. Rho с соавторами (2012), симптоматические переломы смежных позвонков происходят у 15% больных в течение года после выполнения вертебропластики [122]. Результаты исследования Y. C. Sun с коллегами (2011) показали, что переломы диагностируются в 25% смежных позвонков в среднем через 134±225 (2–1038) дней после вертебропластики [129]. Причем наиболее часто переломы возникают, если цемент распространяется до уровня диска – 44% наблюдений, в 29% случаев переломы диагностируют при вытекании цемента до уровня замыкательной пластинки и реже всего (7%) – если цемент доходит лишь до уровня трабекулярной кости. Авторы также выявили, что переломы чаще возникают, когда цемент распространяется до передней трети диска (50%) по сравнению с задними двумя третями – 33%. J. Blasco с соавторами (2012) подсчитали, что распространение цемента за пределы тела позвонка увеличивает риск перелома смежных позвонков более чем в 7 раз [50]. Результаты экспериментальных исследований демонстрируют, что причиной переломов тел смежных позвонков является жесткость вводимого цемента, которая в 7–10 раз превышает жесткость тел позвонков при остеопорозе [51]. Кадаверное исследование с использованием микро-КТ, выполненное S. Nagaraja с соавторами (2013), позво-

лило установить, что после пункционной вертебропластики давление на вышележащий смежный позвонок и межпозвоночный диск увеличивается в 4 раза [111]. Полученные авторами данные могут служить объяснением высокой частоты переломов, происходящих после выполнения вертебропластики.

Однако существует и противоположное мнение, согласно которому развитие таких переломов является следствием дальнейшего прогрессирования остеопороза и никак не связано с введением и распространением цемента, поскольку частота возникновения таких переломов одинакова как у пациентов после вертебропластики, так и у неоперированных больных [44, 91].

Другими причинами переломов смежных позвонков являются чрезмерное восстановление высоты передней 1/3 тела позвонка [90, 100, 57], низкое содержание в сыворотке крови 25(OH)D и введение цемента в более чем один позвонок во время вертебропластики [106].

К факторам, предрасполагающим к просачиванию цемента, относятся кортикальный дефект замыкательной пластинки и повышенная интенсивность Т2-взвешенного сигнала при выполнении МРТ [108, 76, 79, 144, 103]. K. S. Ryu с соавторами (2002) выполнили 347 операций пункционной вертебропластики 159 пациентам с компрессионными переломами тел позвонков. В 26,5% случаев на послеоперационной КТ было выявлено проникновение костного цемента в эпидуральное пространство, причем авторы установили, что чем больше объем введенного цемента, чем выше вероятность его попадания в эпидуральное пространство [124, 45]. K. Y. На с соавторами (2006) и J. S. Yeom (2003) считают, что распространение цемента за пределы тела позвонка, так же, как и резорбция кости вокруг введенного цемента, гораздо чаще наблюдаются при компрессионном переломе с признаком внутрипозвонковой вакуум-трещины (intravertebral cleft sign) [73, 136].

1.4.2. Остеосинтез позвоночника

При переломах позвоночника на фоне сниженной МПКТ и на фоне ОП, сопровождающихся неврологическими нарушениями вследствие компрессии невральных структур, выраженной нестабильностью позвоночного столба, возникает необходимость в выполнении открытых вмешательств на позвоночнике, при которых выполняется декомпрессия сосудисто-нервных образований с последующей транспедикулярной фиксацией винтами [34, 48, 94].

Однако у пациентов с низкой МПКТ невозможно выполнение жесткой фиксации металлоконструкций в позвонках, что в дальнейшем может привести к миграции элементов конструкции и высокой частоте неудовлетворительных результатов [27, 34, 83, 8, 10].

Для повышения надежности спондилосинтеза при остеопорозе некоторые авторы предлагают протяженные многоуровневые варианты фиксации позвоночника с использованием многовинтовых конструкций [74]. При этом значительно возрастает длительность и травматичность оперативного вмешательства, увеличивается объем кровопотери, риск развития гнойно-воспалительных осложнений [40], что делает такие операции опасными для лиц пожилого возраста с сопутствующими соматическими заболеваниями [34].

Как отечественные, так и зарубежные авторы методом выбора остеосинтеза позвоночника на фоне сниженной МПКТ считают короткосегментарную транспедикулярную фиксацию с дополнительным укреплением винтов в телах позвонков различными материалами [16, 30, 32, 120, 143, 140, 83, 29, 121].

В большинстве случаев для этих целей применяют полиметилметакрилат (PMMA). К его несомненным достоинствам относятся прочность, доступность и низкая стоимость [68, 55, 109, 71]. Первоначально PMMA предназначался для операций на тазобедренном суставе, однако в дальнейшем этот материал был адаптирован для спинальной хирургии. В настоящее время это рентгеноконтрастный цемент, обладающий пониженной экзотермической реакцией для предотвращения некроза окружающих тканей и повреждения нервных структур в случае его вытекания [49].

Однако этот материал не обладает свойствами биорезорбции, что может создать трудности в случае выполнения ревизионных вмешательств [134]. В связи с этим некоторые авторы предлагают для укрепления винтов использовать биодеградируемые цементы, такие как фосфат кальция, апатит кальция, гидроксиапатит, обладающие высокой силой сцепления [110, 135, 83, 96].

В некоторых работах описан опыт транспедикулярной фиксации винтами в сочетании с остеопластикой. Так, В. В. Рерих с соавторами (2009) сравнивали результаты использования депротеинизированных костных трансплантатов и аутокости для укрепления винтов при остеосинтезе остеопоротических переломов. Через 6 месяцев после пластики костными аутотрансплантатами имелись признаки резорбции в теле поврежденного позвонка, что привело к значительному прогрессированию кифотической деформации поврежденного сегмента позвоночника и индекса клиновидности тела позвонка. Авторы делают вывод о том, что короткосегментарная фиксация винтами в сочетании с пластикой депротеинизированными костными трансплантатами позволяет сохранить коррекцию и улучшить результаты лечения в отдаленном периоде [30]. Целью исследования Y. Xie с соавторами (2011) было выявить преимущества PMMA и костных аутотрансплантатов при укреплении транспедикулярной фиксации винтами у пациентов с дегенеративным сколиозом на фоне остеопороза. Оценивались продолжительность оперативных вмешательств, объем кровопотери и трансфузии, сроки послеоперационной реабилитации, продолжительность приема оральных анальгетиков, до- и послеоперационные показатели по шкале Oswestry, частота ревизионных вмешательств. Также авторы прослеживали динамику показателей угла деформации по Коббу до и после операции. Результаты исследования не выявили статистически значимых различий между результатами применения обоих методов, за исключением более длительного (3–4 недели) приема анальгетиков при использовании костных аутотрансплантатов, что связано с болезненностью в области подвздошной кости, служащей донорской зоной [140].

В литературе описаны различные методы укрепления винтов костным цементом. Распространенной технологией является транспедикулярная фиксация в сочетании с пункционной вертебропластикой или балонной кифопластикой, при которой тело позвонка укрепляется цементом до введения винтов [16, 125, 48].

Традиционный способ, широко применявшийся ранее, предусматривает три этапа: сверление вспомогательного отверстия, введение в него цемента и, наконец, имплантацию винта. При этом способе невозможно контролировать распределение цемента во время его введения. Это обуславливает высокий риск проникновения цемента в спинномозговой канал, фораминальное отверстие и спинальное венозное сплетение, что может привести к повреждению спинного мозга, нервных окончаний и других жизненно важных структур [61].

В последнее десятилетие для предупреждения подобных осложнений стали широко применяться перфорированные винты, имеющие канал в центре сердечника и несколько отверстий на боковой поверхности в различных направлениях, через которые цемент равномерно распределяется вокруг винта, формируя цементную мантию [34, 109, 46, 117, 116].

Chen L. H. с соавторами (2009) оценивали, как влияет количество боковых отверстий в винтах на распределение цемента. Результаты их исследования показали, что большое количество PMMA вытекало из противоположных проксимальных отверстий, в то время как из дистальных отверстий цемент почти не поступал. Кроме того, тем ближе проксимальное отверстие было расположено к головке винта, тем больше был риск протекания цемента [56].

M. H. Hu с соавторами (2011) изучали, какие факторы влияют на распределение цемента и его вытекание. С этой целью они выполнили компьютерную томографию пациентам, которые были разделены на 2 группы: с использованием перфорированных винтов (группа А) и с применением игл для биопсии (группа В). Результаты их исследования показали, что как в обеих группах цемент распределялся внутри тела позвонка концентрированно – 84,8% и 86,4% соответственно. Вытекание цемента наблюдалось у 18,3% больных группы А и в 13,6% случаев в группе В. Риск вытекания цемента был гораздо выше у пациентов с МПКТ менее 0,6 г/см^2[80].

Несмотря на хорошие клинические результаты применения перфорированных винтов, некоторые авторы напоминают, что чрезвычайная прочность цементной фиксации винтов может создать трудности в случае необходимости выполнения ревизионного вмешательства [61].

Основным осложнением этого метода укрепления винтов является вытекание цемента за пределы тела позвонка. Введение цемента с использованием рентгенконтроля позволяет в случае проникновения цемента в спинномозговой канал немедленно прекратить процедуру [117, 61].

Для решения проблемы, связанной с распространением цемента за пределы тела позвонка, в последние годы была разработана и внедрена в клиническую практику техника минимально инвазивной внутренней фиксации расширяющимися титановыми сетчатыми кейджами без использования цемента, способствующая естественной регенерации костной ткани [143, 64]. Предварительные результаты применения сетчатых титановых имплантатов у ограниченного числа пациентов показали высокую эффективность данного способа для краткосрочного восстановления анатомии тел позвонков и уменьшении болевого синдрома. Однако более длительные сроки наблюдения выявили тенденцию к возобновлению кифотической деформации. Тем не менее рентгенологические результаты применения новой технологии спондилосинтеза при остеопоротических переломах сравнимы с результатами вертебро- и кифопластики, которые давно и широко применяются в клинической практике [112, 142].

Анализ литературных данных показал, что рад авторов считают приемлемым использование консервативных методов для лечения нестабильных повреждений грудного и поясничного отделов позвоночника При этом само понятие «консервативное лечение» весьма неоднородно и включает в себя ряд схем, в основе которых лежат сочетания различного по продолжительности постельного режима, корсетотерапии и лечебной физкультуры, а также немедикоментозных и медикаментозных методов купирования локального болевого синдрома. Наибольшее число сторонников такого подхода в качестве показаний для консервативного лечения указы-

вают в основном на компрессионные переломы типа А1.2, которые могут рассматриваться как нестабильные при наличии локального кифоза 20 градусов. Однако при консервативном лечении таких повреждений достичь полноценного восстановления анатомических взаимоотношений зачастую не удаётся. Длительный период лечения с необходимостью соблюдения значительных ограничений физической активности так же является отрицательной стороной консервативного метода. Сохраняющаяся, а иногда и прогрессирующая посттравматическая деформация, и локальный болевой синдром мотивируют большинство авторов сделать выбор в пользу хирургического лечения.

Современные методики хирургической коррекции и стабилизации при повреждениях позвоночника имеют большое количество сторонников, так как обеспечивают полноценную репозицию травмированных ПДС и функциональное восстановление в относительно короткие сроки. Применение хирургических методов, основанных на ТПФ, не требует длительного постельного режима и корсетотерапии, хотя использование корсетов в послеоперационном периоде практикуется в качестве дополнительной дисциплинирующей меры. Отдельной проблемой хирургической коррекции и стабилизации позвоночника при травмах являются пациенты с пониженной МПКТ. По мнению многих авторов, технические и тактические аспекты применение ТПФ у данных пациентов остаются предметом дискуссий.

Глава 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Материалы исследования

Диссертационное исследование включает экспериментальную и клиническую части. В экспериментальной части проведено две серии экспериментов. Первая серия посвящена изучению механических свойств губчатой кости тела позвонка (n = 6) в зависимости от ее расположения (субхондрально или в середине тела позвонка). Во второй серии изучена прочность костно-цементно-металлического блока и прочность костно-металлического блока в позвонках (n = 16) с пониженной минеральной плотностью костной ткани.

Клиническая часть построена на анализе результатов хирургического лечения 238 больных с нестабильными переломами грудного и поясничного отделов позвоночника при сниженной минеральной плотности костной ткани, проходивших лечение в ГБУЗ «НИИ-ККБ № 1 имени профессора С. В. Очаповского» г. Краснодара в период с 2008 по 2015 годы.

2.1.1. Материалы экспериментальной части исследования

Первый раздел экспериментальной части исследования выполняли на 6 анатомических препаратах позвонков Th_{12} и L_1. Изъятие препаратов проводили на секции у лиц 25–60 летнего возраста, доставляемых в судебно-медицинский морг в срок до 48 часов после смерти в соответствии с требованиями подготовки тканей экспериментальных животных и человека для биомеханических исследований [7]. Причины смерти в указанной группе не оказывали влияния на структуру тканей позвоночника. Перед началом исследования производили визуальную макроскопическую оценку и морфометрию анатомических препаратов. Производили рентгенографию препаратов в стандартных проекциях, которая исключала патологические изменения в структуре позвонков.

В данном эксперименте определяли и сравнивали прочность, жёсткость и предел упругости спонгиозной костной ткани из центральных участков тел позвонков в проекции талии, и из участков, примыкающих к замыкающим пластинам. Для

этого каждый позвонок из изъятых на секции анатомических препаратов разделяли строго по срединной линии на симметричные правую и левую половины (Рисунок 1, А). Из одной половины, из участков тела, примыкающих к замыкающим пластинам, с помощью осцилляторной пилы и долота готовили костные фрагменты, включающие только спонгиозную костную ткань и имевшие форму кубиков с гранью 1×1 см (Рисунок 1, Б). Из второй половины каждого позвонка готовили аналогичные фрагменты, но изъятые из центральных отделов тела (Рисунок 1, В.). В последующем подготовленные таким образом костные препараты подвергались нагрузочному тестированию, методика которого и полученные результаты представлены в соответствующих разделах диссертации.

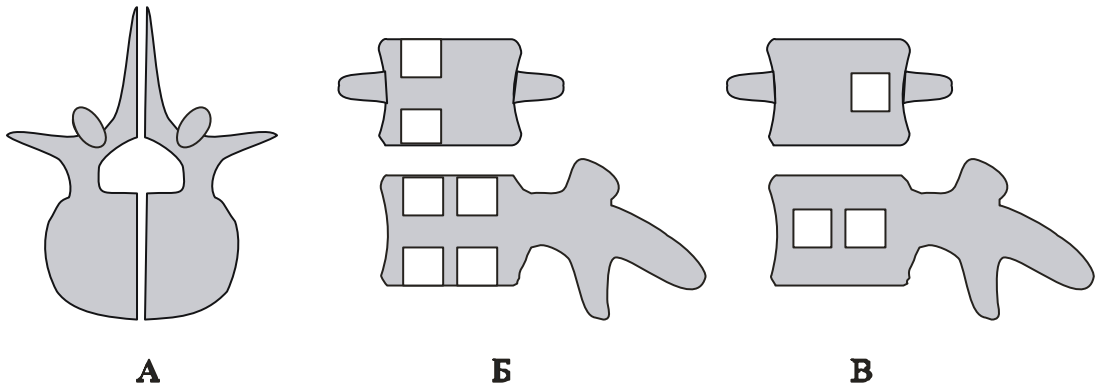
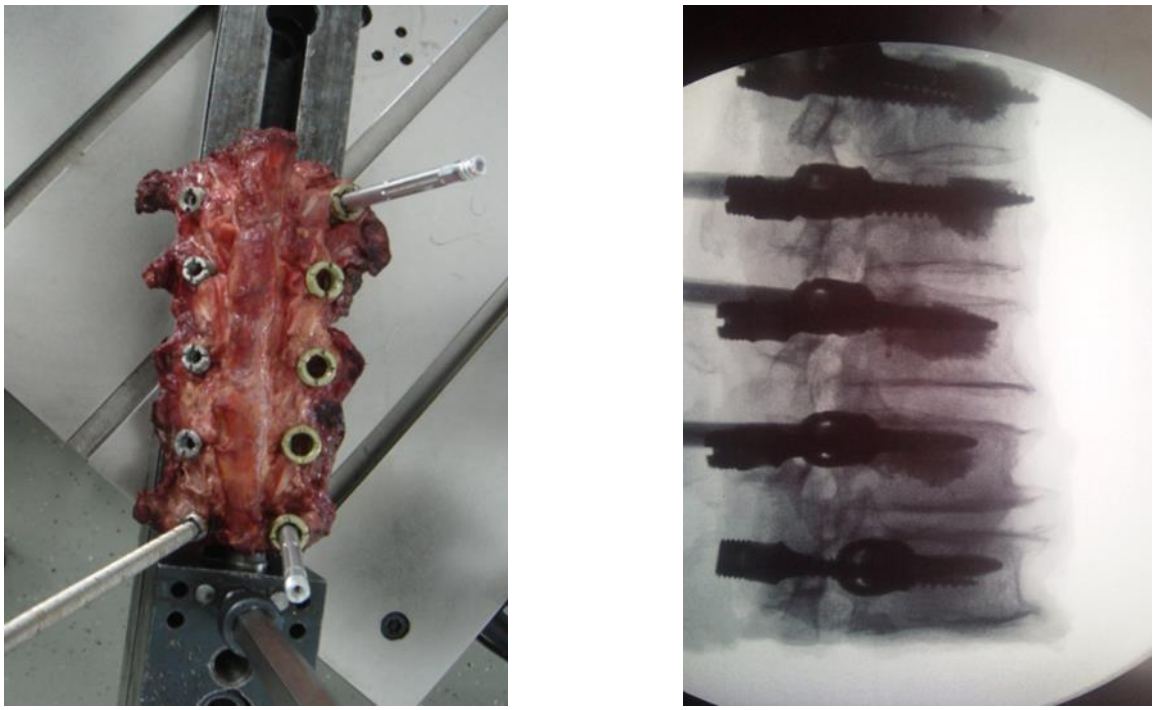


Рисунок 1 – Схема подготовки костных препаратов для определения и сравнения прочности, жёсткости и предела упругости спонгиозной костной ткани из различных участков тел позвонков

Второй раздел экспериментальной части исследования включал 16 опытов, в которых были использованы анатомические препараты блоков позвоночных сегментов Th11 – L3 с полностью сохранёнными дисками и связочными структурами, извлекаемые на секции у лиц женского пола старше 65 лет в сроки 24–48 часов после смерти. Причины смерти в указанной группе, не были связаны с повреждениями позвоночника и не оказывали влияния на структуру тканей позвонков. Изъятие блоков позвоночных сегментов проводили в соответствии с требованиями подготовки тканей экспериментальных животных и человека для биомеханических исследований [31] в морге кафедры судебной медицины Кубанского государственного медицинского университета.

Перед началом исследования производили визуальную макроскопическую оценку и морфометрию анатомических препаратов. Измеряли вертикальный и поперечные размеры позвонков. Производили рентгенографию препаратов в стандартных проекциях, которая исключала патологические изменения в структуре позвонков. После этого во все позвонки анатомических препаратов через корни дуг в тела имплантировали транспедикулярные винты «Синтез» (ООО МТФ «Синтез» г. Санкт-Петербург), диаметром 6,5 мм с длинной резьбовой части 50 мм (Рисунок 2, А).



А **Б**

Рисунок 2 – Внешний вид и рентгенограмма анатомического препарата Th11 – L3 с имплантированными транспедикулярными винтами перед проведением нагрузочных тестов

Винты проводили параллельно замыкательным пластинам, а их конвергенция была оптимальной для данного уровня позвоночника, и составляла 12–18 градусов по отношению к сагиттальной плоскости. При этом в правую часть каждого позвонка имплантировали стандартные винты, широко применяемыми в клинической практике, а в левую часть – канюлированные винты, имплантацию которых осуществляли с использованием костного цемента. Формирование цементной мантии осуществляли после имплантации винтов путём введения костного цемента в

количестве 2,5 мл через канюлю каждого винта с помощью специального инжектора. Корректность проведения винтов и формирования цементной мантии во всех случаях контролировали рентгенографией анатомических препаратов в двух стандартных проекциях (Рисунок 2, Б).

Подготовленные к экспериментам анатомические препараты хранили при температуре минус 18 °С. Перед проведением нагрузочных тестов они размораживались в течение 6–8 часов до комнатной температуры. Методика эксперимента и полученные результаты представлены в соответствующих разделах диссертации.

2.1.2. Материалы клинической части исследования

Клиническая часть настоящего исследования построена на анализе хирургического лечения 238 больных с нестабильными переломами позвонков грудного и поясничного отделов позвоночника при сниженной минеральной плотности костной ткани, проходивших лечение в ГБУЗ «НИИ-ККБ №1 имени профессора С. В. Очаповского» г. Краснодара в период с 2008 по 2015 годы.

Критериями включения в исследование являлись:

– нестабильные изолированные переломы грудных и поясничных позвонков;

– снижение МПКТ позвонков травмированного отдела позвоночника, соответствующее Т-критерию от минус 1,5 до минус 3,2 по данным КТ-денситометрии;

– сохраняющийся болевой синдром (ВАШ 6 и более баллов).

Критерии исключения:

– низкоэнергетическая травма позвоночника;

– отсутствие в анамнезе четкого указания на дату и факт получения травмы позвоночника;

– повторные повреждения позвонков;

– повреждение более одного позвонка;

– вторичный остеопороз, обусловленный системными патологическими состояниями, приемом медикаментов и иными причинами;

– политравма;

– наличие вертеброгенного неврологического дефицита;

– индекс коморбидности Чарлсон более 6 баллов.

Характеристика групп больных:

У всех пациентов хирургическое лечение предполагало выполнение транспедикулярной фиксации четырехвинтовой системой. Все пациенты были разделены на 2 группы в зависимости от способа выполнения ТПФ.

В первую группу вошли 68 пациентов, которым была выполнена транспедикулярная фиксация с бесцементной (стандартной) имплантацией винтов. Хирургическое лечение части пациентов первой группы (n = 56; 82%) проведено в период с 2008 по 2011 годы, у остальных пациентов данной группы (n = 12; 18%) – в период с 2011 по 2015 годы.

Пациенты первой группы были разделены на две подгруппы 1.1 и 1.2 в зависимости от тактики лечения.

В подгруппу 1.1 вошли 49 (20%) пациентов, которым после транспедикулярной фиксации выполнялся передний корпородез в сроки от 7 до 30 дней. Интервал времени между хирургическими этапами у больных в подгруппе 1.1 зависел от восстановления основных показателей гомеостаза. Вскрытие позвоночного канала и переднюю декомпрессию дурального мешка при этом пациентов данной группы не выполняли, в связи с отсутствием показаний. В качестве трансплантатов использовали цельные костные аутотрансплантаты из гребня подвздошной кости (n = 19; 28% больных от количества в группе 1) или импланты контейнерного типа, заполненные измельченной аутокостью (n = 30; 44% больных от количества пациентов в группе 1).

В подгруппу 1.2 вошли 19 (8%) пациентов, у которых хирургическое лечение включало только одну операцию – ТПФ на протяжении двух позвоночно-двигательных сегментов 4-винтовой системой. Данный тактический вариант лечения больных подгруппы 1.2 являлся вынужденной мерой в связи с тем, что передний корпородез не выполняли по причинам, не зависящим от хирургов, из-за наличия сопутствующей патологии, препятствующей проведению второго хирургического этапа, или в связи с отказом пациента от второй операции.

Во вторую группу вошли 170 пациентов, которым выполнялся транспедикулярный остеосинтез поврежденного ПДС транспедикулярными винтами, укрепленными цементной мантией в теле позвонка. Хирургическое лечение части пациентов второй группы (n = 151; 89%) было выполнено в период с 2011 года по 2015 год, а у 19 пациентов этой группы – в период с 2008 года по 2011 год.

Таким образом, большая часть пациентов 1-й группы вошли в группу ретроспективного анализа, а анализ большей части пациентов 2-й группы был выполнен проспективно.

Аналогично первой группе, в зависимости от тактики хирургического лечения пациенты второй группы были разделены на две подгруппы.

В подгруппу 2.1 вошли 85 (36%) пациентов, оперированных в два этапа. Первым этапом выполняли транспедикулярную фиксацию на протяжении двух ПДС с укреплением транспедикулярных винтов цементной мантией. Вторым этапом хирургического лечения производили передний корпородез в сроки от 7 до 30 дней после ТПФ. Интервал времени между хирургическими этапами у больных в подгруппе 2.1 также зависел от восстановления основных показателей гомеостаза. При этом вскрытие позвоночного канала и переднюю декомпрессию дурального мешка пациентов данной группы не выполняли, в связи с отсутствием показаний. В качестве трансплантатов использовали импланты контейнерного типа заполненные измельченной аутокостью.

Подгруппу 2.2 составили 85 (36%) пациентов, которым хирургическое лечение предполагало один этап – ТПФ на протяжении двух сегментов 4-винтовой системой с цементной имплантацией винтов. Передний корпородез в подгруппе 2.2 не выполняли.

Количественное соотношение больных в вышеописанных 4 подгруппах представлено на Рисунке 3.

Распределение массива пациентов, привлеченных к исследованию, по возрастным категориям, проводили с учетом классификации ВОЗ (результаты этого распределения представлены в Таблице 1).

Возраст пациентов составлял от 48 до 85 лет.

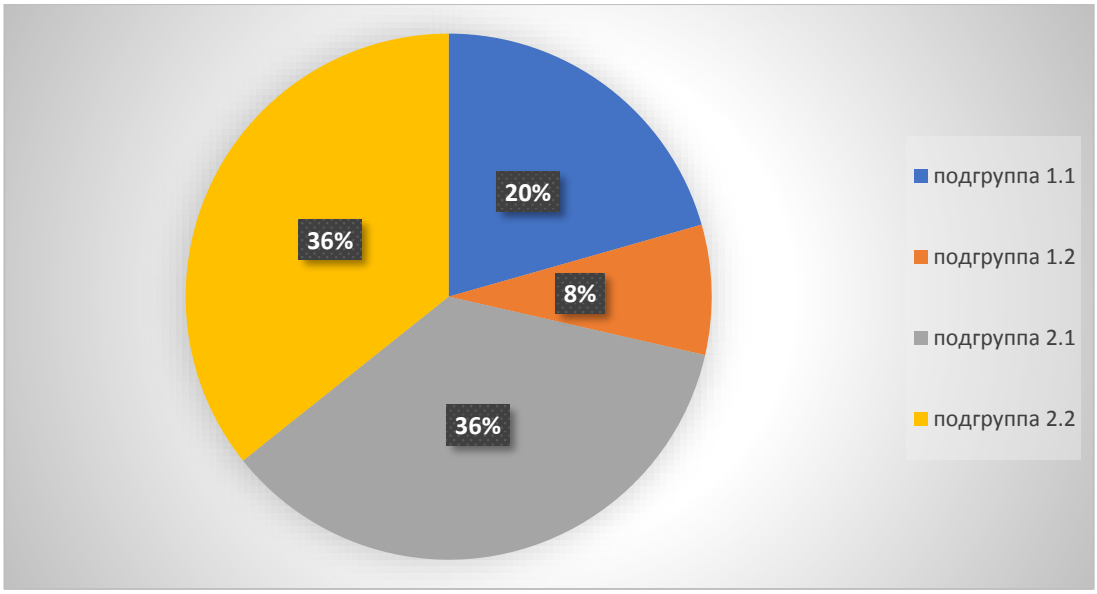


Рисунок 3 – Количественное распределение пациентов по подгруппам

Таблица 1 – Распределение пациентов по возрастным категориям

Возрастные категории по ВОЗ	Подгруппа 1.1	Подгруппа 1.2П	Подгруппа 2.1	Подгруппа 2.2	Критерий сравнения χ^2
45–59 лет (средний возраст)	12 (24,5%)	5 (26,3%)	23 (27,1%)	22 (25,9%)	$\chi^2 = 11,6$; df = 6; p > 0,05
60–74 лет (пожилой возраст)	35 (71,4%)	13 (68,4%)	59 (69,4%)	61 (71,8%)	
75–85 лет (старческий возраст)	2 (4,1%)	1 (5,3%)	3 (3,5%)	2 (2,3%)	

При анализе сопоставимости групп пациентов, включенных в исследование, статистически значимого отличия по возрасту ($\chi^2 = 11,6$; df = 6; p > 0,05) обнаружено не было. Среди пациентов было 185 (77,7%) женщин и 53 (22,3%) мужчины (Таблица 2).

