

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ И.И. МЕЧНИКОВА»
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

На правах рукописи

СТЕЦИК

Евгений Олегович

ОПТИМИЗАЦИЯ ПЕРКУТАННОГО ЛЕЧЕНИЯ НЕФРОЛИТИАЗА

3.1.13 Урология и андрология

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Научный руководитель

Гулиев Бахман Гидаятович

доктор медицинских наук, профессор

Санкт-Петербург – 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Глава 1 ОПТИМИЗАЦИЯ ПЕРКУТАННОГО ЛЕЧЕНИЯ НЕФРОЛИТИАЗА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)	11
1.1 Эпидемиология мочекаменной болезни	11
1.2 Методы визуализации при чрескожном доступе	14
1.3 Трехмерные технологии и тренинг при хирургическом лечении нефролитиаза	20
1.4 Перкутанная нефролитотрипсия под ультразвуковым контролем.....	30
1.5 Способы снижения лучевой нагрузки при перкутанной нефролитотрипсии	35
1.6 Перкутанное удаление камней почек у пациентов после различных методов деривации мочи.....	37
1.7 Заключение	39
Глава 2 МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	41
2.1 Характеристика пациентов	41
2.2 Разборные трехмерные модели и небиологический тренажер для тренинга перкутанного доступа	51
2.3 Методы обследования больных	54
2.4 Статистический анализ полученных данных.....	57
Глава 3 ТРЕХМЕРНЫЕ НАПЕЧАТАННЫЕ И НЕБОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРИ ПЕРКУТАННОЙ НЕФРОЛИТОТРИПСИИ	58
3.1 Разборные цветные трехмерные модели полостной системы почки....	58
3.2 Небиологическая модель для тренинга чрескожного доступа под ультразвуковым контролем	65

Глава 4 ПЕРКУТАННАЯ НЕФРОЛИТОТРИПСИЯ	
ПОД УЛЬТРАЗВУКОВЫМ КОНТРОЛЕМ	70
4.1 Чрескожная нефролитотрипсия под ультразвуковым контролем	71
4.2 Перкутанное удаление камней почек у пациентов после различных методов деривации мочи.....	82
Глава 5 РЕЗУЛЬТАТЫ ПЕРКУТАННОЙ НЕФРОЛИТОТРИПСИИ	
ПОД УЛЬТРАЗВУКОВЫМ И РЕНТГЕНОВСКИМ КОНТРОЛЕМ	87
5.1 Результаты чрескожной нефролитотрипсии под ультразвуковым и рентгеновским наведением.....	88
5.2 Сравнительный анализ результатов перкутанной нефролитотрипсии под ультразвуковым и рентгеновским наведением.....	97
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	110
ВЫВОДЫ	118
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	120
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	121
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	122
ПРИЛОЖЕНИЕ	146
Приложение А (справочное). Патент № 193069.....	146

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

В настоящее время перкутанная нефролитотрипсия (ПНЛ) является методом выбора хирургического лечения пациентов с крупными, множественными и коралловидными камнями почек [14-16, 90, 109, 115, 201]. Основными этапами перкутанного удаления камней почек являются формирование чрескожного доступа в верхние мочевые пути (ВМП) и интратрениальная контактная литотрипсия с извлечением фрагментов камня [58, 69, 105, 106, 143, 185]. Безопасный доступ через наиболее подходящую почечную чашечку и бужирование нефростомического канала коррелируют с эффективностью не только второго этапа ПНЛ, но и всей операции. Создание перкутанного доступа (ПД) считается наиболее сложным в освоении элементом операции с длительной кривой обучения [19, 167, 178]. Предложены различные методы пункции чашечно-лоханочной системы (ЧЛС) для увеличения эффективности и безопасности ПНЛ. Чрескожный доступ традиционно выполняется под рентгеноскопическим контролем, о чем свидетельствуют данные CROES исследования, где 86% респондентов использовали этот способ [70]. Помимо экономической составляющей, недостатками рентгенологического метода являются лучевая нагрузка на пациента и хирургическую бригаду, необходимость использования контрастных веществ и ограниченность в использовании у пациентов с затрудненным ретроградным доступом в ВМП [40, 171, 187, 198, 208]. Несмотря на использование различных средств защиты, пациенты и врачи всегда получают определенную дозу ионизирующего излучения, которое может оказывать тератогенный, канцерогенный и мутагенный эффекты [61, 144].

Альтернативным методом контроля при ПД является ультразвуковое (УЗ) наведение [56, 67, 112, 153, 166]. Также предложены способы пункции ЧЛС

в комбинации УЗ с компьютерной томографией (КТ), ретроградным эндоскопическим контролем [181, 193, 197, 207]. Существуют единичные публикации об использовании УЗ-сканера с контрастным усилением, специальной навигационной и виртуальной системами [57, 76, 85, 101, 131, 132, 142, 160, 221]. Однако эти методы при ПД являются дорогими и не всегда доступными. Поэтому пункционный доступ по УЗ наведением является несложным и недорогим, но требует дальнейшего усовершенствования. Помимо минимизации радиационного излучения, использование ультразвукового контроля позволяет визуализировать соседние органы и структуры, что значительно снижает вероятность их повреждения.

Для оптимальной кривой обучения ПД урологам требуется хорошее знание и понимание анатомии полостной и сосудистой систем почки для выбора подходящей для пункции чашечки. Стандартные КТ снимки не предоставляют достаточно информации о строении ЧЛС почки. Поэтому были предложены 3Д модели, которые используются при ПНЛ [8, 11, 97, 100, 186, 190]. Однако, они требуют длительного времени изготовления и, как правило, отличаются дороговизной. Это указывает на необходимость создания более оптимальных и практичных трехмерных моделей ЧЛС почки. В настоящее время для обучения ПД используются виртуальные симуляторы, биологические и небιологические модели [3, 6, 156, 158, 209]. Виртуальные симуляторы, несмотря на свои определенные преимущества, являются достаточно дорогими и исключают обучение доступу под УЗ наведением. Тренинги на животных лимитированы своей сложностью и дороговизной, обременены этическими рамками. Наиболее доступными являются небιологические модели, основная часть которых рассчитана для обучения ПД под рентгенологическим контролем [25, 209, 209, 213], а другие являются непрочными, что лимитирует выполнение нескольких ПД под УЗ наведением. Таким образом, создание современных небιологических моделей для проведения достаточного количества пункций ЧЛС под УЗ наведением является актуальной задачей для современной эндоурологии.

Единичные публикации о результатах перкутанной нефролитотомии под ультразвуковым контролем, встречающиеся в литературе, не позволяют оценить безопасность и преимущества данной операции по сравнению с рентген-контролируемой ПНЛ [9, 44, 191]. Не установлены показания и противопоказания к ПНЛ под ультразвуковым контролем, в особенности, у пациентов после кишечной деривации мочи, не изучены осложнения и результаты подобных вмешательств. Имеющиеся нерешенные вопросы требуют проведения дальнейших исследований по улучшению эффективности перкутанной хирургии нефролитиаза, а также поиск способов обучения технике пункции полостной системы почки.

Степень разработанности темы исследования

Публикации о результатах ПНЛ под ультразвуковым контролем являются единичными, а количество оперированных больных в каждой серии небольшим, что не позволяет оценить эффективность данного вмешательства. Не установлены показания и противопоказания к ПНЛ под ультразвуковым контролем, не изучены возможные осложнения и отдаленные результаты подобных вмешательств. Поиск способов снижения лучевой нагрузки на пациента и хирургическую бригаду является актуальным направлением, особенно для урологических клиник с высокой частотой выполнения ПНЛ.

Создание перкутанного доступа при выполнении ПНЛ считается наиболее сложным этапом операции, на который приходится большая часть интраоперационных осложнений. Поиск способов обучения и планирования перкутанной нефролитотрипсии позволит сократить кривую обучения начинающих хирургов и уменьшить количество осложнений на этапе освоения данной техники.

Цель исследования

Улучшить результаты хирургического лечения больных с нефролитиазом путем оптимизации техники перкутанной нефролитотрипсии.

Задачи исследования

1. Разработать трехмерные печатные модели полостной системы почки с цветовой сегментацией для планирования перкутанной нефролитотрипсии.
2. Разработать эффективный небиологический тренажер для обучения перкутанному доступу под ультразвуковым контролем.
3. Модифицировать технику пункции полостной системы почки под ультразвуковым контролем.
4. Установить предикторы эффективности и риска осложнений перкутанной нефролитотрипсии под ультразвуковым наведением.
5. Сравнить результаты перкутанной нефролитотрипсии под рентгенологическим и ультразвуковым контролем.
6. Изучить результаты чрескожного удаления камней почек у больных после различных способов деривации мочи.

Научная новизна исследования

Разработана разборная индивидуальная модель полостной системы почки с цветовой сегментацией, позволяющая эффективнее планировать чрескожную нефролитотрипсию для снижения риска интраоперационных осложнений (Патент на изобретение РФ № 193069 от 11.10.2019 г.). Разработан небиологический тренажер для обучения и отработки техники перкутанной пункции полостной системы почки под ультразвуковым контролем. Впервые определены показания и преимущества перкутанной нефролитотрипсии под ультразвуковым контролем, изучены результаты и осложнения подобных вмешательств. Предложен модифицированный способ пункции полостной системы почки под

ультразвуковым контролем. Проведен сравнительный анализ результатов перкутанной нефролитотрипсии под рентгенологическим и ультразвуковым контролем. Изучены результаты и доказана эффективность перкутанной нефролитотрипсии у пациентов после различных способов деривации мочи.

Практическая значимость исследования

Использование ультразвукового контроля при выполнении перкутанной нефролитотрипсии увеличивает безопасность и точность пункции, сокращает время операции, исключая отрицательные моменты рентгеноскопии. Показана эффективность перкутанной нефролитотрипсии под ультразвуковым контролем у пациентов после кишечной деривации мочи.

Предложенная разборная индивидуальная модель полостной системы почки с цветовой сегментацией позволяет эффективно планировать перкутанный доступ, тем самым улучшить результат операции, а также обеспечивает лучшее понимание начинающими специалистами особенностей анатомии почки. Разработанный небιологический тренажер позволяет урологам обучаться и отрабатывать технику перкутанной пункции под ультразвуковым контролем. Использование модифицированного способа пункции полостной системы почки под ультразвуковым наведением позволяет безопасно и эффективно создать перкутанный доступ при ПНЛ.

Полученные в ходе диссертационного исследования результаты позволяют внедрить методику ПНЛ под ультразвуковым контролем в практическую деятельность урологических отделений.

Положения, выносимые на защиту

1. Разборная трехмерная модель полостной системы почки с цветовой сегментацией позволяет эффективно планировать перкутанный доступ, тем самым улучшить результаты операции.

2. Небиологическая модель полостной системы почки облегчает обучение технике перкутанного доступа под ультразвуковым контролем и сокращает время кривой обучения.
3. Модифицированный способ пункции полостной системы почки позволяет безопасно создавать перкутанный доступ и повысить эффективность перкутанной нефролитотрипсии под ультразвуковым контролем.
4. Предикторами эффективности перкутанной нефролитотрипсии являются индекс массы тела, множественные и коралловидные камни, их усредненный общий размер, а также наличие аномалии развития верхних мочевых путей.
5. Эффективность перкутанной нефролитотрипсии под ультразвуковым контролем при одиночных камнях почки и расширении полостной системы сопоставима с результатами ПНЛ под рентгенологическим контролем.
6. Больным с нефролитиазом после кишечной деривации мочи показана пункция полостной системы почки под ультразвуковым контролем. Дальнейшие этапы операции можно выполнить под ультразвуковым наведением или в комбинации с рентгеноскопией.

Апробация работы

Материалы диссертации доложены на: 1 и 3-й научно-практической конференции урологов Северо-Западного регионов «Актуальные вопросы урологии» (Санкт-Петербург, 2015, 2017); 33 Международном конгрессе по эндоурологии (Лондон, 2015); XV, XVI конгрессах Российского общества урологов (Санкт-Петербург, 2015; Екатеринбург, 2018); 5-й научно-практической конференции «Актуальные вопросы урологии и гинекологии» (Санкт-Петербург, 2016); XI конгрессе Российского общества онкоурологов (Москва, 2016); III Невском урологическом форуме (Санкт-Петербург, 2016); заседании проблемной комиссии «Хирургия и смежные дисциплины» СЗГМУ имени И.И. Мечникова (Санкт-Петербург, 2022).

Внедрение в практику результатов исследования

Результаты диссертационного исследования внедрены в лечебно-практическую деятельность урологического отделения в СПб ГБУЗ «Городская многопрофильная больница № 2», ГБУЗ «Городская Мариинская больница», в учебный процесс кафедры урологии ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И. Мечникова Минздрава России.

Публикации

По теме диссертации опубликовано 12 научных работ, в том числе 7 в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации. Получен патент на изобретение № 193069 от 11.10. 2019 г.

Личное участие автора в проведении исследования

Автор принимал участие во всех этапах выполненного исследования. Автором лично определены критерии включения и исключения из исследования пациентов. Автор самостоятельно провел сбор клинических данных, сформировал компьютерную базу и осуществил интерпретацию полученных результатов. Текст диссертации и автореферат написан автором лично. Автором полностью освоена методика чрескожного удаления камней почек и непосредственно выполнено более половины операций.

Объем и структура диссертации

Диссертация изложена на 147 страницах, состоит из введения, обзора литературы, 4 глав собственных исследований, заключения, выводов, практических рекомендаций, указателя литературы. Работа иллюстрирована 31 таблицей и 26 рисунками. Список литературы включает 226 источника, из них 19 отечественных и 207 иностранных.

Глава 1

ОПТИМИЗАЦИЯ ПЕРКУТАННОГО ЛЕЧЕНИЯ НЕФРОЛИТИАЗА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

1.1. Эпидемиология мочекаменной болезни

Мочекаменная болезнь (МКБ) остаётся распространённой урологической патологией и выявляется в 7,2-7,7% случаев [4, 59]. Заболеваемость МКБ увеличилась с 3,2% в 1980 году до 10,1% в 2016 году. В 2007-2008 годы она составляла 8,7%, затем снизилась до 7,2% в 2011-2012 годы. Но затем увеличилась до 9,0% в 2013-2014 годы и до 10,1% в 2015-2016 годы. Согласно данным Национального института здоровья и питания США примерно 10% взрослого мужского и 7% женского населения страдают данной болезнью [203]. Камни почек наиболее часто диагностировались у больных с ожирением, чем с нормальным весом (11,2%/6,1%, $p < 0,001$). Ожирение и сахарный диабет при мультивариантном анализе были строго связаны с риском камнеобразования [74, 180]. За последние два десятилетия количество больных с уролитиазом, в особенности у женщин, в динамике постепенно увеличивается. Литературные данные также свидетельствуют о том, что распространённость МКБ за последнюю четверть XX века увеличивается среди представителей обоих полов [4, 150, 174, 204, 214].

По данным А. Morales-Martinez et al. [150] заболеваемость МКБ в Испании увеличилась с 5% в 2005 году до 14,6% в 2016 году, в среднем за последние 15-20 лет общий прирост МКБ составил 5-7%. Больные в возрасте 40-60 лет обычно имеют высокий инцидент заболеваемости МКБ. Она чаще встречается в странах Запада и Среднего Востока, где процент заболеваемости может достигнуть до 20%. Относительно состава камней оксалаты кальция встречаются чаще всего в 70-80% случаев, а также с увеличением количества уратных и снижением числа инфекционных камней.

Различные факторы риска были связаны с образованием камней в почках. Некоторые из них способствуют увеличению концентрации мочи и кристаллизации растворенных веществ и включают низкий уровень потребления жидкости и жаркий климат [92, 136, 174]. Кроме того, несколько диетических факторов были связаны с более высоким риском образования камней в почках: большое содержание соли и животного белка, низкое количество клетчатки [136]. L.M. Nuynh et al. [111] оценивали временные, географические и гендер-специфические факторы в метаболизме риска образования рецидивных камней. В обзор были включены 28 работ, из которых 10 (n – 1 578 пациентов) опубликованы до 2000 года и 18 (n – 8 747) после этого времени. При сравнении этих групп наблюдались гипероксалурия (29/33%, $p=0,002$), гиперкальциурия (35/36%, $p = 0,446$), гиперурикозурия (17/22%, $p<0,0001$) и гиперцитратурия (23/44%, $p<0,0001$). Причем эти показатели были достоверно выше у мужчин. Не было значимой географической разницы, с высоким превалированием гипероксалурии и гиперцитратурии в незападных и гиперкальциурии в западных странах. При этом в США чаще наблюдалась гипероксалурия. Состояния, приводящие к повышению уровня кальция в сыворотке крови, такие как первичный гиперпаратиреоз, также считаются важными факторами риска образования камней [52, 94, 121].

Несмотря на более высокую общую распространенность МКБ среди мужчин, тенденция к заболеваемости оставалась стабильной в течение последнего десятилетия. Наоборот, наблюдался рост МКБ у взрослых женщин, особенно в возрасте до 60 лет, что сокращало гендерный разрыв в заболеваемости МКБ [36, 66]. L. Beara-Lasic et al. [43] указывают на увеличение количества МКБ у женщин. Пациентки младше 50 лет, у которых в анамнезе была беременность, имеют два раза больший шанс развития МКБ по сравнению с нерожавшими. Также они больше обременены ожирением и специальной диетой, чаще подвергаются бариатрической хирургии, что ассоциируется с увеличением МКБ [149, 176]. Тенденция к росту заболеваемости МКБ среди женщин в США может быть многофакторной. Во-первых, предыдущие данные показывают, что именно

у них значительно возросла частота ожирения и метаболического синдрома [21, 148, 217], которые связаны с повышенным риском образования нескольких типов почечных камней (из щавелевой кислоты, фосфата кальция и мочевой кислоты). Другой тип камней (струвиты) в основном ассоциируются с инфекцией мочевых путей, которая чаще встречается у женщин и с возрастом увеличивается [36, 55, 141]. Причины образования камней при ожирении связаны с развитием резистентности к инсулину, диетическими факторами и литогенной профилностью мочи [20, 66, 112, 164, 182, 202, 214]. Мочекислые и оксалаты кальция чаще встречаются у этих больных. Резистентность к инсулину меняет почечный кислотный метаболизм, что приводит к увеличению рН мочи и образованию камней. Ожирение также ассоциируется с избыточным поступлением литогенных веществ и увеличением инцидента инфекции мочевых путей.

А. Trinchieri et al. [202] изучали влияние повышенного веса и ожирения на камнеобразование. Они обследовали 1 698 пациентов с МКБ (средний возраст $45,9 \pm 14,6$ лет; 948/714 – мужчины/женщины). Повышенный индекс массы тела (ИМТ) около 25-29,9 и ожирение (ИМТ более 30) установлено у 40,7% и 8% мужчин, и у 19,9% и 8,7% женщин. У мужчин повышенный вес и ожирение было выше в общей популяции и только в возрасте 25-44 лет, тем самым в остальных группах разницы между мужчинами и женщинами в проценте камнеобразования не было. Воспалительные заболевания кишечника, которые увеличивают риск образования камней, в основном оксалатов, чаще встречаются у женщин [149]. S. Nackeeran et al. [152] изучали влияние низкого количества тестостерона и эстрадиола на риск камнеобразования, значимой ассоциации не обнаружили. Предлагают изучать этот вопрос у женщин при менопаузе и уточнить ассоциацию между эстрогеном и МКБ.

Относительно разновидности камней, V.M. Talati et al. [195] исследовали 5 268 камней почек, среди которых преобладал моногидрат оксалата кальция в 42,2% случаях и только 16,6% были инфицированными. Женщины чаще имели дигидрат оксалата кальция ($p=0,008$) и струвитные камни ($p=0,001$). Количество

моногидрата оксалата кальция ($p=0,007$) и мочекислых камней ($p<0,001$) значительно вырос у мужчин, хотя у обоих полов отмечалось снижение количества апатита карбоната ($p<0,001$). Моногидрат оксалата кальция увеличился с 12 до 75% в смешанных конкрементах с мочекислыми камнями за 11 лет.

1.2 Методы визуализации при чрескожном доступе

Вначале внедрения ПНЛ перкутанный доступ, в основном, выполнялся под рентгеновским контролем. Ультразвуковые технологии уже давно применяются в медицине, но УЗ доступ урологами не использовался широко в США. Но постепенно этот метод внедрялся в клиническую практику и предлагались различные его модификации [93, 119]. Наиболее простым было создание пункционного доступа с помощью пункционного датчика, имевшего специальную насадку для фиксации иглы. При этом ход иглы в насадке был фиксированным только в определенном направлении. Свободный доступ с помощью ультразвука требует значительной координации обеих рук для правильного направления иглы [169]. J.F. Skenazy et al. [184] разработали компьютерную ультразвуковую систему наведения и сообщили о результатах ее использования *in vitro* на модели свиньи. К ультразвуковому преобразователю была присоединена компьютерная система сверхзвукового наведения. Она оценивает положение иглы и посылает сигнал обратно в компьютер, который захватывает реальные ультразвуковые изображения и накладывает на монитор виртуальное направление иглы. Затем хирург продвигает иглу и следит за траекторией, проецируемой компьютером под УЗ контролем. Подобный ПД уменьшал время наведения и повышал точность пункции ЧЛС. Использование опорных рычагов при этой методике улучшило визуализацию кончика иглы по сравнению с способом, когда их не использовали.

Эта технология может облегчить нацеливание при пункции ЧЛС почки клиницистами независимо от их опыта [170].

Неправильное расположение иглы может привести к нежелательному повреждению почки или окружающих органов, что иногда не распознается до конца операции [179]. В 2011 году M.J. Vader et al. [38] сообщили о результатах комбинированной пункции ЧЛС с использованием ультразвука и оптической пункционной системы, позволяющей под контролем прямой визуализации направить иглу, ограничивая вероятность осложнений, связанных с пункцией. В исследователи были включены 15 пациентов. Система состоит из стерилизуемой микрофибровой оптики диаметром 0,9 мм и 0,6 мм, игла имеет Y-образный стилет с входом для ирригационной системы. Оптическое волокно подключается к стандартной системе камеры и источнику света. Доступ осуществляется под УЗ контролем, после идентификации таргетной чашки оптическая игла поэтапно под прямой визуализацией продвигается в ЧЛС. Правильность расположения иглы в чашке подтверждается эндоскопически. У всех 15 пациентов пункция была успешной, однако у 11 из них после первой попытки и 4 больным потребовались дополнительные пункции из-за неправильной локализации иглы. Хотя этот метод не был сравнен с традиционными способами, он имеет преимущество в том, что можно контролировать пункцию чашки под контролем визуализации оптической иглы, что теоретически повышает безопасность перкутанного доступа.

Аналогично методике биопсии простаты путем слияния данных МРТ и УЗИ, Z.C. Li et al. [130] разработали метод, который усиливает интраоперационные ультразвуковые сонограммы с предоперационной МРТ во время перкутанного доступа, что улучшает навигацию и позволяет избежать повреждения окружающих структур без какого-либо ионизирующего излучения. При этой методике предоперационно выполняется МРТ почек, данные которой затем передаются в систему наведения на основе дополненного ультразвука, и анатомия почки подвергается 3D-реконструкции. Хирург выполняет предоперационное ультразвуковое сканирование почки после позиционирования

пациента на максимальном выдохе в положении на животе. Датчик и пункционная игла имеют оптически отслеживаемые маркеры. После завершения МРТ аугментации ультразвука эти две траектории показывают направление прокола, каждый из которых содержит входную точку на коже. Затем проводится прокол иглой с помощью направляющей, прикрепленной к зонду и следующей по траектории. Четыре уролога оценивали точность пункции и качество восприятия фантомов почек. Эта методика не только устраняет радиационную опасность, но и использует сложную анатомическую реконструкцию для оптимизации 3D-визуализации почки, чтобы свести на минимум недостатки УЗ доступа. Однако метод является трудоемким, стоимость операции увеличивается из-за необходимости предоперационного выполнения МРТ.

SonixGPS является одной из новых УЗ навигационных систем реального времени, предназначенная для повышения точности перкутанного доступа без какой-либо РЭ. Экспериментальная работа на свиньях показала, что этот метод позволяет снизить время пункции и повысить ее точность [173]. Первые исследования на людях показали, что ПНЛ, выполненная с помощью SonixGPS, была безопасной и высокоэффективной [131]. В 2017 году X. Li et al. [132] провели еще одно ретроспективное сравнительное исследование результатов стандартной ПНЛ и с использованием SonixGPS. Обычное УЗ наведение при ПНЛ было выполнено с помощью ультразвукового сканера Siemens. УЗ наведение во время ПНЛ в реальном времени проводилось с помощью навигационной системы SonixGPS (Ultra-sonic Medial Corporation, Канада), которая состояла из электромагнитного передатчика, ультразвукового зонда и иглы SonixGPS длиной 8 см и диаметром 18G. В данном исследовании 37 пациентов в каждой группе были сопоставлены по возрасту, ИМТ и размеру камня. В группе SonixGPS было больше пациентов с нерасширенной таргетной чашечкой (17 против 7, $p < 0,024$). Статистический анализ не выявил никакой разницы по времени работы, продолжительности пребывания в стационаре или скорости клиренса камней. В группе SonixGPS наблюдалось меньшее снижение уровня гемоглобина и количество попыток пункций ЧЛС по сравнению с обычным УЗ наведением.

В 2016 году H.L. Chau et al. [56] сообщили о результатах своего исследования у 18 пациентов, где они использовали аналогичный ультразвуковой аппарат со встроенной навигационной системой в магнитном поле. Он имеет те же основные принципиальные компоненты, что и SonixGPS, за исключением того, что используется принцип «свободной руки» без применения направляющей для иглы, прикрепленной к датчику. Это позволяет получить большую степень свободы в выборе угла входа. В данном исследовании на этапе пункции ЧЛС рентгеноскопия не использовалась, в то время как среднее время флюороскопии составляло 74,6 сек. Из 18 пациентов у 15 пункция была успешной с первой, а у остальных со второй попытки.

Морбидное ожирение и нерасширенные чашечки могут затруднить перкутанную пункцию. F. Khan et al. [124] описали способ чрескожного доступа в ЧЛС почки под контролем уретероскопа. Гибкий эндоскоп вводится в нужную чашечку через мочеточниковый кожух. Дистальный конец уретероскопа используется в качестве мишени для пункции иглой под рентгеноскопией. С его помощью также можно выполнить литотрипсию камня, препятствующего доступу к нужной чашечке, и сместить конец проводника из лоханки в мочеточник для более надежного размещения. Уретерореноскопия также обеспечивала прямую визуализацию кончика иглы внутри чашечки после пункции, дилатацию свища и установку кожуха, что повышает безопасность ПД. Комбинированный антеградный и ретроградный доступ к лоханке позволял получить доступ к большей части ЧЛС почки. Исследователи применили эту методику в 12 случаях и для успешной пункции делалась только одна попытка. У 10 пациентов осложнений не было. Этот подход был эффективным у всех пациентов, независимо от особенностей тела, размеров камня и анатомии почки. Технология ретроградно уретероскопически контролируемого перкутанного доступа также используется для получения точного доступа в сложную ЧЛС почки, однако она все еще требует использования флюороскопии во время дилатации пункционного хода [51, 81, 82]. Для снижения РЭ М. Alsyouf et al. [27] провели исследование, в котором сравнивали традиционную рентген-

контролируемую ПНЛ с операцией, выполняемой под комбинированным УЗ и эндоскопическим наведением. В ретроспективное исследование были включены 40 пациентов, по 20 человек в каждой группе. Хирург выполнял гибкую уретерореноскопию и определял идеальную чашечку для пункции. Ультразвуковой зонд использовался для визуализации кончика уретероскопа во выбранной для пункции чашечке. Пункцию проводили иглой Chiba под УЗ и эндоскопическим контролем. Проводник 0,018 Дюйма проводился через иглу в ЧЛС и эндоскопически и втягивался в проксимальный отдел мочеточника. Дилатацию пункционного канала и установка кожуха Амплатс проводили под контролем эндоскопа. Во время ПНЛ уретероскоп можно оставить в пиелоуретеральном сегменте, чтобы предотвратить миграцию фрагментов камня в мочеточник. В конце процедуры выполняется ретроградная гибкая пиелоскопия для исключения резидуальных камней. После установки нефростомы или стента выполняется один рентгеновский снимок для подтверждения правильного размещения дренажа. По данным авторов эта методика позволила снизить среднее время доступа и флюороскопии по сравнению с традиционным подходом (3,5 сек против 915,5 сек и 8,8 сек против 1028,7 сек, соответственно). Среднее время ПНЛ составило 232 мин, предполагаемая кровопотеря – 111 мл, эффективность операции – 65%, число осложнений – 25%, что достоверно не отличалось от стандартной ПНЛ под флюороскопическим контролем.

В 2017 году E. Lima et al. [135] опубликовали результаты своего проспективного исследования, которое включало использование электромагнитной навигационной системы в сочетании с прямой эндоскопической визуализацией при выполнении перкутанного доступа. Авторы включили в исследование 10 пациентов, каждый из которых прошел предоперационную КТ с 3D-реконструкцией. Они использовали коммерчески доступную систему Aurora EMT (Northern Digital, Ватерлоо, Канада), два сенсорных интерфейсных блока, центр управления системой, одну иглу Chiba и мочеточниковый катетер с датчиком Aurora EMT. Вначале выполнялась гибкая уретеропиелоскопия, датчик помещали в нужную чашку. Ультразвуковое

сканирование было использовано для подтверждения того, что на пути предполагаемой пункции не было никаких анатомических структур. Игла Chiba с электромагнитным датчиком затем используется для выполнения прокола с помощью навигации, отображаемой на дисплее отдельного монитора. Правильное введение иглы в чашечку подтверждается эндоскопически. Затем стилет с датчиком снимается и вставляется направляющая проволока. Баллонная дилатация и размещение оболочки выполняются под эндоскопическим контролем. В исследовании не было никаких осложнений. Эта технология имеет определенные преимущества, такие как постоянный мониторинг в 3D-режиме, возможность незначительного изменения траектории иглы и более короткое время процедуры (медиана времени до успешной пункции составила 20 сек). Одним из преимуществ этой методики также является отсутствие РЭ.

Таким образом, РЭ у пациентов с мочекаменной болезнью несет в себе риск развития радиационно-индуцированных раковых заболеваний. Хирурги также подвержены риску вредного радиационного воздействия в процессе лечения пациентов и должны соблюдать рекомендации по максимальному снижению РЭ. Существует необходимость разработки современных способов безопасного перкутанного доступа, наиболее недорогие и эффективные из которых будут легко внедряться в клиническую практику.

К. Taguchi et al. [193] оценивал эффективность робот-ассистированной рентген-контролируемой пункции полостной системы почки под ретроградным эндоскопическим контролем у 19 пациентов, у 14 из которых отсутствовало расширение ЧЛС почки. Данный способ позволил осуществить пункцию с первой попытки, общее время проведения иглы составило 3,6 мин, время выравнивания иглы – 10 сек и радиации – 1,2 мин. Успешный перкутанный доступ был осуществлен через нижнюю чашку у 10, через среднюю чашку у 6 и верхнюю чашку – у 3 пациентов. Количество операций для кривой обучения авторы считают 10 случаев. Время проведения иглы и общей радиации между первыми и последующими 9 пациентами составили 2,8/8,5 мин ($p=0,006$) и 0,9/3,1 мин ($p=0,002$). Кроме того, авторы сравнили эти результаты с таковыми, полученными

у 38 пациентов после УЗ-контролируемой ПНЛ. Важно отметить, что не было достоверной разницы в эффективности операции (61,1%/47,4%, $p=0,399$), времени операции (112,0/122,5 мин, $p=0,365$) и рентгеноскопии (11,0/12,0 мин, $p=0,477$), количеству осложнений (21,1/23,7%, $p=0,857$). Тем не менее, в робот-ассистированной пункции ЧЛС наблюдалось значительное снижение скорости клубочковой фильтрации (СКФ), что говорит о том, что есть возможности для совершенствования этой методики.

1.3 Трехмерные технологии и тренинг при хирургическом лечении нефролитиаза

В настоящее время 3D технологии стали применяться в различных областях медицины, в том числе и в урологии [161]. При хирургическом лечении камней почек трехмерные модели ЧЛС больного позволяет оценить особенности ее строения и выбрать оптимальную для пункции чашку [11, 32, 69, 97, 89, 100]. С помощью КТ с внутривенным контрастированием можно получить 3D-изображение полостной системы почки, дающее возможность хирургу планировать предстоящую операцию по поводу МКБ [53]. Эти модели, в отличие от 2D компьютерных сканов, также улучшают качество тренинга молодых урологов и консультирования больного с нефролитиазом [33]. За последнее десятилетие для этих целей в литературе появляется лимитированное количество публикаций о результатах использования трехмерных моделей ЧЛС.

Н. Atalay et al. [32] использовали 3D модели ЧЛС почки для консультации пациентов перед ПНЛ. Они на 3D принтере печатали бесцветные неразборные копии полостной системы почки, для этого использовали КТ-сканы пациентов. По данным авторов эти модели сравнительно улучшили понимания больными особенностей строения ЧЛС почки с камнем и причин осложнений предстоящей ПНЛ [165]. Данные 3D модели ЧЛС были одноцветными, что может ухудшить

изучение анатомии полостной системы почки, ориентацию в разных групп чашек, в том числе направление задних и передних чашечек. Также создание этих моделей требовало длительного времени изготовления. Н. Atalay et al. были созданы пять специфичных для конкретного пациента и анатомически аналогичных моделей, основанных на данных оценки строения ЧЛС почки на основании КТ перед оперативным вмешательством. Эти модели могут обеспечить не только необходимые изображения, но и возможность планирования доступа к ЧЛС для операции ПНЛ в комплексном лечении коралловидных камней. Задние и передние чашечки хорошо описаны в печатных моделях, и их ориентация на почечную лоханку может понадобиться при планировании ПД. Создание 3D-моделей, анатомически идентичных ЧЛС почки пациента, позволяет хирургам, резидентам и пациентам тактильно уточнить строение полостной системы почки, а не с помощью обычных изображений [22]. Авторы показали, что взаимодействие с моделями является эффективным учебным опытом для обучаемых и приводит к улучшению взаимодействия с обычными изображениями. Используя 3D-модели, резиденты смогли лучше понять анатомию почек и определить чашку для доступа и количество чашечек, чем при использовании только КТ- или экскреторной урографии. Кроме того, была повышена уверенность резидента в себе во время операции. В частности, ценность использования 3D-моделей в качестве учебных инструментов выше для слушателей с меньшим опытом и знаниями интерпретации изображений поперечного сечения [45].

A.R. Christiancen et al. [65] в своей работе сравнивают интерактивное и стандартное 3D моделирование для планирования техники эндовидеохирургической нефролитотомии при камнях подковообразной почки. С помощью этих печатных моделей можно было тактильно оценить строение почки, ее сосудов и самого камня. Авторы указывают на преимущества трёхмерной КТ визуализации при подобных вмешательствах, что уменьшает необходимость изготовления 3D моделей ЧЛС почки. S. Kuroda et al. [128] 3D печатную модель пересаженной почки для трейнинга антеградной уретероскопии

при конкременте мочеточника. У пациента спустя 15 лет после пересадки почки на КТ диагностирован камень мочеточника 12 мм. Авторы с помощью изготовленной модели выполнили пункцию ЧЛС через верхнюю чашку, антеградным доступом с помощью эндоскопа извлекли напечатанный камень.

D. Li et al. [133] напечатали 3D модели полостной системы почки, используя эластомер с добавлением красного красителя, который по плотности был близок к ренальной паренхиме. Она состояла из двух частей, которые были разделены во фронтальной плоскости для размещения ЧЛС и её извлечения после заливки материала. Обе половины соединяли путем специальной герметизации, увеличивающей в 4 раза гидравлическое давление. Далее визуализация почки и её ЧЛС оценивалась с использованием УЗИ, рентгеноскопии и эндоскопии. Установленный в напечатанную полостную систему конкремент 7 мм хорошо был виден при УЗИ и рентгеноскопии. Авторы использовали эту модель в качестве тренинга в ретроградной интратрениальной лазерной нефролитотрипсии с помощью гибкого уретероскопа.

B.W. Turney et al. [206] напечатали 3D модели полостной системы почки, которые специально размещали в тренажере для обучения технике перкутанного доступа. Для печати использовали водорастворимый пластик на основе поливинилового спирта. Между почкой и кожей для имитации тканей применяли плотную пену. После формирования 3D модели в полость, соответствующей ЧЛС почки, вводили контрастное вещество и отрабатывали методику триангуляции при перкутанном доступе. По данным авторов этот тренажер обеспечивал возможность 20 пункций, однако при дилатации пункционного хода нарушалась герметичность полости и происходила утечка контрастного вещества. Кроме того, плотные материалы, из которых создавалась модель, не позволяли производить пункцию под УЗ-контролем. Однако авторы указывают на полезность тренажера для обучения технике пункции ЧЛС почки под контролем С-дуги, что было немаловажным для урологов, обучающихся технике ПНЛ.

T. Aro et al. [31] предложили более дешевый способ создания модели для тренинга при ПНЛ. Вначале из акрилонитрилбутадиенстирола печаталась 3D-

модель полостной системы почки, которая фиксировалась в специальной форме и заливалась желатином. Когда последний затвердевал раствором лимонной кислоты проводилось растворение модели полостной системы почки. Далее в сформированную полость вводили стерильный раствор, что обеспечивала адекватную визуализацию ЧЛС почки при УЗИ, в том числе чёткой границы сред между желатином и водой. Одним из преимуществ этой модели является возможность многократного использования за счет повторного применения желатина путем его растворения для дальнейшей перезаливки.

Ю.Г. Аляев и соавт. [3] предложили 3D-печатный тренажер для предоперационного трейнинга технике ПНЛ. Он позволял выполнять этапы операции под рентгенологическим и ультразвуковым контролем. Для создания модели КТ данные пациента обрабатывались и использовались для 3D печати. Тренажер состоял из 3D-печатной мягкой модели почки с интравенальной сосудистой и полостной системами, а также напечатанной с помощью 3D-принтера модели туловища человека. В рентгеноперационной на 3D-тренажере под ультразвуковым и рентгенологическим контролем отрабатывалась техника ПНЛ. По мнению авторов использование данного тренажера является перспективным для эндоурологии в качестве проведения предоперационного тренинга перед ПНЛ.

Н.К. Гаджиев и соавт. [6] предложили небиологическую модель полостной системы для обучения технике перкутанного доступа под рентгеновским контролем. В качестве полимерного термопластичного материала использовался акрилонитрилбутадиенстирольный пластик. Тренажер позволяет выполнять тренировку перкутанного доступа с использованием рутинного в клинической практике оборудования.

В настоящее время при нефролитолизе чаще применяется чрескожная нефролитотрипсия [1, 2]. Благодаря эволюции современных эндоскопов и лазерных литотриптеров внедрены новые менее инвазивные модификации ПНЛ [12, 13, 15, 18, 34, 73, 75, 123, 168, 210]. Однако данная операция остается технически сложной, с достаточным количеством осложнений и длинной кривой

обучения [19, 47, 79, 167]. В настоящее время различные методики используются для обучения молодых урологов технике основных этапов ПНЛ. Перкутанный доступ (ПД) по-прежнему является важным неотъемлемым этапом всех модификаций ПНЛ и его правильное выполнение обеспечивает безопасность и эффективность операции, минимизирует количество осложнений и улучшает процент освобождения от камня [46, 63, 200]. Кроме того, обучение молодых урологов технике ПД остается ответственной задачей современной эндоурологии [114]. Кривая обучения ПНЛ является длинной, требующей выполнения 36-60 вмешательств для достижения компетентности и >100 случаев для совершенства [96, 156, 157, 167]. Европейское общество по уrolитиазу еще в 2011 году подтвердило высокую кривую обучения ПД и выявило две основные причины, затрудняющие обучение молодых урологов. Во-первых, сложность выполнения безопасного доступа к почке; во-вторых, в основном осуществляется флюороскопический доступ, поэтому существует потенциальная возможность повреждения соседних органов по ходу пункции [35]. Таким образом, за период обучения для урологических резидентов необходимо пройти соответствующую подготовку по ПНЛ для освоения этой сложной эндоурологической процедуры.

Практическое обучение молодых урологов технике ренальных хирургических вмешательств за последние десятилетия приобретает особое значение [157]. Однако в современном традиционном трейнинге перкутанным операциям существуют такие проблемы, как развитие серьезных осложнений на ранних этапах освоения, высокая стоимость и недостаточное количество клинических случаев [118, 151]. Наиболее идеальной и полезной является тренировка на животных в специально трейнинговых центрах [37, 64, 88, 133, 147, 158, 229]. При ПНЛ подобные тренировки передают точную анатомию почки и имеют преимущество в ощущении ткани для обработки этапов операции, например, чрескожного доступа. Ограничения на использование животных для обучения включают высокие расходы на их содержание, наличие квалифицированного ветеринара, организацию центров для проведения трейнинговых операций, юридическое разрешение этического комитета [26, 88].

Стремительное развитие компьютерных технологий позволило с их помощью более реалистично моделировать различные урологические вмешательства, включая их основные этапы и осложнения. Хотя приобретение необходимых для этого навыков не может быть полностью заменено обучением на тренажере, для совершенствования методов и тактики требуется опыт работы с имитационной моделью [178, 189, 196]. В настоящее время существуют различные различные модели для обучения ПНЛ, которые можно разделить на три группы: симуляторы виртуальной реальности (VR), модели животных и небиологические тренажеры [158, 162, 163, 189]. Наиболее известным и распространенным VR-симулятором для ПНЛ является PERC Mentor™, который предназначен для обучения перкутанному доступу под флюороскопическим контролем, включая рентгеновскую ориентацию, пункцию и манипуляции с направляющими проводниками [127, 147, 156, 157]. Его основное преимущество заключается в том, что позволяет проводить регулярные тренировки навыкам перкутанного доступа без необходимости использования дополнительных флюороскопических средств или каких либо этических ограничений. Тренажер PERC Mentor™ обладает несколькими преимуществами. Он предоставляет различные сценарии, когда рентген-контролируемый перкутанный доступ в режиме реального времени может быть выполнен с помощью виртуальной рентгеноскопии в безрадиационной среде. Обучаемый может управлять виртуальной флюороскопией с помощью стрелок на сенсорном экране для смещения установки под разными углами. Резидент также чувствует ребра своими руками, что исключает попадание в них иглы при пункции. Также PERC Mentor™ имитирует дыхательные экскурсии почки, обеспечивает возможность ретроградной уретерографии через мочеточниковый катетер и антеградной пиелографии через пункционную иглу. Резидент может проверить правильность пункции полостной системы путем аспирации виртуальным шприцем, при этом желтый цвет указывает на мочу, а красный – на кровь.