Таблица 2 – Распределение пациентов по гендерному признаку в подгруппах

Параметры	Подгруппа 1.1	Подгруппа 1.2	Подгруппа 2.1	Подгруппа 2.2	Критерий сравнения χ^2
Пол, м/ж	13 (26,5%)	4 (21,1%)	17 (20,0%)	19 (22,3%)	$\chi^2 = 1,2$; df = 3; p = 0,754
	36 (73,4%)	15 (78,9%)	68 (80,0%)	66 (77,6%)	

Относительные доли мужчин и женщин в исследуемых группах были статистически одинаковыми (сравнение проводили с помощью критерия χ^2, p = 0,754 > 0,05), в связи с чем разделение по гендерному признаку в исследовании не использовано.

Больные с повреждением позвоночника поступали для хирургического лечения в различные сроки с момента получения травмы. Распределение больных по срокам с момента травмы до выполнения оперативного вмешательства представлены в Таблице 3.

Таблица 3 – Распределение больных по сроку от момента травмы до операции

Группы	*Срок с момента травмы до операции*				
	до 3 дней	до 10 дней	до 3 недель	до 6 недель	до 8 недель
Группа 1	5 (22,7%)	25 (24,3%)	18 (40,0%)	9 (29,0%)	11 (29,7%)
Группа 2	17 (77,2%)	78 (75,7%)	27 (60,0%)	22 (71,0%)	26 (70,3%)
Критерий сравнения χ^2	$\chi^2 = 4,2$; df = 4; p = 0,379				

Оперативное лечение пациентов, включенных в исследование, было выполнено в различные сроки с момента получения травмы, однако распределение пациентов по данному признаку в группах статистически значимо не отличалось ($\chi^2 = 4,2$; df = 4; p = 0,379).

У пациентов, оперированных в течение первых трех-четырех недель после травмы, решение о проведении хирургического лечения принималось сразу после установления диагноза. Увеличенная продолжительность предоперационного периода была обусловлена сопутствующей общесоматической патологией, необходимостью дообследования и предоперационной подготовки. У больных, оперированных в сроки 6–8 недель после травмы, как правило, предпринималась попытка консервативного лечения. Однако в результате динамического наблюдения и рентгенологического контроля выявлялась отрицательная динамика в виде увеличения угла локального кифоза в травмированном позвоночно-двигательном сегменте (ПДС) и усиления или сохранения болевого синдрома. Вертеброгенных неврологических нарушений травматического генеза в предоперационном периоде у наших больных не было.

Повреждения позвоночника у больных наших групп локализовались от Th7 до L4 (Рисунок 4).

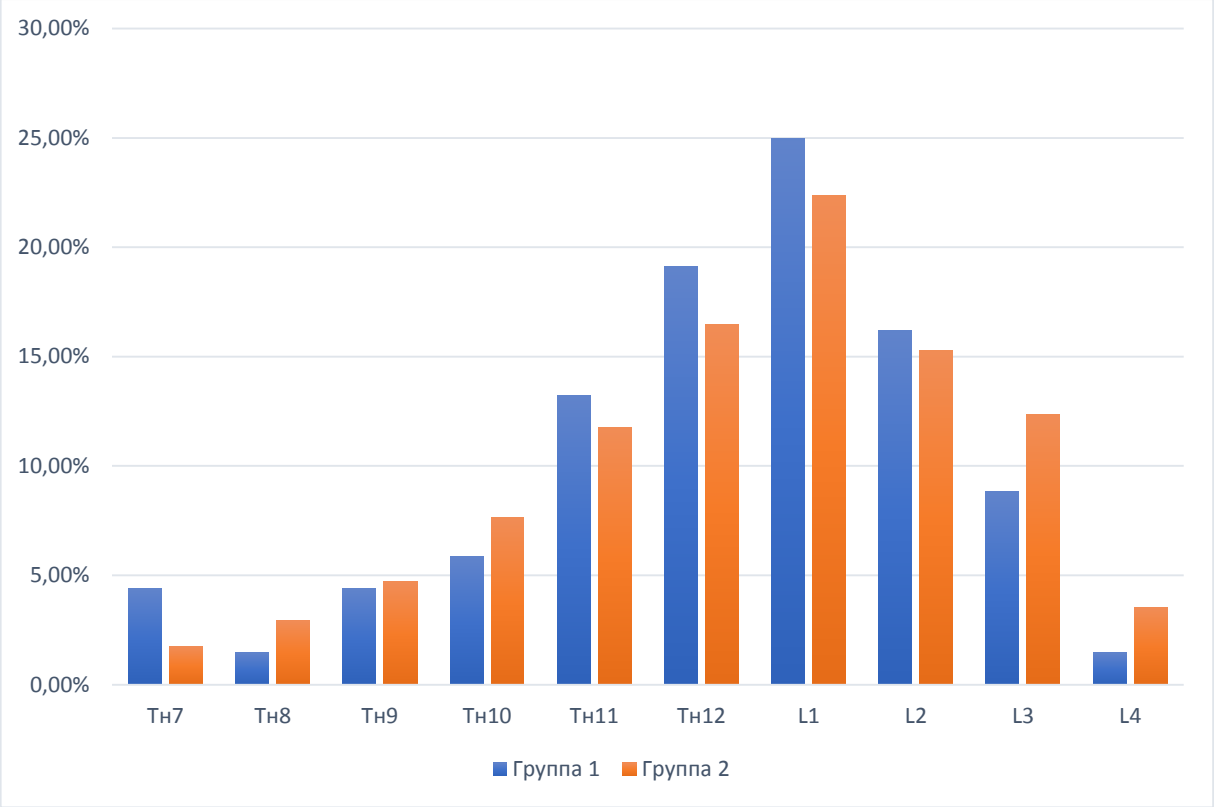


Рисунок 4 – Распределение пациентов в зависимости от локализации перелома позвоночника

Из диаграммы, представленной на Рисунке 4, видно, что наиболее часто повреждения позвоночника приходились на нижне-грудной и верхне-поясничный отделы позвоночника (Тн12 – L1 – L2).

Госпитализация в клинику у наших больных имела три организационных варианта. В первом случае больные доставлялись в приемное отделение с места получения травмы на автомобилях «Скорой помощи». Во втором случае больных переводили в клинику по предварительному согласованию из других лечебных учреждений. И в третьем случае госпитализацию осуществляли в плановом порядке, больные поступали в стационар из дома. Количественное соотношение вариантов госпитализации в клинику среди пациентов первой и второй группы представлено в Таблице 4.

Данные, представленные в Таблице 4, показывают, что в пациенты первой и второй группе не отличались по признаку – «варианты госпитализации», частота встречаемости пациентов с различными путями госпитализации статистически значимо не отличалась ($\chi^2 = 3,9$; $df = 2$; $p = 0,145$).

Таблица 4 – Количественное соотношение вариантов госпитализации в клинику среди пациентов первой и второй группы

Особенности госпитализации	*Количество больных в группах*				*Критерий сравнения*
	Группа 1, n = 68		Группа 2, n = 170		
	n	%	n	%	χ^2 Пирсона
Экстренная, с места происшествия	3	4,4	15	8,8	$\chi^2 = 3,9$; df = 2; p = 0,145
Перевод из другого ЛПУ	40	58,8	112	65,9	
Плановая	25	36,8	43	25,3	

У больных имели место повреждения позвоночника, соответствующие типам $A_{1.2}$, $A_{1.3}$, $B_{1.2}$, $B_{2.3}$. по классификации F. Magerl 1992 г. Во всех случаях ведущим спондилометрическим компонентом травмы являлось повреждение тела позвонка с импрессией и относительно не грубой фрагментацией костных структур, и клиновидной травматической деформацией. Встречающиеся травматические разрушения структур заднего опорного комплекса были не значительными, но формально данные повреждения нами отнесены в категорию В. В 57 случаях (23,9%), среди которых был 18 больных с повреждениями типа А и 39 больных с типом В, нам не удавалось однозначно трактовать подтип повреждения ПДС. Но повреждений позвоночника, относящихся к иным категориям, кроме указанных выше, у исследуемых больных не имелось. Тип А имел место у 138 (58,0%) больных, а тип В был у 100 (42,0%) пациентов, данные представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Распределение больных по типам переломов по классификации АО

Типы переломов	*Количество больных в группах*				
	подгруппа 1.1	подгруппа 1.2	подгруппа 2.1	подгруппа 2.2	Всего, n = 238
Тип $A_{1.2}$	5	3	17	19	n = 44 (19%)
Тип $A_{1.3}$	19	8	32	35	n = 94 (39%)
Тип $B_{1.2}$	11	5	15	16	n = 47 (20%)
Тип $B_{2.3}$	14	3	21	15	n = 53 (22%)

В дальнейшем при анализе результатов лечения, учитывая отсутствие какой-либо разницы в технических и тактических подходах, обусловленных типами и подтипами повреждений, мы решили не разбивать выделенные нами подгруппы по

указанным признака, а условно объединить в два типа: тип А ($A_{1.2}$, $A_{1.3}$) и тип В ($B_{1.2}$, $B_{2.3}$).

Перед операцией больным проводили определение минеральной плотности костной ткани в травмированном отделе позвоночника. В Таблице 6 показано распределение пациентов в зависимости от плотности костной ткани. При этом, учитывая, что по данным КТ-денситометрии значение Т-критерия у одного пациента может быть различным в каждом отдельном позвонке, выделено четыре диапазона значений Т-критерия, в которых распределялись пациенты.

Таблица 6 – Распределение пациентов первой и второй группы в зависимости от минеральной плотности костной ткани

Т-критерий	*Подгруппа и тип*							
	Подгруппа 1.1		Подгруппа 1.2		Подгруппа 2.1		Подгруппа 2.2	
	тип А	тип В	тип А	тип В	тип А	тип В	тип А	тип В
-1,5 – -1,9	6 (12,2%)	21 (42,8%)	3 (15,8%)	7 (36,8%)	12 (14,1%)	34 (40%)	11 (13,2%)	30 (35,3%)
-2,0 – -2,4	15 (30,6%)	4 (8,2%)	7 (36,8%)	1 (5,3%)	29 (34,1%)	2 (2,4%)	32 (37,6%)	1 (1,2%)
-2,5 – -2,9	2 (4,1%)	0 (0,0%)	1 (5,3%)	0 (0,0%)	5 (5,9%)	0 (0,0%)	6 (7,1%)	0 (0,0%)
-3,0 – -3,2	1 (2,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	3 (3,5%)	0 (0,0%)	5 (5,9%)	0 (0,0%)

Представленные данные подтверждают сопоставимость исследуемых подгрупп по минеральной плотности костной ткани позвонков. В то же время Таблица 6 показывает, что Т-критерий большинства пациентов с переломами типа В находился в пределах -1,5 – -1,9, тогда как переломам типа А чаще соответствовали пациенты с меньшими значениями Т-критерия.

Количественные характеристики смещений опорных структур травмированных ПДС определяли с использованием общепринятых спондилометрических критериев по стандартным спондилограммам в двух проекциях и КТ[1]. Выраженность деформаций поврежденного сегмента позвоночника определялась локальным кифозом и индексом клиновидности тела позвонка на рутинных рентгенограммах.

Локальный кифоз в травмированных ПДС в всех подгруппах составлял от 12,3±1,5 до 12,7±1,3 градусов (по Cobb) при переломах типа А и от 13,6±1,4 до

[1] Ульрих Э. В., Мушкин А. Ю. Вертебрология в терминах, цифрах, рисунках. СПб.: ЭЛБИ-СПб, 2002. 186 с.

15,1±1,2 градусов (по Cobb) при переломах типа В[1]. При этом мы не выявили достоверной зависимости величины локального кифоза от типа перелома позвонков (Рисунок 5).

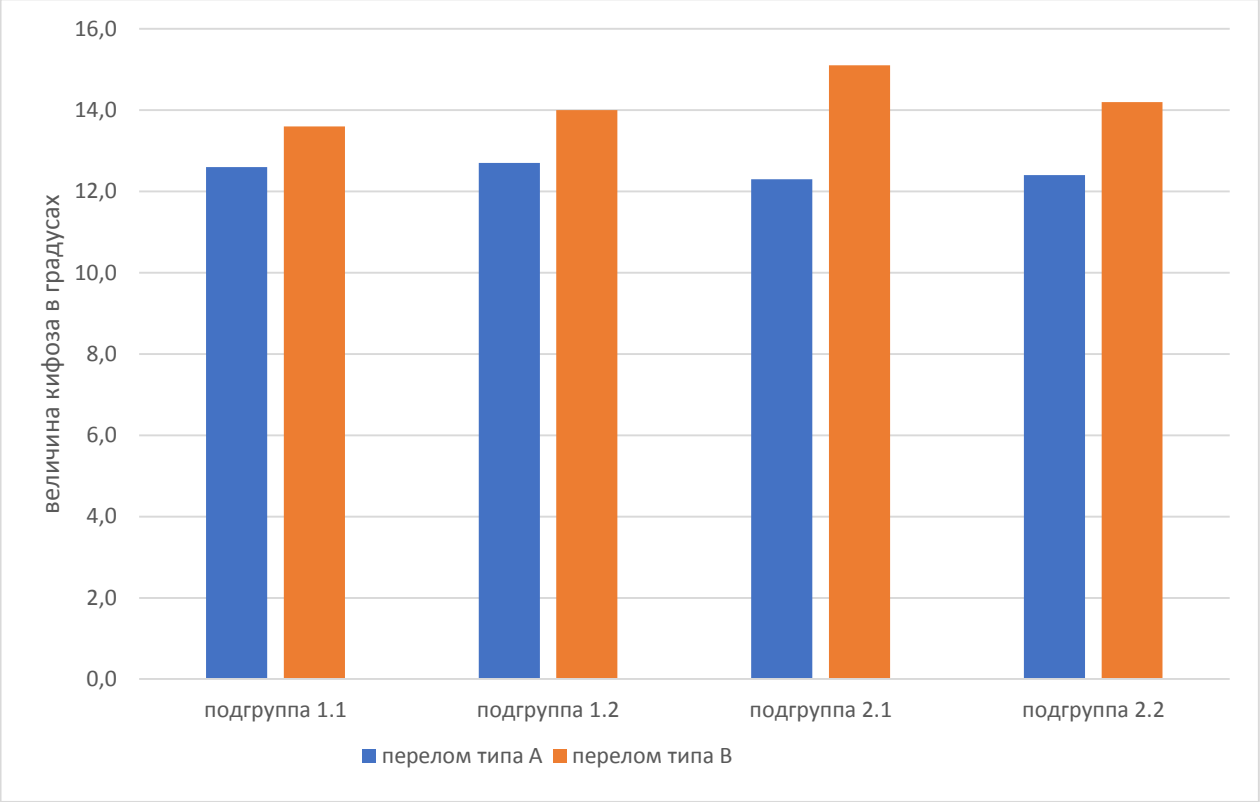


Рисунок 5 – Величина локального кифоза в подгруппах

Данные, представленные на Рисунке 5, показывают, что значение величины локального кифоза в сравниваемых группах однородно и существенно не отличается в зависимости от типа перелома.

Индекс клиновидности (ИК) позвонка указывает на степень наклона краниальной и каудальной поверхностей тела позвонка не зависимо от уменьшения вертикального размера передней остеолигаметарной колонны травмированных ПДС и локального кифоза. Индекс клиновидности определяли по отношению задней высоты тела позвонка (З) к передней (П) в процентном показателе, т.е. расчет индекса клиновидности проводили по формуле

$$ИК = З/П \times 100\%.$$

[1] Макаревич С. В. Спондилодез универсальным фиксатором грудного и поясничного отделов позвоночника: пособие для врачей. Минск, 2001. 74 с.

Таким образом, кифотически деформированные позвонки имеют ИК > 100%. Данный показатель учитывался в подгруппах 1.2 и 2.2, так как второй этап хирургического лечения, выполняемый пациентам подгрупп 1.1 и 2.1, предполагал резекцию передней остеолигаментарной колонны, и изучение данного параметра после операции становилось невозможным. Значения величина этого показателя в подгруппах 1.2 и 2.2 составляли от 158,7±24,7% до 156,5±23,8% (Рисунок 6).

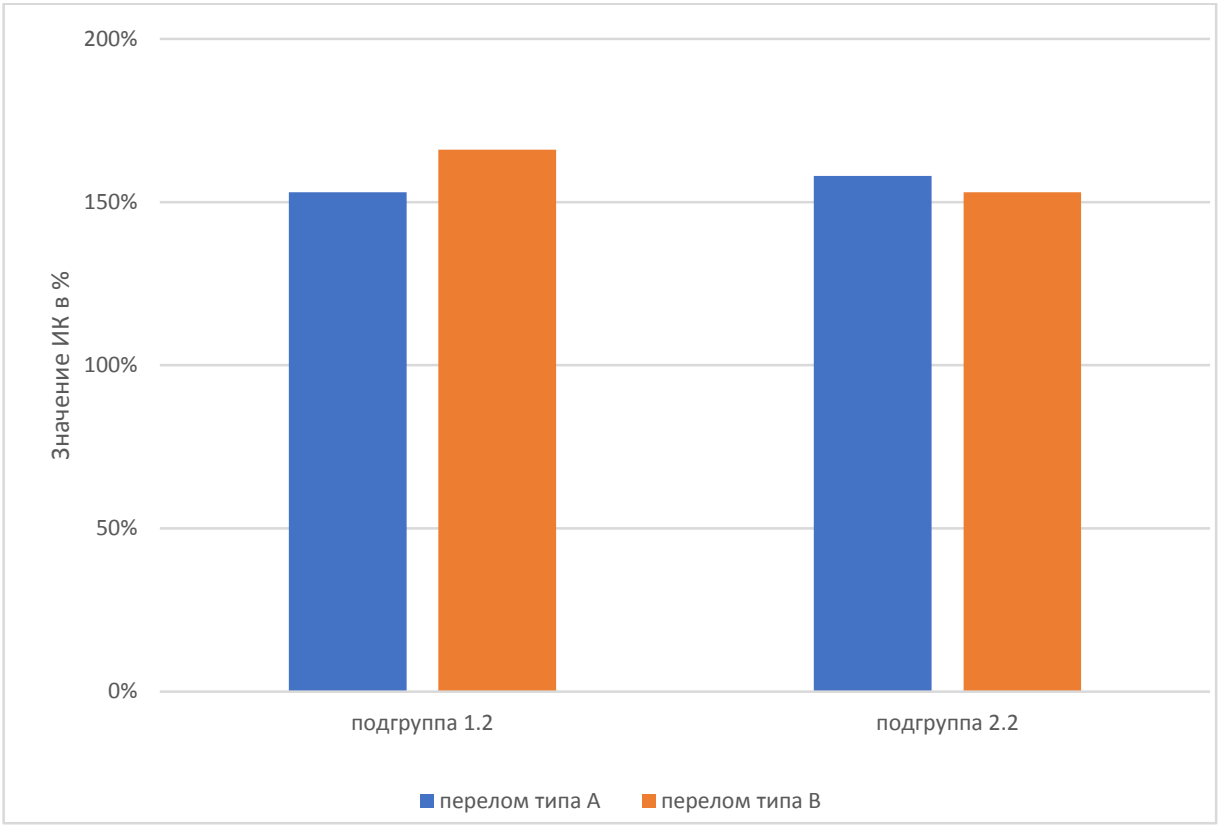


Рисунок 6 – Величина индекса клиновидности у больных в подгруппах 1.2 и 2.2

Анализ данных, представленных на Рисунке 6, показывает, что значение индекса клиновидности в сравниваемых группах не имеет существенных отличий.

Для оценки интенсивности болевого синдрома использовали Визуально-аналоговую шкалу боли (ВАШ). Во всех подгруппах этот показатель боли, в независимости от срока прошедшего с момента травмы, существенно не отличался и составлял от 6,3 до 7,4 баллов, что соответствует значениям выраженного болевого синдрома (сильная боль по ВАШ) (Рисунок 7).

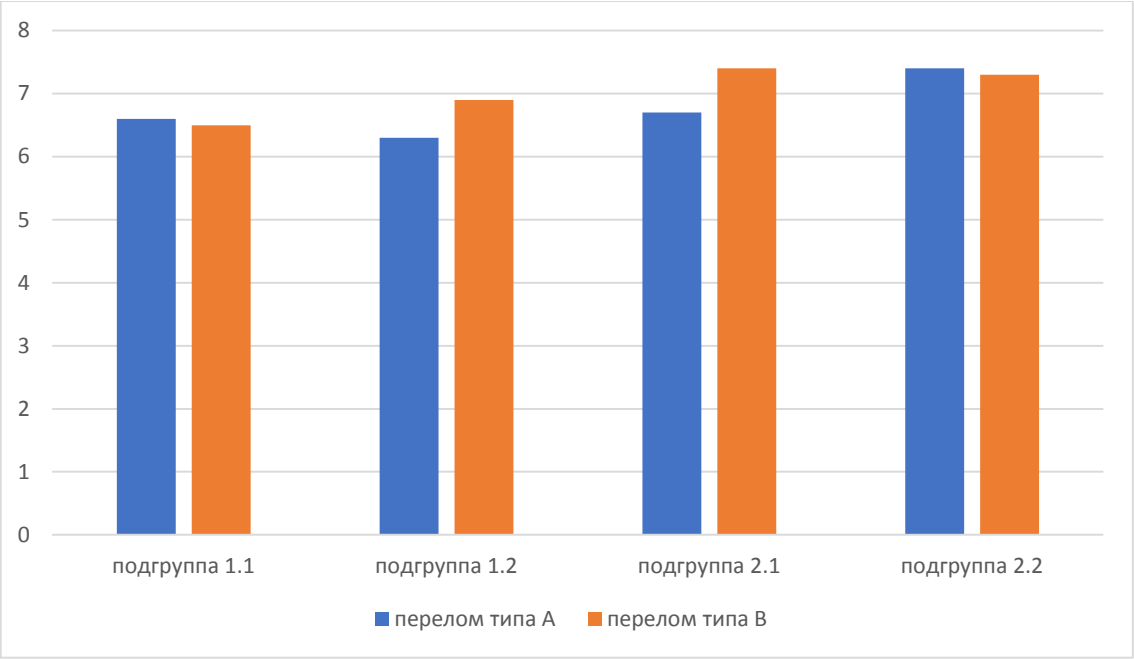


Рисунок 7 – Значения ВАШ у пациентов, привлеченных к исследованию

У 192 из 238 больных (80,7%) имелись сопутствующие заболевания. При этом у 25 (10,5%) больных сопутствующая патология была представлена одним заболеванием. У 167 (70,2%) больных имели место несколько общесоматических заболеваний. Среди сопутствующей патологии у 159 (82,3%) пациентов была гипертоническая болезнь, у 123 (64,1%) – выявлена ишемическая болезнь сердца (ИБС), у 63 (32,8%) – сахарный диабет 2-го типа, у 37 (19,3%) – язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки. Также у 97 (50,5%) имел место избыточный вес, и у 15 (7,8%) диагностирована поливалентная аллергия к лекарственным препаратам (Рисунок 8).

Среди больных, имевших несколько сопутствующих заболеваний, наиболее часто встречалось сочетание гипертонической болезни и ишемической болезни сердца у 78 пациентов (32,8%). Следующим по распространенности встречалось сочетание сахарного диабета, избыточного веса и гипертонической болезни у 55 пациентов (23,1%). У 34 (14,3%) – сочетание избыточного веса, язвенной болезни желудка и ишемической болезни сердца. Для объективизации совокупного влияния возраста и сопутствующих заболеваний на общесоматическое состояние больных мы рассчитывали индекс коморбидности Чарлсон (Chae J. W., 2011). Этот показатель учитывает возраст и возможные нарушения функции всех основных жизненно важных

органов и систем. Распределение больных в обеих группах по этому показателю представлено на Рисунке 9.

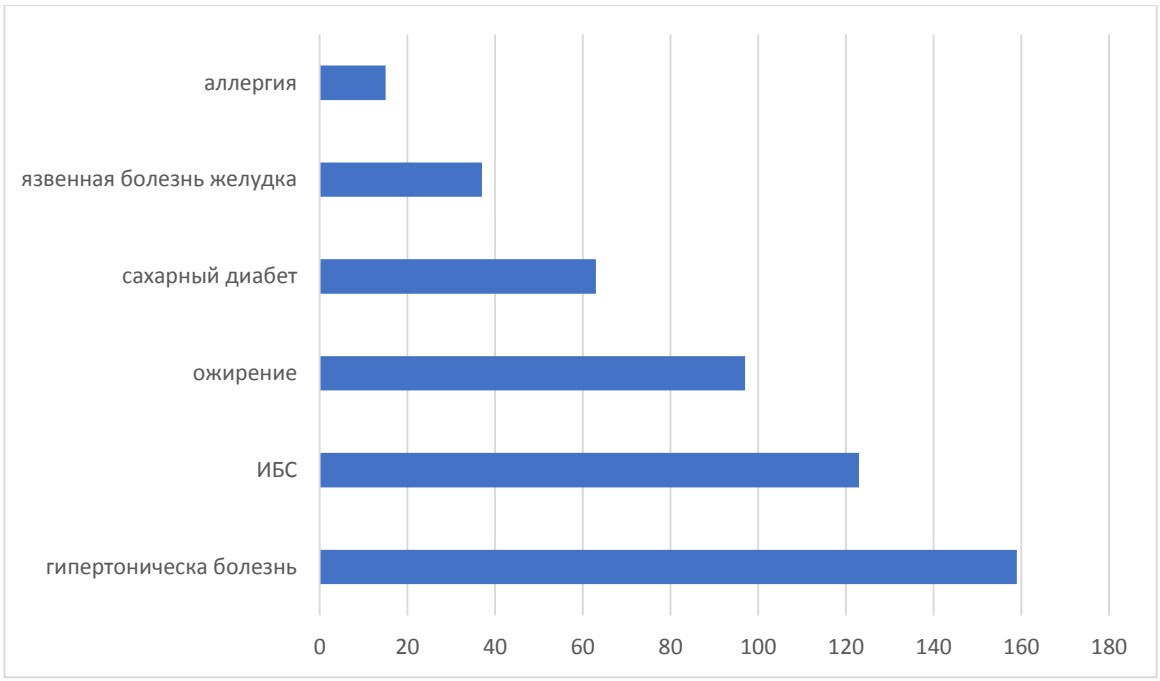


Рисунок 8 – Характеристика преморбидного фона

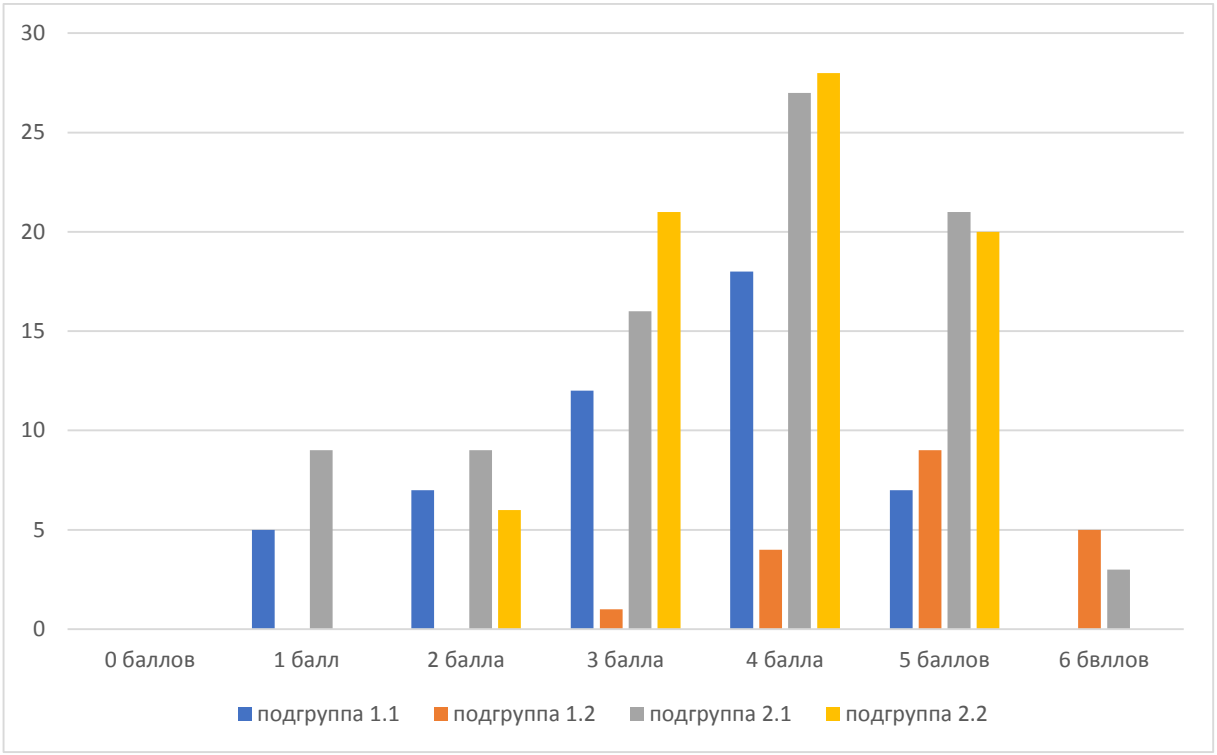


Рисунок 9 – Распределение больных по индексу коморбидности Чарлсон

Согласно Рисунку 9, у наших пациентов этот показатель составлял от 1 до 6 баллов. Причем в большинстве случаев индекс коморбидности находился в пределах от 3 до 5 баллов.

Сравнение четырех подгрупп в выделенных нами двух группах пациентов, привлеченных к исследованию, по вышеописанным основным клиническим и спондилометрическим параметрам было проведено с помощью методов описательной статистики и применением методов непараметрического статистического анализа, причем при анализе частоты встречаемости показателя был использован непараметрический критерий χ^2 Пирсона, а при анализе количественных показателей U-критерий Манна – Уитни при сравнении двух групп и H-критерий Краскела – Уоллиса при сравнении 4 подгрупп.

Представленный анализ клинического материала показал, что состав всех четырех подгрупп не имеет существенных различий по возрасту пациентов, клиническим проявлениям и спондилометрическим параметрам полученных повреждений. Также пациенты, вошедшие в сравниваемые подгруппы, существенно не отличаются по минеральной плотности костной ткани позвонков и комморбидному фону. Таким образом, проанализированные параметры, характеризующие исходное состояние больных четырех подгрупп в выделенных нами двух групп, не могли оказать влияние на различия в полученных результатах лечения, анализ которых будет представлен в главе 5.

Подводя итог описанию материалов работы, мы представляем схему, отражающую в целом дизайн диссертационного исследования (Рисунок 10).

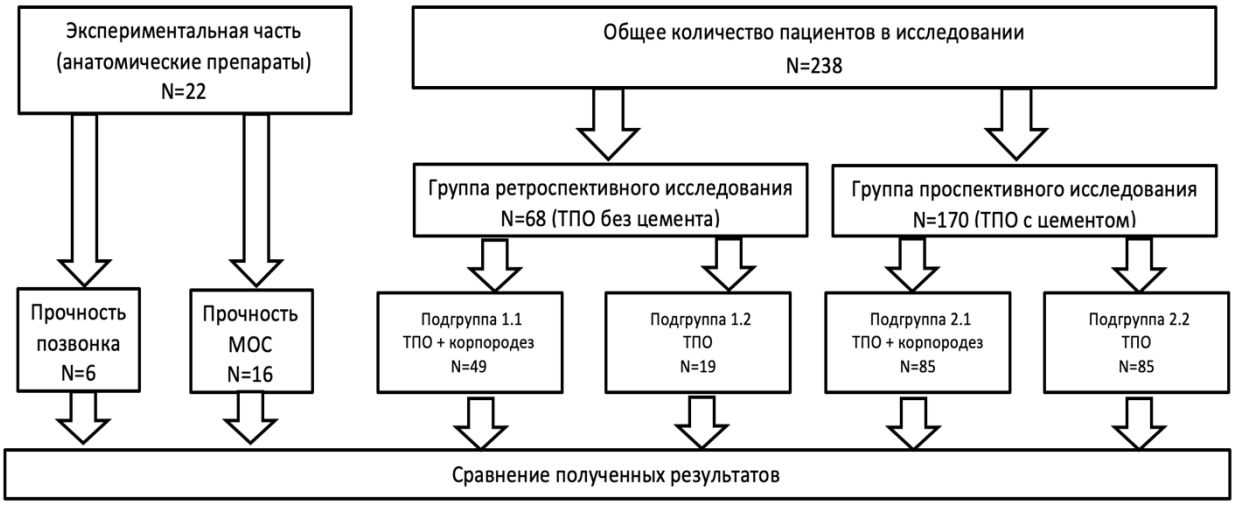


Рисунок 10 – Схема диссертационного исследования (дизайн)

2.2. Методы исследования

2.2.1. Методы экспериментальной части исследования

Первая часть экспериментального исследования был выполнен на базе экспериментальной лаборатории кафедры травматологии и ортопедии Ростовского государственного медицинского университета на стационарном испытательном стенде (ИСС), снабжённом стандартизированным датчиком механических нагрузок Scaime ZF-500 (Франция) (Рисунок 11). Подготовленные к эксперименту препараты спонгиозной костной ткани тел позвонков располагали между активной и пассивной траверсами испытательного стенда с таким расчётом, чтобы направление вектора тестирующего силового воздействия на фрагменты тел позвонков во всех опытах было одинаковым и совпадало с вертикальной биомеханической осью позвоночного столба.

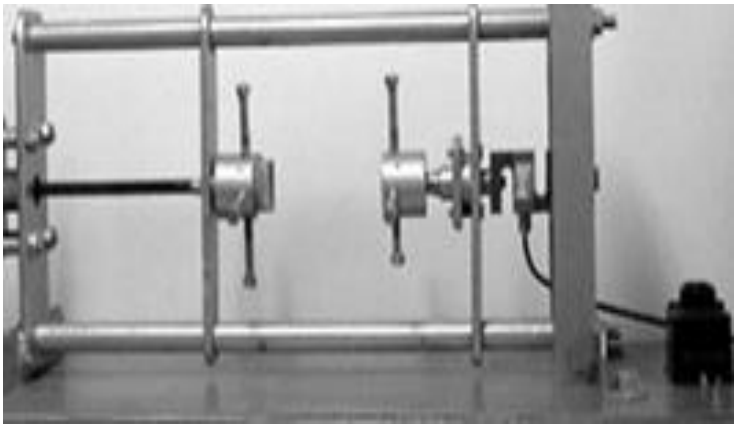


Рисунок 11 – Стационарный испытательный стенд ИСС, снабжённый стандартизированным датчиком механических нагрузок Scaime ZF-500

Расстояние между траверсами предварительно устанавливали в соответствии с размерами тестируемых препаратов. Скорость сближения траверсов была постоянной и составляла 0,55 мм в секунду. Во время сближения траверсов и соответствующего увеличения компрессионной деформации тестируемых препаратов измеряли нарастающую квазистатическую нагрузку с помощью датчика испытательного стенда, соединённого с пассивной траверсой и с аналогово-цифровым преобразователем. Предельную величину постепенно нарастающей тестирующей нагрузки ограничивали общей прочностью исследуемых образцов. Разрушением

исследуемого костного препарата считали момент резкого снижения сопротивления образца дальнейшему сжатию, который определяли по началу прогрессивного нарастания деформации без адекватного увеличения нагрузки. Разрушение фиксировали датчиком испытательного стенда и контролировали визуально. Все полученные данные обрабатывались на персональном компьютере, интегрированном с испытательным стендом ИСС Scaime ZF-500. Запись параметров измерения зависимости деформации тестируемых препаратов от прилагаемой нагрузки с переводом полученных данных в электронный вариант осуществляли автоматически и визуализировали на экране монитора в виде диаграмм.

По полученным диаграммам определяли относительную компрессионную деформацию тестируемых костных препаратов и динамику увеличения деформации препаратов под действием нарастающей нагрузки (отношение абсолютного укорочения препарата под действием приложенной нагрузки к его первоначальной длине в процентном выражении).

Составляли таблицы зависимости относительной компрессионной деформации тестируемых препаратов от прилагаемой механической нагрузки для последующего анализа, определения прочности, показателя жёсткости и предела упругости спонгиозной костной ткани в исследуемых участках тел позвонков. Прочность определяли по величине предельного напряжения (МПа) – отношения разрушающей нагрузки (в N) к площади поперечного сечения исследуемых костных препаратов (в Мз). Показатели жёсткости вычисляли по отношению деформации исследуемых образцов к приложенной нагрузке. Предел упругости определяли по максимальному напряжению (МПа), при котором достигался предел пропорциональности исследуемых образцов костной ткани. Достижение предела пропорциональности фиксировали на диаграммах в момент изменения динамики увеличения деформации образцов костной ткани под действием нарастающей нагрузки в виде отклонения от прямо пропорциональной зависимости.

Полученные величины прочности, показателей жёсткости и предела упругости исследуемых костных образцов из участков тела позвонка, прилежащих к за-

мыкающим пластинам, принимали равными 100% и сопоставляли с соответствующими параметрами костных образцов из центральных участков тел тех же позвонков. При этом данное процентное сопоставление производили для каждого позвонка отдельно, что позволило сравнить отличия параметров прочности, жёсткости и предела упругости костной ткани различных отделов тел каждого отдельно взятого позвонка, а не эти параметры различных позвонков. Количественные характеристики результатов экспериментов подвергались статистической обработке с определением стандартной ошибки средних значений.

Вторая часть экспериментальных исследований была проведена в испытательной лаборатории изделий ортопедо-травматологического назначения ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н. Н. Приорова» Минздрава России на универсальной серво-гидравлической испытательной машине «Walter+bay ag» LFV-10-T50. Тестирование предполагало поочерёдную дестабилизацию имплантированных винтов путём воздействия на них дистракционной нагрузкой, приложенной вдоль продольной оси винта в направлении от заострённой носовой части к головке. Для выполнения тестирования анатомические препараты позвонков с имплантированными в них винтами закрепляли в неподвижной траверсе испытательной машины за тело позвонка таким образом, что продольная ось испытуемого винта была направлена к подвижной траверсе параллельно вектору прилагаемого в последующем дистракционного воздействия. Головка винта закреплялась к подвижной траверсе испытательной машины (Рисунок 12), после чего подвижная траверса приводилась в движение со скоростью 3 мм в минуту, передавая дистракционную нагрузку на имплантированный винт, постепенно дестабилизируя его и извлекая из позвонка.

Возрастающая по мере движения траверсы дистракционная нагрузка регистрировалась автоматически электронным измерительным комплексом испытательной машины. Запись параметров измерения зависимости линейной величины дислокации испытуемого винта от прилагаемой дистракционной нагрузки осуществлялась автоматически в виде диаграмм в координатах «дистракционное усилие (N) – линейная величина дислокации (миллиметры)».

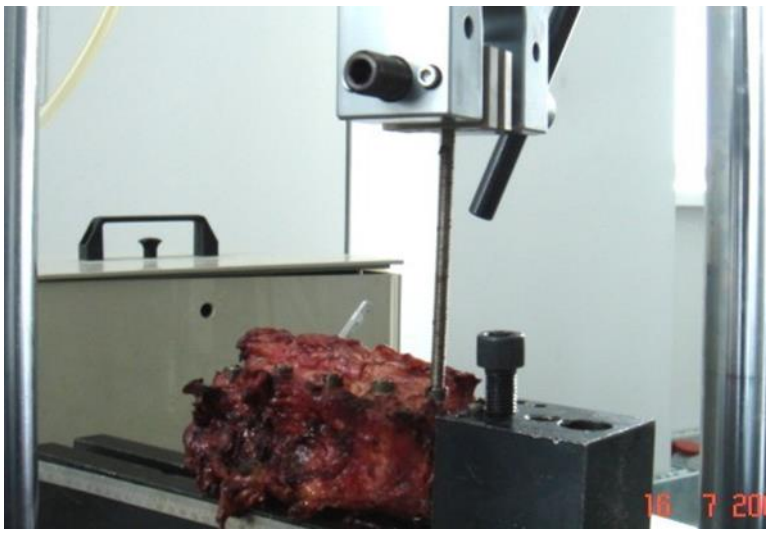


Рисунок 12 – Универсальная серво-гидравлическая испытательная машина «Walter+bay ag» LFV-10-T50

Движение траверсы и увеличение нагрузки производили до появления явных признаков дестабилизации винта и локальных разрушений костной ткани вокруг его резьбы. Разрушением тестируемого препарата считали момент снижения его сопротивления дистракционной нагрузке, определяемый по началу прогрессивного нарастания дислокации винта без дальнейшего адекватного увеличения нагрузки. Разрушение фиксировалось измерительным комплексом испытательной машины и контролировалось визуально. При этом обращали внимание на локализацию локальных разрушений костной ткани. Дислокацию винта из исследуемого анатомического препарата под действием дистракционной нагрузки дополнительно регистрировали цифровой фотосъёмкой. Сразу после момента разрушения препарата нагрузку прекращали. Исследуемый образец извлекали для регистрации и морфометрии, после чего позвонок перезакрепляли в неподвижной траверсе испытательной машины и аналогичным образом проводили тестирование стабильности имплантации второго винта. После дестабилизации всех транспедикулярных винтов для уточнения характера локальных разрушений костной ткани была выполнена рентгенография анатомических препаратов позвонков в стандартных проекциях. По полученным диаграммам составлялись таблицы зависимости линейной величины дислокации испытуемых винтов от прилагаемой нагрузки для последующего анализа. Дискретность величины дислокации винтов в таблицах составляла 0,25 мм.

Очевидно, что с клинической точки зрения наибольший интерес представляют экспериментальные данные, полученные в диапазоне тестирующих нагрузок, провоцирующих начальные проявления дестабилизации металлоконструкции. Исходя из этого и учитывая возможности электронного измерительного комплекса испытательной машины, для сравнения стабильности стандартной и цементной имплантации транспедикулярных винтов в позвонки с пониженной минеральной плотностью костной ткани нами проводилось сопоставления дистракционных нагрузок, вызывающих дислокации винтов до 1 мм. При этом сопоставление производили отдельно по каждому позвонку, принимая за 100% величину дистракционной нагрузки, провоцирующую дислокацию стандартного транспедикулярного винта в дорзальном направлении. Равноценная дислокация канюлированого винта из того же позвонка после цементной имплантации провоцировалась большей дистракционной нагрузкой. Её процентное соотношение с соответствующей нагрузкой стандартного винта для каждого позвонка определяли по формуле Fc/Fs×100, в которой Fs – дистракционная нагрузка, провоцирующая дислокацию стандартного транспедикулярного винта, а Fc – дистракционная нагрузка, провоцирующая равноценную дислокацию канюлированного винта после цементной имплантации. Полученные цифровые характеристики результатов проведённых экспериментов подвергались статистической обработке с определением стандартной ошибки средних значений. При этом в статистической обработке учитывали прежде всего процентные соотношения дистракционных нагрузок, вызывающих равноценные дислокации стандартных и канюлированых винтов для каждого позвонка. Так же учитывали и абсолютные величины этих нагрузок, которые существенно отличались в различных позвонках. За счёт такого подхода к анализу полученных результатов нам удалось избежать существенных статистических погрешностей, связанных со значительной вариабельностью механических свойств костной ткани позвонков у различных лиц, позвонки которых использовались в нашем исследовании.

Таким образом, в данном разделе работы было проведено сравнение величин механических нагрузок, способных вызвать начальную дислокацию и дестабили-

зацию транспедикулярных винтов после стандартной имплантации и канюлированных винтов после цементной имплантации, что наиболее интересно с практической точки зрения. Сравниваемые величины характеризуют показатели жёсткости костно-металлических и костно-цементно-металлических блоков, формирующиеся после имплантации винтов в позвонки. Они дают представление, на сколько исследуемые образцы были деформированы под действием дислоцирующих усилий до начала разрушения.

2.2.2. Методы обследования больных

При клиническом обследовании пациентов с переломами грудного и поясничного отделов позвоночника основным диагностическим симптомом являлась боль в области перелома, усиливающаяся при минимальном движении и нагрузке. При осмотре у всех больных выявляли усиление грудного кифоза, уплощение поясничного лордоза и напряжение длинных мышц спины. Определялось выстояние остистого отростка сломанного позвонка, болезненность при пальпации паравертебральных точек на уровне перелома. Отмечалось усиление болевого синдрома при осевой нагрузке в проекции сломанного позвонка.

Всем больным первой и второй группы проводилось предоперационное обследование, включающее: определение жалоб, анамнеза, симптоматики заболевания, ортопедического и неврологического статусов, исследование общеклинических анализов крови и мочи, рентгенография со спондилометрией, МСКТ-томография, КТ-денситометрия позвоночника. Для оценки интенсивности боли и качества жизни использовали шкалу ВАШ и опросник Освестри.

При этом часть больных, госпитализирующихся в клинику переводом из других лечебно-профилактических учреждений (ЛПУ), как правило, имели результаты вышеназванного обследования, выполненного на доклиническом этапе в полном или частичном объёме. В таких случаях проводилось необходимое клиническое дообследование. Пациенты, доставляемые в клинику с места получения травмы бригадами скорой помощи, учитывая обстоятельства и механизм травмы, обследова-

лись в клинике в полном объёме по алгоритму диагностического поиска сочетанных травм, включающему МСКТ-томографию головы, груди, живота и таза, УЗИ плевральной и брюшной полостей, по показаниям R-графию конечностей. При исключении жизнеугрожающих повреждений и определении травмы позвоночника, как изолированного, а также при исключении противопоказаний к выполнению декомпрессивно-стабилизирующей операции на травмированном отделе позвоночника, больные направлялись в операционную.

При наличии или выявлении сопутствующих заболеваний проводились консультации профильных специалистов и предоперационная подготовка, продолжительностью от 2 часов до 5–6 дней.

Диагностика повреждений позвонков у пациентов с пониженной минеральной плотностью костной ткани не всегда своевременна. Это связано прежде всего с тем, что часть пациентов зачастую не могут подтвердить факт травмы, и в большинстве своем проходят консервативное лечение в поликлинике под наблюдением невролога по поводу дегенеративно-дистрофического заболевания позвоночника. Только после отсутствия эффекта от консервативной терапии пациентам выполнялись спондилограммы, на которых выявлялся перелом позвонка, и далее пациент направлялся для определения дальнейшей тактики лечения к хирургу. Таким образом, сбор анамнеза имел очень важное значение в своевременной диагностике переломов позвоночника на фоне сниженной минеральной плотности костной ткани.

Оценка сопутствующей соматической патологии. В связи с отсутствием специальной шкалы оценки коморбидности у пациентов с травмой позвоночника, для комплексной оценки сопутствующих заболеваний был применен индекс Чарлсона (Charlson Index), который, с нашей точки зрения, было возможно применить и у пациентов с травмой позвоночника.

2.2.3. Статистический метод исследования

Статистическую обработку и анализ клинических результатов проводили с помощью методов описательной статистики. Распределения числовых значений в группах были далеки от нормального закона, для доказательства сопоставимости

значений применяли метод непараметрической статистики U-критерий Манна – Уитни, предназначенный для выявления различий показателей в двух несвязных выборках, а также метод непараметрической статистики H-критерий Краскела – Уоллиса, предназначенный для выявления различий показателей в трех и более несвязных выборках.

Для проверки исследуемых совокупностей на нормальность распределения значений использовали Z-критерий Колмогорова – Смирнова – непараметрический критерий согласия, предназначенный для проверки совокупностей данных, измеренных в количественной шкале.

Значимыми признавали результаты, при которых уровень статистической значимости «p» был меньше или равен 0,05. При проведении статистического анализа материала использовали персональный компьютер с набором необходимого программного обеспечения (табличный процессор Microsoft Excel 2010 и программа для статистической обработки данных SPSS-16.0 для Windows).

2.3. Используемые средства

Всем больным выполнялись стабилизирующие оперативные вмешательства на позвоночнике с использованием транспедикулярных систем. Применялись следующие спинальные системы: «Синтез» (г. Санкт-Петербург) с винтами для бесцементной или цементной имплантации, «DePuy Spine» также с винтами для бесцементной или цементной имплантации, «Stryker», «Medtroni», «Duble medical», «CHM». Также пациентам второй группы выполнялась транспедикулярная фиксация с использованием костного цемента следующих производителей: «DePuy Spine» и «Stryker». При этом для цементной имплантации у больных второй группы в 28 случаях использовались стандартные неперфорированные винты, которые вводились транспедикулярно в тела позвонков сразу после предварительного создания цементной мантией, до момента полимеризации костного цемента.

Применялись хирургические инструменты для выполнения хирургических доступов, аппаратура и инструментарий для проведения наркоза во время опера-

ций. Использовались передвижные и стационарные рентгеновские аппараты, рентген оборудование для проведения интраоперационного R-ЭОП контроля (Siemens Arcadis varic), компьютерный томограф (GE Lightspeed VCT 64 среза), МРТ-томограф (GE MR Signa HDX 3.0 Tc). За пациентами проводили динамическое наблюдение в послеоперационном периоде с выполнением рентгенографии через 2–3, 6, 12 и 18–24 месяцев.

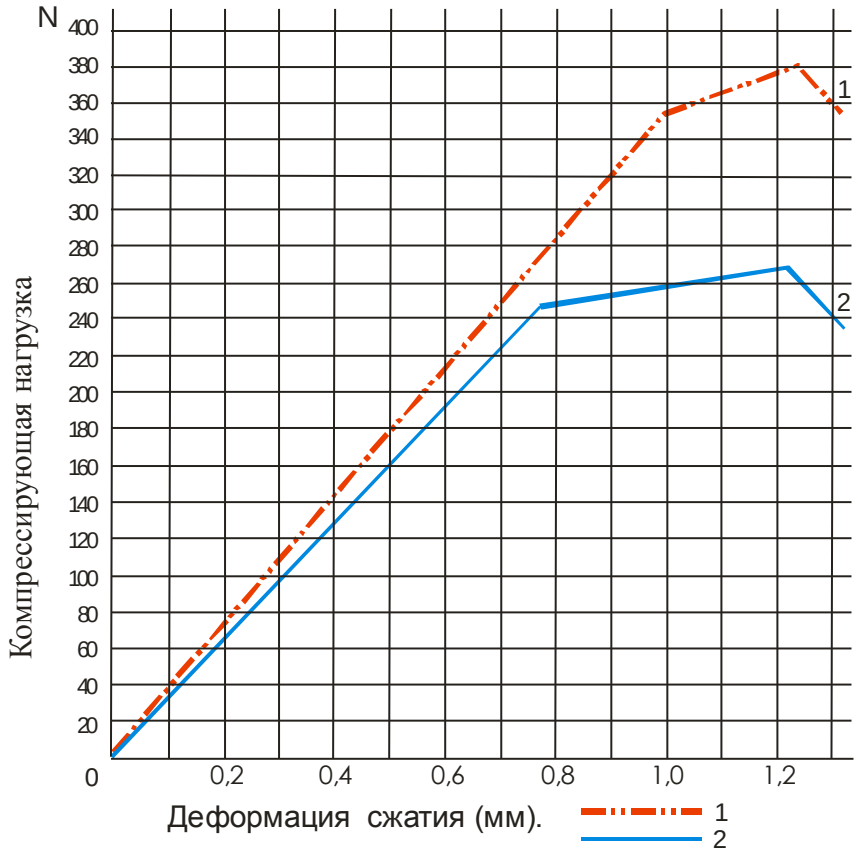
Для обработки полученных данных использовали персональный компьютер, принтеры, цифровая фото и видеокамера, устройства и носители для обработки и хранения цифровой информации, компьютерные программы, интернет, информационные ресурсы Центральной медицинской библиотеки.

Глава 3. ИЗУЧЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ИМПЛАНТАЦИИ РАЗЛИЧНЫХ ТРАНСПЕДИКУЛЯРНЫХ ФИКСАТОРОВ В ПОЗВОНКИ С ПОНИЖЕННОЙ МИНЕРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТЬЮ КОСТНОЙ ТКАНИ

3.1. Экспериментальное изучение механических свойств костной ткани тел позвонков

Для изучения градиента локальной жесткости, прочности и предела упругости спонгиозной костной ткани в телах нижнегрудных и поясничных позвонков нами были сопоставлены результаты нагрузочных тестов на костные препараты в виде кубиков с гранью 1×1 см из центральных участков тел и участков, прилежащих к замыкательным пластинам.

Нарастающая компрессионная нагрузка, прилагаемая вдоль вертикальной продольной оси к препаратам спонгиозной костной ткани из участков тел позвонков Th12 и L1, прилегающих к замыкающим пластинам вызывала прогрессирующую компрессионную деформацию тестируемых образцов за счёт сминания спонгиозной структуры. Зависимость деформации от воздействующего усилия была близка к прямо пропорциональной до нагрузки 350,6±92,6 N, что соответствовало напряжению сжатия 3,506±0,926 МПа. Компрессия препаратов при этом достигала 0,99±0,22 мм, что составляло 9,92±2,2% от исходной величины. В этом диапазоне нагрузки показатель жёсткости составлял 2,8% относительной компрессионной деформации на 1 МПа. Дальнейшее усиление нагрузки сопровождалось более быстрым увеличением компрессионной деформации и отклонением от прямо пропорциональной зависимости, что говорило о превышении предела упругости и появлении остаточной деформации. Нагрузка 380,73±131,3 N вызывала напряжение сжатия в спонгиозной ткани препаратов 3,807 МПа и провоцировала относительную компрессионную деформацию в среднем 12,2%, после чего происходило разрушение. Динамика увеличения деформации препаратов спонгиозной костной ткани тел позвонков из участков, прилегающих к замыкающим пластинам, под действием возрастающей компрессирующей нагрузки представлена на Рисунке 13 в виде графика (линия 1). По оси ординат – величина компрессирующего воздействия в N, по оси абсцисс – деформация в мм.



Примечание – Линия 1 – костная ткань, прилегающая к замыкательным пластинам. Линия 2 – костная ткань из центральных участков тел позвонков

Рисунок 13 – Динамика увеличения деформации препаратов спонгиозной костной ткани тел позвонков под действием возрастающей компрессирующей нагрузки

Нарастающая компрессионная нагрузка, прилагаемая к подготовленным препаратам спонгиозной костной ткани из центральных участков тел позвонков Th12 и L1 вызывала более быстро прогрессирующую компрессионную деформацию тестируемых образцов за счёт сминания спонгиозной структуры. Превышение предела упругости с появлением остаточной деформации происходило при нагрузке 247,45±97 N, вызывающей напряжение сжатия 2,475±0,97 МПа и относительную деформацию 7,72±4,85%. В этом диапазоне нагрузки показатель жёсткости составлял 3,1% относительной компрессионной деформации на 1 МПа. Разрушение тестируемых препаратов из центральных участков тел позвонков происходило при напряжении сжатия 2,683±0,97 МПа и относительной деформации в среднем 12,1%. Динамика увеличения деформации препаратов спонгиозной костной ткани из центральных участков тел позвонков под действием возрастающей компрессирующей нагрузки представлена на Рисунке 12 в виде графика (линия 2).

Сопоставление полученных результатов показало, что предел прочности спонгиозной костной ткани в различных отделах тел позвонков имеет существенные отличия. В центральных участках в проекции талии позвонка предел прочности костной ткани на 29,2±16,4% ниже, чем в участках, примыкающих к замыкающим пластинам. Жёсткость спонгиозной костной ткани центральных участков тел позвонков на 6,45% ниже, чем у спонгиозной костной ткани, прилегающей к замыкающим пластинам. Предел упругости костной ткани в центральных участках тел позвонков на 27,5±16,84% меньше, чем у костной ткани в участках, прилегающих к замыкающим пластинам.

Таким образом имплантация транспедикулярных винтов в позвонки с пониженной минеральной плотностью костной ткани в субкортикальную зону значительно улучшает прочностные характеристики костно-металлического блока.