S. Mishra et al. [147] сравнивали результаты обучения с помощью PERC Mentor™ и моделей животных, оценили результаты у 24 участников, из которых

было 15 молодых и 9 опытных урологов, имеющих перед исследованием опыт более 50 ПНЛ. Из 15 молодых врачей 5 проходили тренинг на животных до PERC MentorTM, затем все 24 тренировались на виртуальном симуляторе. Изучаемые объективные параметры включали длительность операции, количество пункций, время флюороскопии, осложнения и количество используемого контраста. Молодые урологи занимались на симуляторе около 30 мин, а первые 5 из них дополнительно повторно отрабатывали технику перкутанного доступа на животных. Между группами проводился сравнительный анализ изучаемых показателей. Эксперты были значимо быстрее при выполнении процедуры ($187 \pm 26 / 222 \pm 29,6$ сек, $p < 0,005$) и меньше нуждались в повторных попытках пункции ($2,0 \pm 0,2 / 2,8 \pm 0,4$, $p < 0,001$). Показатели у молодых урологов после проведения полного курса тренинга улучшились по сравнению с претестовыми данными. Так общее время процедуры до и после обучения составило $222 \pm 29,6$ и $42,7 \pm 6,8$ сек ($p < 0,001$), время рентгеноскопии – $123,3 \pm 19,4$ и $66,9 \pm 10,2$ ($p < 0,0001$), количество перфораций – $1,3 \pm 0,2$ и $0,8 \pm 0,3$ ($p < 0,001$) и попыток пункции – $2,0 \pm 0,2$ и $1,3 \pm 0,1$ ($p < 0,001$). В.Е. Knudsen et al. [127] изучили надежность тестирования и приобретение навыков и обнаружили, что студенты, обучающиеся на виртуальном тренажере, демонстрируют статистически значимое улучшение при повторном тестировании.

При использовании виртуального симулятора можно объективно оценить технические навыки обучаемых с помощью различных инструментов оценки. В недавнем исследовании Y. Noureldin et al. [156, 157] тренажер PERC Mentor был включен в объективные структурированные клинические исследования по урологии для оценки навыков ПД у резидентов. При наличии предыдущего опыта они выполняли пункцию ЧЛС за более короткое время флюороскопии ($5,1 \pm 0,7$ против $10 \pm 1,5$; $p = 0,04$), меньшим количеством инфундибулярных повреждений ($2 \pm 0,4$ против $7,4 \pm 1,5$; $p = 0,004$), перфораций ЧЛС ($4,5 \pm 1,2$ против $11 \pm 1,7$; $p = 0,01$) и попыток пункции ($13 \pm 1,8$ против $21 \pm 2,3$; $p = 0,02$) по сравнению с резидентами без предыдущего опыта в ПД. Три исследования показали потенциальное улучшение результативности после обучения на тренажере PERC MentorTM

[127, 147, 162]. Однако симулятор PERC Mentor остается менее привлекательной альтернативой для практического обучения молодых эндуурологов из-за различий в точности и ограниченной реалистичности. Кроме того, они имеют высокую стоимость (\$60,000-70,000), трудности в транспортировке и периодические сбои в программном обеспечении [156, 158], что исключают их широкое применение. Кроме того PERC Mentor™ не может быть использован для обучения доступу под ультразвуковым наведением или в комбинации его с рентгеноскопией.

В литературе также было описано несколько моделей из бычьих и свиных почек для обучения ПНЛ. До этой гидрогелевой модели животные были единственной площадкой для полноценного обучения ПНЛ [126]. В то время, как модели животных обеспечивают высокую точность платформы, их использование для регулярного тренинга затруднено этическими проблемами, расходами по эксплуатации и утилизации [26, 126]. В литературе нет никаких конкретных отчетов, подтверждающих эффективность использования модели животных для приобретения навыков, связанных с ПНЛ. Однако S. Mishra et al. [147] сравнивали модель живой свиньи и наставника PERC при создании перкутанного доступа 24 экспертами, которые оценили реалистичность и образовательную полезность обеих моделей. Тренинг на свиньях продемонстрировал значительное превосходство над PERC Mentor™ в тактильной обратной связи, флюороскопическом реализме и встречающихся осложнениях.

Небиологические модели для ПНЛ устраняют финансовые, этические и организационные проблемы, возникающие при использовании моделей виртуальной реальности или животных [3, 6, 25, 229]. Все тренажеры этой категории для ПНЛ по-прежнему ограничены тренировкой ПД. Модель, описанная в статье Y. Zhang et al. [229], в основном изготовлена из силикона и представляет собой универсальные расширенные ЧЛС. Он продемонстрировал превосходную валидность, несмотря на отсутствие важных анатомических ориентиров (позвоночник или ребра). Была установлена существенная разница в тренинге между 30 молодыми урологами и 9 экспертами, причем последние демонстрировали более короткое время, меньшее рентгеновское облучение

и количество попыток пункции. Кроме того, полезность этой модели для приобретения навыков ПД у новичков была подтверждена значительным снижением показателей операции при повторении одних и тех же навыков через 24 часа.

В исследовании Y. Noureldin et al. [157] для обучения перкутанному доступу был проведен анализ 14 существующих тренажеров: 12 небιологических моделей, 1 модель на лабораторных животных и 1 симулятор для виртуальной реальности. Для обучения ПНЛ использовались модели животных *ex vivo* (биологические стендовые модели). К ним относятся свиные или бычьи почки, с частью мочеточника и без нее, а также с другими участками тела и без них. Камни устанавливали в почечную лоханку через разрез лоханки, которую затем герметично ушивали, а дистальный конец мочеточника перевязывали над мочеточниковым катетером, чтобы можно было вводить физиологический раствор или контрастное вещество. Таким образом, резиденты могут обучаться навыкам ПД с помощью рентгеноскопического или ультразвукового контроля. Эти модели предлагают тактильное ощущение, которое может быть сравнимо с реальной жизнью. Однако подготовка этих моделей требует больших затрат времени и денег. Кроме того, на каждой такой модели можно выполнить лимитированное количество перкутанных доступов. Наконец, существуют этические соображения при использовании моделей животных, что ограничивает их доступность для регулярного обучения.

D. Veneziano et al. [209] предложили доступный портативный тренажер с виртуальной С-дугой. Он построен для имитации чрескожных флюороскопических вмешательств без необходимости использования реальных рентгеновских лучей или специальной среды. Данный тренажер был масштабирован таким образом, чтобы его можно было разместить на стандартном столе. Две веб-камеры были установлены на двух концах С-дуги, обращенных друг к другу, и подключены к компьютеру Macbook Pro для обработки видео. Изображения, отправленные двумя веб-камерами, были наложены с помощью вышеупомянутого фильтра прозрачности и обработаны программным

обеспечением реального времени, чтобы достичь окончательного результата на экране. Смоделированное рентгеновское изображение было отправлено на настенный монитор, расположенный перед устройством для тренировки. Техника литья, ранее использованная F. Bruyere et al. [54] была модифицирована и выполнена репродукция комплекса почечная лоханка / чашечки / мочеточник с использованием 3D-принтера. Для введения жидкости в силиконовую лоханку в мочеточник помещали катетер Фолея, а баллон надували на 4 мл. Имитация контраста производилась с использованием смеси воды и акриловой краски. В общей сложности 14 урологов протестировали тренажер. Все участники находились на первом году обучения в ординатуре и не имели опыта рентген-контролируемой пункции ЧЛС почки. Затем 15 испытуемых выполнили технику «бычьего глаза» на этом тренажере. Пункция считалась успешной, когда игла касалась камня в задней чашке.

Для определения кривой обучения для ПНЛ существуют некоторые потенциальные маркеры. Хотя наиболее соответствующими показателями для ПНЛ являются клиренс камня и частота осложнений, они могут не быть лучшими инструментами для оценки эффективности обучения [63]. Например, D. Allen et al. [26] использовали время операции и флюороскопии, а также дозу облучения. С помощью этих параметров они установили, что компетентность при выполнении ПНЛ достигается после 60 случаев, а превосходство – после 115 вмешательств. O. Taniverdi et al. [196] проспективно изучили кривую обучения одного хирурга, используя множество параметров, в том числе время операции и частоту осложнений. Двумя показателями, указывающими на улучшение, были время операции и флюороскопического скрининга. После 60 ПНЛ дальнейшего снижения продолжительности ПНЛ авторы не наблюдали. Снижение среднего времени рентгеноскопии наблюдалось с $17,5 \pm 3,2$ мин при первых 15 вмешательствах до $8,9 \pm 4,3$ мин после 46-60 ПНЛ. Это снижение продолжалось в серии от 61 до 104 операций, но оно уже было незначительным. Поэтому авторы предположили, что компетентность при ПНЛ достигается после

60 операций. Однако количество ПНЛ, необходимых для достижения хирургического мастерства в лечении МКБ, остается неопределенным.

1.4 Перкутанная нефролитотрипсия под ультразвуковым контролем

Чрескожная нефролитотрипсия является стандартным хирургическим вмешательством, состоит из двух этапов: создание пункционного доступа в ЧЛС почки и контактная нефролитотрипсия. В большинстве клиник перкутанный доступ обычно формировался под рентгенологическим наведением [102]. К рентгеноскопии также прибегали для уточнения локализации камня или исключения резидуальных конкрементов [99, 188]. Частые перкутанные операции с постоянной рентгеноскопией могут привести к различным осложнениям у хирургической бригады в связи с длительным воздействием лучей на функцию щитовидной железы, гонад, костного мозга и глаз [40, 171, 187, 198, 208]. С появлением УЗ сканеров появилась возможность выполнения пункции ЧЛС почки под УЗ контролем, что стала альтернативой рентгеновскому контролю при ПНЛ и позволила снизить осложнения лучевой нагрузки.

По данным M. Corrales et al. [67] методы визуализации, используемые для пункции почки и для создания чрескожного доступа, в значительной степени зависят от опыта и предпочтения хирурга. Исторически сложилось так, что ПНЛ в основном выполнялась под рентгеноскопическим контролем, основным недостатком которого является сопутствующее излучение [40, 80, 84, 104, 145, 233]. Визуализация иногда может быть неадекватной, и в некоторых случаях может развиваться нефропатия, вызванная контрастным веществом [80]. Следовательно, для теоретического преодоления этих потенциальных недостатков было разработана пункция ЧЛС почки и расширение тракта под УЗ контролем.

В литературе было опубликовано несколько исследований, в которых этот метод сравнивался с традиционной пункцией с помощью рентгеноскопии [87].

В опубликованной в 2008 году работе A. Basiri et al. [41] сравнивались результаты 50 УЗ-ПНЛ с ультразвуковым контролем и 50 ПНЛ под рентгеноскопическим контролем. Средний возраст составил 40,7 и 41,6 лет, размеры камней 24 мм и 27 мм. Эффективность успешной пункции таргетной чашки в первой группе составила 90% и во второй – 96% [28]. Время для пункции почки и доступа к камню было значительно ниже в группе рентгеноскопии. Переливание крови потребовалось двум пациентам в ультразвуковой и одному в рентгеновской группе, причем ангиографическая эмболизация потребовалась одному больному из каждой группы. Перфорация ЧЛС диагностирована в одном случае после УЗ ПНЛ, которая восстановилась через неделю. Логистический регрессионный анализ не продемонстрировал существенной разницы в сложности между двумя группами.

Несколько лет спустя, в 2010 году, S. Falahatkar et al. [83] опубликовали результаты ПНЛ у 28 пациентов, из которых по 14 операций были выполнены под УЗ и рентгеновским контролем. Средний возраст в группах составил 46,5 и 45,2 года. Не было существенной разницы во времени операции (88,9 мин/79,2 мин), среднем объеме камней (51 мм/41,9 мм), эффективности операций (78,6%/71,4%) и количестве осложнений между группами ПНЛ. Основными осложнениями были интраоперационное кровотечение и лихорадка. Переливание крови потребовалось одному пациенту в первой и трем во второй группе. Случаев перфорации ЧЛС не было. В том же году H. Karami et al. [120] опубликовали результаты ПНЛ у 30 пациентов под ультразвуковым и у 30 под рентгеновским контролем. Не было никаких существенных различий в возрасте (40,8/39,4 лет), диаметре камня (28,7 мм/27,4 мм), эффективности операций (86,7%/90%) или проценте осложнений в наблюдаемых группах. Интраоперационное кровотечение имело место у двух пациентов из первой и у одного из второй группы, лихорадка была отмечена у одного больного в обеих группах. Кроме того, среднее время ПД и продолжительность ПНЛ были ниже в УЗ группе ($p < 0,05$).

В 2011 году М. Agarwal et al. [23] сообщили о результатах ПНЛ у 224 пациентов, у половины из которых был УЗ-ПНЛ и рентген-ПНЛ. В этом исследовании наблюдалась значительная разница в среднем времени доступа, операции и облучения при рентгеноскопии, которые были ниже в I группе. Количество попыток пункции таргетной чашечки было также ниже в при ПНЛ под УЗ наведением. Успех доступа и эффективность операций в обеих группах составили 100%. Облучение, необходимое для формирования доступа, было ожидаемо короче при УЗ-ПНЛ, хотя в некоторых случаях приходилось использовать флюороскопию из-за трудностей, возникших во время операции. У двух пациентов в каждой группе было незначительное кровотечение, не потребовавшее гемотрансфузии, ни один из них не нуждался в повторном вмешательстве. А. Basiri et al. [42] опубликовали еще одно исследование о результатах УЗ-ПНЛ у 43 пациента и рентген-ПНЛ у 46 больных. Сроки госпитализации были короче в I группе. Лихорадка наблюдалась у одного пациента в УЗ-ПНЛ и у семи – при рентген-ПНЛ. Между ними не было отмечено никакой разницы в эффективности ПНЛ и количестве серьезных осложнений.

S. Andonian et al. [29] опубликовали ретроспективное исследование данных 3 306 пациентов из базы данных Международного бюро клинических исследований Эндоурологического общества (CROES). У 2 853 (86,3%) больных операция выполнялась под рентгеновским и только у 453 (13,7%) пациентов под УЗ контролем. Степень нарушения функции почки и размеры камней были выше у больных первой группы. Также у них было больше случаев кровотечения и связанных с ним гемотрансфузий. Время операции было значительно короче при УЗ-ПНЛ, существенные различия в показателях успешности пункции и эффективности ПНЛ, количестве осложнений не наблюдались. При многомерном анализе диаметр доступа и количество проколов были достоверно связаны с риском кровотечения. Использование кожухов 24-26 Шр трехкратно увеличивало риска кровотечения, тогда как более крупные кожухи (27-30 Шр) в 4,9 раза повышали возможность данного осложнения.

J. Jagtap et al. [114] сравнивали результаты 32 УЗ-ПНЛ и 32 рентген-ПНЛ. Среднее время доступа к нужной чашке и количество попыток были одинаковыми в обеих группах. Среднее время рентгеноскопии было значительно ниже в группе УЗ-ПНЛ, хотя шестерым из них потребовалось использовать рентгеноскопию для пункции ЧЛС. Не было существенных различий в общем времени операции, послеоперационных осложнениях, снижении уровня гемоглобина, пребывании в больнице или эффективности, что составило 100% в обеих группах. Ни один из пациентов не нуждался в повторном обследовании. F.C. Ng et al. [153] 72 пациентам выполняли ПНЛ под УЗ и 112 больным под рентгеноскопическим контролем. Не было различий в продолжительности и эффективности операции, количестве интра- и послеоперационных осложнений в соответствии с классификацией Клавьяна-Диндо. При одномерном анализе операции были более эффективными в группе рентген-ПНЛ, но при многомерном анализе не было существенных различий между двумя группами. В 2017 году W. Sun et al. [191] выполнили ПНЛ 86 пациентам, из них у 43 под УЗ контролем. Средний возраст был одинаковым в обеих группах (42,9 года против 45,1 года). Не было никакой существенной разницы в диаметре, расположении или количестве камней и эффективности ПНЛ, а время операции и частота осложнений (лихорадка и кровотечение) были одинаковыми в обеих группах. K. Wang et al. [215] провели сравнительный метаанализ 14 исследований, сравнивающих результаты ПНЛ под УЗ и рентгеновским контролем. В работу были включены результаты операций у 3 019 пациентов, у 1 574 (52%) из которых операция проводилась под УЗ и у 1 445 (48%) – под рентгеновским контролем. Не было существенных различий в продолжительности операции при чрескожном доступе и в продолжительности пребывания в больнице. Эффективность операции была выше в группе УЗ-ПНЛ (86,2/81,9%) в 13 исследованиях, а частота осложнений была наоборот ниже (8,4/11,8%) в 12 работах. В пяти публикациях были представлены данные о переливании крови и они также были выше в группе рентген-ПНЛ. В шести исследованиях сообщалось об интраоперационной кровопотере, которая была значительно ниже в группе ПНЛ под УЗ наведением.

В 2016 году Q. Liu et al. [137] провели еще один мета-анализ, в который включили 18 исследований (6 рандомизированных и 12 клинических) с участием в общей сложности 2 919 пациентов. Не было достоверной разницы в эффективности и времени операции, пребывании в больнице, длительности чрескожного доступа (в 11 исследованиях), снижении гемоглобина или послеоперационной лихорадки. Преимуществами УЗ-ПНЛ были более короткое время пункции, высокая вероятность успеха первой попытки (в 12 исследованиях), меньшая потеря крови и необходимость в переливании. Осложнениями были перфорация почечной лоханки у двух пациентов в каждой группе, пневмоторакс у пяти пациентов с рентген-ПНЛ и двух пациентов с УЗ-ПНЛ, а также повреждение кишечника у одного пациента в группе рентгеноскопии. В 2018 году Y.H. Yang et al. [223] опубликовали еще один мета-анализ, в котором они идентифицировали и проанализировали восемь рандомизированных клинических исследований, сравнивающих ПНЛ под УЗ и рентгеновским контролем. В работу были включены результаты 966 ПНЛ, которая в 481 (49,8%) случаев была выполнена под УЗ контролем и в 485 (50,2%) под рентгеноскопией. Не было различий в среднем возрасте (42,3 против 41,7 лет), ИМТ (24,8 против 24,4 кг/м²) или размере камней между группами. В семи исследованиях (799 пациентов) не было статистической разницы в эффективности ПНЛ, показателе успешности чрескожного доступа (6 исследований), времени, необходимом для пункции таргетной чашки (6 исследований). Согласно данным 4 исследований не было достоверной разницы в продолжительности ПНЛ, пребывании в стационаре, количестве гемотрансфузий, снижении гемоглобина после операции. Значимого различия не получено при сравнении процента дополнительных вмешательств в двух работах. При анализе осложнений Клавьяна III и IV степени не было обнаружено статистической разницы в обеих группах, а также в отношении интраоперационного кровотечения, перфорации почечной лоханки или послеоперационной лихорадки. E. Pulido-Contreras et al. [166] изучали влияние УЗ-пункции при ПНЛ на лучевую нагрузку в 30 оперированных больных. Авторы

сделали вывод о том, что УЗИ-контроль имеет определенные преимущества в виде снижения дозы радиации без ухудшения результатов операций и имеет короткую кривую обучения для урологов с опытом в ПНЛ.

1.5 Способы снижения лучевой нагрузки при перкутанной нефролитотрипсии

Радиационное облучение представляет собой актуальную проблему безопасности для урологов, выполняющих ПНЛ, и следует приложить все усилия для ограничения связанных с этим рисков. В настоящее время разработаны практические рекомендации для снижения радиационной экспозиции (РЭ) при чрескожном доступе. В. Blair et al. [50] предложили сокращенный протокол флюороскопии, который включал в себя использование последовательных изображений вместо исходных снимков, маркировка интересующего поля, сохранение последнего изображения на мониторе, специальная подготовка рентгеновского техника, настройка аппарата до «низкой дозы». Эти способы позволили уменьшить время флюороскопии с 175,6 сек до 33,7 сек ($p < 0,001$). L. Hanna et al. [104] предложили похожие методы снижения РЭ при рентген-контролируемом доступе. Они рекомендовали зафиксировать С-дугу таким образом, чтобы она двигалась только внутрь и наружу по операционному полю. Далее обозначается позиция камня, а также точка и направление пункции. Кроме того, необходимо избегать непрерывного скрининга этапов создания доступа (пункция чашки, установка струны и дилатация свища). Авторы не рекомендуют длительные манипуляции проводником, в особенности при обязательном желании провести его в мочеточник. Они смогли сократить время флюороскопии на две трети. Эти и другие авторы установили, что использование импульсного вместо непрерывного режима нажатия педали также значительно снижает общее время рентгеноскопии [39, 50, 77, 104].