3.2. Экспериментальное изучения прочности цементной и бесцементной имплантации транспедикулярных винтов в позвонки с пониженной минеральной плотностью костной ткани

Нами были сопоставлены результаты нагрузочных тестов на извлечение транспедикулярных винтов, имплантированных в позвонки с пониженной минеральной плотностью костной ткани. Показатели дистракционной нагрузки, провоцирующей дислокацию стандартных транспедикулярных винтов в дорзальном направлении, представлены в Таблице 7.

Таблица 7 – Зависимость величины линейной дислокации стандартных транспедикулярных винтов при бесцементной имплантации (мм) от прилагаемой дистракционной нагрузки (N)

Дислокация винтов (мм)	Дистракционная нагрузка на стандартные винты (N)								Средняя величина дистракционной нагрузки
	Номера экспериментов								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
0,25	10	10	60	60	10	20	15	20	26±7
0,5	20	23	95	100	20	30	20	35	43±26
0,75	25	33	115	130	31	45	30	40	56±15
1,0	30	40	138	150	40	50	40	50	67±16

По результатам восьми экспериментов дислокация на 0,25 мм происходила при нагрузке 26±7 N. Дислокация на 0,5 мм происходила при нагрузке 43±26 N. Дислокация на 0,75 мм происходила при нагрузке 56±15 N и на 1 мм – при нагрузке 67±16 N.

Показатели дистракционной нагрузки, провоцирующей аналогичную дислокацию канюлированных винтов после цементной имплантации в позвонки представлена в Таблице 8. По результатам восьми экспериментов дислокация на 0,25 мм происходила при нагрузке 54±17 N. Дислокация на 0,5 мм происходила при нагрузке 89±26 N. Дислокация на 0,75 мм происходила при нагрузке 120±31 N и на 1 мм – при нагрузке 155±37 N.

Таблица 8 – Зависимость величины линейной дислокации канюлированных транспедикулярных винтов с цементной имплантацией (мм) от прилагаемой дистракционной нагрузки (N)

Дислокация винтов (мм)	Дистракционная нагрузка на стандартные винты (N)								Средняя величина дистракционной нагрузки
	Номера экспериментов								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
0,25	20	18	90	160	20	40	40	45	54±17
0,5	40	42	150	250	45	65	50	70	89±26
0,75	60	64	210	300	80	85	70	90	120±31
1,0	80	100	280	360	110	100	90	120	155±37

Полученные в экспериментах абсолютные величины дистракционных нагрузок, провоцирующих равноценные дислокации стандартных и канюлированных винтов, для каждого отдельно взятого позвонка были сопоставлены между собой. При этом, дислоцирующая нагрузка, прилагаемая на стандартный винт, принималась за 100%. А процентное соотношение между нагрузками, прилагаемыми на канюлированный и стандартный винты при их равноценных дислокациях в дорзальном направлении определялось для каждого позвонка по формуле Fs/Fc100. Результаты этого сопоставления, выраженные в процентах, представлены в Таблице 9. Они наглядно демонстрируют, что для равноценной по величине начальной дислокации канюлированных винтов после их цементной имплантации дистракционная

нагрузка должна составлять в среднем 210–238% от соответствующей нагрузки, прилагаемой на стандартные винты, то есть быть больше в 2,1–2,38 раза.

Из представленных в Таблице 9 данных видно, что несмотря на значительный разброс абсолютных величин дистракционных нагрузок, провоцирующих равноценные дислокации транспедикулярных винтов из различных позвонков, процентное соотношение нагрузок для стандартных и канюлированных винтов в каждом отдельно взятом позвонке находится в значительно более узком диапазоне.

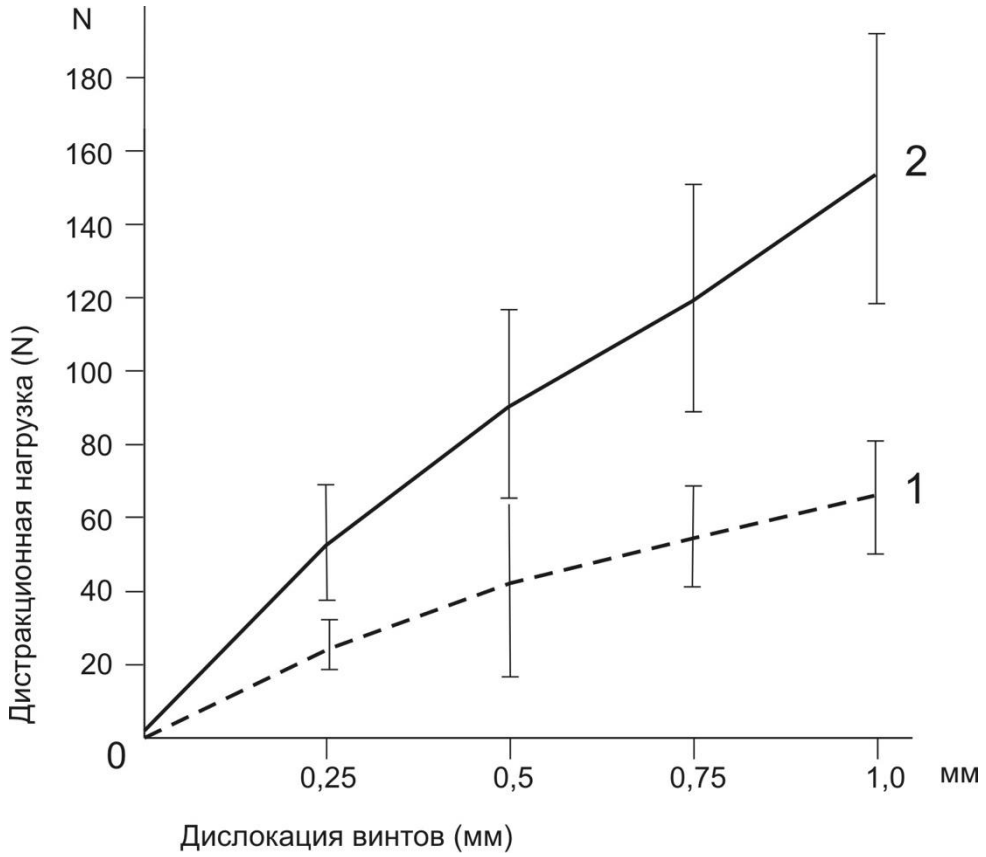
Таблица 9 – Процентное соотношение дистракционных нагрузок на стандартные и канюлированные винты, провоцирующих их равноценную дислокацию в дорзальном направлении

Дислокация винтов (мм)	Процентное соотношение дистракционных нагрузок на стандартные и канюлированные винты Fs/Fc×100 (%)								Среднее процентное соотношение
	Номера экспериментов								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
0,25	200	180	150	267	200	200	267	225	211±14,3
0,5	200	183	158	250	225	217	250	200	210±11,2
0,75	240	194	183	230	258	189	233	225	219±9,6
1,0	267	250	203	240	275	200	225	240	238±9,6

Зависимость линейных величин дислокаций винтов в дорзальном направлении от прилагаемых дистракционных нагрузок представлена в графическом виде на Рисунке 14.

Основными параметрами, характеризующими стабильность остеосинтеза, являются прочность, жёсткость и предел упругости костно-металлического блока. Общая прочность определяется величиной механической нагрузки, при которой начинается локальное разрушение элементов исследуемой системы. Показатель жёсткости даёт представление, на сколько исследуемый образец будет деформирован под действием дислоцирующих усилий до начала разрушения. Мерой предела упругости в квазистатических условиях, то есть в условиях, при которых скорость изменения нагрузок невелика, является величина нагрузки, вызывающая появление остаточной деформации. Критерием оценки предела упругости для костной ткани,

находящейся в условиях металлоостеосинтеза, может служить предел пропорциональности, определяемый диапазоном нагрузок, в котором деформация исследуемых образцов увеличивается прямо пропорционально прилагаемым усилиям.



Примечание – Линия 1 – дислокация бесцементных винтов. Линия 2 – дислокация цементных транспедикулярных винтов

Рисунок 14 – Зависимость линейных величин дислокаций винтов в дорзальном направлении от прилагаемых дистракционных нагрузок

Определение показателей общей прочности, с клинической точки зрения является малоинформативным, так как наиболее важным является превышение предела упругости с появлением минимальных остаточных деформаций и дислокаций элементов металлоконструкции. Данные признаки являются начальными проявлениями дестабилизации, после которых можно говорить о несостоятельности металлоостеосинтеза. Амплитуды дислокаций, сопоставляемые в нашем исследовании, измерялись долями миллиметра, что и являлось начальным проявлением дестабилизации транспедикулярных винтов. Очевидно, что в реальных условиях транспедикулярного остеосинтеза позвоночника нагрузки, действующие на винты спинальной системы значительно сложнее, носят переменный разнонаправленный и

циклический характер. Тем не менее проведённое нами простое экспериментальное исследование устойчивости имплантированных винтов по отношению к дистракционной квазистатической нагрузке даёт наглядное сравнение стабильности цементной и бесцементной имплантации транспедикулярных винтов в позвонки с пониженной минеральной плотностью костной ткани.

В результате проведенного нами эксперимента выяснено, что показатели жёсткости костно-цементно-металлического блока при цементной имплантации канюлированных транспедикулярных винтов в позвонки с пониженной минеральной плотностью костной ткани в 2,1–2,38 раза выше аналогичных показателей костно-металлического блока при обычной имплантации стандартных винтов соответствующего размера.

Глава 4. ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ С ПЕРЕЛОМАМИ ПОЗВОНОЧНИКА НА ФОНЕ ПОНИЖЕННОЙ ПЛОТНОСТИ КОСТНОЙ ТКАНИ

В данной главе представлены клинические примеры лечения пациентов с переломами грудного и поясничного отделов позвоночника на фоне сниженной минеральной плотности костной ткани.

4.1. Лечение пациентов подгруппы 1.1

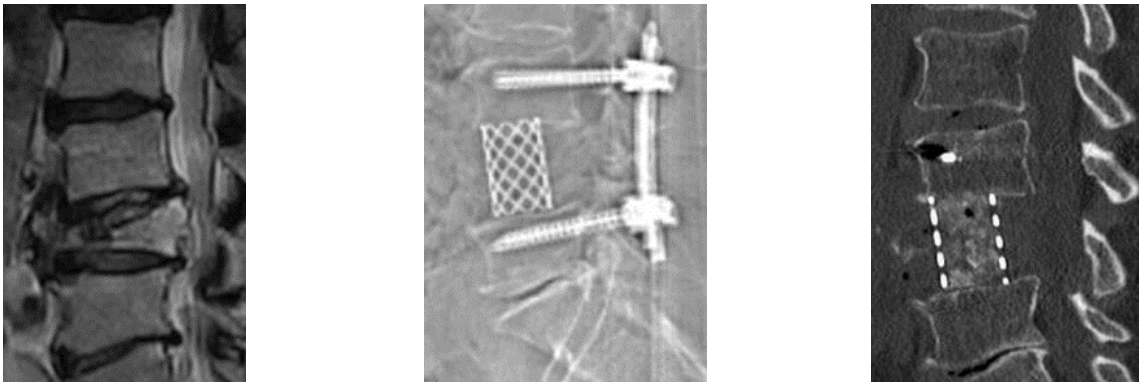
В подгруппу 1.1 вошли пациенты, которым проводилось двухэтапное хирургическое лечение. Первым этапом выполнялась бисегментарная ТПФ стандартными транспедикулярными винтами без применения костного цемента. В сроки от 7 до 30 дней выполнялся передний корпородез, предполагающий субтотальную резекцию тела травмированного позвонка и смежных межпозвоночных дисков. В сформированное межпозвоночное ложе устанавливали сетчатый имплант заполненный аутокостью, полученной при резекции травмированного позвонка. В некоторых случаях для трансплантата использовалась трикортикальная аутокость из крыла подвздошной кости.

Пациент П., 63 года. Поступил в НХО № 3 НИИ-ККБ № 1 04.07.2010. Согласно медицинской документации травму пациент получил в результате падения с дерева (высота ~ 2,5 м). Бригадой скорой помощи пациент доставлен в приемное отделение НИИ-ККБ № 1. После проведения комплексного клинико-рентгенологического обследования установлен клинический диагноз: Неосложненный перелом тела L4 (Рисунок 15).

Локальный кифоз травмированного отдела составил 10,1°, Т-критерий по данным КТ-денитметрии составил 2 ЕД, болевой синдром – 7 баллов по ВАШ.

Первым этапом пациенту выполнена ТПФ Тн12 – L2 4-винтовой транспедикулярной системой. Послеоперационный период протекал без осложнений. Пациент активизирован на вторые сутки. Коррекция кифотической деформации составила 8°. Через 10 дней выполнен передний корпородез Тн12 – L2 сетчатым контей-

нером, заполненным аутокостью из резецированного тела L4 позвонка. Послеоперационный период после второго этапа хирургического лечения протекал без особенностей. Активизация пациента после второго этапа хирургического лечения стала возможной на 10-е сутки после операции. Послеоперационные швы удалены в 14-дневный срок после каждого хирургического вмешательства. К 24 месяцам наблюдения по данным КТ – признаки сформированного костного блока L3–L5. Потеря достигнутой коррекции кифотической деформации за 24 месяца наблюдения составила 3°, болевой синдром к двум годам наблюдения составлял 4 балла.



а **б** **в**

Примечание – **а** – перелом тела L4, **б** – рентгенограмма после операции, **в** – КТ-контроль через 12 месяцев

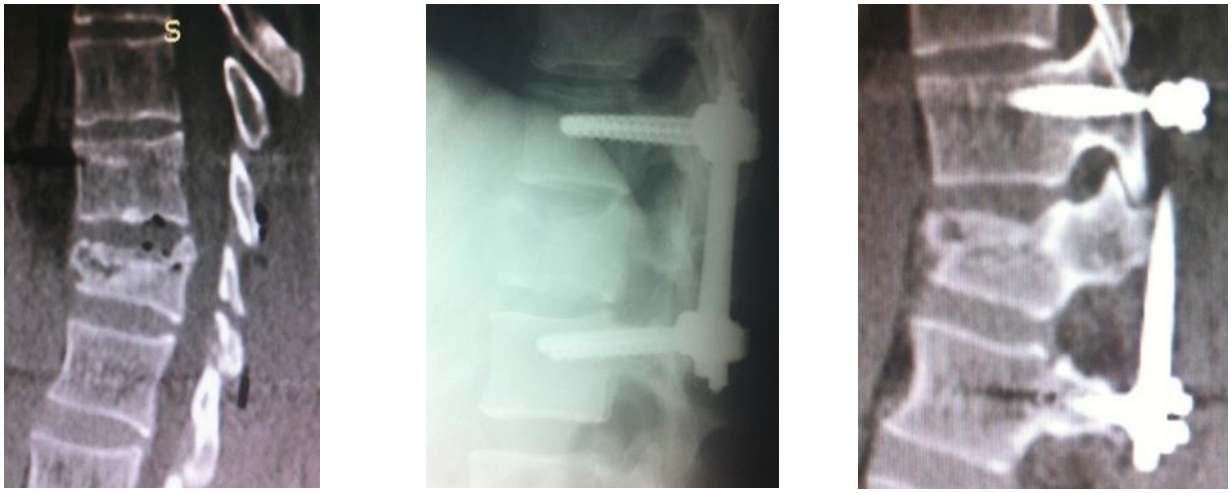
Рисунок 15 – Пример лечения пациента подгруппы 1.1

4.2. Лечение пациентов подгруппы 1.2

В подгруппу 2.2 вошли пациенты, которым выполнена бисегментарная ТПФ травмированного отдела позвоночника стандартными бесцементными транспедикулярными винтами. Второй этап хирургического лечения пациентам данной группы не был выполнен по различным объективным причинам.

Пациент И. 72 лет. Травму получил в результате падения с лестницы высотой 1,5 м. Пациент госпитализирован в ЦРБ по месту жительства, после комплексного клинико-рентгенологического обследования пациент переведен в НХО № 3 НИИ-ККБ № 1 по линии сан. авиации. При поступлении пациенту установлен диагноз: Неосложненный перелом тела L1 позвонка. Локальный кифоз травмированного сегмента составил 10,8°, болевой синдром 8 баллов по ВАШ. Пациенту выполнена транспедикулярная фиксация Тн12 – L2 4-винтовой системой (Рисунок 16)

Послеоперационный период протекал без осложнений. Болевой синдром снизился до 3 баллов по ВАШ в первые 2 недели. От второго этапа пациент отказался по из-за опасений не перенести оперативное вмешательство.



а **б** **в**

Примечание – **а** – перелом тела L1; **б** – КТ-контроль через 3 месяца; **в** – КТ-контроль через 46 месяцев

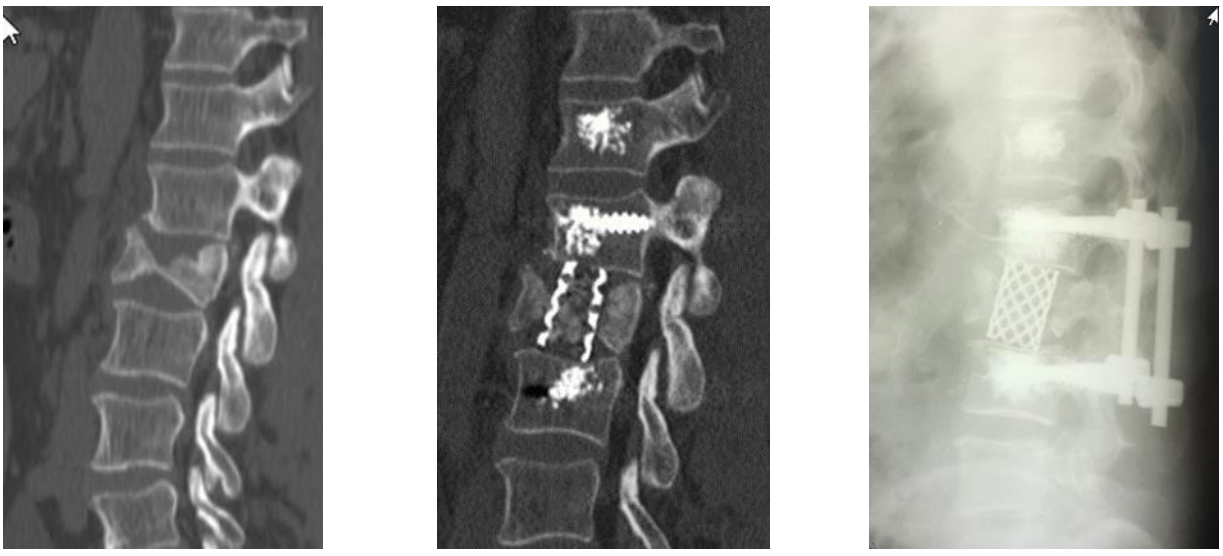
Рисунок 16 – Пример лечения пациента подгруппы 1.2

К 3 месяцам болевой синдром уменьшился до 2 баллов по ВАШ, однако далее боли в спине стали усиливаться и к 12 месяцам достигли – 4 баллов по ВАШ, к 24 месяцам – до 5 баллов. На контрольных КТ-сканах грудопоясничного позвоночника к 12 месяцам наблюдения определялась резорбция костной ткани вокруг фиксирующих транспедикулярных винтов. Увеличилась кифотическая деформация составила на 7°. Пациенту было назначено симптоматическое лечение, ношение жесткого грудо-поясничного корсета. Ревизионного вмешательства не выполнялось. К 12 месяцам локальный кифоз оперированного отдела позвоночника составил 12°. Болевой синдром к этому времени составлял 5 баллов и купировался приемом НПВС. К 46 месяцам наблюдения кифотическая деформация на уровне фиксации не усугубилась, наблюдалось сращение по на уровне Тн12 – L1 за счет спондилезных разрастаний позвонков. Болевой синдром до 3 баллов по ВАШ купировался периодическим приемом НПВС.

4.3. Лечение пациентов подгруппы 2.1

В подгруппу 2.1 вошли пациенты, которым выполнялось двухэтапное хирургическое лечение. Первым этапом выполнялся бисегметарный траснпедикулярный остеосинтез в 4-винтовой компоновке. При этом использовались перфорированные транспедикулярные импланты с костным цементом. Так же применялись стандартные неперфорированные транспедикулярные винты, для этого сначала в теле позвонка формировалась цементная мантия, после чего имплантировались транспедикулярные винты. Очень важным условием являлось формирование единой цементной мантии в теле позвонка для того, чтоб увеличить стабильность имплантированной конструкции. Вторым этапом выполнялся передний корпородез, предполагающий субтотальную резекцию тела травмированного позвонка с прилежащими м/п дисками и установку сетчатого имплантата с аутокостью.

Пациент Ш., 59 лет. травму получил в результате ДТП. Доставлен в приемное отделение НИИ-ККБ № 1. Обследован по алгоритму сочетанной травмы, выявлен изолированный неосложненный перелом тела L2 позвонка. Локальный кифоз составил 13°, болевой синдром достигал 8 баллов по ВАШ, Т-критерий по данным КТ-денситометрии составил минус 2,3 ЕД (Рисунок 17).



а **б** **в**

Примечание – **а** – перелом тела L2; **б** – КТ-контроль через 3 месяца; **в** – R-контроль через 24 месяца

Рисунок 17 – Пример лечения пациента подгруппы 2.1

После полного комплексного дообследования пациенту выполнена транспедикулярная фиксация поясничного отдела позвоночника перфорированными винтами с костным цементом. В послеоперационном периоде без осложнений. Коррекция кифотической деформации составила 10,5°. Пациент активизирован и выписан в удовлетворительном состоянии. Через 2,5 месяца после первого этапа хирургического лечения, пациенту выполнен второй этап – передний корпородез сетчатым имплантом с аутокостью. Послеоперационный период протекал без особенностей. Через 2 года наблюдения потеря достигнутой коррекции составила 1°. Болевой синдром к 24 месяцам. Качество жизни согласно опроснику Освестри –18.

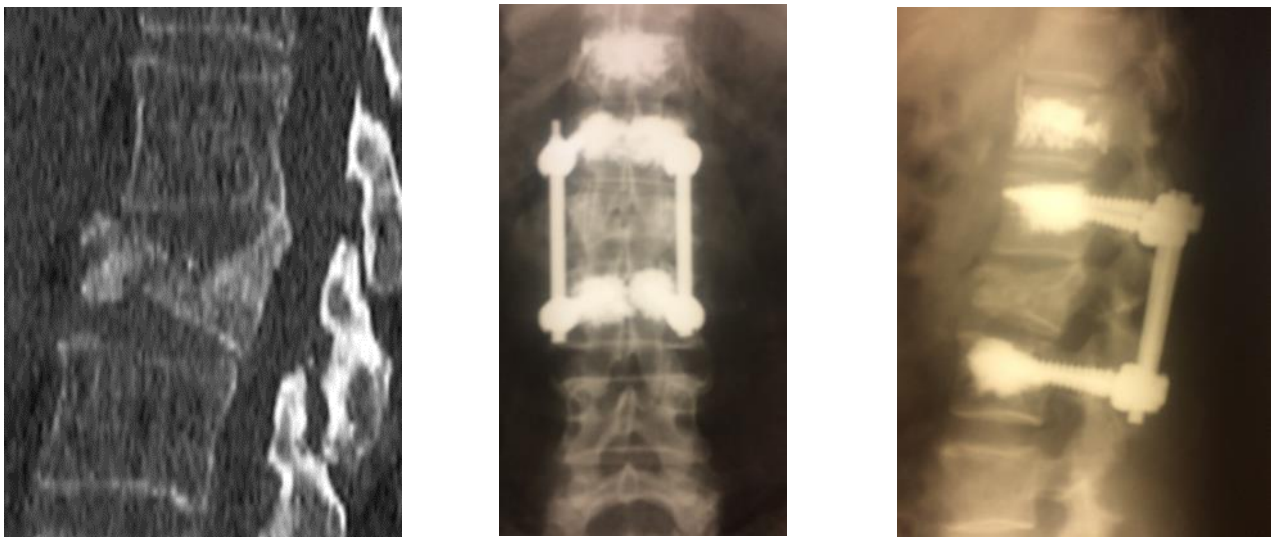
4.4. Лечение пациентов подгруппы 2.2

В подгруппу 2.2 вошли пациенты которым выполнялась бисегментарная ТПФ травмированного отдела позвоночника в 4-винтовой компоновке с использованием костного цемента. Аналогично пациентам подгруппы 2.1 использовались как перфорированные транспедикулярные винты, так и стандартные транспедикулярные винты. Передний корпородез пациентам данной подгруппы не выполнялся.

Пациентка О., 61 год. Травму получила дома, упав с садовой лестницы высотой 2 м. В течение 2 месяцев пациента лечилась консервативно, под наблюдением невролога поликлиники по месту жительства. В связи с нарастанием болевого синдрома несмотря на проводимое лечение, пациентка была направлена в поликлинику НИИ ККБ № 1 для дообследования и определения тактики лечения. На Кт грудо-поясничного отдела позвоночника выявлен перелом тела L2 позвонка. По данным КТ-денситометрии Т-критерий составил минус 2,5. Локальная кифотическая деформация составила 11°, болевой синдром 8 баллов по ВАШ (Рисунок 18).

После комплексного дообследования, пациентке выполнена транспедикулярная фиксация L1–L3 перфорированными транспедикулярными винтами, укрепленными костным цементом. Также с целью профилактики PJF выполнена пункционная вертебропластика Тн12 позвонка. Послеоперационный период протекал без особенностей. Пациент активизирован на второй день после операции. В течение

всего периода наблюдения болевой синдром снижался, к 24 месяцам после оперативного лечения составлял 0 баллов, качество по ODI – 15.



а **б** **в**

Примечание – **а** – перелом тела L2; **б, в** – R-контроль через 24 месяца

Рисунок 18 – Пример лечения пациента подгруппы 2.2

Глава 5. РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ПЕРЕЛОМАМИ ГРУДНОГО И ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛОВ ПОЗВОНОЧНИКА СНИЖЕННОЙ МИНЕРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ КОСТНОЙ ТКАНИ

Изучение ближайших результатов лечения у больных с переломами грудного и поясничного отделов позвоночника на фоне сниженной минеральной плотности костной ткани в обеих группах в сроки до 6 месяцев после операций проведено у всех пациентов (100%). Отдаленные результаты лечения с периодом наблюдения 12 и 24 месяца изучены у 49 больных (72%) в первой группе, и у 127 больных (75%) во второй группе.

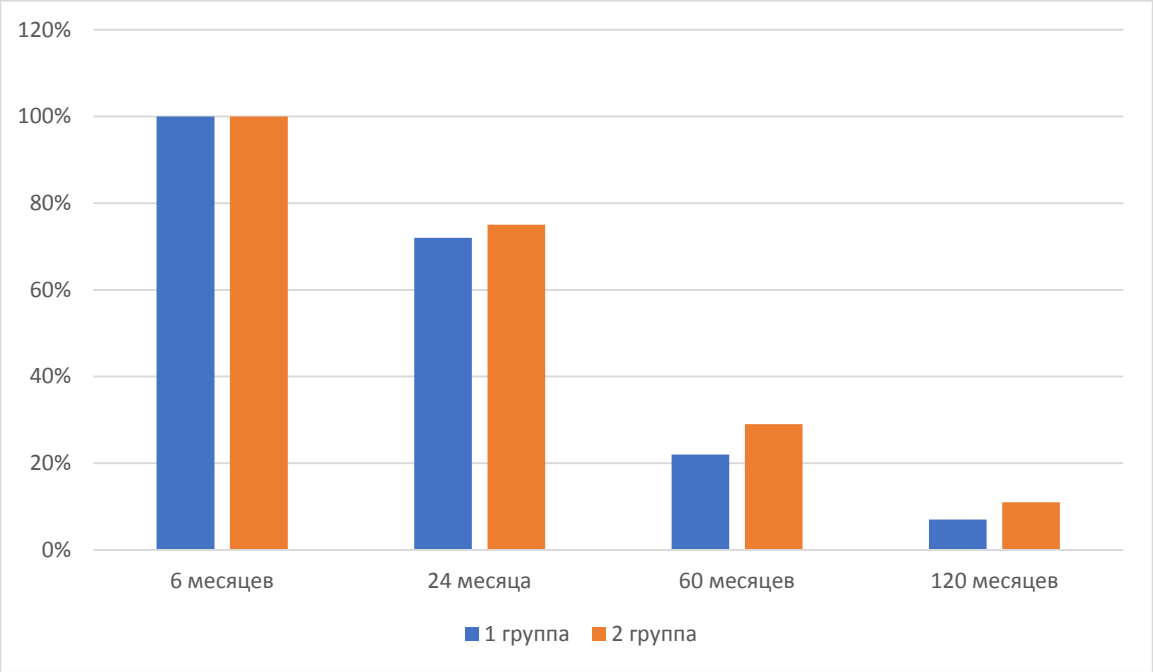


Рисунок 19

Результаты лечения изучали по общепринятым клиническим и спондилометрическим критериям. Спондилометрические критерии включали в себя такие параметры, как локальный кифоз и индекс клиновидности тела травмированных позвонков до оперативного вмешательства, после операции, в ближайшем и отдаленном послеоперационном периодах. По данным спондилометрии оценивали величину коррекции указанных параметров в травмированных ПДС на операции. В раннем и позднем послеоперационном периоде изучали изменения достигнутых значений, то есть величину потери коррекции. Стабильность фиксации травмирован-

ных ПДС характеризовалась величиной частичной потери коррекции с минимальной миграцией транспедикулярного фиксатора без признаков его дестабилизации, в отдаленном периоде наблюдения. Также в отдаленном послеоперационном периоде изучали выявленные клинические и спондилометрические признаки дестабилизации металлоконструкции у пациентов обеих групп.

При изучении результатов лечения пациентов во всех подгруппах было установлено, что достигаемая на операции степень восстановления анатомических взаимоотношений, и последующая частичная потеря коррекции не имела зависимости от типа перелома позвонков. Это позволило объединить больных с повреждениями типа А и В в подгруппах для изучения результатов лечения и проведения статистического анализа.

Клиническую эффективность хирургического лечения пациентов оценивали по показателям шкалы ВАШ до операции, после оперативного лечения, в раннем и позднем послеоперационном периоде. Разница показателей шкалы ВАШ до и после оперативного лечения давала представление о клинической эффективности применяемых методов стабилизации поврежденных ПДС на фоне сниженной минеральной плотности костной ткани. Кроме шкалы ВАШ для субъективной оценки самочувствия использовали опросник Освестри (ODI). Показатели ODI оценивали в раннем и отдаленном послеоперационном периодах.

Таким образом, на представленном клиническом материале был проведен корреляционный анализ между техникой выполнения операций и хирургической тактикой в четырех выделенных подгруппах с одной стороны и результатами лечения с другой.

Статистическую обработку и анализ результатов проводили с помощью методов описательной статистики. Распределения числовых значений в группах были далеки от нормального закона. Для доказательства сопоставимости значений применяли метод непараметрической статистики U-критерий Манна – Уитни, предназначенный для выявления различий показателей в двух несвязных выборках, а также метод непараметрической статистики H-критерий Краскела – Уоллиса, предназначенный для выявления различий показателей в трех и более несвязных выборках.

5.1. Ближайшие результаты лечения

Величина угловой коррекции в травмированных ПДС не зависела от технического варианта выполнения ТПФ. Угловая коррекция достигалась преимущественно путем укладки больных на операционном столе, а у больных с повреждениями типа А дополнялась умеренной инструментальной компрессией по задней остеолигаментарной колонне. Средняя величина коррекции составляла 10,6±1,4 градусов в первой группе при стандартном выполнении ТПФ, и 10,7±1,8° – во второй группе при ТПФ с цементной имплантацией винтов. Средняя величина остаточного кифоза составляла 2,6±0,6° и 2,5±0,5° градусов соответственно (Таблица 10). Указанные показатели в подгруппах 1.1, 1.2 и 2.1, 2.2 в течение ближайшего периода были практически идентичны.

Таблица 10 – Показатели угловой коррекции в травмированных ПДС у больных при стандартной ТПФ (подгруппа 1.1; 1.2) и ТПФ с цементной имплантацией винтов (подгруппы 2.1; 2.2)

Подгруппы	*Локальный кифоз до операции*	*Локальный кифоз после выполнения ТПФ*	*Величина коррекции*	*Локальный кифоз через 3 месяца*
Подгруппа 1.1	13,1±1,35°	2,6±0,64°	10,6±1,5°	2,6±0,65°
Подгруппа 1.2	13,2±1,18°	2,6±0,59°	10,6±1,4°	3,2±0,58°
Подгруппа 2.1	13,5±1,89°	2,5±0,53°	11,0±1,9°	2,5±0,53°
Подгруппа 2.2	13,0±1,64°	2,5±0,55°	10,6±1,6°	2,5±0,55°
H-критерий Краскела –Уолиса	H = 1,8; p = 0,61; df = 3	H = 1,4; p = 0,71; df = 3	H = 2,2; p = 0,53; df = 3	H = 2,0; p = 0,61; df = 3

Средняя величина коррекции индекса клиновидности также была сопоставимой в обеих группах, и составляла 44,2±19,5% для первой и 42,8±18,7% для второй групп (см. Таблицу 11). В подгруппах групп 1 и 2 отличий по указанному параметру не было. Как видно из данных, приведенных в Таблицах 10 и 11, ТПФ позволяла достигать значительной коррекции угловых взаимоотношений во всех подгруппах, при существенно меньшей коррекции клиновидной деформации тела травмированного позвонка как в первой, так и во второй группах.

Таблица 11 – Показатели коррекции индекса клиновидности у больных при стандартной ТПФ (подгруппы 1.1; 1.2) и ТПФ с цементной имплантацией винтов (подгруппы 2.1; 2.2)

Подгруппы	*Индекс клиновидности до операции*	*Индекс клиновидности после выполнения ТПФ*	*Величина коррекции*	*Индекс клиновидности через 3 месяца*
Подгруппа 1.1	155,3±23,6	113,2±7,9	42,1±18,4	–
Подгруппа 1.2	158,7±28,7	114,5±8,3	44,2±19,5	116,3±8,6
Подгруппа 2.1	157,9±23,7	112,9±7,6	45,0±18,4	–
Подгруппа 2.2	156,6±23,8	113,8±8,1	42,8±18.7	114,2±8,2
Достоверность различий $P < 0,05$	$H = 0,6$; $df = 3$; $p = 0,9$	$H = 0,9$; $df = 3$; $p = 0,8$	$H = 1,1$; $df = 3$; $p = 0,8$	$U = 620,5$; $p = 0,23$

Показатели индекса клиновидности в течение всего периода наблюдения не имели тенденции к изменению, хотя в подгруппах 1.1 и 2.1 после выполнения корпородеза травмированных ПДС измерение этого параметра становилось невозможным. А величина локального кифоза изменялась у пациентов первой группы, особенно в подгруппе 1.2.

Самочувствие пациентов через месяц после хирургического лечения в большей степени зависело от количества хирургических этапов, чем от техники выполнения ТПФ.

У больных в подгруппах 1.1 и 2.1, с двухэтапным лечением, через 2–3 недели после операций сохранялась болезненность в области переднего доступа, до 4,02±0,5 баллов по ВАШ в подгруппе 1.1 и 4,1±0,4 баллов в подгруппе 2.1. При этом показатели ВАШ в подгруппе 1.2 и 2.2 были лучше, и составляли соответственно 3,3±0,7 и 3,2±0,7 баллов. Это отражалось на показателях ODI. В подгруппе 1.1 он составлял в среднем 67,1±3,7 баллов, в подгруппе 2.1 – 68,1±4,1 баллов. Через 3 месяца после завершения лечения средние показатели ВАШ и ODI в подгруппах 1.1 и 2.1 оставались хуже, чем в подгруппах 1.2 и 2.2, в которых больным выполняли одноэтапные операции (см. Таблицу 12).

Таблица 12 – Изменения показателей ВАШ и ODI после операции в ближайшем периоде наблюдения

	До операции		Через 2–3 недели после операции		Через 3 месяца после операции	
	ВАШ	ODI	ВАШ	ODI	ВАШ	ODI
Подгруппа 1.1	6,5±0,5	–	4,02±0,5	67,1±3,7	5,3±0,8	58,4±2,1
Подгруппа 1.2	6,6±0,6	–	3,3±0,7	59,6±2,1	2,4±0,5	53,9±2,1
Подгруппа 2.1	7,5±0,6	–	4,1±0,4	68,1±4,1	5,7±0,7	62,01±3,7
Подгруппа 2.2	7,4±0,7	–	3,2±0,7	60,1±5,1	2,4±0,5	52,2±3,2
Н-критерий Краскела –Уолиса	H = 56,6 df = 3 p = 3,5	–	H = 88,2 df = 3 p < 0,0001	H = 93,4 df = 3 p < 0,0001	H = 174,9 df = 3 p < 0,0001	H = 159 df = 3 p < 0,0001

Влияние типа перелома на достигаемую коррекцию и на динамику функционального восстановления ни в одной из подгрупп не выявлено.

5.2. Отдаленные результаты лечения

В отдаленном периоде наблюдения через 12–24 месяца после хирургического лечения определяли все параметры, изученные в ближайшем периоде. Установлено, что вариант имплантации винтов (цементный/бесцементный) при ТПФ достоверно влияла на сохранение параметров коррекции в отдаленном периоде. Применение ТПФ с бесцементной имплантации винтов в группе 1 приводит к большей потере угловой коррекции в отдаленном периоде наблюдения, чем в группе 2. Наиболее существенной эта разница была при сравнении подгрупп 1.2 и 2.2, то есть среди больных, которым выполняли только ТПФ, без корпородеза (Таблица 13).

Постепенно прогрессирующий локальный кифоз у больных подгруппы 1,2 развивался при отсутствии вентральной опоры в связи с угловой миграцией винтов в массиве губчатой костной ткани тел позвонков. Клиновидная конфигурация тела травмированного позвонка при этом в 15 из 19 случаях (79%) оставалась без статистически значимых изменений. Уменьшение вертикального размера в передней остеолигаментарной колонне травмированных ПДС у этих больных в подгруппе 1.2 происходило за счет снижения межтеловой дистанции. За исключением 4 случаев, в которых уве-

личение кифотической деформации сопровождалась изменением индекса клиновидности. Через 24 месяца средняя величина локального кифоза в подгруппе 1.2 достигала 11,4±3,3°, что соответствовало потере коррекции 8,1±1,6°и на 7,5° превышало аналогичные показатели в подгруппе 2.2. В подгруппах 1.1 и 2.1, в которых после ТПФ производили передний корпородез, потеря коррекции была не столь велика (через 24 месяца 3,9±0,9° и 0,6±0,4° соответственно). И разница в средних величинах потери коррекции между этими подгруппами была существенно меньше (3,3°), чем у пациентов с одноэтапным хирургическим лечением.

Таблица 13 – Изменения показателей угловой коррекции в травмированных ПДС в отдаленном периоде наблюдения (потеря коррекции)

	Через 6 месяцев		Через 12 месяцев		Через 24 месяцев	
	локальный кифоз	потеря коррекции	локальный кифоз	потеря коррекции	локальный кифоз	потеря коррекции
Подгруппа 1.1	$5,3\pm0,8^0$	$1,9\pm0,7^0$	$6,3\pm0,8^0$	$3,8\pm0,9^0$	$6,4\pm1,1^0$	$3,9\pm0,9^0$
Подгруппа 1.2	6,10±0,70	3,50±0,90	8,90±0,70	6,30±1,00	11,40±3,30	8,10±1,60
Подгруппа 2.1	$2,8\pm0,6^0$	$0,5\pm0,3^0$	$2,8\pm0,7^0$	$0,5\pm0,4^0$	$2,9\pm0,5^0$	$0,6\pm0,4^0$
Подгруппа 2.2	$2,7\pm0,6^0$	$0,5\pm0,3^0$	$2,9\pm0,6^0$	$0,6\pm0,4^0$	$2,9\pm0,6^0$	$0,6\pm0,4^0$
H-критерий Краскела – Уолиса	H = 134,1 df = 3 p < 0,0001	H = 124,6 df = 3 p < 0,0001	H = 166,1 df = 3 p < 0,0001	H = 143,9 df = 3 p < 0,0001	H = 209,04 df = 3 p < 0,0001	H = 147,9 df = 3 p < 0,0001

При определении влияния переднего корпородеза на потерю угловой коррекции в травмированных ПДС в отдаленном периоде наблюдения установлено, что в подгруппе 1.1 по данному параметру результаты значительно лучше, чем в подгруппе 1.2 (см. Таблицу 13). Следует отметить, что в подгруппе 1.1 потеря коррекции продолжалась в течение года после выполнения корпородеза травмированных ПДС, а затем прекращалась. В то же время у пациентов подгруппы 1.2, которым корпородез не выполняли, потеря коррекции продолжилась и после 12 месяцев наблюдения. В подгруппе 2.1 величина потери коррекции в травмированных ПДС не отличалась, от аналогичного параметра в подгруппе 2.2 как в раннем, так и в отдаленном периодах наблюдения (см. Таблицу 13). В подгруппах 1.1 и 2.1 после выполнения корпородеза мы не определяли индекс клиновидности или другие спондилометрические параметры тел травмированных позвонков.

В подгруппах 1.1, 2.1 и 2.2 в отдаленном периоде наблюдения продолжалось снижение интенсивности болевого синдрома (Таблица 14). К 24 месяцам после завершения хирургического лечения средние показатели ВАШ у больных в этих подгруппах не имели существенных отличий и находились в диапазоне 0,3±0,5 – 0,4±±0,6 баллов. В подгруппе 1.2 напротив, выявлялась отрицательная динамика. Средний показатель ВАШ у больных в подгруппе 1.2 возрос с 2,4±0,5 в трехмесячном периоде до 3,6±0,5 к 12 месяцам после операции (см. таблицу 6.). Ко второму году после оперативного лечения средний показатель ВАШ в подгруппе 1.2 достиг уровня 4,3±0,7 балла, практически не меняясь в дальнейшем. Такая интенсивность боли в спине вынуждала больных периодически пользоваться анальгетиками.

Сравнивая динамику показателей ВАШ после операций у больных в четырёх подгруппах установлено, что в раннем периоде наблюдения существенная разница была выявлена только к третьему месяцу после операции. Пациенты подгрупп 1.1 и 2.1 жаловались на болевой синдром, отмечая интенсивность боли по ВАШ свыше 5 баллов в отличие от пациентов подгруппы 1.2 и 2.2, где интенсивность боли по ВАШ не превышала 2,5 баллов (Н-критерий Краскела – Уоллиса $H = 174{,}9$; $df = 3$; $p < 0{,}001$).

Через 12 месяцев после операций статистически значимых различий значений ВАШ в подгруппах 1.1, 2.1, 2.2 не наблюдалось (Н-критерий Краскела – Уоллиса $H = 39$; $df = 2$; $p < 3{,}5$). При этом в подгруппе 1,2 его средняя величина достигала 3,6±0,5 балла по сравнению с 1,5±0,6 – 1,8±0,5 в трёх других подгруппах. К концу второго года наблюдения у пациентов подгруппы 1.2 были выявлены достоверные отличия по показателям ВАШ = 4,2±0,7, в то время как у пациентов других подгрупп значения ВАШ не превышали 0,5 (Н-критерий Краскела – Уоллиса критическое значение $H = 51$; $df = 3$; $p < 0{,}001$).

Аналогичная динамика выявлена при анализе показателей ODI в подгруппах больных (см. Таблицу 14).

Таблица 14 – Динамика показателей ВАШ и ODI у больных группы 1 и 2

Подгруппа	Через 2–3 недели после операции		Через 3 месяца после операции		Через 12 месяцев после операции		Через 24 месяца после операции	
	ВАШ	ODI	ВАШ	ODI	ВАШ	ODI	ВАШ	ODI
1.1	4,02±0,5	67,1±3,7	5,3±0,8	58,4±2,1	1,6±0,5	23,6±4,3	0,3±0,5	19,3±0,9
1.2	3,3±0,7	59,6±2,1	2,4±0,5	53,9±2,1	3,6±0,4	43,8±3,4	4,3±0,5	48,2±2,6
2.1	4,1±0,4	68,1±4,1	5,7±0,7	62,01±3,7	2,2±0,6	23,3±4,2	0,5±0,4	19,0±1,4
2.2	3,2±0,7	60,1±5,1	2,4±0,5	52,2±3,2	1,5±0,7	22,7±4,3	0,6±0,5	19,2±0,9
H-критерий	H = 88,2 df = 3 p < 0,0001	H = 93,4 df = 3 p < 0,0001	H = 174,9 df = 3 p < 0,0001	H = 159 df= 3 p < 0,0001	H = 73,4 df= 3 p < 0,0001	H = 50,1 df = 3 p < 0,0001	H = 51 df = 3 p < 0,0001	H = 50,2 df = 3 p < 0,0001

К трем месяцам с момента операций средние значение ODI в подгруппах 1.1 и 2.1 составили соответственно 58,4±2,1 и 62,2±3,4, в то время, как в других подгруппах не превышало 54 (H-критерий Краскела – Уоллиса H = 159; df = 3; p < 0,0001).

При дальнейшем наблюдении в сроки 12 и 24 месяца после операций в подгруппе 1.2 значение ODI составило 43,8 и 48,2 соответственно, что достоверно отличалось от аналогичных показателей в других подгруппах, средние показатели ODI в которых в эти же периоды находились в пределах 23 и 19 баллов (H-критерий Краскела – Уоллиса H = 50,2; df = 3; p < 0,0001).

Таким образов в отдаленном периоде наблюдения в подгруппах группы 1 динамика изменения показателей качества жизни существенно отличалась. В подгруппе 1.1 через 12 и 24 месяца после операций интенсивность болевых ощущений снижалась, и показатели ВАШ составляли соответственно 1,6±0,5 балла и 0,3±0,2 балла (Рисунок 20).

В подгруппе 1.2 через 12 месяцев показатели ВАШ составляли 3,6±0,4 балла и в дальнейшем имели тенденцию к ухудшению, составляя к 24 месяцам после операции 4,3±0,5 балла.

Отличия значений по данному показателю статистически значимы (U-критерий Манна – Уитни критическое значение U < 0,001; p < 0,001).

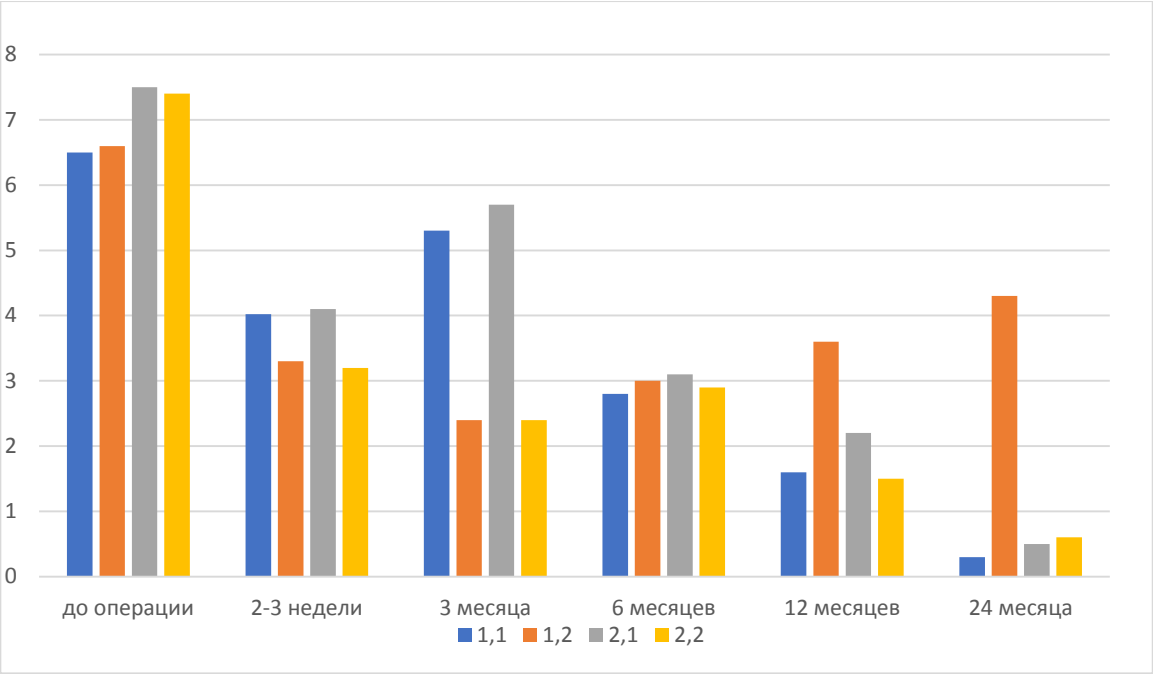


Рисунок 20 – Динамика изменения показателей ВАШ у больных группы 1 и 2 в послеоперационном периоде

Аналогично показателям ВАШ у пациентов группы 1 выявлена закономерность изменений данных шкалы ODI. Пациенты подгруппы 1.1 отмечали улучшение качества жизни, показатели ODI после операции через 12 месяцев и 24 месяца составили в 23,6±4,3 и 19,3±0,9 соответственно (Рисунок 21).

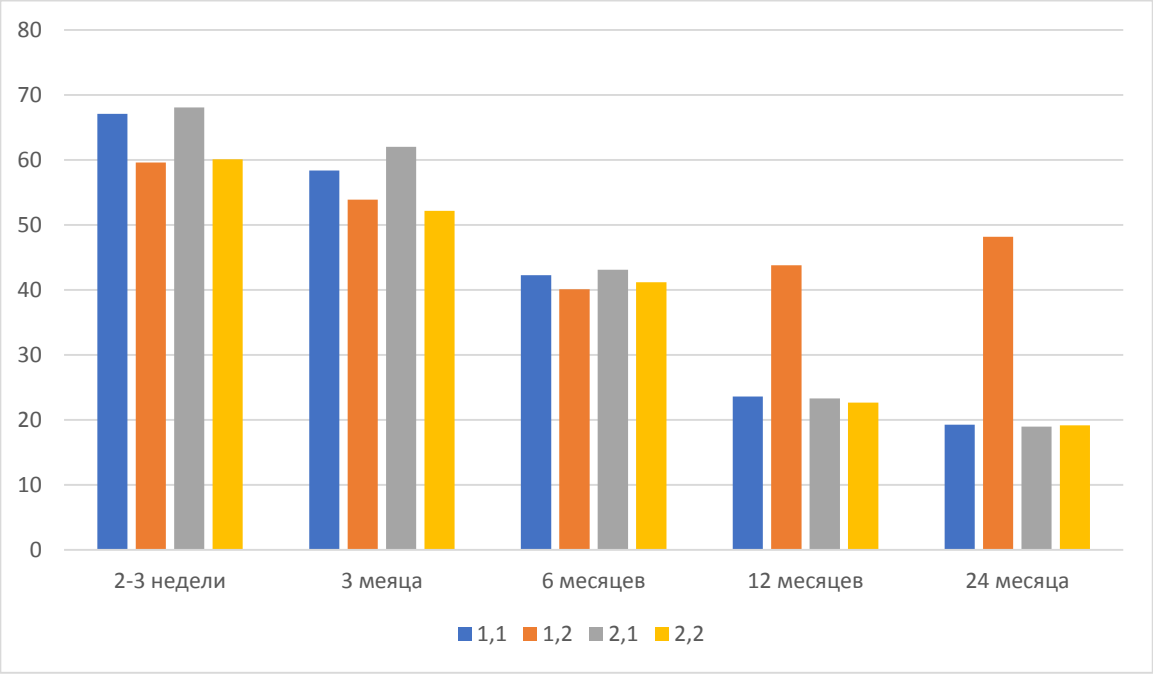


Рисунок 21 – Динамика изменения показателей ODI у больных группы 1 и 2 в послеоперационном периоде

Пациенты подгруппы 1.2 наоборот отмечали некоторое ухудшение состояния в виде усиления болевого синдрома при нагрузках, ограничение физической активности, связанное также с усилением болевого синдрома. Через 12 месяцев после операций – 43,8±3,4. Через 24 месяца показатель ODI составил 48,2±2,6. Отличия значений по данному показателю статистически значимы (U-критерий Манна – Уитни критическое значение $U < 0{,}001$; $p < 0{,}001$). При этом пациенты группы 2 в обеих подгруппах отмечали улучшение качества жизни в позднем периоде наблюдения. В подгруппе 2.1 в отдаленном периоде наблюдения через 12 и 24 месяца после операций интенсивность болевых ощущений существенно снижалась и показатели ВАШ составляли соответственно 2,2±0,6 балла и 0,5±0,4 балла (см. Рисунок 18). В группе 2.2 показатели ВАШ также имели тенденцию к улучшению. Через 12 месяцев составляя 1,5±0,7 балла, и в дальнейшем к 24 месяцам после операции значения по данному показателю составили 0,6±0,5 балла.

Аналогичная тенденция отмечена в группе 2 по показателям ODI. Пациенты в подгруппе 2.1 в отдаленном периоде наблюдения через 12 и 24 месяца после операций отмечали существенное улучшение качества жизни. ODI у них составлял соответственно 23,3±4,2 и 19,0±1,4. Пациенты подгруппы 2.2 так же отмечали улучшение качества жизни в позднем периоде. Через 12 месяцев после операции показатель ODI у них составлял 22,7±4,3 (см. Рисунок 19). В последующем пациенты отмечали увеличение физической активности и к 2-летнему периоду наблюдения показатель шкалы ODI составил 19,2±0,9. Статистический анализ показал отсутствие статистически значимых отличий по данному показателю U-критерий Манна – Уитни критическое значение $U = 0{,}00013$ ($p = 0{,}225$). Остаточный болевой синдром не оказывал существенного влияния на качество жизни пациентов.

Наше исследование показало, что при повреждениях грудного и поясничного отделов позвоночника с пониженной МПКТ цементная имплантация винтов, и корпородез практически в равной степени увеличивают долгосрочную стабильность фиксации. При этом, преимущества цементной имплантации и корпородеза проявляются только в отдаленные сроки, через 12 и более месяцев. В ближайшем периоде наблюдения болезненность в области передних доступов в подгруппах 1.1 и 2.1

удлиняет функциональную адаптацию по сравнению с подгруппами 1.2 и 2.2, в которых выполняли только ТПФ.

При использовании ТПФ с цементной имплантацией винтов передний корпородез не оказывал достоверного положительного влияния на клиническую эффективность лечения. На это указывают сопоставимые спондилометрические параметры восстановления анатомических взаимоотношений в травмированных ПДС с сохранением показателей коррекции в отдаленные сроки после операций. А также достигаемые показатели функциональной адаптации по ODI в отдаленном периоде наблюдения в подгруппах 2.1 и 2.2. В то время, как при использовании стандартной ТПФ с бесцементной имплантацией винтов невыполнение переднего корпородеза травмированных ПДС негативно отражалось на отдаленных результатах лечения.

5.3. Ошибки и осложнения

Осложнения хирургического лечения переломов позвонков грудного и поясничного отделов при сниженной минеральной плотности костной ткани изучены на протяжении 5-летнего периода наблюдения. Изучен характер осложнений, частота их встречаемости и зависимость их развития от выбранной тактики хирургического лечения. Всего выявлено 53 (22,3%) случаев осложнений. Среди них было 21 (8,8%) поверхностное нагноение операционной раны после ТПФ, 19 (8%) случаев развития PJF в позднем периоде наблюдения, и 13 (5,5%) случаев выхода костного цемента за пределы позвонка (в просвет позвоночного канала или паравертебрально), которые имели место среди больных группы 2, составив в этой группе 7,6%.

Выявленные и изученные нами осложнения были разделены на интраоперационные, ранние, диагностированные в период до 2 месяцев после операции, и поздние, возникшие через 2 и более месяцев после операции. Из них к интраоперационным осложнениям отнесены случаи выход костного цемента за пределы позвонка (в просвет позвоночного канала или паравертебрально) при выполнении ТПФ с цементной имплантацией винтов в группе 2 n = 13 (7,6%). К ранним относились осложнения связанные с развитием инфекции в области операционной раны n = 21 (8,8%). К поздним осложнениям мы относили развитие PJF n = 19 (8%).