Для снижения РЭ и эффективности самой пункции ЧЛС был предложен КТ-ассоциируемый доступ, когда С-дуга интраоперационно способна получать рентгеновские и КТ изображения. В настоящее время клинического применения доступны различные системы: DynaCT (Siemens Medical Solutions, Germany), XperCT (Philips Medical Systems, Нидерланды) и Innova CT (GE Healthcare, США). В 2012 году O.P. Roy et al. [175] сообщили о своем ретроспективном исследовании 52 пациентов, у которых использовался подобный перкутанный доступ. Использование этой технологии для ПД позволяет избежать редких, но потенциально опасных осложнений ПНЛ, такие как травма ретроренально расположенной кишки [212]. Также предложен способ пункции ЧЛС с использованием UroDyna CT и лазерного наведения [172]. Медиана времени пункции, начиная с введения иглы, составляла 30 сек, а продолжительность флюороскопии во время пункции и после нее для определения положения иглы составляла 0,7 мин. Средние дозы облучения, вызванные рентгеноскопией во время пункции, были 0,0969 мЗв и 6,11 мЗв при DynaCT сканировании для планирования пункции. К сожалению, эта техника несет в себе более высокую РЭ, чем обычная флюороскопия. Однако доза облучения ниже, чем при стандартной КТ-контролируемой пункции ЧЛС. Таким образом, перкутанный доступ под лазерным наведением с использованием DynaCT должен быть зарезервирован для пациентов со сложной анатомией, неопределенными результатами УЗИ и неуспешными исходными пункциями под рентгеновским контролем.

Еще один метод лазерного наведения для перкутанного доступа был описан N. Khater et al. [125] в 2016 году. Чтобы свести к минимуму РЭ для пациента и хирурга, они использовали специальное крепление для лазерного прицельного луча на обычной С-дуге. Ими была разработана специальная настольная модель почки для проведения трейнинга. Во время пункции нужной чашечки наконечник и ступица иглы были выровнены по направлению лазерного луча, а проведение иглы в нужную чашечку контролировалось тактильной обратной связью. Затем хирург поворачивал С-дугу на 30 град в противоположном направлении, чтобы определить глубину проникновения иглы. Эффективность пункции оценивалась

путем наблюдения за прозрачной нижней поверхностью модели. Результаты исследования показали, что при использовании этой методики наблюдается меньшее время флюороскопии (7,09 сек и 13,93 сек, $p < 0,001$).

1.6 Перкутанное удаление камней почек у пациентов после различных методов деривации мочи

Одним из отдаленных осложнений кишечной деривации мочи после удаления мочевого пузыря являются камни мочевых путей, которые могут образоваться в самом резервуаре или ВМП [95, 205]. Камнеобразование в мочевых путях является одним из отдаленных осложнений кишечной деривации мочи. Так, по данным литературы, в 12 % случаев после тонкокишечной и в 4% – после толстокишечной цистопластики наблюдаются камни почек (чаще струвитные) [220]. Высокий риск МКБ у этих больных связывают с анатомическими и метаболическими изменениями. Наличие остаточной мочи в резервуаре, пузырно-мочеточниковый рефлюкс или сужения мочеточниково-кишечных анастомозов приводят к нарушению уродинамики ВМП, что способствует образованию камней. Кроме того, при ортотопической цистопластике наблюдаются такие метаболические изменения, как увеличение экскреции с мочой кальция, фосфора и магния, что также может приводить к формированию камней [146]. Реабсорбция аммония из мочи через стенку кишки искусственного мочевого пузыря обуславливает увеличение ее кислотности и повышение риска камнеобразования. После кишечной деривации мочи также увеличивается риск образования инфицированных камней, как фосфат кальция и струвитные камни. При этом обычно превалирует фосфат кальция, так как является первой солью, кристаллизирующейся при рН мочи 6, тогда как струвитные камни образуются при рН мочи свыше 7. Измененная анатомия мочевых путей после кишечной деривации мочи делает проведение

дистанционной и трансуретральной контактной литотрипсии менее эффективным или технически невозможным. Высокая плотность камня и его большие размеры являются противопоказаниями к ДЛТ, а ретроградный доступ не всегда возможен из-за плохой визуализации устьев мочеточника.

Альтернативным методом лечения крупных камней почек у этих больных является ПНЛ. Она обеспечивает высокий процент освобождения от камней с минимальными осложнениями, но требует достаточного опыта в создании чрескожного пункционного доступа в почку или перкутанной хирургии нефролитиаза. Одним из немаловажных технических моментов ПНЛ является обеспечение доступа в мочеточник для ретроградного контрастирования полостной системы почки. Идентификация устья мочеточника и установка катетера может быть технически сложной у большинства пациентов с кишечной деривацией мочи. При рефлюксирующих мочеточниково-кишечных анастомозах заполнение резервуара приводит к ретроградному контрастированию ВМП, что сравнительно облегчает пункцию ЧЛС. Однако резкое повышение интратенального давления может стать причиной пиеловенозного рефлюкса и бактериотоксического шока. В некоторых случаях используется интравенозное контрастирование или прямая пункция ЧЛС с антеградным введением контрастного вещества. При достаточном опыте в перкутанной ренальной хирургии полостную систему почки пунктируют под УЗ наведением, а затем проводят дилатацию нефростомического хода под рентгенологическим контролем.

В литературе мало публикаций о результатах ПНЛ у больных с кишечной деривацией мочи. А. Fernandez et al. [86] выполнили ПНЛ у 30 подобных больных, а полученные результаты сравнили с контрольной группой из 100 больных. Инфекция ВМП в группе с деривацией мочи (64%) встречалась значительно чаще, чем в контрольной (15%). Время операции у больных с деривацией мочи составило $83 \pm 42,2$ мин, в контрольной – $84,2 \pm 36,5$ мин. Эффективность ПНЛ составила 76 и 83% соответственно. Такие невысокие показатели, видимо связано с тем, что в первой группе 40% и во второй 48% больных имели

рецидивные камни. У больных с кишечной деривацией мочи имеет место постоянная хроническая инфекция ВМП, что может быть причиной развития инфекционных осложнений при ПНЛ. Высокий риск послеоперационной инфекции и сепсиса заставляют вносить определенные коррективы в предоперационную подготовку подобных больных, которая в основном заключается в проведении антибактериальной терапии и назначении лекарств, улучшающих почечную гемодинамику.

1.7 Заключение

Проведенный литературный обзор свидетельствует о динамическом увеличении заболеваемости больных с МКБ, в особенности у женщин, и плохой эпидемиологической обстановке в большинстве развитых странах, связанной с изменениями в питании и метаболическим синдромом. Данная патология чаще диагностируется у относительно молодых пациентов, нередко требует проведения различных диагностических и лечебных манипуляций. Количество проводимых хирургических вмешательств увеличивается наряду с ростом заболеваемости МКБ. Эти операции часто приводят к необходимости в стационарном лечении, снижают трудоспособность больных, приводя иногда к их инвалидизации, что позволяет считать МКБ не только медицинской, но и социальной проблемой. За последние несколько десятилетий при лечении крупных и коралловидных камней активно применяется ПНЛ, постепенно внедряются ее менее инвазивные варианты за счет эволюции тонких инструментов и лазерных литотриптеров. Однако независимо от модификации ПНЛ, перкутанный доступ остается важным этапом этих операций. От его правильного и безопасного выполнения зависит дальнейший ход операции и ее эффективность. Пункция полостной системы, в большинстве случаев, выполнялась под рентгенологическим контролем, а длительная рентгеноскопия приводила к лучевому воздействию на пациента и

медицинский персонал. Поэтому продолжается поиск технических решений по снижению объема РЭ при ПНЛ. Одним из них является использование УЗ наведения, уже предложены различные методы, которые не всегда являются дешевыми и практичными. Кроме того, ПНЛ остается сложным вмешательством с длительной кривой обучения у начинающих эндоурологов. В литературе встречаются публикации об использовании напечатанных 3D моделей ЧЛС почки, которые в большинстве случаев требуют длительного времени изготовления и являются дорогими, поэтому продолжается поиск новых решений в этом направлении. Проведение обучающих тренингов при ПНЛ также необходимо для врачей-урологов для освоения этапов ПНЛ, в особенности, создания перкутанного доступа. Согласно литературным данным небиологические модели лучше подходят для этих целей ввиду доступности и недороговизны. Однако, большинство из них рассчитаны на обучение перкутанному доступу ЧЛС почки под рентгеновским контролем, а другие являются технически сложными для создания и лимитированными по числу возможных попыток пункций таргетной чашки. По данным литературы недостаточно изучены результаты ПНЛ под УЗ наведением, в том числе у больных после кишечной деривации мочи, данные различных авторов нередко являются противоречивыми. Вышеперечисленные нерешенные проблемы перкутанного лечения больных с нефролитиазом были причиной проведения данного исследования.

Глава 2

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Характеристика пациентов

В исследование включены результаты чрескожной нефролитотомии у 176 пациентов с МКБ, оперированных в урологических отделениях ГМПБ № 2 и городской Мариинской больницы за период 2015-2021 годы. В стационар 160 (91,0%) больных были госпитализированы в плановом, а остальные 16 (9,0%) в экстренном порядке. Мужчин было 100 (56,8%) и женщин – 76 (43,2%), средний возраст составил $53,4 \pm 12,8$ лет (от 28 до 76 лет). Данные об оперированных больных в зависимости от их пола и возраста приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение больных по полу и возрасту

Пол	Возраст больных в годах					Всего	
	28-40	41-50	51-60	61-70	>70	абс.	%
Мужчины	9	35	26	22	8	100	56,8
Женщины	7	25	20	18	6	76	43,2
Всего	16	60	46	40	14	176	100,0

Из нее следует, что оперированные нами больные чаще были в возрасте 41-50 лет (34,1%) и 51-60 лет (26,1%). Старше 70 лет было только 14 (7,8%) больных.

Больные распределены в основную и контрольную группы. В I группе были включены 71 (40,3%) пациент, у которых ПНЛ выполнялась полностью под УЗ контролем. Группу сравнения составили 105 (59,3%) больных, подвергнутых ПНЛ

под рентгенологическим наведением. Мужчин и женщин в I группе было 40 (56,3%) и 31 (43,7%), в II группе – 60 (57,1%) и 45 (42,9%), соответственно.

Жалобы у больных и симптомы МКБ зависели от нарушения оттока мочи вследствие обтурации конкрементом, наличия явлений хронического пиелонефрита (ХП) и хронической болезни почек (ХБП). С приступом почечной колики в экстренном порядке были госпитализированы 16 (9,0%) больных. Тупые тянущие боли наблюдались у 106 (60,2%), инфекция мочевых путей – у 78 (44,3%) пациентов (рисунок 1). Активная фаза ХП была диагностирована у 15 (9,2%) больных, у остальных 63 (80,8%) установлена латентная фаза. У 10 (5,7%) пациентов была диагностирована ХБП.

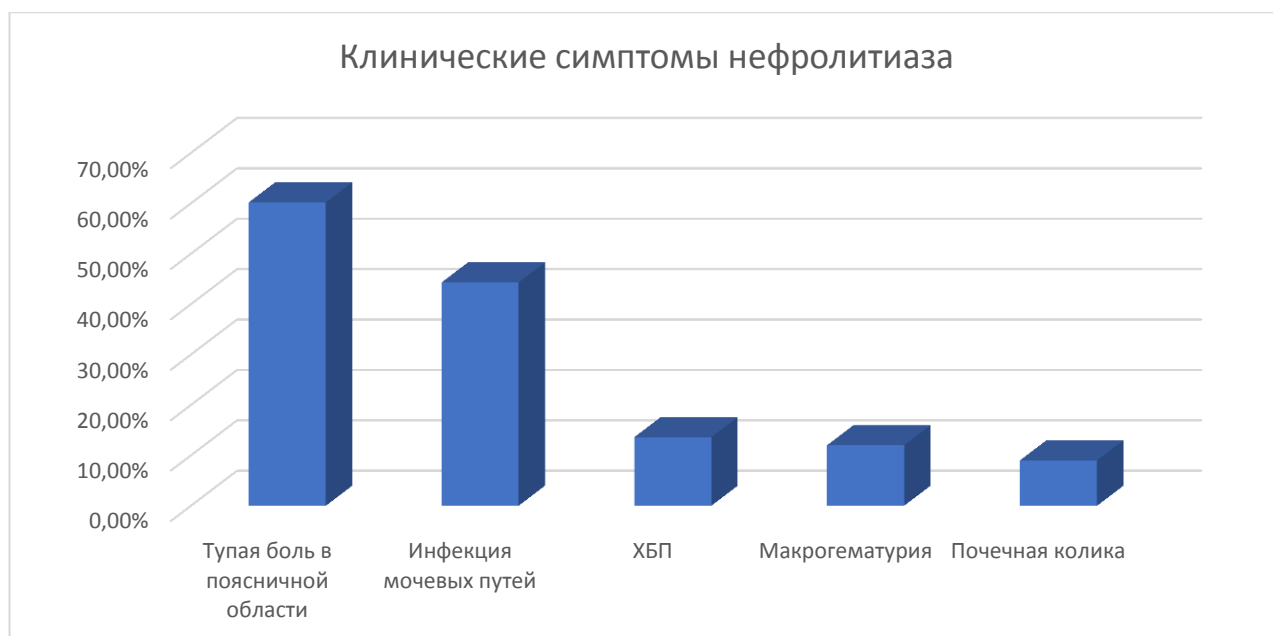


Рисунок 1 – Клинические симптомы нефролитиаза

Характеристика больных в сравниваемых группах приведена в таблице 2.

Из таблицы видно, что в группе ПНЛ под УЗ наведением достоверно чаще встречалась пиелокаликоектазия пораженной почки (63,4% против 46,7%, соответственно), что объясняется фактом необходимости достаточного расширения полостной системы почки при выполнении её пункции под УЗ-контролем. По остальным исследуемым предоперационным параметрам разница между группами не выявлено.

Таблица 2 – Характеристика больных, подвергнутых ПНЛ под ультразвуковым и рентгеновским контролем

Изучаемые параметры		ПНЛ под УЗИ контролем (n=71)	ПНЛ под рентгеновским контролем (n=105)	p
Пол (м/ж)		40/31	60/45	0,915781
Возраст		53,0±12,4	54,3±13,8	0,5241
ИМТ		27,8±4,2	28,1±4,5	0,6564
Креатинин до		90,7±34,7	84,5±28,8	0,1992
Гемоглобин до		138,3±15,7	135,9±14,0	0,2897
СД нет/да		62/9	88/17	0,519176
ГБ нет/да		43/28	52/53	0,149431
Антикоагулянты нет/да		61/10	87/18	0,586305
ASA	I	40	61	0,770337
	II	30	41	
	III	1	3	
Сторона справа/слева		30/41	47/68	0,852315
Пиелокаликоектазия нет/да		26/45 (63,4%)	56/49 (46,7%)	0,029212

Показаниями к чрескожной нефролитотрипсии были различные формы нефролитиаза. В I группе ПНЛ выполнялась у 35 (49,3%) пациентов с одиночным камнем более 2,0 см, у 12 (16,9%) множественные конкременты ЧЛС, у 8 (4,5%) – коралловидный нефролитиаз. Во II группе данные формы нефролитиаза были у 41 (39,0%), 12 (11,4%) и 18 (17,1%) больных, соответственно. В I группу также были включены 16 пациентов после кишечной деривации мочи, у которых были выявлены камни почки.

Локализация камней в обеих группах была различной, но в них преобладали одиночные крупные камни почечной лоханки. Распределение больных в двух группах в зависимости от локализации, размера и плотности камней, количество рецидивных конкрементов, приведено в таблице 3.

Таблица 3 – Локализация камней почек у больных обеих групп

Исследуемые параметры		ПНЛ под УЗ наведением (n=71)	ПНЛ под рентгеновским контролем (n=105)	p
Локализация	лоханка	35	41	0,597032
	полный кк	2	7	
	лоханка+верхн/чашка	3	3	
	неполный коралл (лоханка+верх/чашка)	2	3	
	лоханка+ср/чашечка	3	5	
	неполный коралл (лоханка+ср/чашка)	1	3	
	лоханка+н/чашечка	6	7	
	неполный коралл (лоханка+н/чашка)	3	5	
	верхняя чашечка	2	5	
	средняя чашечка	2	7	
	нижняя чашечка	12	19	
Размер камня (суммарный)		27,3±8,5	25±9	0,0908
Плотность камня		1211,5±320	1292±400,9	0,1591
Предыдущие операции нет/да		50/21	67/38	0,361917
Аномалии развития	нет	62	83	0,669628
	единственная почка	2	3	
	подковообразная почка	3	7	
	удвоение почки	2	6	
	деривация мочи	2	6	
Предоперационное наличие нефростомы нет/да		64/7	98/7	0,442564

У 16 пациентов с нефролитиазом, которым выполнялась ПНЛ под УЗ контролем, ранее применялись различные методы отведения мочи после удаления мочевого пузыря. Мужчин было 10 (62,5%), женщин – 6 (37,5%), их средний возраст был $46,5 \pm 14,6$ (от 26 до 74) года. У 11 из них выявлен лоханочный камень более 2,0 см, у 2 – множественные конкременты, у 2 – камни мочеточника. У 1 больной диагностированы крупные камни резервуара и лоханки левой почки. Размеры камней колебались от 2,2 до 3,6 см, средний был 2,5 см. Показаниями к отведению мочи у 2 (12,5 %) больных была экстрофия МП, которым произведен билатеральный уретеросигмоанастомоз. У 12 (75 %) пациентов в связи с раком МП выполнена его радикальное удаление с формированием ортотопического неоцистиса, у 2 (12,5%) – гетеротопического резервуара.

Для определения сложности камней и корреляции с послеоперационными результатами использовали нефрометрические шкалы GUY'S и STONE [159, 199]. Guy's скоринг система была разработана урологами из Лондонского Guy's and St Thomas Hospital в 2011 году и основана на опубликованных данных и результатов эндоурологов данного учреждения [199]. Она является достаточно несложной для использования в повседневной практике и хорошо коррелирует с стоун-фри статусом (СФС) и частотой осложнений ПНЛ. В ней выделяют 4 категории сложности в зависимости от локализации камня и анатомических особенностей почки (рисунок 2).

S. T. O. N. E. шкала была разработана на основании литературного анализа для определения наиболее значимых параметров, влияющих на результаты ПНЛ [2]. Она включает 5 переменных: размер или объем камня (Stone size), длина перкутанного доступа (Tract length), наличие расширения ЧЛС (Obstruction), число вовлеченных чашечек (Number of involved calyces) и плотность камня (Essence). Изучаемые показатели оценивались с помощью предоперационной неконтрастной КТ, за каждый из них присваивались баллы. В основном пациент получал 1 или 2 балла, только за коралловидный камень или объем $800-1599 \text{ мм}^2$ – 3 балла, при $\geq 1600 \text{ мм}^2$ – 4 балла. Полученные баллы суммировались и на основании общего показателя прогнозировались результаты ПНЛ. Различные показатели, изучаемые при нефрометрических шкалах GUY'S и STONE, приведены в таблице 4.