Выход костного цемента за пределы позвонка во время операций у больных в группе 2 был связан с введением цемента в недостаточно вязком состоянии, что приводило к его распространению по трабекулам костной ткани за пределы тела позвонка. Осложнение выявлялось во время операции при рентгенконтроле на мониторе электронно-оптического преобразователя. Введение костного цемента прекращалось сразу при выявлении данного осложнения. В послеоперационном периоде выполняли КТ грудопоясничного отдела позвоночника. Во всех случаях выхода цемента в просвет позвоночного канала, костный цемент располагался подсвязочно (между задним краем тела позвонка и задней продольной связкой), стенозируя просвет позвоночного канала не более чем на 10%. Выход костного цемента в паракорпоральные отделы сопровождался его локальным распространением по сегментарным венам на протяжении 1–2,5 см. Так же без клинических проявлений. Учитывая указанное обстоятельство, каких-либо ревизионных оперативных вмешательств по поводу данных осложнений не производили.

Поверхностные нагноения операционных ран после выполнения ТПФ у 9 больных были купированы консервативными методами в течение 2,5–4 недель после операций. Ещё у 12 пациентов санирующие консервативные мероприятия были не эффективны, и принималось решение о ревизионных оперативных вмешательствах. В ходе ревизии послеоперационной раны во всех случаях наблюдалось инфицирование подкожной жировой клетчатки, не распространяющееся глубже апоневроза. Выполнялась санация раны, включающая некрэктомию и наложение активной вакуумной повязки с последующей этапной сменой ее. После очищения раны накладывались вторичные швы с последующим вторичным заживлением.

При выявлении PJF в позднем периоде наблюдения, пациентам назначали корсетотерапию на 4–6 месяцев. У восьми из указанных 19 больных корсетотерапия после выявления PJF не обеспечила достаточного обезболивающего эффекта. Этим больным произведена пункционная вертебропластика позвонков, смежных с уровнем фиксации. Перечисленные мероприятия позволили избежать проксимального кифоза более 8–9 градусов и устранить болевой синдром.

В качестве примера развития PJF приводим следующее клиническое наблюдение.

Пациент Б., 53 лет, поступил в НХО № 3 с диагнозом: неосложненный компрессионный перелом тела L1 позвонка на фоне сниженной минеральной плотности костной ткани. Со слов пациента травма получена при падении с высоты собственного роста на ягодицы за 3,5 недели до обращения. Болевой синдром пытался купировать самостоятельно постельным режимом и приёмом НПВС. Однако желаемого результата достигнуто не было. Пациент обследован, по данным КТ выявлена компрессия тела L1, угол локальной кифотической деформации составил 10°, индекс клиновидности – 173%. Стеноза позвоночного канала не выявлено (Рисунок 22). По данным КТ-денситометрии Т-критерий составил – 2,3 SD.

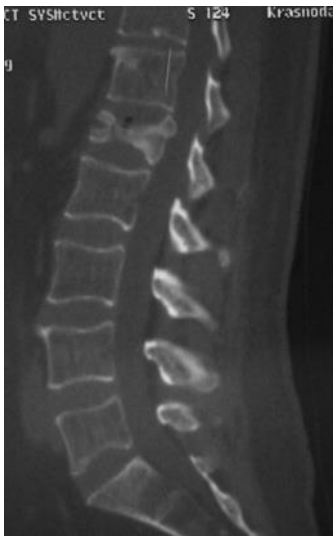


Рисунок 22 – Сагиттальный КТ-скан больного Б., 53 года
с компрессионным переломом тела L1

Пациенту выполнили двухэтапное хирургическое лечение. Первый этапом – ТПФ Тн12 – L1. Через 1 месяц – субтотальная корпорэктомия L1, вентральный корпородез Тн12 – L2 кейджем с аутокостью (Рисунок 23).

В результате хирургического лечения восстановлены анатомические взаимоотношения. Локальный кифоз в травмированных ПДС составил 2°. Пациент активизирован, выписан на амбулаторное долечивание по месту жительства.

Через 6 месяцев, на контрольных сканах КТ выявлена компрессионная деформация тела Тн11 позвонка (PJF Тн11) (Рисунок 24). При этом пациент отмечал постепенное улучшение самочувствия в течение 5 месяцев после операции. А к 6 месяцам почувствовал болевой синдром в грудо-поясничном отделе позвоночника

который стал усиливаться, в связи с чем снизилась физическая активность. На момент контрольного осмотра болевой синдром составлял 5 баллов по ВАШ, индекс ODI составил 55.

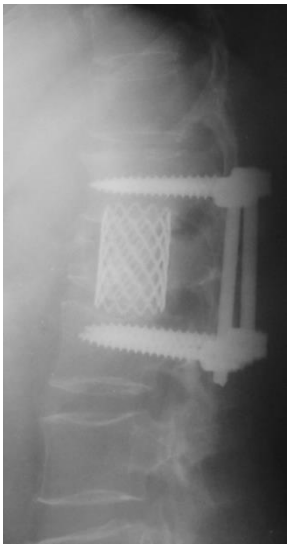


Рисунок 23 – Рентгенограмма больного Б., после завершения 2-этапного лечения

Рисунок 24 – Сагиттальный КТ-скан больного Б., 53 года
через 6 месяцев после операции. PJF Th11

Пациенту выполнена пункционная вертебропластика тела Th11 костным цементом, так же, с целью профилактики компрессионных переломов нижележащих поясничных позвонков, выполнена пункционная вертебропластика тел L3, L4, L5 позвонков костным цементом (Рисунок 25).

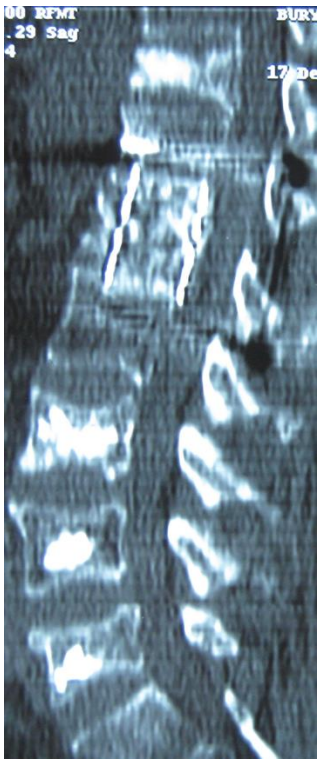


Рисунок 25 – КТ контроль больного Б. через 11 месяцев после завершения оперативного лечения

После выполнения пункционной вертебропластики болевой синдром регрессировал. К 24 месяцам наблюдения болевой синдром носил перманентный характер. Пациент связывал его с злоупотреблением физической нагрузкой. Боль эпизодически составляла 2 балла по ВАШ, купировалась однократным приемом нестероидных противовоспалительных средств (НПВС).

Для изучения зависимости развития выявленных осложнений от примененной тактики и метода хирургического лечения нами изучена частота возникновения осложнений в каждой подгруппе. Данные представлены в Таблице 15.

Таблица 15 – Частота развития осложнений в подгруппах больных

Осложнение	*Подгруппа*			
	1.1	1.2	2.1	2.2
Выход цемента за пределы позвонка	–	–	8 (9,4%)	5 (5,9%)
Нагноение раны	4 (8,1%)	2 (10,5%)	8 (9,4%)	7 (8,2%)
Перелом смежного позвонка	4 (8,2%)	–	7 (8,2%)	8 (9,4%)
Всего	8 (16,3%)	2 (10,5%)	23 (27%)	20 (23,5%)

Как видно из Таблицы 15, частота осложнений в подгруппах группы 2 превышает аналогичный показатель в группе 1. Эта разница связана прежде всего со случаями интраоперационного выхода костного цемента за пределы позвонков. Данное осложнение является специфическим для цементной имплантации транспедикулярных винтов, как для более сложной техники ТПФ. Его в принципе не может быть при стандартной ТПФ, за счет чего мы видим более высокую общую частоту осложнений в группе 2. Как было сказано выше, осложнение, связанное с выходом цемента за предел позвонка, ни в одном случае не дало симптоматику и не повлияло на полученный результат лечения.

Развитие нагноений послеоперационных ран наблюдалось у 21 пациента. Как видно из данных Таблицы 15, частота возникновения данного осложнения не зависела от тактики хирургического лечения. Все пациенты имели в анамнезе сахарный диабет и ожирение 2-3-й степени в качестве сопутствующего заболевания. При выявлении инфекционных раневых осложнений проводились мероприятия консервативной санации (n = 9) или ревизионные оперативные вмешательства (n = 12), в ходе которых выполнялась некрэктомия и наложение активной вакуумной повязки с последующей этапной сменой ее. После купирования гнойного процесса рана вторично ушивалась. Этот вид осложнений не оказал негативного влияния на полученные результаты лечения.

У 13 пациентов в позднем периоде наблюдения выявлены компрессионные переломы краниально-смежных позвонков относительно фиксированного отдела (PJF). Данный вид осложнения наблюдался в подгруппах 1.1, 2.1, 2.2 примерно с одинаковой частотой и ни разу не отмечался в подгруппе 1.2. При этом в подгруппе 2.1, в отличие от трех других подгрупп, имела место самая высокая величина потери угловой коррекции, превышающая в отдаленном периоде наблюдения 8 градусов. Пациенты с развившимся PJF жаловались на усиление болевого синдрома и связывали это с осевой физической нагрузкой. На контрольных спондилограммах выявлялся компрессионный перелом тела позвонка краниально смежного фиксированному отделу позвоночника. Как указано выше, 11 больным была назначена

длительная корсетотерапия, а 8 пациентам выполнена пункционная вертебропластика смежных позвонков. Во всех случаях болевой синдромом удавалось купировать. Ухудшив ближайшие результаты, данное осложнение не оказало существенного отрицательного влияния на отдаленные результаты лечения.

Согласно градации степени тяжести осложнений по классификации Clavien – Dindo осложнения у наших пациентов относились к I, II и III степеням тяжести. Более тяжких осложнений IV и V степеней тяжести не наблюдали (Таблица 16).

Таблица 16 – Тяжесть осложнений в подгруппах больных (по классификации Clavien – Dindo)

Подгруппа	*Степень*		
	I степень	II степень	III степень
Подгруппа 1.1		4 (8,2%)	4 (8,2%)
Подгруппа 1.2			2 (10,5%)
Подгруппа 2.1	8 (9,4%)	8 (9,4%)	7 (8,2%)
Подгруппа 2.2	5 (5,9%)	8 (9,4%)	7 (8,2%)
Всего	13 (5,5%)	20 (8,4%)	20 (8,4%)

Как видно из данных Таблицы 16, осложнения III степени, которые явились показаниями к ревизионным операциям, имели место у 20 пациентов, что составило 8,4% от общего числа больных. Это степень осложнений встречалась во всех четырёх подгруппах практически с одинаковой частотой. Осложнения I и II степени тяжести не потребовали ревизионных операций.

Техническая ошибка, в результате которой во время операции пришлось изменить компоновку транспедикулярного фиксатора и увеличить протяженность фиксации на один ПДС в краниальном направлении, произошла в одном случае.

Больной Н., 59 лет, была запланирована операция: бисегментарная ТПФ с цементной имплантацией винтов по поводу компрессионного перелома тела Th8. На операции использовались неперфорированные транспедикулярные винты, которые предполагалось имплантировать в предварительно созданную цементную мантию сразу после введения костного цемента в тела позвонков Th7 и Th9 до момента полимеризации цемента. При этом использовались 4 иглы Джамшиди и одна доза

костного цемента «Stryker». Таким образом, были имплантированы два винта в Th9 и один винт (левый) в Th7. При проведении второго (правого) винта в Th7 произошло его отклонение от оптимальной траектории, в результате чего винт оказался установлен паракорпорально. После выполнения интраоперационного рентгенологического контроля перепроведение этого винта в тело Th7 стало невозможным из-за полимеризации костного цемента. Для завершения фиксации было принято решение произвести цементную имплантацию еще двух транспедикулярных винтов в Th6. Операция была завершена без ущерба для качества стабилизации, но с увеличением протяженности фиксации до трёх ПДС. В дальнейшем для исключения подобных интраоперационных инцидентов выполнение цементной имплантации неперфорированных винтов в предварительно созданную цементную мантию мы производили с двумя дозами костного цемента и наборами для пункционной вертебропластики.

Кроме описанной выше технической ошибки, у 27 больных (11,3%) было отмечено неточное проведение транспедикулярных винтов с частичным выходом витков резьбы в просвет позвоночного канала 16 больных (6,7%), либо паракорпорально – 11 больных (4,6%). Указанные технические ошибки не провоцировали какой-либо симптоматики и выявлялись после операций на КТ-контроле.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное изучение 220 литературных источников по вопросам лечения больных с повреждениями позвонков грудного и поясничного отделов позвоночника на фоне сниженной минеральной плотности костной ткани преимущественно за последние 10–12 лет показало, что на сегодняшний день этот вид повреждения является одним из наиболее актуальных. Клинические и рентгенологические проявления таких повреждений хорошо изучены, о чем говорят предложенные классификации указанных повреждений помимо существующих общеизвестных классификаций травм грудного и поясничного отделов позвоночника. В диагностике повреждений данного вида большую роль стали играть современные высокоинформативные методы визуализации, прежде всего КТ и КТ-денситометрия. В то же время диагностика по-прежнему базируется на тщательном анализе данных анамнеза и клинических проявлений повреждения, выяснении динамики развития симптомов и синдромов. В плане лечения больных с повреждениями позвонков грудного и поясничного отделов позвоночника на фоне сниженной минеральной плотности костной ткани остается ряд нерешенных вопросов. Сформулированы лишь общие принципы лечения данной патологии, которые требуют, прежде всего, максимально быстрого восстановления физической активности пострадавших снижение интенсивности болевого синдрома и восстановление качества жизни. При этом как тактика консервативного лечения, так и технические приемы выполнения хирургической стабилизации травмированных ПДС, режимы реабилитационного лечения остаются предметом дискуссии. Отдельной проблемой хирургического лечения больных с повреждениями позвонков грудного и поясничного отделов позвоночника на фоне сниженной минеральной плотности костной ткани являются осложнения, от наиболее ранних, интраоперационных, до поздних, развивающихся через 2–3 года после операций. При этом по вопросу профилактики и лечения этих осложнений, по данным литературы, единого мнения так же нет. Отсутствие общепринятой точки зрения по перечисленным вопросам хирургического лечения боль-

ных с повреждениями позвонков грудного и поясничного отделов на фоне сниженной минеральной плотности костной ткани подтверждает актуальность и практическую значимость дальнейших исследований в этом направлении.

Клиническая часть диссертации основана на анализе результатов хирургического лечения 238 больных с нестабильными переломами позвонков грудного и поясничного отделов позвоночника при сниженной минеральной плотности костной ткани за период 2008–2015 годы. Среди пациентов было 185 (77,7%) женщин и 53 (22,3%) мужчин. Возраст пациентов составлял от 48 до 85 лет. Срок с момента травмы от 2 дней до 8 недель. Критериями включения в исследование являлись: снижение МПКТ позвонков травмированного отдела позвоночника, соответствующее Т-критерию от -1,5 до -3,5 по данным КТ-денситометрии; наличие углового смещения в травмированных ПДС в сагиттальной плоскости более 10 градусов (локальный кифоз); сохраняющийся болевой синдром (ВАШ 6 и более баллов). Критерии исключения: отсутствие в анамнезе четкого указания на дату и факт получения травмы позвоночника, повторные повреждения позвонков; повреждение более одного позвонка; политравма; наличие вертеброгенного неврологического дефицита; индекс коморбидности Чарлсон более 6 баллов. Повреждения позвоночника у наших больных локализовались от Th7 до L4 и соответствовали типам $A_{1.2}$, $A_{1.3}$, $B_{1.2}$, $B_{2.3}$. по классификации F. Magerl 1992 г. Во всех случаях ведущим спондилометрическим компонентом травмы являлось повреждение тела позвонка с импрессией и относительно не грубой фрагментацией костных структур, и клиновидной травматической деформацией. Встречающиеся травматические разрушения структур заднего опорного комплекса были не значительными, но формально данные повреждения нами отнесены в категорию В. Локальный кифоз в травмированных ПДС в всех подгруппах составлял от 12,3±1,5 до 12,7±1,3 градусов (по Cobb) при переломах типа А и от 13,6±1,4 до 15,1±1,2 градусов (по Cobb) при переломах типа В. Для объективизации интенсивности болевого синдрома использовали визуально аналоговую шкалу боли (ВАШ). Во всех подгруппах этот показатель боли, в независимости от срока прошедшего с момента травмы, существенно не отличался и

составлял от 6,3 до 7,4 баллов, что соответствовало значениям выраженного болевого синдрома (сильная боль по ВАШ). Для объективизации совокупного влияния возраста и сопутствующих заболеваний на общесоматическое состояние больных мы рассчитывали индекс коморбидности Чарлсон (Charlson M., 1978). У наших пациентов этот показатель составлял от 1 до 6 баллов. Причем в большинстве случаев индекс коморбидности находился в пределах от 3 до 5 баллов.

У всех больных хирургическое лечение предполагало выполнение транспедикулярной фиксации четырехвинтовой системой. Все пациенты были разделены на 2 группы в зависимости от способа выполнения ТПФ.

В первую группу вошли 68 пациентов, которым была выполнена транспедикулярная фиксация с бесцементной (стандартной) имплантацией винтов. Первая группы была разделены на две подгруппы 1.1 и 1.2 в зависимости от тактики лечения. В подгруппу 1.1 вошли 49 (20%) больных, которым после транспедикулярной фиксации выполняли передний корпородез на протяжении двух травмированных ПДС в сроки от 7 до 30 дней. Вскрытие позвоночного канала и переднюю декомпрессию дурального мешка при этом пациентам данной группы не производили, в связи с отсутствием показаний. В качестве опорных трансплантатов использовали цельные костные трикортикальные аутотрансплантаты из гребня подвздошной кости (n = 19; 28% больных от количества в группе 1) или импланты контейнерного типа, заполненные измельченной аутокостью (n = 30; 44% больных от количества пациентов в группе 1). В подгруппу 1.2 вошли 19 (8%) больных, у которых хирургическое лечение включало только одну операцию – ТПФ на протяжении 2 позвоночно-двигательных сегментов четырехвинтовой системой.

Во вторую группу вошли 170 пациентов, которым выполняли ТПФ поврежденных ПДС транспедикулярными винтами, укрепленными цементной мантией в теле позвонка. Аналогично первой группе, в зависимости от тактики хирургического лечения пациенты второй группы были разделены на две подгруппы. В подгруппу 2.1 вошли 85 (36%) пациентов, оперированных в два этапа. Первым этапом выполняли транспедикулярную фиксацию на протяжении двух ПДС с укреплением транспедикулярных винтов цементной мантией. Вторым этапом хирургического

лечения производили передний корпородез на протяжении двух сегментов в сроки от 7 до 30 дней после ТПФ. Вскрытие позвоночного канала и переднюю декомпрессию дурального мешка при этом у пациентов данной группы не выполняли, в связи с отсутствием показаний. В качестве трансплантатов использовали имплантаты контейнерного типа заполненные измельченной аутокостью. Подгруппу 2.2 составили 85 (36%) пациентов, которым хирургическое лечение предполагало один этап – ТПФ на протяжении двух сегментов четырехвинтовой системой с цементной имплантацией винтов. Передний корпородез в подгруппе 2.2 не выполняли. При этом для цементной имплантации у больных второй группы применяли перфорированные транспедикулярные винты, за исключением 28 случаев, в которых использовали стандартные не перфорированные винты, которые вводили транспедикулярно в тела позвонков сразу после предварительного создания цементной мантии, до момента полимеризации костного цемента.

Сравнение четырех подгрупп в выделенных нами двух группах пациентов по вышеописанным основным клиническим и спондилометрическим параметрам было проведено с помощью методов описательной статистики и применением методов непараметрического статистического анализа, причем при анализе частоты встречаемости показателя был использован непараметрический критерий χ^2-Пирсона, а при анализе количественных показателей U-критерий Манна – Уитни при сравнении двух групп и H-критерий Краскела – Уоллиса при сравнении 4 подгрупп. Анализ клинического материала показал, что состав всех четырех подгрупп не имел существенных различий по возрасту пациентов, клиническим проявлениям и спондилометрическим параметрам полученных повреждений. Так же, пациенты, вошедшие в сравниваемые подгруппы, существенно не отличаются по минеральной плотности костной ткани позвонков и комморбидному фону. То есть проанализированные параметры, характеризующие исходное состояние больных четырех подгрупп в выделенных нами двух групп, не могли оказать влияние на различия в полученных результатах лечения.

В экспериментальной части диссертации проведено две серии экспериментов. Первая серия посвящена изучению механических свойств губчатой кости тела

позвонка (n = 6) в зависимости от ее расположения (субхондрально или в середине тела позвонка). Во второй серии изучена прочность костно-цементно-металлического блока и прочность костно-металлического блока в позвонках (n = 16) с пониженной минеральной плотностью костной ткани. Первый раздел экспериментальной части исследования выполняли на 6 анатомических препаратах позвонков Th_{12} и L_1. Изъятие препаратов проводили на секции у лиц 25–60-летнего возраста, доставляемых в судебно-медицинский морг в срок до 48 часов после смерти в соответствии с требованиями подготовки тканей экспериментальных животных и человека для биомеханических исследований. Причины смерти в указанной группе не оказывали влияния на структуру тканей позвоночника. Перед началом исследования производили визуальную макроскопическую оценку и морфометрию анатомических препаратов. Производили рентгенографию препаратов в стандартных проекциях, которая исключала патологические изменения в структуре позвонков.

В данном эксперименте определяли и сравнивали прочность, жёсткость и предел упругости спонгиозной костной ткани из центральных участков тел позвонков в проекции талии, и из участков, примыкающих к замыкающим пластинам. Для этого каждый позвонок из изъятых на секции анатомических препаратов разделяли строго по срединной линии на симметричные правую и левую половины. Из одной половины, из участков тела, примыкающих к замыкающим пластинам, с помощью осцилляторной пилы и долота готовили костные фрагменты, включающие только спонгиозную костную ткань и имевшие форму кубиков с гранью 1×1 см. Из второй половины каждого позвонка готовили аналогичные фрагменты, но изъятые из центральных отделов тела. Подготовленные таким образом костные препараты подвергались нагрузочному тестированию путем вертикально направленной компрессии.

Исследования были выполнены на базе экспериментальной лаборатории кафедры травматологии и ортопедии Ростовского государственного медицинского университета на стационарном испытательном стенде ИСС, снабжённом стандартизированным датчиком механических нагрузок Scaime ZF-500 (Франция). Препараты спонгиозной костной ткани тел позвонков располагали между активной и пассивной траверсами испытательного стенда с таким расчётом, чтобы направление

вектора тестирующего силового воздействия на фрагменты тел позвонков во всех опытах было одинаковым и совпадало с вертикальной биомеханической осью позвоночного столба. Скорость сближения траверсов была постоянной и составляла 0,55 мм в секунду. Во время сближения траверсов и увеличения компрессионной деформации тестируемых препаратов измеряли нарастающую квазистатическую нагрузку с помощью датчика испытательного стенда. Предельную величину тестирующей нагрузки ограничивали общей прочностью исследуемых образцов. Разрушением исследуемого костного препарата считали момент резкого снижения сопротивления образца дальнейшему сжатию. Разрушение фиксировали датчиком испытательного стенда и контролировали визуально. Все полученные данные обрабатывались на персональном компьютере, интегрированном с испытательным стендом ИСС Scaime ZF-500. По полученным диаграммам определяли отношение абсолютного укорочения препарата под действием приложенной нагрузки к его первоначальной длине в процентном выражении. Составляли таблицы зависимости относительной компрессионной деформации тестируемых препаратов от прилагаемой механической нагрузки для последующего анализа, определения прочности, показателя жёсткости и предела упругости спонгиозной костной ткани в исследуемых участках тел позвонков. Полученные величины прочности, показателей жёсткости и предела упругости исследуемых костных образцов из участков тела позвонка, прилежащих к замыкающим пластинам, принимали равными 100% и сопоставляли с соответствующими параметрами костных образцов из центральных участков тел тех же позвонков. Количественные характеристики результатов экспериментов подвергались статистической обработке с определением стандартной ошибки средних значений.

Второй раздел экспериментальной части исследования включал 16 опытов, в которых были использованы анатомические препараты блоков позвоночных сегментов Th11 – L3 с полностью сохранёнными дисками и связочными структурами, извлекаемые на секции у лиц женского пола старше 65 лет в сроки 24–48 часов после смерти. Изъятие блоков позвоночных сегментов проводили в соответствии с требованиями подготовки тканей экспериментальных животных и человека для

биомеханических исследований. Перед началом исследования производили визуальную макроскопическую оценку и морфометрию анатомических препаратов. Производили рентгенографию препаратов в стандартных проекциях, которая исключала патологические изменения в структуре позвонков. После этого во все позвонки анатомических препаратов через корни дуг в тела имплантировали транспедикулярные винты «Синтез» (ООО МТФ «Синтез», г. Санкт-Петербург), диаметром 6,5 мм с длинной резьбовой части 50 мм. Винты проводили параллельно замыкательным пластинам, а их конвергенция была оптимальной для данного уровня позвоночника и составляла 12–18 градусов по отношению к сагиттальной плоскости. При этом в правую часть каждого позвонка имплантировали стандартные винты, широко применяемыми в клинической практике, а в левую часть – канюлированные винты, имплантацию которых осуществляли с использованием костного цемента. Формирование цементной мантии осуществляли после имплантации винтов путём введения костного цемента в количестве 2,5 мл через канюлю каждого винта с помощью специального инжектора. Корректность проведения винтов и формирования цементной мантии во всех случаях контролировали рентгенографией анатомических препаратов в двух стандартных проекциях. Подготовленные к экспериментам анатомические препараты хранили при температуре минус 18 градусов С. Перед проведением нагрузочных тестов они размораживались в течение 6–8 часов до комнатной температуры.

Исследования были проведены в испытательной лаборатории изделий ортопедо-травматологического назначения ГУН ЦИТО им. Н. Н. Приорова на универсальной серво-гидравлической испытательной машине «Walter+bay ag» LFV-10-T50. Тестирование предполагало поочерёдную дестабилизацию имплантированных винтов путём воздействия на них дистракционной нагрузкой, приложенной вдоль продольной оси винта в направлении от заострённой носовой части к головке. Анатомические препараты позвонков с имплантированными в них винтами закрепляли в неподвижной траверсе испытательной машины за тело позвонка таким образом, что продольная ось испытуемого винта была направлена к подвижной

траверсе параллельно вектору прилагаемого в последующем дистракционного воздействия. Головка винта закреплялась к подвижной траверсе испытательной машины, после чего подвижная траверса приводилась в движение со скоростью 3 мм в минуту, передавая дистракционную нагрузку на имплантированный винт, постепенно дестабилизируя его и извлекая из позвонка. Возрастающая по мере движения траверсы дистракционная нагрузка регистрировалась автоматически электронным измерительным комплексом испытательной машины. Запись параметров измерения зависимости линейной величины дислокации испытуемого винта от прилагаемой дистракционной нагрузки осуществлялась автоматически в виде диаграмм в координатах «дистракционное усилие (N) – линейная величина дислокации (миллиметры)». Разрушением тестируемого препарата считали момент снижения его сопротивления дистракционной нагрузке. Разрушение фиксировалось измерительным комплексом испытательной машины и контролировалось визуально. Сразу после момента разрушения препарата нагрузку прекращали. Исследуемый образец извлекали для регистрации и морфометрии, после чего позвонок перезакрепляли в неподвижной траверсе испытательной машины и аналогичным образом проводили тестирование стабильности имплантации следующего винта. После дестабилизации всех транспедикулярных винтов для уточнения характера локальных разрушений костной ткани была выполнена рентгенография анатомических препаратов позвонков в стандартных проекциях. По полученным диаграммам составлялись таблицы зависимости линейной величины дислокации испытуемых винтов от прилагаемой нагрузки для последующего анализа. Нами проводилось сопоставления дистракционных нагрузок, вызывающих дислокации винтов до 1 мм. При этом сопоставление производили отдельно по каждому позвонку, принимая за 100% величину дистракционной нагрузки, провоцирующую дислокацию стандартного транспедикулярного винта в дорзальном направлении. Равноценная дислокация канюлированного винта из того же позвонка после цементной имплантации провоцировалась большей дистракционной нагрузкой. Её процентное соотношение с соответствующей нагрузкой стандартного винта для каждого позвонка определяли по фор-

муле Fc/Fs100, в которой Fs – дистракционная нагрузка, провоцирующая дислокацию стандартного транспедикулярного винта, а Fc – дистракционная нагрузка, провоцирующая равноценную дислокацию канюлированного винта после цементной имплантации. Полученные цифровые характеристики результатов проведённых экспериментов подвергались статистической обработке с определением стандартной ошибки средних значений.

Статистическую обработку и анализ клинических результатов проводили с помощью методов описательной статистики. Распределения числовых значений в группах были далеки от нормального закона, для доказательства сопоставимости значений применяли метод непараметрической статистики U-критерий Манна – Уитни, предназначенный для выявления различий показателей в двух несвязных выборках, а также метод непараметрической статистики H-критерий Краскела – Уоллиса, предназначенный для выявления различий показателей в трех и более несвязных выборках.

Для проверки исследуемых совокупностей на нормальность распределения значений использовали Z-критерий Колмогорова – Смирнова – непараметрический критерий согласия, предназначенный для проверки совокупностей данных, измеренных в количественной шкале.

Значимыми признавали результаты, при которых уровень статистической значимости «p» был меньше или равен 0,05. При проведении статистического анализа материала использовали персональный компьютер с набором необходимого программного обеспечения (табличный процессор Microsoft Excel 2010 и программа для статистической обработки данных SPSS-16.0 для Windows).

Полученные результаты изучения механических свойств субхондральной губчатой кости тела позвонка и костной ткани из середине тела позвонка показало, что предел прочности спонгиозной костной ткани в различных отделах тел позвонков имеет существенные отличия. В центральных участках в проекции талии позвонка предел прочности костной ткани на 29,2±16,4% ниже, чем в участках, примыкающих к замыкающим пластинам. Жёсткость спонгиозной костной ткани центральных участков тел позвонков на 6,45% ниже, чем у спонгиозной костной ткани,

прилегающей к замыкающим пластинам. Предел упругости костной ткани в центральных участках тел позвонков на 27,5±16,84% меньше, чем у костной ткани в участках, прилегающих к замыкающим пластинам. Таким образом, имплантация транспедикулярных винтов в позвонки с пониженной минеральной плотностью костной ткани в субкортикальную зону является оптимальной, т.к. существенно улучшает прочностные характеристики костно-металлического блока.

Во второй части экспериментальных исследований изучена прочность костно-цементно-металлического блока и прочность костно-металлического блока при имплантации транспедикулярных винтов в позвонки с пониженной минеральной плотностью костной ткани. При сопоставлении полученных результатов установлено, что показатели жёсткости костно-цементно-металлического блока при цементной имплантации канюлированных транспедикулярных винтов в 2,1–2,38 раза выше аналогичных показателей костно-металлического блока при обычной имплантации стандартных винтов соответствующего размера. То есть при клиническом применении ТПФ с цементной имплантацией винтов у больных с пониженной минеральной плотностью костной ткани можно рассчитывать на более высокую стабильность фиксации и долгосрочное сохранение параметров достигнутой интраоперационной коррекции анатомических взаимоотношений в травмированных ПДС.

Изучение ближайших результатов лечения у больных с переломами грудного и поясничного отделов позвоночника на фоне сниженной минеральной плотности костной ткани в обеих группах в сроки до 6 месяцев после операций проведено у всех пациентов (100%). Отдаленные результаты лечения с периодом наблюдения 12 месяцев и 24 месяца изучены у 49 больных (72%) в первой группе и у 127 больных (75%) во второй группе. Результаты изучали по общепринятым клиническим и спондилометрическим критериям. При изучении результатов лечения был проведен корреляционный анализ между техникой выполнения операций и хирургической тактикой в четырех выделенных подгруппах с одной стороны и достигнутыми результатами с другой.

Клиническую эффективность хирургического лечения пациентов оценивали по показателям шкалы ВАШ до операции, после оперативного лечения, в раннем и

позднем послеоперационном периоде. Разница показателей шкалы ВАШ до и после лечения давала представление о клинической эффективности применяемых методов стабилизации поврежденных ПДС. Кроме шкалы ВАШ для субъективной оценки самочувствия использовали опросник Освестри (ODI). Показатели ODI оценивали в раннем и отдаленном послеоперационном периодах.

Ближайшие результаты лечения показали, что самочувствие пациентов через месяц после хирургического лечения в большей степени зависело от количества хирургических этапов, чем от техники выполнения ТПФ. Через 3 месяца после завершения лечения средние показатели ВАШ и ODI в подгруппах 1.1 и 2.1 после двухэтапного хирургического лечения оставались хуже, чем в подгруппах 1.2 и 2.2, в которых больным выполняли одноэтапно ТПФ травмированных ПДС. Влияние типа перелома на достигаемую коррекцию и на динамику функционального восстановления ни в одной из подгрупп не выявлено.

При определении влияния техники имплантации винтов на потерю угловой коррекции в травмированных ПДС в отдаленном периоде установлено, что применение ТПФ с бесцементной имплантации винтов в группе 1 приводит к большей потере угловой коррекции в отдаленном периоде наблюдения, чем в группе 2. Наиболее существенной эта разница была при сравнении подгрупп 1.2 и 2.2, то есть среди больных, которым выполняли только ТПФ, без корпородеза. Через 24 месяца средняя величина локального кифоза в подгруппе 1.2 достигала 11,4±3,3°, что соответствовало потере коррекции 8,1±1,6°и на 7,5° превышало аналогичные показатели в подгруппе 2.2. В подгруппах 1.1 и 2.1, в которых после ТПФ производили передний корпородез, потеря коррекции была не столь велика (через 24 месяца 3,9±0,9° и 0,6±0,4° соответственно). И разница в средних величинах потери коррекции между этими подгруппами была существенно меньше (3,3°), чем у пациентов с одноэтапным хирургическим лечением.

При определении влияния переднего корпородеза на потерю угловой коррекции в травмированных ПДС в отдаленном периоде установлено, что при стандартной бесцементной ТПФ выполнение корпородеза в подгруппе 1.1 по данному параметру результаты значительно лучше, чем в подгруппе 1.2, в которой корпородез

не выполняли. При цементной имплантации винтов и выполнении корпородеза в подгруппе 2.1 величина потери коррекции в травмированных ПДС не отличалась, от аналогичного параметра в подгруппе 2.2, в которой корпородез не выполняли.

Сравнивая динамику показателей ВАШ после операций у больных в четырёх подгруппах установлено что через 12 месяцев после операций статистически значимых различий значений ВАШ в подгруппах 1.1, 2.1, 2.2 не наблюдалось (Н-критерий Краскела – Уоллиса H = 39; df = 2; p < 3,5). При этом в подгруппе 1,2 его средняя величина достигала 3,6±0,5 балла по сравнению с 1,5±0,6 – 1,8±0,5 в трёх других подгруппах. К концу второго года наблюдения у пациентов подгруппы 1.2 были выявлены достоверные отличия по показателям ВАШ = 4,2±0,7, в то время как у пациентов других подгрупп значения ВАШ не превышали 0,5 (Н-критерий Краскела – Уоллиса критическое значение H = 51; df = 3; p < 0,001).

Значение ODI в сроки 12 месяцев и 24 месяца после операций в подгруппе 1.2 составило 43,8 и 48,2 соответственно, что достоверно отличалось от аналогичных показателей в других подгруппах, средние показатели ODI в которых в эти же периоды находились в пределах 23 и 19 баллов (Н-критерий Краскела – Уоллиса H = 50,2; df = 3; p < 0,0001).

Установлено, что цементная имплантация винтов, и корпородез практически в равной степени увеличивают долгосрочную стабильность фиксации. При этом преимущества цементной имплантации и корпородеза проявляются только в отдаленные сроки, через 12 и более месяцев. В ближайшем периоде наблюдения болезненность в области передних доступов в подгруппах 1.1 и 2.1 удлиняет функциональную адаптацию по сравнению с подгруппами 1.2 и 2.2, в которых выполняли только ТПФ. При использовании ТПФ с цементной имплантацией винтов передний корпородез не оказывал достоверного положительного влияния на клиническую эффективность лечения. В то время, как при использовании стандартной ТПФ с бесцементной имплантацией винтов невыполнение переднего корпородеза травмированных ПДС негативно отражалось на отдаленных результатах лечения.

Осложнения хирургического лечения переломов позвонков грудного и поясничного отделов при сниженной минеральной плотности костной ткани изучены

на протяжении 5-летнего периода наблюдения. Всего выявлено 53 (22,3%) случая осложнений. Среди них было 21 (8,8%) случай поверхностного нагноения операционной раны после ТПФ, 19 (8%) случаев развития PJF в позднем периоде наблюдения и 13 (5,5%) случаев выхода костного цемента за пределы позвонка (в просвет позвоночного канала или паравертебрально), которые имели место среди больных группы 2, составив в этой группе 7,6%. Частота осложнений в подгруппах группы 2 (27% и 23,5%) превышает аналогичный показатель в группе 1 (16,3% и 10,5%). Эта разница связана, прежде всего, со случаями интраоперационного выхода костного цемента за пределы позвонков. Осложнения, которые явились показаниями к ревизионным операциям, имели место у 20 пациентов, что составило 8,4% от общего числа больных. Они встречались во всех четырёх подгруппах практически с одинаковой частотой. Среди ревизионных операций были хирургическая санация операционных ран при их нагноениях после ТПФ (n = 12) и пункционная вертебропластика при развитии PJF (n = 8). С учетом предпринятых лечебных мероприятий, все указанные осложнение были устранены и не оказали существенного отрицательного влияния на отдаленные результаты лечения.

На основании представленных результатов экспериментальных разделов диссертации, ближайших и отдаленных результатов лечения больных в четырёх выделенных подгруппах, изучения динамики функциональной адаптации больных в зависимости от применяемых технических и тактических вариантов лечения, определения факторов, оказывающих негативное влияние на показатели функциональной адаптации больных, а также анализа имевших место осложнений сформулированы выводы и практические рекомендации.

ВЫВОДЫ

1. В центральных участках в проекции талии позвонка предел прочности костной ткани на 29,2±16,4% ниже, чем в участках, примыкающих к замыкающим пластинам. Жёсткость спонгиозы центральных участков тел позвонков на 6,45% ниже, чем у спонгиозы, прилегающей к замыкающим пластинам. Предел упругости

костной ткани в центральных участках тел позвонков на 27,5±16,84% меньше, чем у костной ткани в участках, прилегающих к замыкающим пластинам.

2. Показатели жёсткости костно-цементно-металлического блока при цементной имплантации канюлированных транспедикулярных винтов в позвонки с пониженной минеральной плотностью костной ткани в 2,1–2,38 раза выше аналогичных показателей костно-металлического блока при обычной имплантации стандартных винтов соответствующего размера.

3. В ближайшем периоде наблюдения функциональное восстановление в подгруппах 1.2 и 2.2, при одноэтапном применение ТПФ с бесцементной или цементной имплантацией винтов проходило быстрее, чем в подгруппах 1.1 и 2.1, в которых у больных сохранялся дискомфорт в области вентральных доступов. К началу отдаленного периода наблюдения показатели функционального восстановления у больных в подгруппах 1.1 и 2.1 улучшались и становились идентичны с подгруппой 2.2. В то время, как у больных подгруппы 1.2 после одноэтапной бесцементной ТПФ, отмечалась отрицательная тенденция появления болезненности и потери коррекции в оперированных ПДС.

4. В раннем периоде наблюдения наибольшее отрицательное влияние на показатели функциональной адаптации больных оказывала болезненность в области выполнения второго хирургического этапа – переднего корпородеза травмированных ПДС в подгруппах 1.1 и 2.1. В отдалённом периоде наблюдения наибольшее негативное влияние на функциональную адаптацию оказывала потеря угловой коррекции анатомических взаимоотношений в травмированных ПДС у больных в подгруппе 1.2.

5. При хирургическом лечении больных с изолированными переломами нижнегрудных и поясничных позвонков при пониженной МПКТ худшие ближайшие результаты лечения были получены в подгруппах 1.1 и 2.1 из-за сохраняющегося у больных дискомфорт в области вентральных доступов. Худшие отдаленные результаты лечения были в подгруппе 1.2, при применении одноэтапной бесцементной ТПФ из-за тенденции к потере коррекции и болезненности в оперированных ПДС.

6. У больных с изолированными нестабильными переломами нижнегрудных и поясничных позвонков при пониженной МПКТ оптимальным вариантом хирургического лечения является одноэтапная задняя коррекция и стабилизация травмированных ПДС путем выполнения ТПФ с цементной имплантацией винтов (подгруппа 2.2).

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. У больных с повреждениями грудных или поясничных позвонков на фоне пониженной минеральной плотности костной ткани при выполнении ТПФ с бесцементной имплантацией винтов целесообразно проводить винты в субкортикальные участки тел позвонков, расположенные в непосредственной близости от замыкательных пластин.

2. При выполнении ТПФ у больных с повреждениями грудных или поясничных позвонков на фоне пониженной минеральной плотности костной ткани целесообразно дополнять операцию вертебропластикой тел позвонков, смежных с уровнем металлофиксации для профилактики PJF и DJF.

3. При выполнении перкутанной ТПФ неперфорированными винтами для создания цементной мантии вокруг винтов целесообразно использовать две дозы костного цемента и две системы доставки для вертебропластики.

4. При применении бесцементной ТПФ у больных с повреждениями грудных или поясничных позвонков на фоне пониженной минеральной плотности костной ткани хирургическое лечение должно предусматривать выполнение переднего костного аутокорпородеза травмированных ПДС.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ВАШ – Визуально-аналоговая шкала боли

ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения

ДЭРА – двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия

ИБС – ишемическая болезнь сердца

ИК – индекс клиновидности

ИСС – испытательный стенд стационарный

ККТ – количественная компьютерная томография

КТ – компьютерная томография

КУС – костная ультрасонометрия

ЛПУ – лечебно-профилактическое учреждение

МПК – минеральная плотность кости

МПКТ – минеральная плотность костной ткани

НПВС – нестероидные противовоспалительные средства

ОП – остеопороз

ПДС – позвоночно-двигательный сегмент

ТПФ – транспедикулярная фиксация

ЭОП – электронно-оптический преобразователь

BUA – Broadband Ultrasound Attenuation (широкополосное затухание ультразвука)

DJF – Distal Junctional Failure (дистальная переходная несостоятельность)

DXA – Dual energy X-ray Absorbtiometry (двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия)

PJF – Proximal Junctional Failure (проксимальная переходная несостоятельность)

PMMA – Polymethyl Methacrylate (полиметилметакрилат, ПММА)

SIR – Society of Interventional Radiology (Общество интервенционной радиологии)

SOS – Speed Of Sound (скорость ультразвука)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аврунин, А. С. Динамическая оценка остеоцитарного ремоделирования костной ткани при использовании неинвазивного метода / А. С. Аврунин, Р. М. Тихилов, И. И. Шубняков // Морфология. – 2009. – Т. 135, № 2. – С. 66–73.

2. Аврунин, А. С. Ошибка воспроизводимости аппаратно-программного комплекса lunar prodigy (version encore) (prodigy) при исследовании фантомов и костных структур / А. С. Аврунин, Р. М. Тихилов, И. И. Шубняков [и др.] // Гений ортопедии. – 2010. – № 4. – С. 104–110.

3. Астапенков, Д. С. Системный диагностический подход при патологических переломах позвонков на фоне остеопороза и обоснование комплексного лечения : автореф. дис. … д-ра мед. наук : 14.01.15 / Астапенков Данила Сергеевич. – Курган, 2011. – 46 с.

4. Афаунов, А. А. Стабилизация позвоночника у больных с переломами грудных и поясничных позвонков при пониженной минеральной плотности костной ткани / А. А. Афаунов, И. В. Басанкин, К. К. Тахмазян [и др.]. – DOI 10.35401/2500-0268-2021-23-3-31–39 // Инновационная медицина Кубани. – 2021. – № 3. – С. 31–39.

5. Афаунов А.А. Передний корпородез в этапном хирургическом лечении пациентов с переломами грудных и поясничных позвонков при пониженной минеральной плотности костной ткани / Афаунов А.А., Басанкин И.В., Тахмазян К.К., Гюльзатян А.А., Муханов М.Л., Чайкин Н.С. // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2020. Т. 27. № 3. С. 5-15. – DOI 10.17816/vto.273

6. Афаунов, А. А. Возможности транспедикулярного остеосинтеза позвоночника с позиции биомеханического моделирования / А. А. Афаунов, В. Д. Усиков, А. И. Афаунов, И. М. Дунаев. – DOI 10.14531/ss2005.2.13-19 // Хирургия позвоночника. – 2005. – № 2. – С. 13–19.

7. Афаунов, А. А. Транспедикулярная фиксация при повреждениях грудного и поясничного отделов позвоночника, сопровождающихся травматическим стенозом позвоночного канала / А. А. Афаунов, А. В. Кузьменков // Хирургия позвоночника. – 2011. – № 4. – С. 8–17.

8. Афаунов А.А. Ревизионные операции в хирургическом лечении грудного и поясничного отделов позвоночника / Афаунов А.А., Басанкин И.В., Мишагин А.В., Кузьменко А.В., ТахмазянК.К. // Хирургия позвоночника, Новосибирск,№4 –2015, с.8-16.

9. Афаунов А.А. К вопросу о классификации посттравматических деформаций грудного и поясничного отделов позвоночника / Афаунов А.А., Кузьменко А.В., Басанкин И.В., Агеев М.Ю. //Хирургия позвоночника. 2018. Т. 15. № 2. С. 23-32. – DOI 10.14531/ss2018.2.23-32

10. Басанкин И.В. Значимость различных факторов риска в формировании проксимального переходного кифоза и нестабильности металлоконструкции при оперативном лечении взрослых с деформациями позвоночника / Басанкин И.В., Пташников Д.А., Масевнин С.В., Афаунов А.А., Гюльзатян А.А., Тахмазян К.К. // Хирургия позвоночника. 2021;18(1):14-23. – DOI 10.14531/ss2021.1.14-23

11. Беневоленская, Л. И. Остеопороз. Диагностика, профилактика и лечение: клинические рекомендации / Л. И. Беневоленская. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2005. – 171 с.

12. Боков, А. Е. Прогностическая значимость костной плотности, определенной при компьютерной томографии, в отношении низкоэнергетических переломов позвоночника / А. Е. Боков, С. Г. Млявых, А. Я. Алейник [и др.] // Медицинская визуализация. – 2015. – № 3. – С. 94–98.

13. Бывальцев, В. А. Эффективность пункционных методик при лечении пациентов с переломами и гемангиомами тел позвонков / В. А. Бывальцев, А. А. Калинин, Е. Г. Белых // Клиническая медицина. – 2015. – № 4. – С. 61–65.

14. Валиев, А. К. Чрескожная вертебропластика в лечении больных с патологическими переломами позвонков при остеопорозе / А. К. Валиев, Э. Р. Мусаев, К. А. Борзов // Мануальная терапия. – 2009. – № 4. – С. 74–83.

15. Гафаров, Х. З. Лечение больных с переломами грудопоясничного отдела позвоночника съемными корсетами марки ORLETT / Х. З. Гафаров, Р. Ф. Тумакаев // Практическая медицина. – 2015. – № 4-1. – С. 52–58.

16. Докиш, М. Ю. Варианты хирургического лечения патологических переломов позвоночника у пациентов пожилого возраста с сопутствующим системным остеопорозом / М. Ю. Докиш, В. Д. Усиков, Д. А. Пташников [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2008. – №3. – С. 80–81.

17. Дьячкова, Г. В. Параметры плотности костной ткани нижнегрудного и поясничного отделов позвоночника, по данным количественной компьютерной томографии, при компрессионных переломах тел позвонков у женщин с различным типом менопаузы / Г. В. Дьячкова, А. И. Реутов, Е. М. Эйдлина, А. В. Ковалева // Гений ортопедии. – 2007. – № 1. – С. 18–23.

18. Дулаев, А. К. Выбор тактики и технологии инструментальной фиксации при изолированных неосложненных взрывных переломах грудных и поясничных позвонков / А. К. Дулаев, Д. И. Кутянов, В. А. Мануковский [и др.]. – DOI 10.14531/ss2019.2.7-17 // Хирургия позвоночника. – 2019. – № 16 (2). – С. 7–17.

19. Зарецков, В. В. Результаты вертебропластики при повреждениях грудного и поясничного отделов позвоночника у больных с остеопорозом / В. В. Зарецков, А. Е. Шульга, А. Ю. Чомаратов [и др.] // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2009. – Т. 5, № 2. – С. 245–247.

20. Лавруков, А. М. Остеосинтез аппаратом внешней фиксации у больных с повреждениями и заболеваниями позвоночника / А. М. Лавруков, А. Б. Томилов. – Екатеринбург : Изд-во УрО РАН, 2002. – 207 с.

21. Лесняк, О. М. Остеопороз в Российской Федерации: эпидемиология, медико-социальные и экономические аспекты проблемы (обзор литературы) / О. М. Лесняк, И. А. Баранова, К. Ю. Белова [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2018. – № 24. – С. 155–168.

22. Лесняк, О. М. Аудит состояния проблемы остеопороза в странах Восточной Европы и Центральной Азии 2010 / О. М. Лесняк, О. Б. Ершова. – Naturaprint, 2011.

23. Луцик, А. А. Передние декомпрессивно-стабилизирующие операции при осложненной травме грудного и грудопоясничного отделов позвоночника /

А. А. Луцик, Г. Ю. Бондаренко, В. Н. Булгаков, А. Г. Епифанцев // Хирургия позвоночника. – 2012. – № 3. – С. 8–16.

24. Мануковский, В. А. Пункционная вертебропластика – метод выбора при компрессионных переломах тел позвонков на фоне остеопороза / В. А. Мануковский, Д. В. Кандыба, Е. Д. Алексеев, А. В. Ведоренков // Травматология и ортопедия России. – 2008. – № 3. – С. 95–96.

25. Мирина, Е. Ю. Остеопороз. Принципы диагностики и лечения / Е. Ю. Мирина // РМЖ. – 2013. – № 28. – С. 1424–1426.

26. Рахматиллаев, Ш. Н. Особенности лечения переломов тел позвонков на фоне остеопороза / Ш. Н. Рахматиллаев, В. В. Рерих, М. А. Садовой // Хирургия позвоночника. – 2006. – № 2. – С. 43–47.

27. Рахматиллаев, Ш. Н. Особенности лечения переломов тел позвонков грудного и поясничного отделов позвоночника, возникших на фоне остеопороза : автореф. дис. … канд. мед. наук : 14.00.22 / Рахматиллаев Шухрат Нумонжонович. – Новосибирск, 2006. – 24 с.

28. Рерих, В. В. Пластика тел позвонков и транспедикулярная фиксация при лечении переломов грудных и поясничных позвонков / В. В. Рерих, А. Р. Аветисян, К. А. Аникин // Современные проблемы науки и образования. – 2018. – № 6. – С. 127.

29. Рерих, В. В. Хирургическое лечение переломов грудных и поясничных позвонков с использованием транспедикулярной пластики и фиксации / В. В. Рерих, М. У. Байдарбеков, М. А. Садовой [и др.] // Хирургия позвоночника. – 2017. – № 3. – С. 54–61.

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. Рубин, М. П. Преимущества и недостатки рентгеновской двухэнергетической остеоденситометрии в диагностике остеопороза / М. П. Рубин // Радиология – практика. – 2009. – № 3. – С. 12–20.

32. Синявцева, В. К. Транспедикулярная фиксация с цементной имплантацией винтов при лечении повреждений грудного и поясничного отделов позвоночника на фоне остеопороза / В. К. Синявцева, К. М. Джиджихия // Международный журнал экспериментального образования. – 2013. – № 11. – С. 103.

33. Тишенина, Р. С. Биохимические маркеры метаболизма костной ткани и остеоденситометрия при первичном гиперпаратиреозе / Р. С. Тишенина, И. В. Котова, О. П. Богатырев [и др.] // Клиническая лабораторная диагностика. – 2004. – № 1. – С. 9–12.

34. Усиков, В. Д. Варианты остеосинтеза позвоночника в условиях сниженной минеральной плотности кости / В. Д. Усиков, Д. А. Пташников, М. Ю. Докиш // Травматология и ортопедия России. – 2010. – № 3. – С. 28–34.

35. Усольцева, Е. Н. Особенности показателей ультрасонометрии женского населения города Челябинска / Е. Н. Усольцева, О. В. Сафронов, Е. В. Брюхина // Остеопороз и остеопатии. – 2005. – № 2. – С. 25–28.

36. Фролов, С. С. Консервативное лечение компрессионных переломов поясничного отдела позвоночника / С. С. Фролов, А. А. Кулишева, О. А. Ефремова [и др.] // Здравоохранение Дальнего Востока. – 2012. – № 2 (52). – С. 38–39.

37. Химич, Ю. В. Результаты хирургического лечения пациентов с оскольчатыми проникающими переломами тел нижних грудных и поясничных позвонков / Ю. В. Химич, А. В. Тощилов, А. М. Реутов // Хирургия позвоночника. – 2010. – № 1. – С. 13–17.

38. Чернова, Т. О. В помощь практическому врачу методы неинвазивной количественной оценки минеральной плотности костной ткани (МПКТ) / Т. О. Чернова // Остеопороз и остеопатии. – 2002. – № 2. – С. 31–37.

39. Чернова, Т. О. Рекомендации Международного общества клинической денситометрии (последняя ревизия 2007 г.) и рекомендуемое применение в клинической и диагностической практике / Т. О. Чернова, К. А. Дашчян, Н. И. Сазонова, Н. М. Мылов // Медицинская визуализация. – 2008. – № 6. – С. 83–93.

40. Шаповалов В.К., Применение вакуумных систем при ранней имплант-ассоциированной инфекции, развившейся после декомпрессивно-стабилизирующих

операций при поясничном спинальном стенозе / Шаповалов В.К., Басанкин И.В., Афаунов А.А., Гюльзатян А.А., Тахмазян К.К., Таюрский Д.А., Томина М.И.. // Хирургия позвоночника. 2021;18(3):53-60. – DOI 10.14531/ss2021.3.53-60

41. Шевченко Е.Г, Возможности мультиспиральной компьютерной томографии в оценке состояния позвоночника после оперативных вмешательств с использованием метода транспедикулярного остеосинтеза / Шевченко Е.Г., Агурина Н.В., Зяблова Е.И., Басанкин И.В., Ясакова Е.П., Топилина С.В. //Инновационная медицина Кубани. 2018. №2 (10). С. 17-23.

42. Шкарабуров, А. С. Использование лучевых методов в диагностике постменопаузального остеопороза / А. С. Шкарабуров, Г. И. Колпинский, И. С. Захаров [и др.] // Фундаментальная и клиническая медицина. – 2017. – № 2. – С. 70–75.

43. Ahsan, M. K. Percutaneous vertebroplasty for symptomatic osteoporotic compression fractures: A single-center prospective study / M. K. Ahsan, O. P. Pandit, M. S. I. Khan. – DOI 10.25259/SNI_212_2021. – PMID: 34084604. – PMCID: PMC8168791 // Surg. Neurol. Int. – 2021 Apr 19. – № 12. – P. 176.

44. Al-Ali, F. Vertebroplasty: what is important and what is not / F. Al-Ali, T. Barrow, K. Luke // AJNR. Am. J. Neuroradiol. – 2009. – Vol. 30, N 10. – P. 1835–1839.

45. Alhashash, M. Effects of Polymethylmethacrylate Cement Viscosity and Bone Porosity on Cement Leakage and New Vertebral Fractures After Percutaneous Vertebroplasty: A Prospective Study / M. Alhashash, M. Shousha, A. S. Barakat, H. Boehm. – DOI 10.1177/2192568219830327. – PMID: 31552157. – PMCID: PMC6745641 // Global Spine J. – 2019 Oct. – № 9 (7). – P. 754–760.

46. Amendola, L. Fenestrated pedicle screws for cement-augmented purchase in patients with bone softening: a review of 21 cases / L. Amendola, A. Gasbarrini, M. Fosco [et al.] // J. Orthop. Traumatol. – 2011. – Vol. 12, N 4. – P. 193–199.