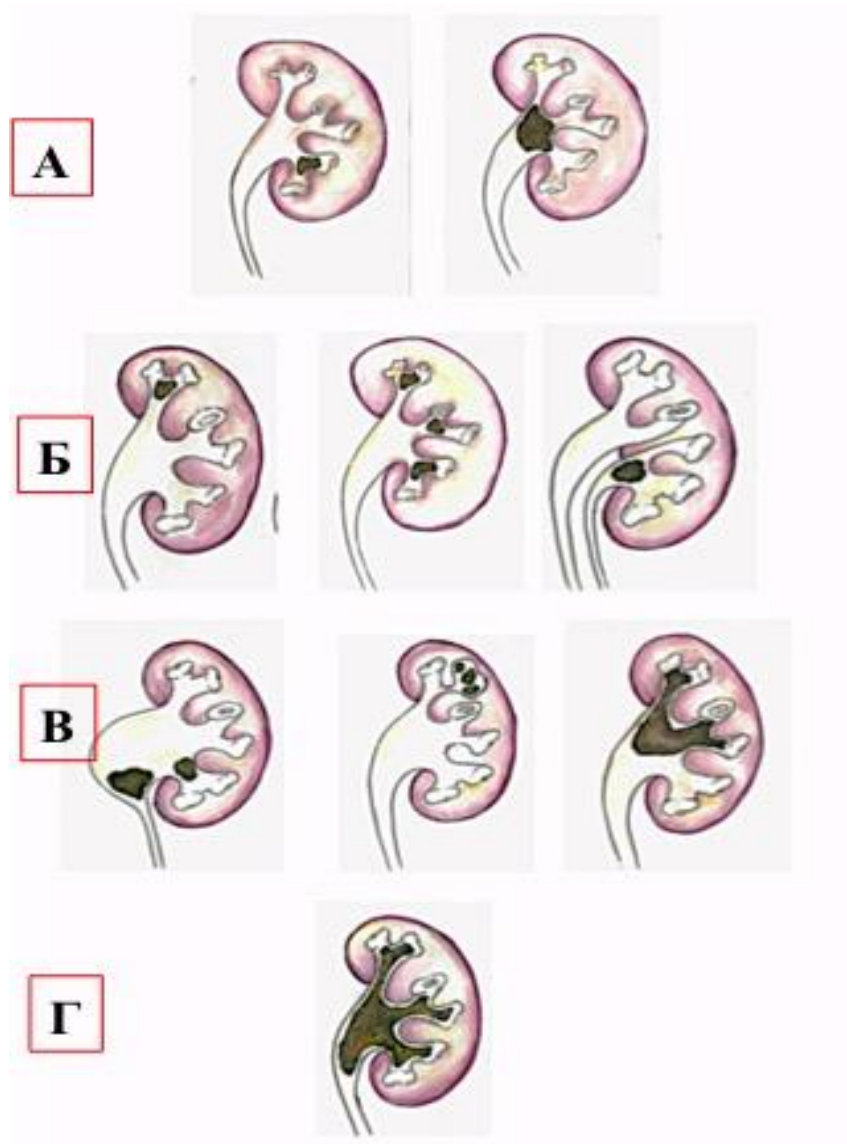


Рисунок 2 – Определение сложности почечных камней по нефролитометрической шкале Guy's

Таблица 4 – Оцениваемые показатели при нефролитометрических скоринг системах

Изучаемые показатели	Нефролитометрические системы	
	Guy's	STONE
Количество камней	Одиночные/ множественные	–
Анатомия почки	Нормальная почка/ аномальная почка, Дивертикул чащкИ =3	–

Продолжение таблицы 4

Изучаемые показатели	Нефролитометрические системы	
	Guy's	STONE
Локализация камня	Лоханка, средняя и нижняя группа чашек / верхняя группа чашек	—
Коралловидный камень	Парциальный=3 Полный=4	—
Spina bifida, травма позвоночника	Да=4	—
Размер камня/ объем	—	Длина и ширина в мм ² на КТ
Длина тракта	—	<100 / >100 по аксиальному КТ скану
Гидронефроз	—	Нет / Выраженный
Количество вовлеченных чашечек	—	1-2 / 3 / Коралловидный (>3)
Плотность камня	—	<950 HU / >950 HU
Предыдущие операции	—	—
Количество ПНЛ в год	—	—

Распределение больных согласно двум нефролитометрическим шкалам приведено в таблице 5.

Всем включенным в исследование пациентам была выполнена ПНЛ. Госпитализированным в экстренном порядке больным вначале оказывали первичную помощь, дренировали ВМП стентом или чрескожной нефростомой, проводили антибактериальную терапию. В дальнейшем после стабилизации общего состояния им проводилась плановая ПНЛ. Данная операция выполнялась в эндоурологической операционной, в которой имеется все необходимое оборудование для чрескожных ренальных вмешательств.

Таблица 5 – Распределение больных с нефролитиазом по нефролитометрическим шкалам Guy's и STONE

Нефрометрические шкалы	Характеристики камней	Больные, подвергнутые ПНЛ	
		ПНЛ под рентген контролем	ПНЛ под УЗ контролем
Guy's скоринг система	I степени	56	45
	II степени	26	13
	III степени	16	11
	IV степени	7	2
STONE нефролитометрическая шкала	Баллы 5	10	4
	Баллы 6	25	3
	Баллы 7	39	22
	Баллы 8	9	21
	Баллы 9	7	11
	Баллы 10	7	3
	Баллы 11	3	5
	Баллы 12	3	1
	Баллы 13	2	1

При наличии инфекции мочевых путей больным перед ПНЛ проводился курс антибактериальной терапии, что уменьшал риск развития инфекционных осложнений. В обеих группах ПНЛ начинали с укладки больного в литотомическое положение, за исключением пациентов после деривации мочи. Выполняли уретероцистоскопию и катетеризацию мочеточника оперируемой почки. После извлечения эндоскопа в мочевой пузырь устанавливали катетер Фолея, к которому фиксировали мочеточниковый катетер, больного укладывали на живот или на бок при ПНЛ под УЗ наведением. В I группе после укладки больного ретроградно вводился стерильный физиологический раствор, что приводило к расширению ЧЛС. Далее под УЗ контролем выполняли пункцию

таргетной чашки и определяли расстояние от точки пункции на коже до чашки. Далее под УЗ контролем устанавливали сверхжесткую струну 0,038 Дюйма J-типа и бужировали пункционный ход на ранее установленную глубину для исключения перфорации ЧЛС. Для дилатации перкутанного хода использовали бужи Амплатс, далее устанавливали кожух Амплатс и выполняли нефроскопию. В II группе операция проводилась под рентгеновским контролем. Ретроградно в ЧЛС вводилось контрастное вещество, определялась таргетная чашка, пункция которой выполнялась с использованием методики “bull’s eye”. Дальнейшая дилатация пункционного доступа и установка кожуха Амплатс проводилась под рентгеновским контролем.

В обеих группах оценивали время операции, ее эффективность, количество дополнительных вмешательств, процент интра- и послеоперационных осложнений, сроки удаления нефростомы и госпитализации больных в стационаре. Анализ осложнений операций использовали с использованием классификации Клавьеу (таблица 6).

Таблица 6 – Модифицированная классификация Клавьеу осложнений перкутанной нефролитотрипсии

Степень тяжести	Характеристика степени тяжести
I	Любое отклонение от нормального послеоперационного периода, не требующее лечения
II	Требуется фармакологическое лечение лекарственными препаратами, переливание крови и парентеральное питание
III	Требуется хирургическое, эндоскопическое или рентгенологическое вмешательства без или под общей анестезией
III a	Хирургическое вмешательство без общей анестезии
III b	Хирургическое вмешательство под общей анестезией

Продолжение таблицы 6

Степень тяжести	Характеристика степени тяжести
IV	Осложнение, угрожающее жизни, требующее лечение IC/ICU
IV a	Дисфункция одного органа (включая диализ)
IV b	Дисфункция многих органов
V	Смерть пациента

У 52 (29,5%) пациентов были диагностированы установлены сопутствующие заболевания, которые представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Характер сопутствующих заболеваний у обследованных больных

Диагноз сопутствующего заболевания	Количество больных	
	абс.	%
Атеросклероз аорты и коронарных артерий, кардиосклероз	32	18,2
Нарушение ритма и проводимости сердца	17	9,6
Постинфарктный кардиосклероз	8	4,5
Гипертоническая болезнь	23	13,1
Хронический бронхит	16	9,1
Хронический холецистопанкреатит	13	7,4
Сахарный диабет	21	12,0
Язвенная болезнь	14	7,9
Варикозное расширение вен нижних конечностей	10	5,7

Из таблицы видно, что у больных с нефролитиазом преобладали сердечно-сосудистые заболевания, требующие проведения предоперационной подготовки. Сахарный диабет был выявлен у 12,0% пациентов, проводилась коррекция уровня

глюкозы. Больные с язвенной болезнью желудка или 12-перстной кишки получали противоязвенную терапию.

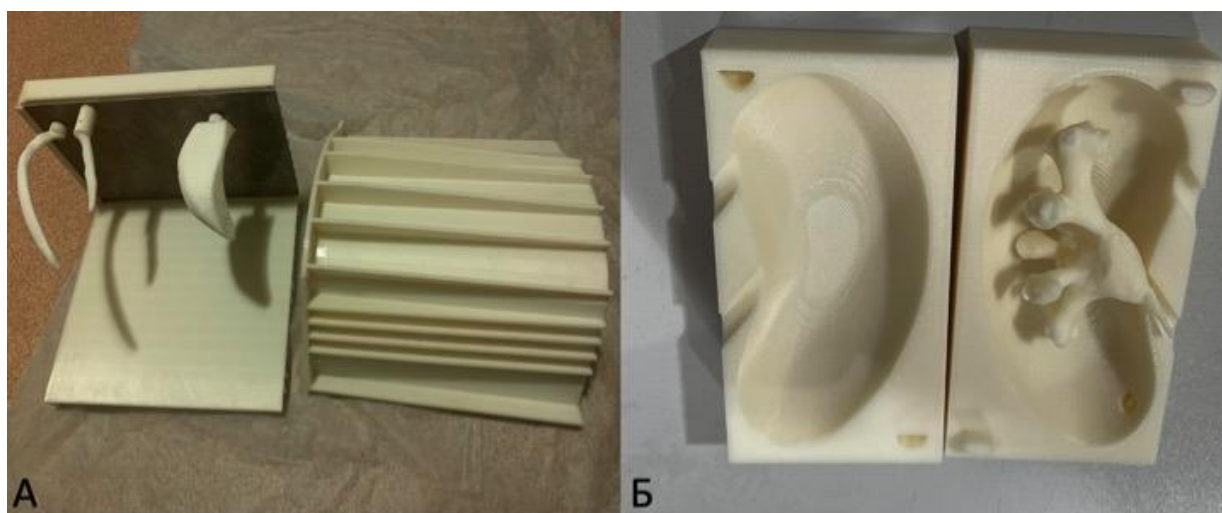
2.2 Разборные трехмерные модели и небιологический тренажер для трейнинга перкутанного доступа

Для лучшего понимания клиническими ординаторами анатомии ЧЛС и определения оптимальной чашки для пункции при ПНЛ была предложена разборная 3D модель с цветовой сегментацией. На данную разборную 3D модель ЧЛС с цветовой сегментацией получен патент на полезную модель № 193069. Для ее создания были отобраны данные КТ с внутривенным контрастированием у 10 больных с коралловидным нефролитиазом, которым в дальнейшем планировалась чрескожная нефролитотрипсия. Их КТ снимки были записаны на диск в формате DICOM, а для оценки полученных данных и подтверждения их корректности применяли программу RadiAnt. В дальнейшем данные больных сохранялись в файле slicer 4.8.1., совместимым с программным обеспечением 3D принтера.

Биоинженером далее проводилась виртуальная сегментация полостной системы почки согласно строению каждой группы чашечек в отдельности, что определялось урологом. Каждая группа чашек также была разделена на две части для улучшения сборки и изучения 3D моделей. После распечатки этой модели верхнюю группу чашечек окрашивали в красный, среднюю в синий, а нижнюю – в зеленый цвет. Для фиксации частей модели и ее полной сборки в каждый элемент были установлены магниты круглой формы 4 мм × 1 мм с усилием разрыва 320 грамм, что обеспечивало прочное крепление всей модели. Таким образом, магнитное крепление позволяло отдельно изолировать выбранную часть модели без нарушения целостности остальной части.

Небиологические тренажеры являются наиболее доступными и переменными в исполнении, особенно после популяризации желатина, позволяющего его повторное использование. Нами был предложен доступный

и недорогой тренажер для обучения технике ПД. После трёхмерной реконструкции экскреторной фазы КТ больного производилось выделение следующих структур для их последующей печати: 11 и 12 ипсилатеральные ребра, фрагмент крыла подвздошной кости, ЧЛС поражённой почки. Далее были выделены левая половина поясничной области и паренхима почки для формирования соответствующих форм для заливки. Вышеперечисленные структуры были сохранены в формате STL и переданы биоинженеру для их подготовки к 3D печати. В качестве материала для печати костных структур и контура тела использовался полилактид. Тренажер состоит из следующих частей: нижнемедиальная, верхнелатеральная и передняя стенка, выполненная из металла для быстрого остывания желатина по типу кондукции. На медиальной стенке получаемой формы располагается металлическая пластина для мануальной фиксации костных структур с помощью магнитов. Форма для заливки почки так же была выполнена из полилактида, в которую помещалась водорастворимая напечатанная ЧЛС почки (рисунок 3). Для достижения наилучшей имитации свойств паренхимы почки использовался мультикомпонентный силикон с плотностью компонентов в диапазоне 0-30 Шор. Мочеточником послужил катетер Малеко 20 Шр.

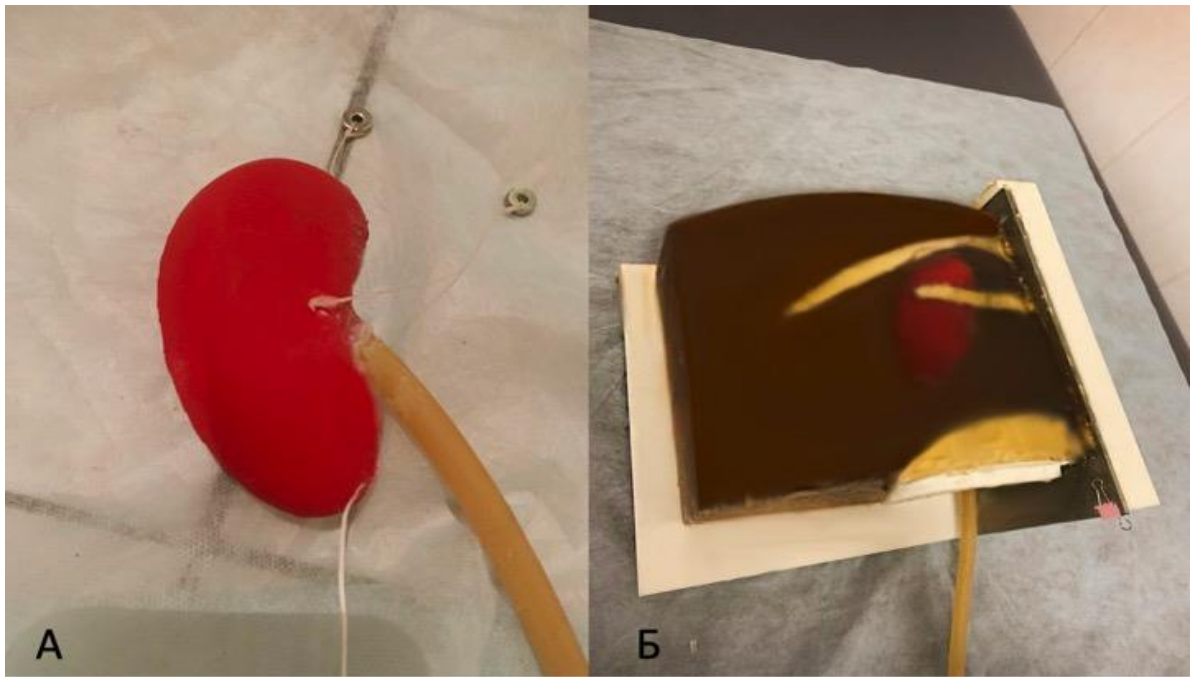


А – для фиксации ребер и фрагмента подвздошной кости;
 Б – для заливки почки с расположенной растворимой ЧЛС почки.

Рисунок 3 – Напечатанные формы для заливки тела металлической пластиной на медиальной стенке

Состав желатина для заполнения модели тела напрямую зависит от экзогенности УЗ картины и ощущения при пункции. Интересной работой в данном направлении является публикация Н.К. Гаджиева и соавт. [6], чьей основной целью было не только описание тренажера для отработки пункции почки по УЗ-контролем, но и подбор состава желатина для его максимальной износостойкости без потери возможности реутилизации. Согласно результатам, наиболее оптимальным является следующее соотношение: глицерин 208 гр, вода 0 гр, желатин 42 гр. Данный состав обеспечивает самостоятельное затягивание пункционных ходов в случае отсутствия критического повреждения, высокую скорость УЗ волны и устойчивость при комнатной температуре. В нашей работе использовался следующий состав желатина: 25% пищевого желатина, 50% глицерина и 25 % воды, что связано с большим объемом для заливки контура тела (до 7 литров).

Для окончательной сборки тренажера по КТ снимкам определялось расстояние между 11 и 12 ребрами и крылом подвздошной кости, дистанция между вышеупомянутыми костными ориентирами и почкой, а также ее расположение. С учетом полученных данных на медиальной стенке полости тела располагались костные структуры. Для стабилизации получаемой модели почки в пространстве к её полюсам и медиальному краю были прикреплены нити с магнитами на конце, что позволило определять её ориентацию и глубину положения в получаемом тренажере. После расположения всех компонентов обе стенки формы тела соединялись и располагались вертикально на металлической стенке с последующим заливанием желатина. Готовая композиция помещалась в холодильник на 24 часа для застывания (рисунок 4).



А – с нитевыми фиксаторами для определения глубины и расположения почки;
 Б – в тренажере пункции почки после заливки и застывания желатина.

Рисунок 4 – Получаемая модель почки с установленным катетером Малекю
 в качестве мочеточника

Апробация перкутанного доступа с помощью этого тренажера проводилось с участием клинических ординаторов и молодых урологов. Оценивали такие параметры, как количество попыток для правильной пункции ЧЛС, длительность данного этапа, а также устойчивость тренажера.

2.3 Методы обследования больных

Всем больным с нефролитиазом, которым выполнялась чрескожная нефролитотрипсия, проводилось предоперационное обследование, включавшее лабораторные и инструментальные исследования. Из лабораторных показателей выполнялись клинический и биохимический анализ крови, общий анализ мочи и посев ее на микрофлору и чувствительность к антибиотикам.

Креатинин и мочевина крови позволяют получить предварительную информацию о функции почек. Для этой цели также можно выполнить пробу Реберга для уточнения показателей клубочковой фильтрации и определить клиренс эндогенного креатинина по формуле Cockcroft-Gault:

$$\text{Для мужчин: КлКр} = ((140 - \text{возраст}) / \times \text{вес}) / (72 \times / \text{КрПл}), \quad (1)$$

$$\text{Для женщин: КлКр} = (((140 - \text{возраст}) \times \text{вес}) / (72 \times \text{КрПл})) \times 0,85, \quad (2)$$

где КлКр – оценка клиренса креатинина, мл/мин;

КрПл – креатинин плазмы, мг/дл.

Для определения объема интраоперационной кровопотери использовали формулу Moore:

$$V_{(\text{мл})} = m \text{ тела (кг)} \times 0,07 \times \text{Ht}_{(\text{до операции})} - \text{Ht}_{(\text{после операции})} / \text{Ht}_{(\text{до операции})}, \quad (3)$$

где Ht – гематокрит крови.

Для ПНЛ характерны различные инфекционные осложнения, связанные с особенностями выполнения данной операции. Поэтому важным является предоперационное выявление инфекции и ее своевременное лечение, что позволяет проводить профилактику инфекционных осложнений. При росте микроорганизмов по данным микробиологического исследования мочи клинически значимым титром считали наличие более 10^4 микробных колоний в 1 мл мочи.

Всем больным на догоспитальном этапе выполнялось УЗИ почек и малого таза. Данное исследование позволяло выявить камень почки, уточнить его размеры и локализацию, а также установить состояние ренальной паренхимы и ЧЛС почки. Этот метод визуализации является доступным, неинвазивным и безопасным, поэтому его также можно использовать в послеоперационном периоде для оценки состояния оперированной почки, исключить наличие гематом и урином в забрюшинном пространстве. Обзорная рентгенограмма мочевых путей и экскреторная урография несомненно остаются одним из распространенных

рентгенологических методов диагностики камней почек, однако для нее характерна высокая доза лучевой нагрузки, недостаточность получаемой информации и невозможность визуализации негативных камней и определения их плотности.

Современным методом диагностики МКБ является КТ почек. Данное исследование мы проводили на томографе Siemens. Для нее характерна высокая информативность, меньшая по сравнению с экскреторной урографией лучевая нагрузка, особенно при использовании низкодозных томографов. Она позволяет уточнить размеры, объем, локализацию и плотность камня единицах Hounsfield, и в отличие от стандартной рентгеноскопии помогает выявить негативные камни. При КТ с внутривенной урографией можно уточнить особенности строения ЧЛС почки, особенно в 3D режиме, а также определить функцию почек и состояние ВМП. В послеоперационном периоде немаловажным является диагностика резидуальных камней для оценки эффективности операции. Для этой цели чаще используются УЗИ почек и обзорная рентгенограмма мочевых путей ввиду их доступности и невысокой стоимости. Однако чувствительность этих методов визуализации не всегда адекватная, поэтому у части больных мы выполняли нативную КТ для оценки эффективности ПНЛ.

Камни почек вследствие нарушения уродинамики ВМП и поддержания хронической инфекции могут приводить к снижению функции почки или даже ее гибели. Поэтому в этих случаях необходимо выполнить динамическую сцинтиграфию. Данное исследование выполнялось нами на аппарате «Гамма СМ – 1420». Оно позволяло уточнить функцию почки в процентном соотношении и выбрать правильный путь лечения пациента с МКБ. При наличии длительной обструкции ВМП и снижении функции почки по данным динамической сцинтиграфии целесообразным является временное дренирование ЧЛС почки с помощью пункционной нефростомии. Она позволяет разгрузить почку, улучшить ее функцию перед предстоящей операцией и провести противовоспалительное лечение. После стабилизации общего состояния мы прибегали к плановой ПНЛ, что позволяло эффективно и с меньшим числом осложнений удалить камень почки.