47. Bascoulergue, Y. Percutaneous injection of methylmethacrylate in the vertebral body for the treatment of various diseases: percutaneous vertebroplasty [abstract] / Y. Bascoulergue, J. Duquesnel, R. Leclercq [et al.] // Radiology. – 1988. – Vol. 169. – P. 372.

48. 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, N 11. – P. 1462–1469.

49. Belkoff, S. M. Temperature measurement during polymerization of polymethylmethacrylate cement used for vertebroplasty / S. M. Belkoff, S. Molloy // Spine. – 2003. – Vol. 28, N 14. – P. 1555–1559.

50. Blasco, J. Effect of vertebroplasty on pain relief, quality of life, and the incidence of new vertebral fractures: a 12-month randomized follow-up, controlled trial / J. Blasco, A. Martinez-Ferrer, J. Macho [et al.] // J. Bone Miner. Res. – 2012. – Vol. 27, N 5. – P. 1159–1166.

51. Boger, A. Adjacent vertebral failure after vertebroplasty: a biomechanical study of low-modulus PMMA cement / A. Boger, P. Heini, W. Markus, E. Schneider // Eur. Spine J. – 2007. – Vol. 16. – P. 2118–2125.

52. Bristow, S. M. Longitudinal changes in bone mineral density, bone mineral content and bone area at the lumbar spine and hip in postmenopausal women, and the influence of abdominal aortic calcification / S. M. Bristow, G. D. Gamble, A. M. Horne, I. R. Reid. – DOI 10.1016/j.bonr.2018.100190. – PMID: 30766896. – PMCID: PMC6360344 // Bone Rep. – 2018 Dec 27. – № 10. – P. 100190.

53. 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, N 6. – P. 5575–5568.

54. Carlson, B. B. Prevalence of osteoporosis and osteopenia diagnosed using quantitative CT in 296 consecutive lumbar fusion patients / B. B. Carlson, S. N. Salzmann, T. Shirahata [et al.]. – DOI 10.3171/2020.5. FOCUS20241. – PMID: 32738803 // Neurosurg Focus. – 2020 Aug. – № 49 (2). – P. E5.

55. Chang, M. C. Polymethylmethacrylate augmentation of pedicle screw for osteoporotic spinal surgery: a novel technique / M. C. Chang, C. L. Liu, T. H. Chen // Spine (Phila Pa 1976). – 2008. – Vol. 33. – P. E317–324.

56. Chen, L. H. Pullout strength of pedicle screws with cement augmentation in severe osteoporosis: a comparative study between cannulated screws with cement injection and solid screws with cement pre-filling / L. H. Chen, C. L. Tai, D. M. Lee [et al.] // BMC Musculoskelet. Disord. – 2011. – Vol. 12. – P. 33.

57. Chen, X. S. How the clinical dosage of bone cement biomechanically affects adjacent vertebrae / X. S. Chen, J. M. Jiang, P. D. Sun [et al.]. – DOI 10.1186/s13018-020-01906-0. – PMID: 32867845. – PMCID: PMC7457480 // J. Orthop. Surg. Res. – 2020 Aug. 31. – № 15 (1). – P. 370.

58. Chiras, J. Percutaneous vertebral surgery. Technics and indications / J. Chiras, C. Depriester, A. Weill [et al.] // J. Neuroradiol. – 1997. – Vol. 24. – P. 45–59.

59. Cianfoni, A. Minimally Invasive Stent Screw-Assisted Internal Fixation Technique Corrects Kyphosis in Osteoporotic Vertebral Fractures with Severe Collapse: A Pilot "Vertebra Plana" Series / A. Cianfoni, R. L. Delfanti, M. Isalberti [et al.]. – DOI 10.3174/ajnr.A7493. Epub 2022 Apr 21. – PMID: 35450859. – PMCID: PMC9089263 // AJNR. Am. J. Neuroradiol. – 2022 May. – № 43 (5). – P. 776–783.

60. Compston, J. Osteoporosis: social and economic impact / J. Compston // Radiol. Clin. North Am. – 2010. – Vol. 48, N 3. – P. 477–482.

61. Dai, F. Surgical treatment of the osteoporotic spine with bone cement-injectable cannulated pedicle screw fixation: technical description and preliminary application in 43 patients / F. Dai, Y. Liu, F. Zhang [et al.] // Clinics (Sao Paulo). – 2015. – Vol. 70, N 2. – P. 114–119.

62. Deramond, H. Vertebroplasty / H. Deramond, P. Galibert, C. Debussche // Neuroradiology. – 1991. – Vol. 33. – P. 177–178.

63. Eck, J. C. Comparison of vertebroplasty and balloon kyphoplasty for treatment of vertebral compression fractures: a meta-analysis of the literature / J. C. Eck, D. Nachtigall, S. C. Humphreys, S. D. Hodges // Spine J. – 2008. – Vol. 8, N 3. – P. 488–497.

64. Eschler, A. Cementless fixation of osteoporotic VCFs using titanium mesh implants (OsseoFix): preliminary results / A. Eschler, S. A. Ender, B. Ulmar [et al.] // Biomed. Res. Int. – 2014. – Vol. 2014. – P. 853–897.

65. Fan, X. Risk factors for thoracolumbar pain following percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fractures / X. Fan, S. Li, X. Zeng [et al.]. – DOI 10.1177/0300060521989468. – PMID: 33513025. – PMCID: PMC7871086 // J. Int. Med. Res. – 2021 Jan. – № 49 (1). – P. 300060521989468.

66. Fechtenbaum, J. The severity of vertebral fractures and health-related quality of life in osteoporotic postmenopausal women / J. Fechtenbaum, C. Cropet, S. Kolta [et al.] // Osteoporos Int. – 2005. – Vol. 16. – P. 2175e9.

67. Ferrar, L. Longitudinal evaluation of morphometric X-ray absorptiometry for identification of vertebral deformities / L. Ferrar, G. Jiang, R. Eastell // Osteoporos Int. – 2001. – Vol. 12, N 8. – P. 661–671.

68. Frankel, B. M. Segmental polymethylmethacrylate-augmented pedicle screw fixation in patients with bone softening caused by osteoporosis and metastatic tumor involvement: a clinical evaluation / B. M. Frankel, T. Jones, C. Wang // Neurosurgery. – 2007. – Vol. 61. – P. 531–537.

69. Galibert, P. Preliminary note on the treatment of vertebral angioma by percutaneous acrylic vertebroplasty / P. Galibert, H. Deramond, P. Rosat [et al.] // Neurochirurgie. – 1987. – Vol. 33. – P. 166–168.

70. Genant, H. K. Assessment of prevalent and incident vertebral fractures in osteoporosis research / H. K. Genant, M. Jergas // Osteoporos. Int. – 2003. – Vol. 14, suppl. 3. – P. S43–55.

71. Goost, H. PMMA-augmentation of incompletely cannulated pedicle screws: a cadaver study to determine the benefits in the osteoporotic spine / H. Goost, C. Deborre, D.C. Wirtz [et al.] // Technol. Health Care. – 2014. – Vol. 22, N 4. – P. 607–615.

72. Grigoryan, M. Recognizing and reporting osteoporotic vertebral fractures / M. Grigoryan, A. Guermazi, F. W. Roemer [et al.] // Eur. Spine J. – 2003. – Vol. 12, Suppl. 2. – P. S104–112.

73. Ha, K. Y. Percutaneous vertebroplasty for vertebral compression fractures with and without intravertebral clefts / K. Y. Ha, J. S. Lee, K. W. Kim, J. S. Chon // J. Bone Joint Surg. Br. – 2006. – Vol. 88, N 5. – P. 629–633.

74. Hasegawa, K. An experimental study of a combination of method using a pedicle screw and laminar hook for the osteoporotic spine / K. Hasegawa, H. E. Takahashi, S. Uchiyama [et al.] // Spine. – 1997. – Vol. 22. – P. 958–963.

75. Heini, P. F. Percutanoeus transpedicular vertebroplasty with PMMA: operative technique and early results. A prospective study for the treatment of osteoporotic compression fractures / P. F. Heini, B. Walchli, U. Berlemann // Euro. Spine J. – 2000. – Vol. 9. – P. 445–450.

76. Hiwatashi, A. Cement leakage during vertebroplasty can be predicted on preoperative MRI / A. Hiwatashi, Y. Ohgiya, N. Kakimoto, P. L. Westesson // AJR. Am. J. Roentgenol. – 2007. – Vol. 188. – P. 1089–1093.

77. Hoffmann, R. T. Percutaneous vertebroplasty (pv): indications, contraindications, technique / R. T. Hoffmann, T. F. Jakobs, A. Wallnofer [et al.] // Radiology. – 2003. – Vol. 43. – P. 709–717.

78. Holroyd, Ch. Epidemiology of osteoporosis / Ch. Holroyd, C. Cooper, E. Dennison // Best Pract. Res. Clin. Endocrinol. Metab. – 2008. – Vol. 22, N 5. – P. 671–685.

79. Hong, S. J. Analysis of intradiscal cement leakage during percutaneous vertebroplasty: multivariate study of risk factors emphasizing preoperative MR findings / S. J. Hong, S. Lee, J. S. Yoon [et al.] // J. Neuroradiol. – 2014. – Vol. 41, N 3. – P. 195–201.

80. Hu, M. H. Polymethylmethacrylate augmentation of the pedicle screw: the cement distribution in the vertebral body / M. H. Hu, H. T. Wu, M. C. Chang [et al.] // Eur. Spine J. – 2011. – Vol. 20, N 8. – P. 1281–1288.

81. Jacobs, E. Gait in patients with symptomatic osteoporotic vertebral compression fractures over 6 months of recovery / E. Jacobs, C. McCrum, R. Senden [et al.]. – DOI 10.1007/s40520-019-01203-9. – PMID: 31030421. – PMCID: PMC7033073 // Aging Clin. Exp. Res. – 2020 Feb. – № 32(2). – P. 239–246.

82. Jang, H. D. Current Concepts in the Management of Osteoporotic Vertebral Fractures: A Narrative Review / H. D. Jang, E. H. Kim, J. C. Lee [et al.]. – DOI 10.31616/asj.2020.0594 // Asian Spine J. – 2020. – № 14 (6). – P. 898–909.

83. Jang, S. H. The efficacy of hydroxyapatite for screw augmentation in osteoporotic patients / S. H. Jang, J. H. Lee, J. Y. Cho [et al.] // Neurol. Med. Chir. (Tokyo). – 2013. – Vol. 53, N 12. – P. 875–881.

84. Jensen, M. E. Pecutaneous polymethylmethacrylate vertebroplasty in the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures: technical aspects / M. E. Jensen, A. J. Evans, J. M. Mathis [et al.] // Am. J. Neuroradiol. – 1997. – Vol. 18. – P. 1897–1904.

85. Johnell, O. Mortality, morbidity, and assessment of fracture risk in male osteoporosis / O. Johnell, J. Kanis, G. Gullberg // Calcified. Tissue Int. – 2001. – Vol. 69. – P. 182–184.

86. Kakadiya, G. Osteoporotic burst fracture-clinical, radiological and functional outcome of three-column reconstruction using single posterior approach (Instrumentation, Corpectomy, Arthroscope Assisted Transpedicular Decompression and Mesh Cage) / G. Kakadiya, V. Gandbhir, Y. Soni [et al.]. – DOI 10.1016/j.xnsj.2020.100009 // N. Am. Spine Soc. J. – 2020. – № 1. – P. 100009.

87. 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. – P. 5695–579.

88. Kälvesten, J. Digital X-ray radiogrammetry in the study of osteoporotic fractures: Comparison to dual energy X-ray absorptiometry and FRAX / J. Kälvesten, L. Y. Lui, T. Brismar, S. Cummings // Bone. – 2016. – Vol. 86. – P. 30–35.

89. Kanis, J. A. Assessment of fracture risk / J. A. Kanis, F. Borgstrom, C. De Laet [et al.] // Osteoporos Int. – 2005. – Vol. 16. – P. 581–589.

90. Kim, S. H. Risk factors of new compression fractures in adjacent vertebrae after percutaneous vertebroplasty / S. H. Kim, H. S. Kang, J. A. Choi [et al.] // Acta Radiol. – 2004. – Vol. 45, N 4. – P. 440–445.

91. Klazen, C. A. Percutaneous vertebroplasty is not a risk factor for new osteoporotic compression fractures: results from VERTOS II / C. A. Klazen, A. Venmans, J. de Vries [et al.] // AJNR. Am. J. Neuroradiol. – 2010. – Vol. 31, N 8. – P. 1447–1450.

92. Knapp, K. M. Obesity increases precision errors in total body dual-energy x-ray absorptiometry measurements / K. M. Knapp, J. R. Welsman, S. J. Hopkins [et al.] // J. Clin. Densitom. – 2015. – Vol. 18, N 2. – P. 209–216.

93. Kobayashi, N. Safety and Efficacy of Percutaneous Vertebroplasty for Osteoporotic Vertebral Compression Fractures: A Multicenter Retrospective Study in Japan / N. Kobayashi, T. Noguchi, D. Kobayashi [et al.]. – DOI 10.22575/interventionalradiology.2020-0032. – PMID: 35909908. – PMCID: PMC9327382 // Interv. Radiol. (Higashimatsuyama). – 2021 Jun 7. – № 6 (2). – P. 21–28.

94. Kolz, J. M. The Value of Cement Augmentation in Patients With Diminished Bone Quality Undergoing Thoracolumbar Fusion Surgery: A Review / J. M. Kolz, B. A. Freedman, A. N. Nassr. – DOI 10.1177/2192568220965526. – PMID: 33890808. – PMCID: PMC8076807 // Global Spine J. – 2021 Apr. – № 11 (1_suppl.). – P. 37S–44S.

95. Komemushi, A. Percutaneous vertebroplasty for osteoporotic compression fracture: multivariate study of predictors of new vertebral body fracture / A. Komemushi, N. Tanigawa, S. Kariya [et al.] // Cardiovasc. Intervent. Radiol. – 2006. – Vol. 29. – P. 580–585.

96. Krenzlin, H. Novel Biodegradable Composite of Calcium Phosphate Cement and the Collagen I Mimetic P-15 for Pedicle Screw Augmentation in Osteoporotic Bone / H. Krenzlin, A. Foelger, V. Mailänder [et al.]. – DOI 10.3390/biomedicines9101392. – PMID: 34680509. – PMCID: PMC8533375 // Biomedicines. – 2021 Oct 4. – № 9 (10). – P. 1392.

97. Lavelle, E. A. Mortality prediction in a vertebral compression fracture population: the ASA physical status score versus the Charlson comorbidity index / E. A. Lavelle, R. Cheney, W.F. Lavelle // Int. J. Spine Surg. – 2015. – Vol. 9. – P. 63.

98. Lentle, B. C. Scientific Advisory Council of Osteoporosis Canada; Canadian Association of Radiologists. Recognizing and reporting vertebral fractures: reducing the risk of future osteoporotic fractures / B. C. Lentle, J. P. Brown, A. Khan [et al.] // Can. Assoc. Radiol. J. – 2007. – Vol. 58, N 1. – P. 27–36.

99. Lim, L. S. Screening for osteoporosis in the adult U.S. Population ACPM position statement on preventive practice / L. S. Lim, L. J. Hoeksema, K. Sherin // Am. J. Prev. Med. – 2009. – Vol. 36, N 4. – P. 366–375.

100. Lin, W. C. Refractures in cemented vertebrae after percutaneous vertebroplasty: a retrospective analysis / W. C. Lin, Y. C. Lee, C. H. Lee [et al.] // Eur. Spine J. – 2008. – Vol. 17, N 4. – P. 592–599.

101. Ling, X. Vertebral fractures in Beijing, China / X. Ling // J. Bone Miner. Res. – 2000. – Vol. 15, N 10. – P. 2019–2025.

102. Liu, G. Effect of osteoarthritis in the lumbar spine and hip on bone mineral density and diagnosis of osteoporosis in elderly men and women / G. Liu, M. Peacock, O. Eilam [et al.]. – DOI 10.1007/BF02652563. – PMID: 9604053 // Osteoporos. Int. 1997. – № 7 (6). – P. 564–569.

103. Liu, T. Cement leakage in osteoporotic vertebral compression fractures with cortical defect using high-viscosity bone cement during unilateral percutaneous kyphoplasty surgery / Liu T., Li Z., Su Q., Hai Y. – DOI 10.1097/MD.0000000000007216. – PMID: 28640112. – PMCID: PMC5484220 // Medicine (Baltimore). – 2017 Jun. – № 96 (25). – P. e7216.

104. Liu, W. Vertebroplasty compared with conservative method of integrated Chinese and Western Medicine in patients with osteoporotic vertebral compression fractures / W. Liu, G. Gao, J. Lü [et al.] // Zhonghua Yi Xue Za Zhi. – 2015. – Vol. 95, N 45. – P. 3667–3672.

105. Marshall, D. Meta-analysis of how well measures of bone mineral density predict occurence of osteoporotic fractures / D. Marshall, O. Johnell, H. Wedel // BMJ. – 1996. – Vol. 312, N 7041. – P. 1254–1259.

106. Martinez-Ferrer, A. Risk factors for the development of vertebral fractures after percutaneous vertebroplasty / A. Martinez-Ferrer, J. Blasco, J. L. Carrasco [et al.] // J. Bone Miner. Res. – 2013. – Vol. 28, N 8. – P. 1821–1829.

107. McGraw, J. K. Society of Interventional Radiology quality improvement guidelines for percutaneous vertebroplasty / J. K. McGraw, J. Cardella, J. D. Barr [et al.] // J. VascInterv. Radiol. – 2003. – Vol. 14, N 9, Pt. 2. – P. S311–115.

108. Mirovsky, Y. Intradiscal cement leak following percutaneous vertebroplasty / Y. Mirovsky, Y. Anekstein, E. Shalmon [et al.] // Spine. – 2006. – Vol. 1. – P. 1120–1124.

109. Moon, B. J. Polymethylmethacrylateaugmented screw fixation for stabilization of the osteoporotic spine: a three-year follow-up of 37 patients / B. J. Moon, B. Y. Cho, E. Y. Choi [et al.] // J. Korean Neurosurg. Soc. – 2009. – Vol. 46. – P. 305–311.

110. Moore, D. C. Restoration of pedicle screw fixation with an in situ setting calcium phosphate cement / D. C. Moore, R. S. Maitra, L. A. Farjo [et al.] // Spine. – 1997. – Vol. 22. – P. 1696–1705.

111. Nagaraja, S. Vertebroplasty increases compression of adjacent IVDs and vertebrae in osteoporotic spines / S. Nagaraja, H. K. Awada, M. L. Dreher [et al.] // Spine J. – 2013. – Vol. 13, N 12. – P. 1872–1880.

112. Nayak, S. Meta-analysis: accuracy of quantitative ultrasound for identifying patients with osteoporosis / S. Nayak, I. Olkin, H. Liu [et al.] // Ann. Intern. Med. – 2006. – Vol. 144. – P. 832–841.

113. NIH Consensus Development Panel on Osteoporosis Prevention, Diagnosis, and Therapy NIH consensus development panel on osteoporosis prevention, diagnosis and treatment. Osteoporosis prevention, diagnosis, and therapy // JAMA. –2001. – Vol. 285, N 6. – P. 785–795.

114. Okuyama, K. Can insertional torque predict screw loosening and related failures? An in vivo study of pedicle screw fixation augmenting posterior lumbar interbody fusion / K. Okuyama, E. Abe, T. Suzuki [et al.]. – DOI 10.1097/00007632-200004010-00015. – PMID: 10751298 // Spine (Phila Pa 1976). – 2000 Apr 1. – № 25 (7). – P. 858–864.

115. O'Neill, T. W. The European Vertebral Osteoporosis Study Group: EVOS-study / T. W. O'Neill // Reumatol. Eur. – 2008. – Vol. 24, N 1. – P. 75–81.

116. Patel, S. Fenestrated Pedicle Screws in Spinal Oncology: Technique and Comparative Retrospective Analysis / S. Patel, R. Parola, C. L. Rosinski [et al.]. – DOI 10.14444/8015. – PMID: 33900964. – PMCID: PMC7931738 // Int. J. Spine Surg. – 2021 Feb. – № 15 (1). – P. 113–118.

117. Piñera, A. R. Instrumented lumbar arthrodesis in elderly patients: prospective study using cannulated cemented pedicle screw instrumentation / A. R. Piñera, C. Duran, B. Lopez [et al.] // Eur. Spine J. – 2011. – Vol. 20, suppl. 3. – P. 408–414.

118. Ploeg, W. T. Percutaneous vertebroplasty as a treatment for osteoporotic vertebral compression fractures: a systematic review / W. T. Ploeg, A. G. Veldhuizen, M. S. Sietsma // Eur. Spine J. – 2006. – Vol. 15. – P. 1749–1758.

119. Predey, T. A. Percutaneous vertebroplasty: New treatment for vertebral compression fractures / T. A. Predey, L. E. Sewall, S. J. Smith // Am. Fam. Physician. – 2002. – Vol. 66. – P. 611–615.

120. Renner, S. M. The augmentation of pedicle screw fixation strength using an injectable calcium phosphate cement as a function of injection timing and method / S. M. Renner, T. H. Lim, W. J. Kim [et al.] // Spine (Phila Pa 1976). – 2004. – Vol. 29. – P. e212–e216.

121. Renner, S. M. Augmentation of pedicle screw fixation strength using an injectable calcium phosphate cement as a function of injection timing and method / S. M. Renner, T. H. Lim, W. J. Kim [et al.]. – DOI 10.1097/00007632-200406010-00020. – PMID: 15167670 // Spine (Phila Pa 1976). – 2004 Jun 1. – № 29 (11). – P. E212–216.

122. Rho, Y. J. Risk factors predicting the new symptomatic vertebral compression fractures after percutaneous vertebroplasty or kyphoplasty / Y. J. Rho, W. J. Choe, Y. I. Chun // Eur. Spine J. – 2012. – Vol. 21, N 5. – P. 905–911.

123. Rumancik, S. Assessment of bone quantity and distribution in adult lumbar scoliosis: new dual-energy x-ray absorptiometry methodology and analysis / S. Rumancik // Spine. – 2005. – Vol. 30, N 4. – P. 434–439.

124. Ryu, K. S. Dose-dependent epidural leakage of polymethylmethacrylate after percutaneous vertebroplasty in patients with osteoporotic vertebral compression fractures / K. S. Ryu, C. K. Park, M. C. Kim, J. K. Kang // J. Neurosurg. – 2002. – Vol. 96, N 1 Suppl. – P. 56–61.

125. Sarzier, J. S. Increased pedicle screw pullout strength with vertebroplasty augmentation in osteoporotic spines / J. S. Sarzier, A. J. Evans, D. W. Cahill // Neurosurg. – 2002. – Vol. 96, N 3 Suppl. – P. 309–312.

126. Silva, P. Effect of pilot hole on biomechanical and in vivo pedicle screw-bone interface / P. Silva, R. C. Rosa, A. C. Shimano, H. L. Defino. – DOI 10.1007/s00586-013-2810-9 // Eur. Spine J. – 2013. – № 22 (8). – P. 1829–1836.

127. Skelton, D. A. Effects of physical activity on postural stability / D. A. Skelton. – DOI 10.1093/ageing/30.suppl_4.33. – PMID: 11769787 // Age Ageing. – 2001 Nov. – № 30, suppl. 4. – P. 33–39.

128. Spiegl, U. Osteoporotic Fractures of the Thoracic and Lumbar Vertebrae: Diagnosis and Conservative Treatment / U. Spiegl, H. Bork, S. Grüninger [et al.]. – DOI 10.3238/arztebl.m2021.0295. – PMID: 34342263. – PMCID: PMC8727857// Dtsch Arztebl Int. – 2021 Oct 8. – № 118 (40). – P. 670–677.

129. Sun, Y. C. Risk of post-vertebroplasty fracture in adjacent vertebral bodies appears correlated with the morphologic extent of bone cement / Y. C. Sun, M. M. Teng, W. S. Yuan [et al.] // J. Chin. Med. Assoc. – 2011. – Vol. 74, N 8. – P. 357–362.

130. Trout, A. T. New fractures after vertebroplasty: adjacent fractures occur significantly sooner / A. T. Trout, D.F. Kallmes, T. J. Kaufmann // AJNR. Am. J. Neuroradiol. – 2006. – Vol. 27. – P. 217–223.

131. Venmans, A. Natural history of pain in patients with conservatively treated osteoporotic vertebral compression fractures: results from VERTOS II / A. Venmans, C. A. Klazen, P. N. Lohle [et al.] // AJNR. Am. J. Neuroradiol. – 2012. – Vol. 33, N 3. – P. 519–521.

132. Wali, A. R. Vertebroplasty for vertebral compression fractures: Placebo or effective? / A. R. Wali, J. R. Martin, R. Rennert [et al.]. – DOI 10.4103/sni.sni_2_17. – PMID: 28607815. – PMCID: PMC5461565. // Surg. Neurol. Int. – 2017 May 26. – № 8. – P. 81.

133. Weinstein, J. N. Balancing science and informed choice in decisions about vertebroplasty / J. N. Weinstein // N. Engl. J. Med. – 2009. – Vol. 361. – P. 619–621.

134. Wilkes, R. A. Neurological deterioration after cement injection into a vertebral body / R. A. Wilkes, J. G. Mackinnon, W. G. Thomas // J. Bone Joint Surg. Br. – 1994 – Vol. 76. – P. 155.

135. 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, B. J. Van Royen // Eur. Spine J. – 2000. – Vol. 9. – P. 528–533.

136. Yeom, J. S. Bone cement leakage in vertebroplasty for osteoporotic compression fractures / J. S. Yeom, W. J. Kim, W. S. Choy [et al.] // J. Kor. Orthop. Assoc. – 2003. – Vol. 38. – P. 293–300.

137. Yi, X. Recompression in new levels after percutaneous vertebroplasty and kyphoplasty compared with conservative treatment / X. Yi, H. Lu, F. Tian [et al.] // Arch. Orthop. Trauma Surg. – 2014. – Vol. 134, N 1. – P. 21–30.

138. Yimin, Y. Current status of percutaneous vertebroplasty and percutaneous kyphoplasty – a review / Y. Yimin, R. Zhiwei, M. Wei, R. Jha // Med. Sci. Monit. – 2013. – Vol. 19. – P. 826–836.

139. Yu, C. W. Percutaneous balloon kyphoplasty for the treatment of vertebral compression fractures / C. W. Yu, M. K. Hsieh, L. H. Chen [et al.]. – DOI 10.1186/1471-2482-14-3 // BMC Surg. 2014. – № 14. – P. 3.

140. Xie, Y. Comparison between two pedicle screw augmentation instrumentations in adult degenerative scoliosis with osteoporosis / Y. Xie, Q. Fu, Z. Q. Chen [et al.] // BMC Musculoskelet. Disord. – 2011. – Vol. 12. – P. 286.

141. Xu, K. Vesselplasty versus vertebroplasty in the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures with posterior wall rupture / K. Xu, Y. L. Li, S. H. Xiao. – DOI 10.1177/03000605211066303. – PMID: 34939882. – PMCID: PMC8721724 // J. Int. Med. Res. – 2021 Dec. – № 49 (12). – Article ID 3000605211066303.

142. Zhang, B. Percutaneous Kyphoplasty Versus Percutaneous Vertebroplasty for Neurologically Intact Osteoporotic Kümmell's Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis / B. Zhang, G. Chen, X. Yang [et al.]. – DOI 10.1177/2192568220984129. – PMID: 33541141. – PMCID: PMC8907641 // Global Spine J. – 2022 Mar. – № 12 (2). – P. 308–322.

143. Zhang, L. The biomechanical effects of osteoporosis vertebral augmentation with cancellous bone granules or bone cement on treated and adjacent non-treated vertebral bodies: a finite element evaluation / L. Zhang, G. Yang, L. Wu, B. Yu // Clin. Biomech. (Bristol, Avon). – 2010. – Vol. 25, N 2. – P. 166–172.

144. Zhang, K. Risk factors of postoperative bone cement leakage on osteoporotic vertebral compression fracture: a retrospective study / K. Zhang, J. She, Y. Zhu [et al.]. – DOI 10.1186/s13018-021-02337-1. – PMID: 33691731. – PMCID: PMC7945340 // J. Orthop. Surg. Res. – 2021 Mar 10. – № 16 (1). – P. 183.