2.4 Статистический анализ полученных данных

Для определения значимых демографических и лабораторно-инструментальных предикторов успеха вмешательства и ассоциированных осложнений соответствующие данные вносились в электронную базу данных на персональном компьютере в программном обеспечении (Excel, 2007). Качественные признаки кодировались в бинарном порядке и вносились в таблицу в виде соотношений. Стратификация пациентов в соответствии с изучаемыми номограммами производилась непосредственно автором. Итоговая таблица импортировалась с использованием программного обеспечения SPSS Statistics 26,0 статистического анализа согласно поставленным в диссертационной работе задачам. Во всех случаях использовали только лицензионные версии программного обеспечения.

Распределение непрерывных данных оценивалось с помощью теста Колмогорова-Смирнова. В зависимости от нормализованного и ненормализованного распределения данные характеризовались с помощью среднего значения и стандартного отклонения или медианы и квартилей, соответственно. Оценка номинальных данных проводилась с помощью теста Хи-квадрат. При числе наблюдений в ячейке менее 10 улучшение аппроксимации проводилось с помощью поправки Йетса. Непрерывные данные сравнивались с помощью двустороннего t-критерия Стьюдента или U-критерия Манна — Уитни, соответственно. Значимая разница определялась при значении $p < 0,05$.

Работа выполнена на кафедре урологии (зав. каф – проф. Комяков Б.К.) Северо-Западного государственного медицинского университета имени И.И. Мечникова.

Глава 3

ТРЕХМЕРНЫЕ НАПЕЧАТАННЫЕ И НЕБИОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРИ ПЕРКУТАННОЙ НЕФРОЛИТОТРИПСИИ

В настоящее время 3D напечатанные модели активно внедряются в различные области медицины. В урологии они используются для предоперационного планирования и обучения молодых врачей при резекции опухоли почки и предстательной железы, а также перкутанном удалении камня почки. Знание анатомии ЧЛС и правильно выполненный чрескожный доступ через выбранную чашку определенно влияют на эффективность ПНЛ. Современные технологии КТ позволяют реконструировать 3D изображение ЧЛС, которое можно использовать для планирования предстоящей ПНЛ и улучшить ее эффективность. Современные принтеры позволяют распечатать 3D полостную систему почки, которую можно использовать для обучения молодых урологов, консультирования пациентов и планирования самой операции. С помощью 3D модели можно уточнить особенности строения полостной системы почки конкретного пациента, выбрать таргетную чашку для пункции, провести подробную консультацию пациента. Небиологические 3D тренажеры позволяют обучить молодых урологов технике безопасного перкутанного доступа, дилатации пункционного хода и интратрениальных манипуляций. В этой главе мы оцениваем результаты использования предложенной нами разборной 3D модели ЧЛС почки с цветовой сегментацией и небиологической модели для трейнинга ПНЛ.

3.1 Разборные цветные трехмерные модели полостной системы почки

Нами были разработаны и напечатаны разборные 3D модели ЧЛС с цветовой сегментацией у 10 больных с КК. С помощью программы RadiAnt DICOM Viewer обрабатывали КТ сканы пациентов, которые затем сохраняли

в совместимом с 3D принтером файле. Для этой цели чаще использовали программу slicer 4.8.1. КТ снимки трех пациентов в 2D режиме, 3D модели ЧЛС спереди, сзади и сбоку приведены на рисунках 5, А, Б, В.

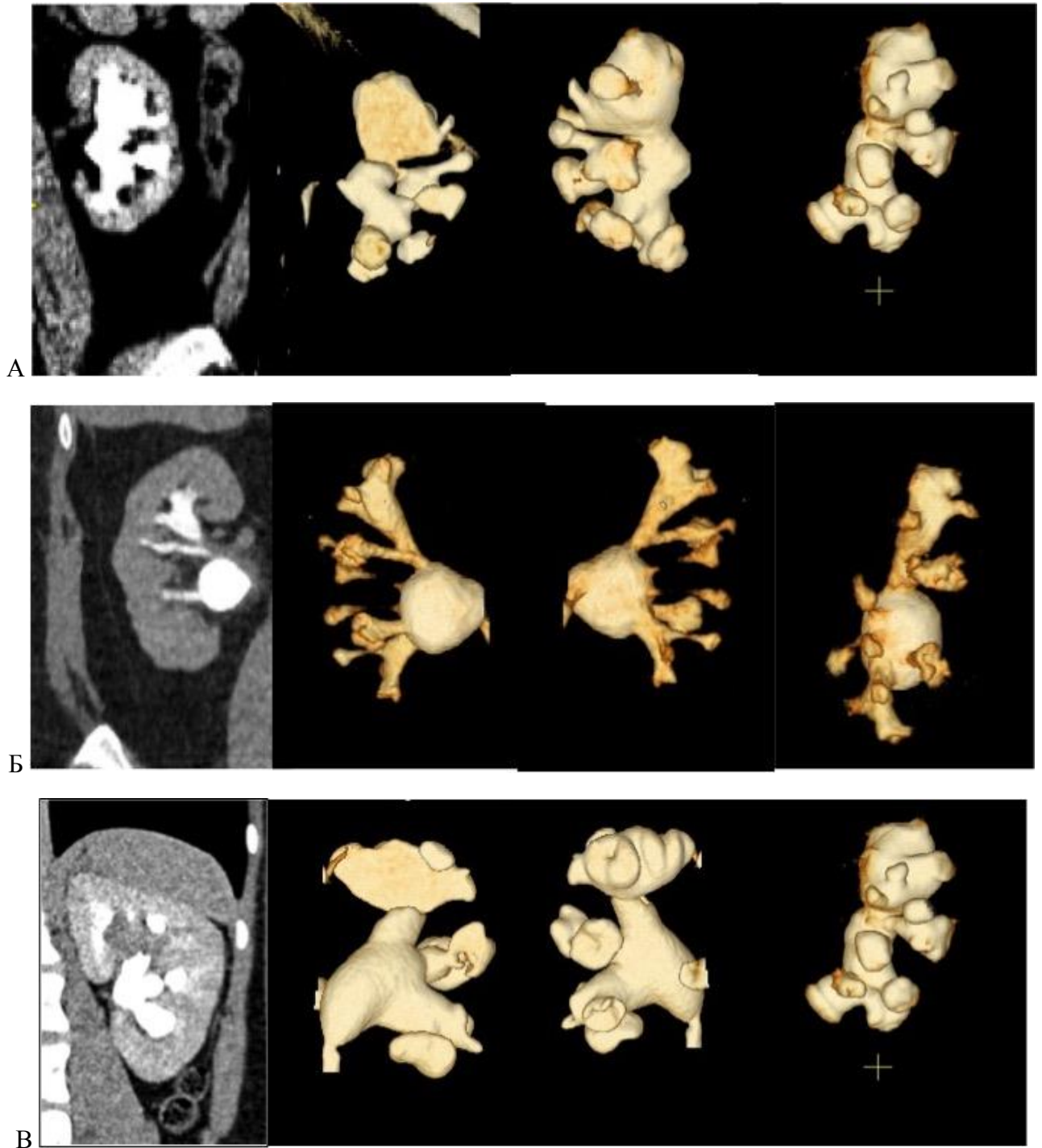


Рисунок 5 – КТ сканы и 3D модели ЧЛС почки спереди, сзади и сбоку у трех больных (А, Б, В) перед ПНЛ

С помощью файлов STL опытный уролог проводил виртуальную сегментацию ренальной полостной системы в зависимости от строения каждой группы чашечек. Далее выделенные сегменты ЧЛС, относящиеся к верхней, средней и нижней группе чашек, окрашивались красным, синим и зеленым цветами. Сбор всей 3D модели обеспечивался с помощью магнитного крепления, которое позволял собрать отдельные детали всей модели без потери ее конфигурации (рисунок 6).



Рисунок 6 – Напечатанные элементы разборной цветной 3D модели ЧЛС почки

Цветные разборные 3D модели полостной системы почек (вид спереди, сзади и сбоку) приведены на рисунке 7.



Рисунок 7 – Вид разборной цветной 3D модели ЧЛС почки спереди, сзади и сбоку (А, Б, В) у трех больных с нефролитиазом

Эффективность использования созданных 3D-моделей в качестве обучения молодых врачей и планирования ПНЛ оценивалась с помощью разработанной анкеты. Нами проведен опрос 10 клинических ординаторов кафедры урологии (группа А). Анкета содержала 8 вопросов. Опрашиваемые должны были определить количество передних и задних чашечек в верхней, средней и нижней группе чашечек (1-6 вопросы), а также установить наиболее оптимальную чашку для основного доступа (7 вопрос) или второго дополнительного доступа (8 вопрос). Анкетирование испытуемых проводилось дважды перед ознакомлением 3D моделью ЧЛС почки и после ее изучения. Для улучшения качества обучения клинические ординаторы дополнительно изучали КТ-сканы других пациентов. Кроме того, 10 урологов с опытом более 50 ПНЛ заполняли данную анкету (группа Б), их результаты сравнивались с таковыми у клинических ординаторов. Правильность ответов на вопросы устанавливал опытный уролог, выполнившим более 250 перкутанных ренальных операций.

Данные анкетирования клинических ординаторов приведены на рисунке 8, которые показали, что модели могут быть более полезными, чем обычные КТ-изображения для хирургического планирования. Общий балл за вопросы № 1, № 2, № 3, № 4, № 5, № 6, № 7 и № 8 составил 74, 70, 62, 75, 64, 56, 44 и 36 соответственно, из 180 возможных баллов за каждый. После изучения моделей эти показатели увеличились до 180, 176, 176, 178, 180, 180, 170 и 170, соответственно ($p < 0,005$). Общие показатели по каждому вопросу в процентах до и после изучения 3D моделей представлены на рисунке 9. Из него видно, что определение количества передних и задних чашечек верхней группы улучшилось на 59% ($p = 0,009$) и 59% ($p = 0,012$), средней группы – на 65% ($p = 0,024$) и 57% ($p = 0,01$) и нижней группы – на 64% ($p = 0,014$) и 69% ($p = 0,009$), соответственно. Способность определять оптимальную чашечку для основного доступа в ЧЛС почки улучшилось на 70% ($p = 0,018$), а касательно возможного второго доступа определение оптимальной чашечки улучшилось на 74% ($p = 0,02$). После повторного анкетирования все ординаторы отметили, что 3D-печатная модель может быть полезным инструментом при планировании ПНЛ. Они также

поддержали необходимость их использования для подготовки к сложным перкутантным вмешательствам в комбинации со стандартными КТ данными. При сравнении ответов практикующих урологов и клинических ординаторов после ознакомления с КТ-сканами установлена значимая разница по каждому вопросу (рисунок 8).

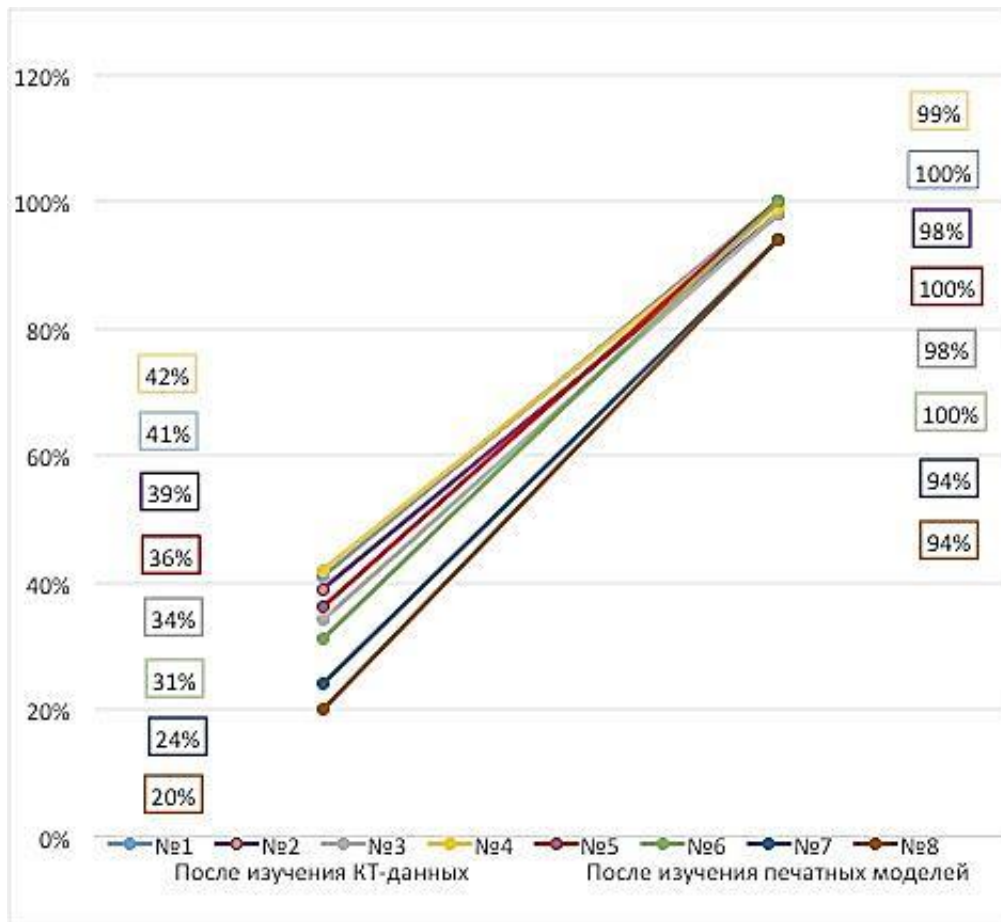


Рисунок 8 – Результаты анкетирования клинических ординаторов

Так в I группе испытуемые хуже определяли передние и задние чашки верхней группы на 54% и 44%. Эти показатели в средней группе составили 54% и 34%, а в нижней группе – 48 и 56%, соответственно. Выбор таргетной чашки для основного перкутантного доступа была хуже на 70%, а для второго доступа на 72%. Значение «р» в каждом вопросе было менее 0,001. После ознакомления ординаторами строением 3D-моделей показатели изменялись, особенно при их повторном сопоставлении с результатами врачей. Так передние и задние чашки

верхней группы определялись хуже на 10% ($p=0,23$) и 8% ($p=0,31$), средней группы на 8% ($p=0,2$) и 0% ($p=1$), нижней группы на 6% ($p=0,4$) и 10% ($p=0,1$), соответственно. Правильность выбора чашечек для основного и второго доступа отличалось на 12% ($p=0,5$) и 20% ($p=0,009$), соответственно (рисунок 9).

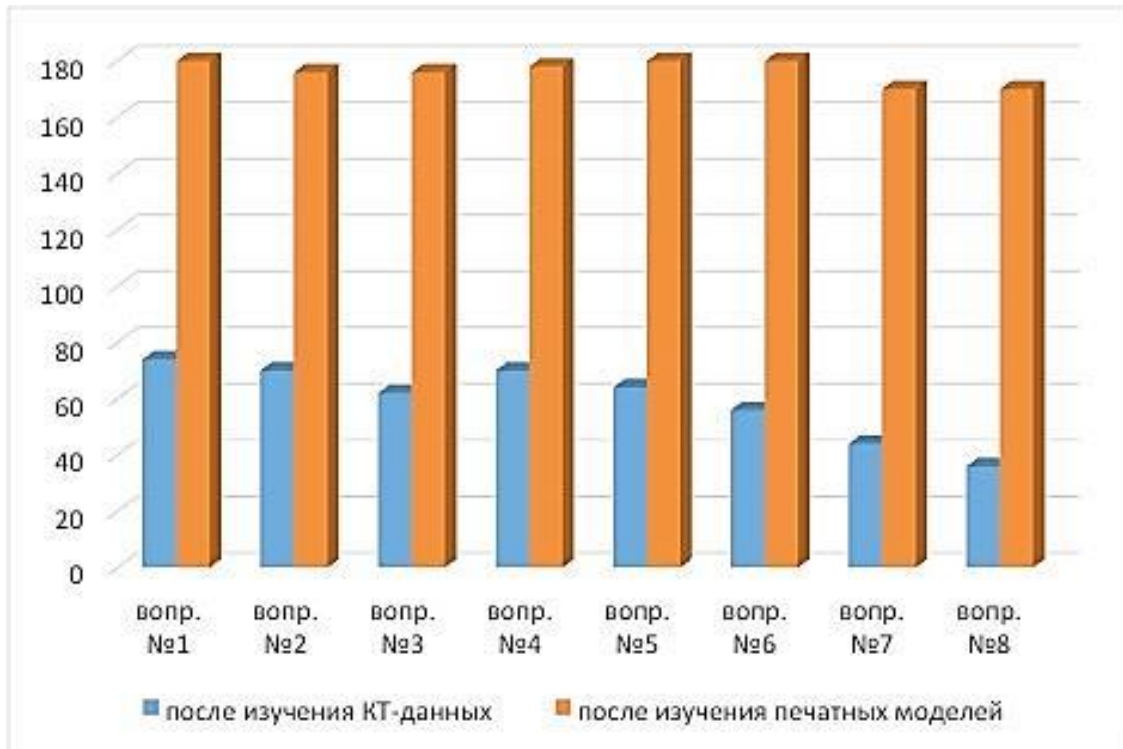


Рисунок 9 – Общие процентные показатели по каждому вопросу до и после представления трехмерных моделей

КТ сканы почек в 2D режиме значительно ограничивают возможность хирургов в предоперационном планировании операции и получении полноценной информации. Эти недостатки стали нивелироваться с появлением КТ с 3D моделированием, когда мы можем получить более детальную информацию об анатомии почки и ВМП, проконсультировать пациента, прогнозировать результаты операции. На эффективность ПНЛ могут влиять различные факторы, с увеличением размера камня и количества перкутанных доступов, уменьшается процент освобождения ЧЛС от камней, а количество осложнений увеличивается. Коралловидный нефролитиаз нередко требует формирования нескольких

доступов для удаления максимального объема камня и снижения частоты резидуальных фрагментов.

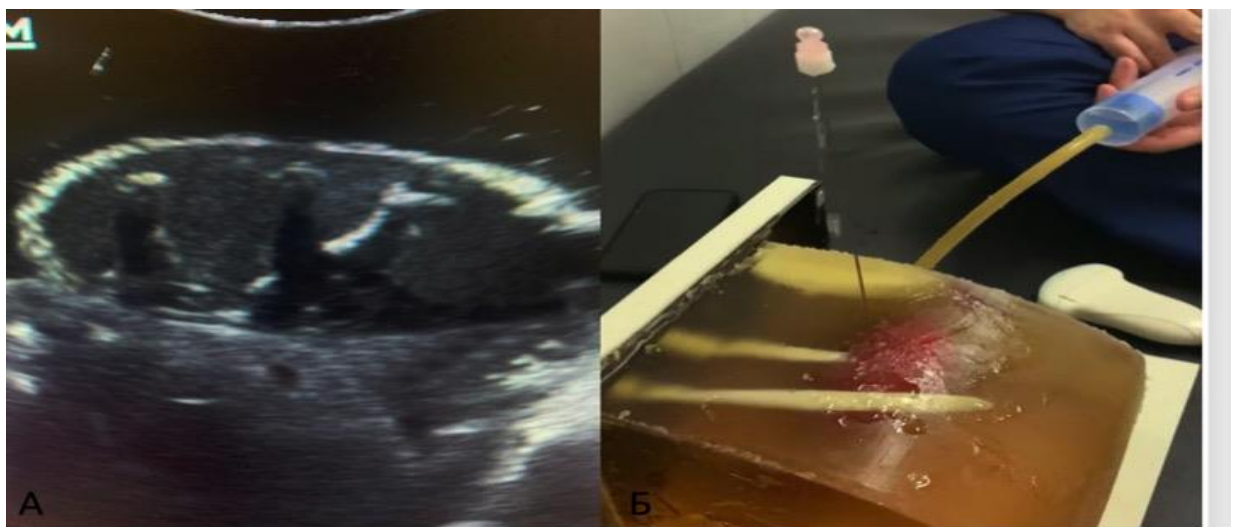
Для 3D моделей почки необходимо использовать срезы КТ сканов от 3 мм до 5 мм, так как снимки с низким разрешением могут привести к расхождениям между напечатанной моделью и фактической анатомией пациента. Трехмерные модели полостной системы почки обеспечивает лучшее понимание каждого клинического случая и позволяет выбрать оптимальный перкутанный доступ, чем при 2D снимках. Разборные 3D модели ЧЛС почки с цветовой сегментацией групп чашечек позволяют точно установить количественные параметры полостной системы каждого пациента, но и планировать ход предстоящей ПНЛ и прогнозировать ее результаты. Эти модели позволяли опрошенным клиническим ординаторам лучше понимать строение ЧЛС почки и определить оптимальную чашечку для основного доступа. Однако в этой группе выбор чашки для дополнительного доступа после изучения 3D моделей значимо не улучшился, что возможно связано с отсутствием опыта. Предложенная разборная модель ЧЛС несомненно имеет определенные преимущества для обучения молодых врачей. В данном исследовании опытный уролог также контролировал процесс изучения моделей и анкетирования. Поэтому неопытным ординаторам было легче определять уровень каждой группы чашечек и их ориентацию.

3.2 Небиологическая модель для трейнинга чрескожного доступа под ультразвуковым контролем

Среди всех этапов ПНЛ именно формирование доступа к почке является основополагающим, так как его правильное выполнение позволяет как минимизировать интраоперационные риски, так и легче выполнить нефроскопию с литотрипсией. Помимо этого, адекватный доступ необходим и в ряде других процедур: антеградное стентирование, эндопиелотомия, нефростомия

и антеградная резекция новообразований верхних мочевых путей. Для его выполнения, помимо энтузиазма врача, необходим достаточный навык сопоставления визуальной картины с тактильными ощущениями. В настоящее время полноценное достижение молодыми специалистами кривой обучения в самостоятельном выполнении ПНЛ затруднительна по ряду причин. Не все урологические отделения специализируются только на оперативном лечении мочекаменной болезни, что ограничивает количество пациентов для тренировки обучающихся без снижения показателей эффективности хирургических вмешательств. Во-вторых, не во всех отделениях имеется С-дуга, что также негативно сказывается на освоении данной операции.

Нами была создана небиологическая модель для трейнинга перкутанного доступа под УЗ контролем (рисунок 10).



А – УЗ-картина «паренхимы» и полости модели почки;

Б – ретроградная инфузия и отток жидкости после успешной апробационной пункции.

Рисунок 10 – Апробация пункции ЧЛС почки при помощи тренажера

Для апробации нового тренажера в исследование были включены 5 клинических ординаторов 1 и 2 года обучения (1 группа) и 2 уролога с опытом самостоятельного выполнения ПНЛ более 50 процедур (2 группа). Каждый из этих участников выполнял 5 успешных пункций ЧЛС под УЗ контролем

(считалось количество вхождения в полость почки через сосочек чашечки) с помощью иглы 18 G.

Проводилось сравнение количества попыток формирования доступа к полости почки, длительность пункции и её правильность. Наконец, после выполнения пункции участники определяли пунктированную чашечку в соответствии с УЗ-картиной. Для более точной оценки, траектория иглы оценивалась ретроградно с помощью полужесткого уретероскопа, а анатомическая идентификация выбранной чашечки – с помощью разработанного нами мобильного приложения “InsKid” (Inside Kidney) (рисунок 11).

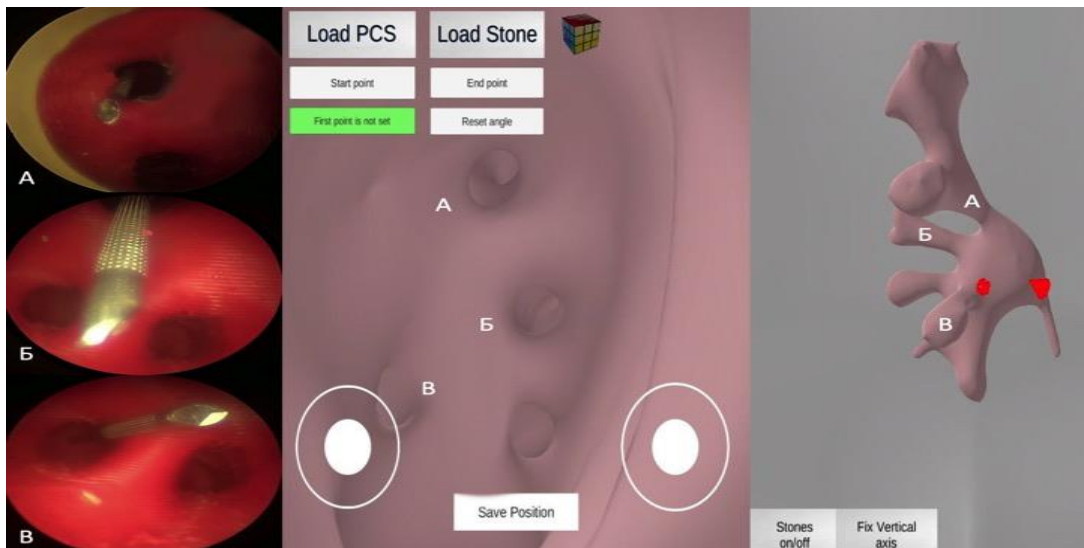


Рисунок 11 – Ретроградная оценка пункционного хода иглы через чашечку верхней (А), средней (Б) и нижней группы (В). По центру и справа указана картина виртуальной эндоскопии, получаемая при использовании мобильного приложения, для точного определения пунктированной чашечки.

После апробации тренажера обеими группами, в полость почки вводилось контрастное вещество для оценки её целостности и пригодности к дальнейшей эксплуатации.

Общее количество попыток (до момента проникновения в ЧЛС) выполнения пункции через сосочек малой чашечки составило 49 и 14 среди ординаторов и врачей, соответственно. Средняя длительность всего пункционного этапа

равнялась 25,2 и 12 сек. Только в 9 случаях клинические ординаторы смогли правильно проанализировать результаты УЗ визуализации для определения таргетной чашечки, что прямо указывает на недостаток опыта в выполнении чрескожных манипуляций (таблица 8).

Таблица 8 – Результаты трейнинга на небιологической модели среди клинических ординаторов (1 группа) и опытных врачей (2 группа)

Оцениваемые параметры	1 группа	2 группа	p
Количество попыток	49	14	
Длительность пункции, сек	25,2 (8-59)	12 (7-21)	<0,05
Верное определение пунктированной чашечки	9/25	10/10	<0,05

При введении контрастного вещества в ЧЛС после 63 пункций (общее количество для обеих групп) затека контраста обнаружено не было, что указывает на длительную пригодность предложенного тренажера.

В идеале, симулятор пункции ЧЛС почки должен иметь следующие качества для оправданного замещения им реальной процедуры: точная имитация почки и её полостной системы, наличие опорных костных структур в качестве ориентира при пункции (11 и 12 ипсилатеральные ребра и фрагмент подвздошной кость), возможность переменного расположения костей как относительно друг друга, так и модели почки, наличие тактильного ощущения при пункции тканей различной плотности, а также возможность его использования как с УЗИ, так и с С-дугой.

Из вышеприведенных примеров очевидно, что увеличение схожести с реальной анатомией человека идет в ущерб стоимости и времени производства таких тренажеров. Чем примитивнее подход в имитации почки с полостью, тем менее такая модель отображает реальную анатомию. Для устранения таких недостатков предложены ряд решений. Во-первых, использование материала

описанного состава для заливки позволяет получать достаточный объем без ущерба его реутилизации. Во-вторых, контур тренажера в виде поясничной области человека и использование 11 и 12 ипсилатеральных ребер и фрагмента подвздошной кости с их мануальным расположением на медиальной стенке лучше отображает реальную анатомию конкретного пациента. Более того, данные структуры могут быть размещены произвольно как по отношению друг к другу, так и по отношению к силиконовой почке, что искусственно изменяет сложность такой тренировки и подготавливает обучающихся к различным сценариям. Использование различных по плотности материалов для заливки тела и изготовления почки более надежно обеспечивает уролога обратной тактильной связью во время пункции. В-третьих, использование розового силикона для изготовления почки и использование катетера достаточного диаметра для имитации мочеточника делает возможным проведение ретроградной нефрскопии, что может быть использовано для контроля и оценки пункции, что продемонстрировано в нашей работе. Вышеперечисленные решения обеспечивают не только тренировку пункции, но и последующих шагов имитации ПНЛ.

Глава 4

ПЕРКУТАННАЯ НЕФРОЛИТОТРИПСИЯ ПОД УЛЬТРАЗВУКОВЫМ КОНТРОЛЕМ

Чрескожная нефролитотрипсия является основным способом хирургического лечения крупных и коралловидных камней почек. ПНЛ также выполняется у больных после неэффективной дистанционной литотрипсии (камни с плотностью более 1000-1200 НУ) или противопоказаниях к ней. ПНЛ состоит из двух основных этапов, первый из которых включает пункцию полостной системы почки с бужированием нефростомического свища и установку кожуха Амплатц. Второй этап операции подразумевает выполнение нефроскопии с интракорпоральной фрагментацией камня и извлечение его осколков. При создании перкутанного доступа во время ПНЛ чаще применяется рентгенологический контроль. Поэтому длительная рентгеноскопия и частые выполняемые перкутанные вмешательства могут привести к радиационному воздействию на хирургическую бригаду, при этом чаще страдают руки и глаза оперирующего уролога. Учитывая отрицательные стороны рентгеноскопии, при выполнении ПНЛ необходимо уменьшить объем интраоперационного использования рентгеноскопии или полностью ее исключить. Для достижения этих целей существует возможность выполнения чрескожной нефролитотрипсии под УЗ контролем. В литературе имеются редкие сообщения о результатах подобных операций. До конца не установлены показания и противопоказания к ПНЛ под УЗ наведением, в особенности у больных, перенесших ранее кишечную деривацию мочи, не изучены возможные осложнения и отдаленные результаты подобных вмешательств.

4.1 Чрескожная нефролитотрипсия под ультразвуковым контролем

ПНЛ под ультразвуковым наведением произведена нами 71 пациентом с крупными камнями почек.

Мужчин было 40 (56,3%), женщин – 31 (43,7%), средний возраст составил $53,0 \pm 12,4$ лет. В исследование включены больные с камнями $>2,0$ см и расширением ЧЛС почки. В этой группе показанием к ПНЛ у 35 (49,3%) пациентов были одиночные камни более 2,0 см, у 12 (16,9%) – множественные конкременты ЧЛС, у 8 (4,5%) – коралловидный нефролитиаз. Предоперационные характеристики больных, подвергнутых ПНЛ под УЗ контролем, приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Сведения о больных, которым выполнена ПНЛ под ультразвуковым контролем

Изучаемые параметры		ПНЛ под УЗИ контролем
Пол больных	мужчины, п (%)	40 (56,3%)
	женщины, п (%)	31 (43,7%)
Возраст, лет		$53,0 \pm 12,4$
ИМТ, кг/м ²		$27,8 \pm 4,2$
ASA, п (%)	I	40 (56,3%)
	II	30 (42,3%)
	III	1 (1,4%)
Прием антикоагулянтов, п (%)	да	61 (86,0%)
	нет	10 (14,0%)
Сторона локализации камня, п (%)	справа	30 (42,3%)
	слева	41 (57,6%)
Креатинин до операции, мкмоль/л		$90,7 \pm 34,7$

Продолжение таблицы 9

Изучаемые параметры		ПНЛ под УЗИ контролем
Гемоглобин до операции, г/л		138,3±15,7
Сахарный диабет	нет	62 (87,3%)
	да	9 (12,7%)
Гипертоническая болезнь	нет	43 (60,6%)
	да	28 (39,4%)
Пиелокаликоектазия	нет	26 (36,6%)
	да	45 (63,4%)

Всем больным, наряду с лабораторными анализами и УЗИ брюшной полости, выполняли КТ почек, которая позволяла установить размер камня, его локализацию и плотность. На предоперационном УЗИ почек определяли степень расширения ЧЛС, локализацию камня, таргетную чашку и оптимальную точку для пункции. В выборе чашки для ПД учитывали 3Д анатомию полостной системы почки, полученной с помощью КТ с внутривенным контрастированием.

Перед операцией с больными подробно обсуждали этапы предстоящего вмешательства, его возможные осложнения, получали их согласие на эндоскопическую операцию. Чрескожную нефролитотрипсию под УЗ контролем выполняли на животе или на боку. За исключением больных, которые ранее перенесли кишечную пластику мочевого пузыря, вначале выполняли цистокопию с катетеризацией мочеточника, пациента переключали на живот или на бок. При необходимости можно отметить такие ориентиры, как задняя аксиллярная линия, XII и XI ребра (рисунок 12).

При пункции полостной системы почки под УЗ контролем датчик располагали в продольном направлении, фиксировали его положение и уточняли таргетную чашку (рисунки 13, 14).



Рисунок 12 – Положение пациента на животе во время ПНЛ



Рисунок 13 – Выполняется УЗИ почки
и маркером фиксируется положение УЗ датчика

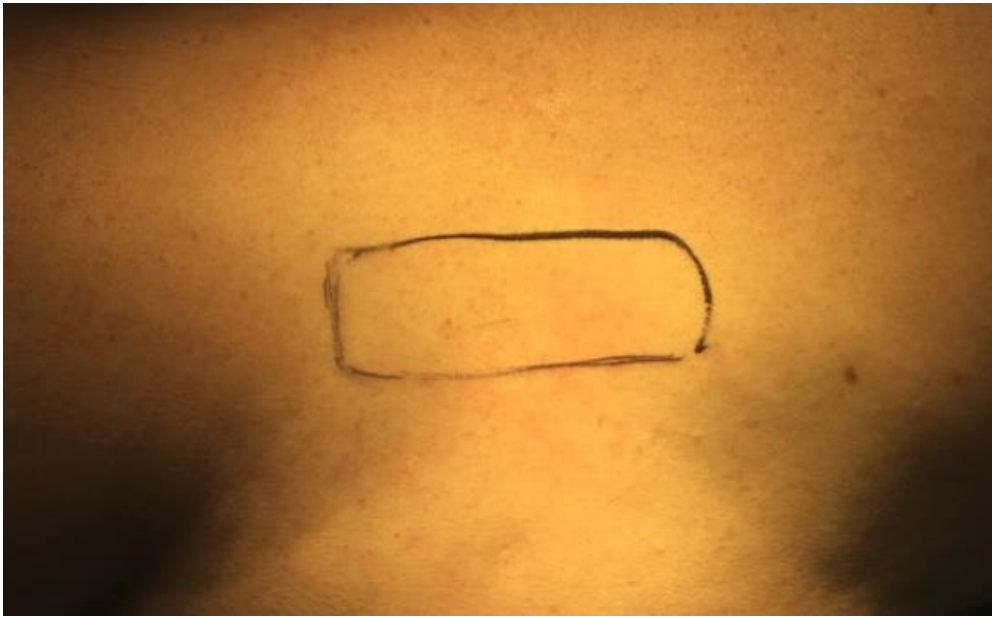


Рисунок 14 – Определена зона предстоящей пункции ЧЛС почки

Далее проведена продольная линия через зону локализации УЗ датчика и центральная часть которой является точкой, оптимальной для пункции полостной системы почки (рисунок 15).

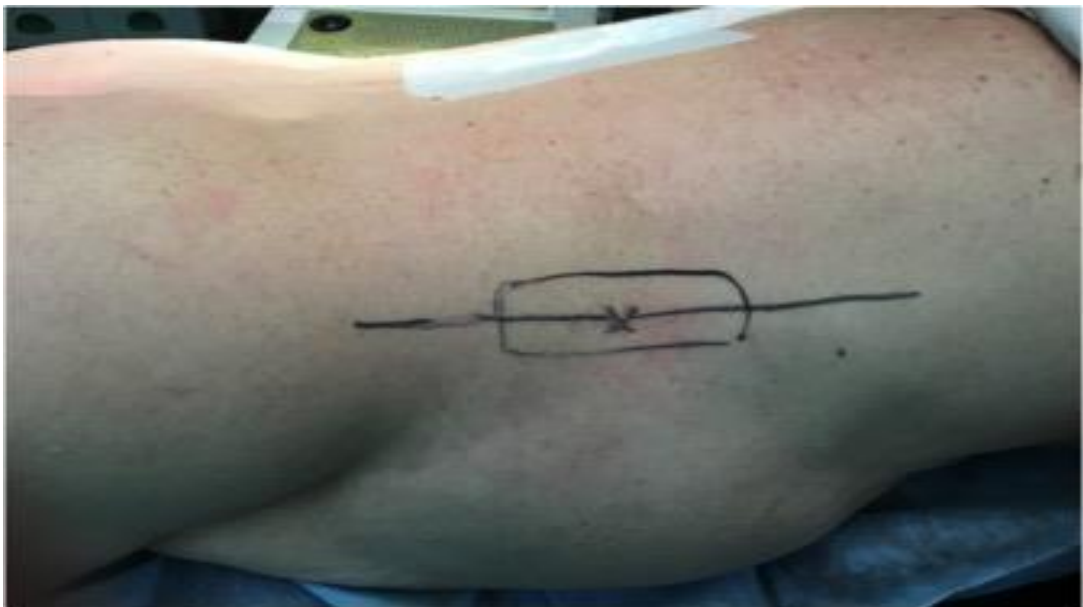


Рисунок 15 – Установлена точка, оптимальная для пункции под УЗ контролем

После уточнения точки для пункции располагаем ультразвуковой датчик на выделенную зону и в продольном направлении выполняем УЗИ почки и выбираем оптимальную для пункции заднюю чашку.

В зависимости от способа пункции ЧЛС под УЗ наведением больные были выделены в две подгруппы. В первой из них (35 больных) после определения точки пункции УЗ датчик располагали только в продольном направлении и выполняли пункцию ЧЛС через таргетную чашечку (рисунок 16).

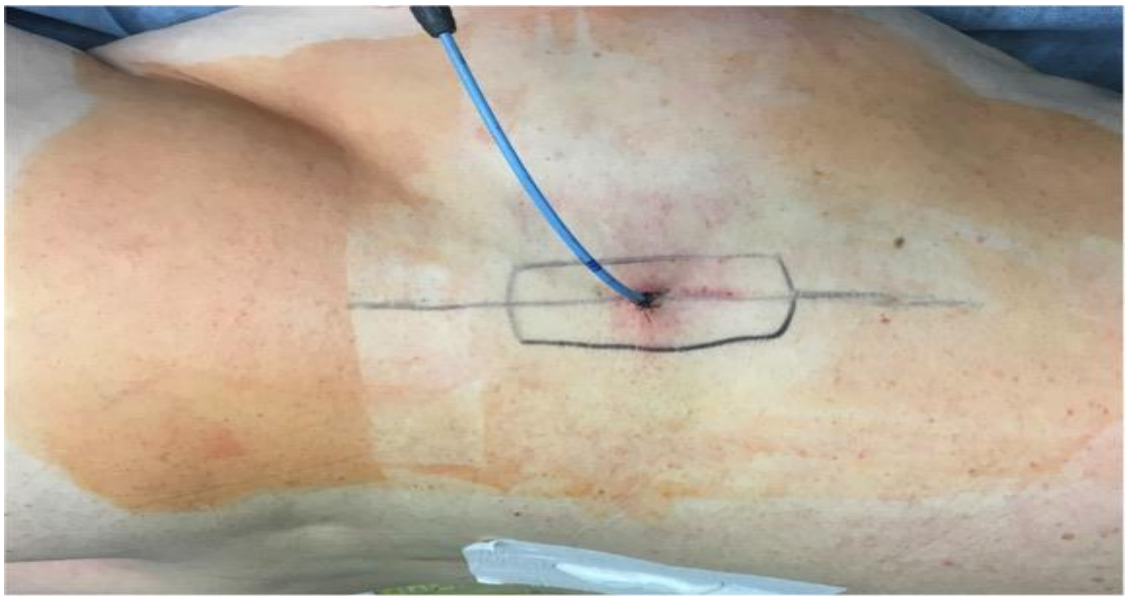
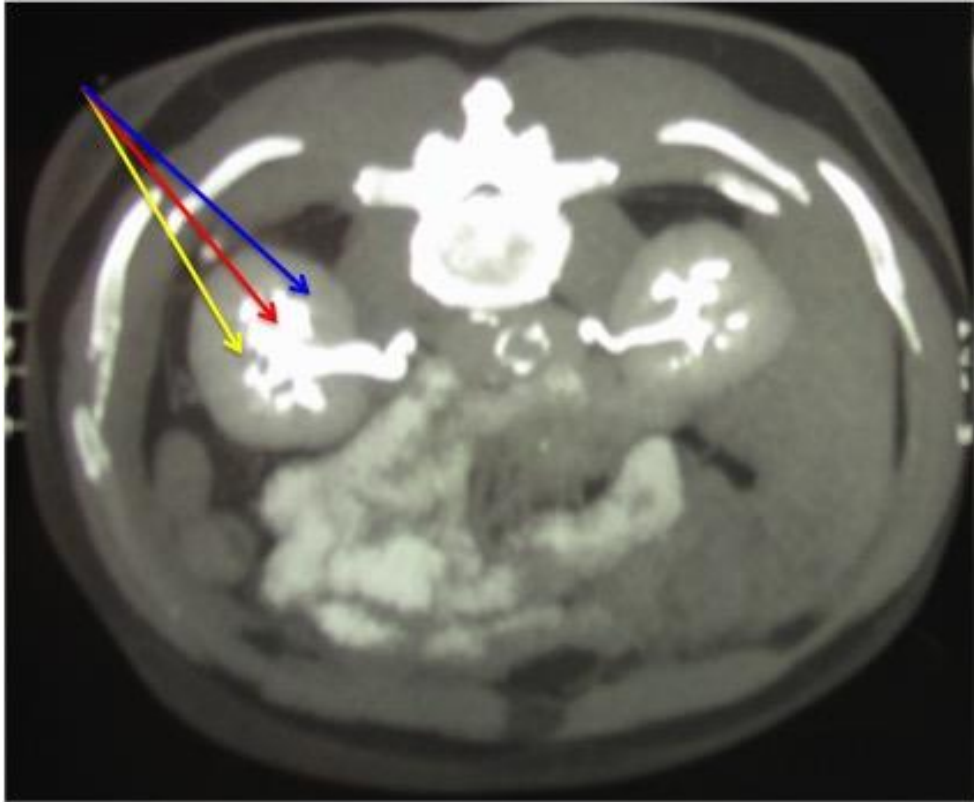


Рисунок 16 – Выполнена пункция ЧЛС почки
и установлен нефростомический дренаж

Однако в данной методике возможны безуспешные попытки пункции чашки, так как, несмотря на ее хорошую визуализацию при УЗИ, пункционная игла может смещаться кпереди или кзади от нее (рисунок 17).

В этих случаях можно провести коррекцию хода иглы для попадания в выбранную чашку. Но в этих случаях увеличиваются количество попыток пункции ЧЛС почки и время данного этапа операции.



Красный цвет – правильное направление иглы; желтый цвет – смещение кпереди от чашки; синий цвет – и кзади от чашки.

Рисунок 17 – Направление иглы при пункции полостной системы почки.

Во второй подгруппе (36 больных) вначале, располагая датчик в продольном направлении, выполняли УЗИ оперируемой почки и устанавливали оптимальную для пункции чашку (рисунок 18, А, Б).

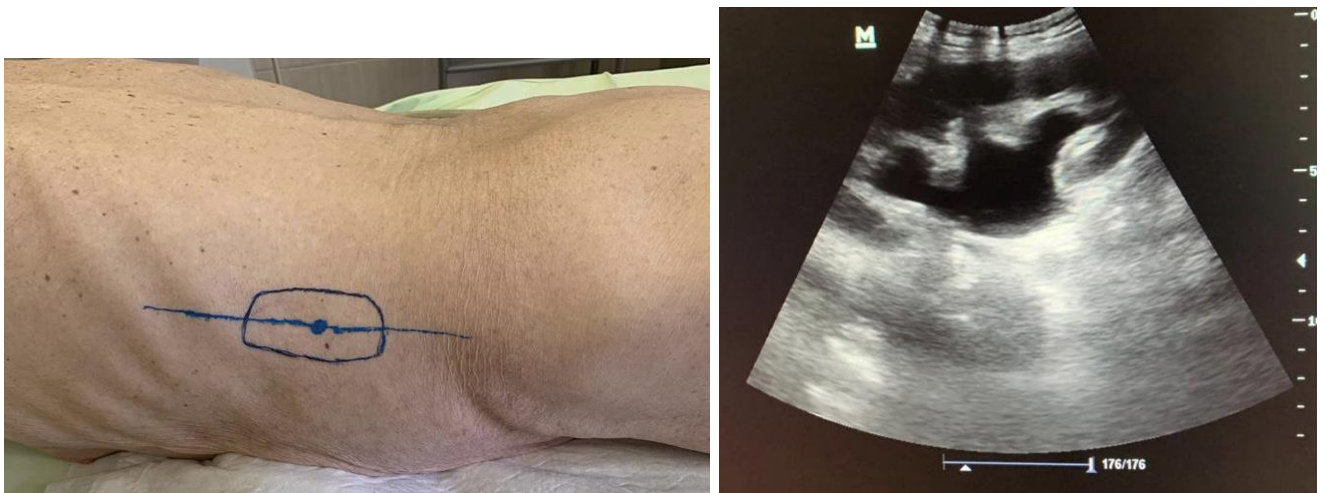


Рисунок 18 – Выполнено УЗИ почки при продольном расположении датчика

Далее УЗ датчик разворачивали в поперечном положении, визуализировали таргетную чашку и через отмеченную на коже точку проводили пункцию полостной системы (рисунок 19, А, Б).

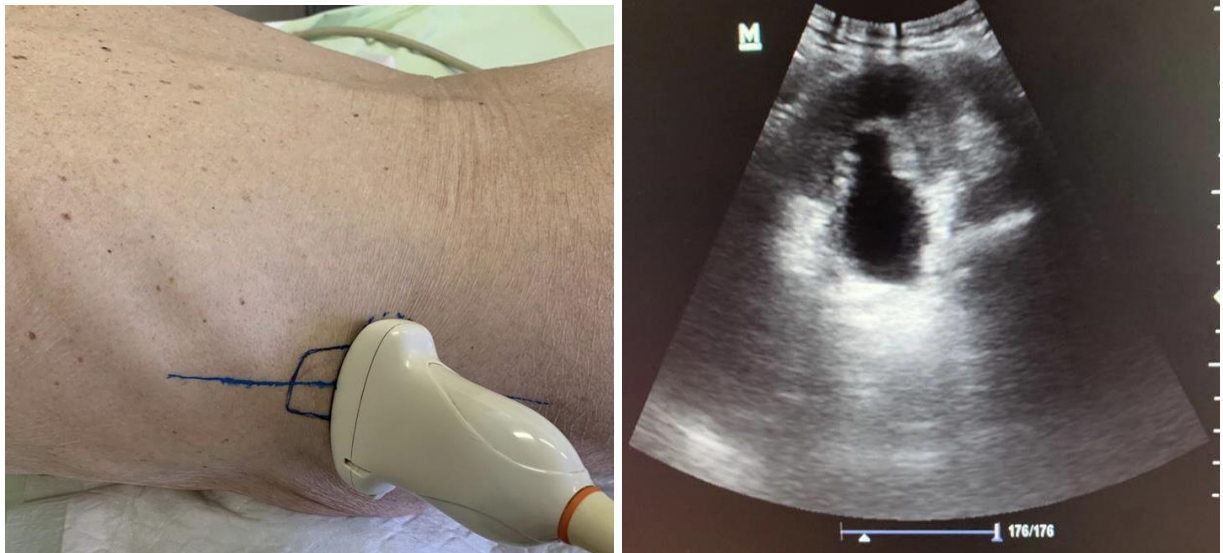


Рисунок 19 – УЗИ почки при продольном расположении УЗ датчика

Результаты пункции таргетной чашки под УЗ наведением в сравниваемых подгруппах приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Результаты двух методов пункции полостной системы почки под ультразвуковым наведением

Оцениваемые параметры	1 подгруппа (n – 35)	2 подгруппа (n – 36)	p
Количество попыток	2,0±1,4	1,2±0,2	<0,01
Длительность пункции, сек	20,5 (10-45)	12,0 (8-22)	<0,01

Перкутанный доступ у 37 (52,1%) больных осуществлялся через нижнюю, у 18 (25,4%) – среднюю, у 16 (22,5%) – верхнюю чашечки. пациентов. Распределение больных в зависимости от пунктируемой чашки при ПНЛ под УЗ контролем приведено на рисунке 20.

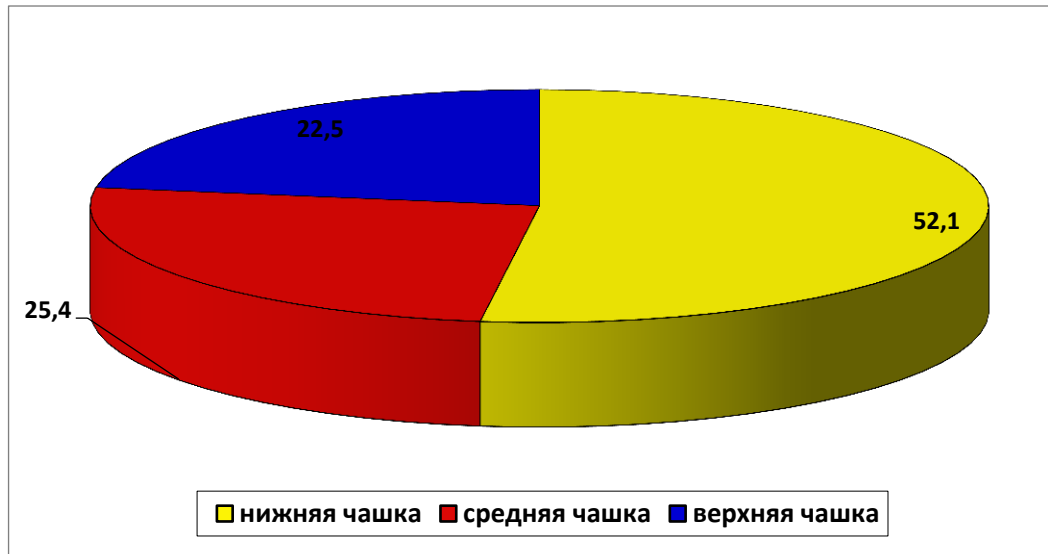


Рисунок 20 – Распределение больных в зависимости от пунктируемой чашки

Из рисунка видно, что в отличие от ПНЛ под рентгеноскопическим контролем, где доступ чаще производился через нижнюю чашку, при ПНЛ под ультразвуковым контролем наряду с нижней часто операцию выполняли через среднюю чашку. У больных с крупными камнями лоханки нередко наблюдается достаточное расширение верхней чашки, что позволяет выполнить перкутанный доступ через верхнюю чашку и удалить камень. Это требует «высокой» пункции ЧЛС, чаще в 11 или 10 межреберьях, которую использовали в 22,5% случаях. Распределение больных в зависимости от процента пунктируемых чашечек при ПНЛ под УЗ и рентгеновским контролем приведено на рисунке 21. Из него следует, что при ПНЛ с рентгеновским наведением доступ через нижнюю, среднюю и верхнюю группу чашечек производился в 83,8%, 12,4% и 3,8% случаев, соответственно.

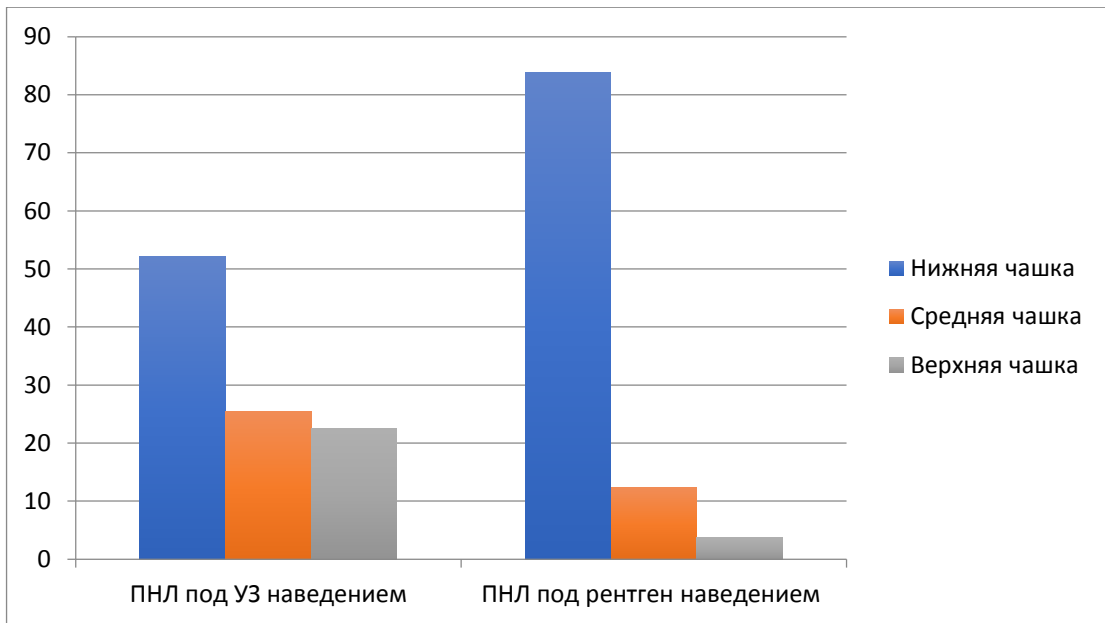


Рисунок 21 – Частота пункций разной группы чашечек при ПНЛ под ультразвуковым и рентгеновским наведением

Пункция ЧЛС почки в основном выполнялась под XII ребром (90,9%), только в 9,1% случаев при камнях левой почки – в XII межреберье. После проведения пункции выбранной чашки определяли протяженность нефростомического канала измеряя расстояние от кожи до ЧЛС (рисунок 22).



Рисунок 22 – Определение глубины бужирования при ПНЛ

Далее по игле устанавливали сверхжесткую струну 0,038 Дюйма, дилатацию перкутанного доступа осуществляли с помощью тефлоновых бужей Amplatz. Во время бужирования дилататор проводили вглубь на заранее определенное расстояние (рисунок 23).



Рисунок 23 – Бужирование свища

После расширения пункционного хода устанавливали кожух Амплатс 28 Шр, жестким эндоскопом выполняли нефроскопию и контактное ультразвуковое дробление камня. В конце операции извлекали сгустки крови из полостной системы почки, устанавливали баллонный катетер. Он позволял тампонировать нефростомический свищ для избежания кровотечения, дренировать полостную систему почки, выполнить антеградную пиелоуретрографию. Чрескожная нефролитотрипсия под УЗ контролем была эффективной у 61 (86,0%) из 71 пациентов. У 10 (14,0%) больных выявлены резидуальные конкременты. Динамическая сцинтиграфия указывала на улучшение функции оперированной почки и восстановление адекватного оттока мочи.

До и после чрескожной нефролитотрипсии под УЗ наведением определяли уровень гемоглобина, мочевины и креатинина крови, а также клиренс эндогенного креатинина (таблица 11).

Таблица 11 – Динамика клиренса эндогенного креатинина и показателей крови до и после перкутанной нефролитотрипсии под УЗ контролем

Исследуемые при ПНЛ показатели	Сроки определения оцениваемых показателей		
	до операции	1-2 сутки после операции	8-10 сутки после операции
Гемоглобин, г/л	126±11,8	105±8,4	112±10,6
Мочевина, ммоль/л	7,2±1,6	7,8±2,6	7,4±1,8
Креатинин, мкмоль/л	96,0±15,6	105,0±18,5	98,0±16,0
Клиренс эндогенного креатинина, мл/мин	48,6±8,4	42,0±8,0	47,2±9,2

Из нее следует, что уровень мочевины и креатинина крови в послеоперационном периоде достоверно повышался, а клиренс эндогенного креатинина уменьшался незначительно. Интраоперационные осложнения в этой группе наблюдались у 7 (9,8%) и послеоперационные – у 15 (21,1%) пациентов, которые представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Интра- и послеоперационные осложнения у больных с единственной почкой

Осложнения перкутанной нефролитотрипсии	Больные с единственной почкой	
	абс.	%
Интраоперационные осложнения ПНЛ		
Кровотечение	5	7,0
Ранение плевральной полости	–	–
Перфорация ЧЛС	2	2,8
Конверсия	–	–
Всего	7	9,8

Продолжение таблицы 12

Осложнения перкутанной нефролитотрипсии	Больные с единственной почкой	
	абс.	%
Послеоперационные осложнения ПНЛ		
Пиелонефрит	7	9,8
Гематурия	6	8,4
Подтекание мочи	2	2,8
Всего	15	21,1

У больных данной группы отмечался высокий процент обострения ХП (9,8%) и умеренной гематурии (8,4%), по поводу которых проводилось консервативное лечение.

4.2 Перкутанное удаление камней почек у пациентов после различных методов деривации мочи

В настоящее время после удаления мочевого пузыря по различным причинам для отведения мочи приходится использовать такие методы, как формирование ортотопического неоцистиса или илеоконduit по Бриккеру. Для этих операций присущи разные осложнения, среди которых можно отметить и камни мочевых путей. Обычно они формируются непосредственно в кишечном резервуаре, но могут образоваться в ЧЛС почки или в мочеточнике. Основными причинами камнеобразования у этих больных являются анатомические или метаболическими изменения. У данной группы пациентов также можно использовать дистанционную или контактную литотрипсию. Однако ввиду анатомических особенностей нижних мочевых путей наиболее оптимальным и эффективным у них является ПНЛ.

Под нашим наблюдением находилось 16 больных с нефролитиазом, у которых применялись различные методы отведения мочи. Мужчин было 10 (62,5%), женщин – 6 (37,5%), их средний возраст был $46,5 \pm 14,6$ (от 26 до 74) года. У 11 из них выявлен лоханочный камень более 2,0 см, у 4 – множественные конкременты, у 1 больной диагностированы крупные камни резервуара и лоханки левой почки. Размеры камней колебались от 2,2 до 3,6 см, средний был 2,5 см. Показаниями к отведению мочи у 2 (12,5 %) больных была экстрофия мочевого пузыря, которым произведен билатеральный уретеросигмоанастомоз. У 12 (75 %) пациентов в связи с раком мочевого пузыря выполнена его радикальное удаление с формированием ортотопического резервуара и у 2 (12,5%) – гетеротопического неоцистиса. Результаты ПНЛ у этих больных сравнивали с таковыми, полученными у 30 пациентов с лоханочными камнями $>2,0$ см без кишечного отведения мочи. Мужчин было 19 (63,3%), женщин – 11 (36,3%), средний возраст составил $44,8 \pm 16,2$ (от 30 до 70) года, размер камней – 2,6 (2,4-3,8) см. Данные представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Сведения о больных с кишечной деривацией мочи и без нее, которым выполнена перкутанная нефролитотрипсия

Показатель	Основная группа	Контрольная группа
Мужчины/женщины	10/6	18/12
Индекс массы тела, кг/м ²	28 (25-34)	27 (24-33)
Размеры камня, см	2,5 (2,2-3,6)	2,6 (2,4-3,8)
Сторона локализации камня: слева/справа	11 / 5	20 / 10

У этих больных операция ПНЛ проводилась на животе. Из-за невозможности выполнения ретроградной пиелографии и использования рентгеноскопии у них пункция полостной системы почки выполнялась под УЗ наведением. Далее перкутанный доступ под рентгенологическим контролем

расширяли до 26 Шр и устанавливали кожух Амплатс. Жестким эндоскопом проводилась ревизия ЧЛС почки, контактное дробление камня и установка нефростомического дренажа. У больной с гетеротопическим резервуаром, у которой выявлены камень мочевого пузыря и левой почки (рисунок 24).

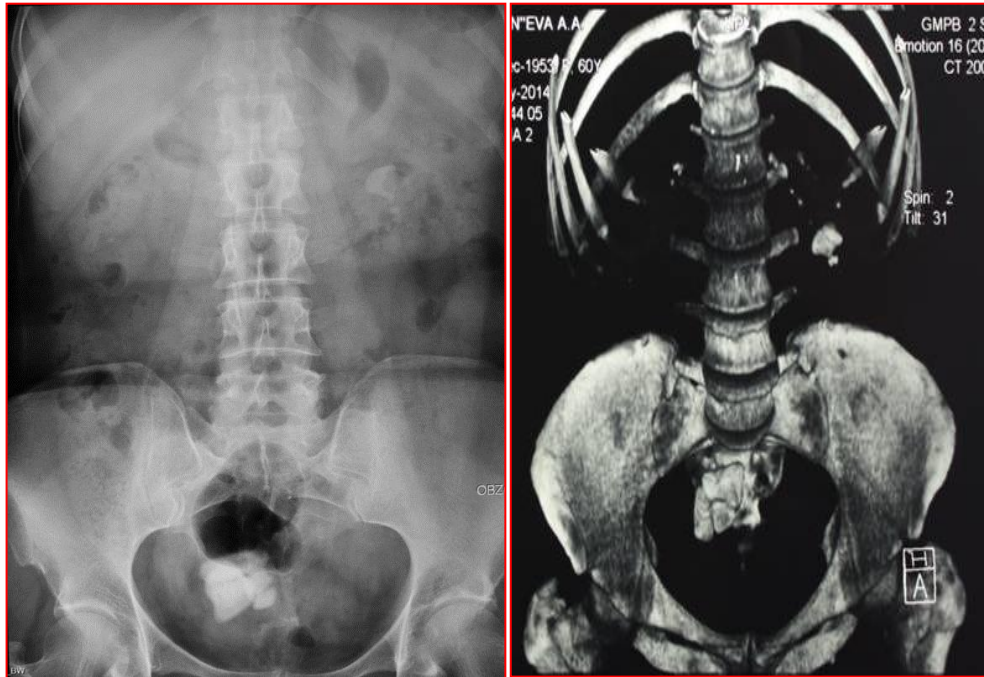


Рисунок 24 – Обзорная рентгенограмма и КТ мочевых путей: визуализируется камень левой почки и резервуара

Выполнена симультанная операция по удалению камня резервуара и ПНЛ слева (рисунок 25).

В контрольной группе вначале проводилась цистоскопия с установкой мочеточникового катетера, затем больного укладывали на живот. Пункция ЧЛС осуществлялась также ультразвуковым наведением, а после дилатации нефростомического свища устанавливали кожух Amplatz. После фрагментации камня и удаления его осколков проводили дренирование ЧЛС нефростомическим катетером Фолея.



Рисунок 25 – Антеградная пиелоуретрограмма слева после ПНЛ, удаленные камни левой почки и резервуара

Результаты ПНЛ были успешными у всех больных. Случаев кровотечения с необходимостью гемотрансфузии не было. Инфекционные осложнения диагностированы у 4 (25 %) больных с кишечным отведением мочи и у 3 (10 %) – в контрольной группе. ПНЛ в качестве монотерапии была эффективной у 14 (87,5%) из 16 пациентов с кишечным отведением мочи и у 27 (90 %) из 30 пациентов контрольной группы (таблица 14).

Таблица 14 – Результаты перкутанной нефролитотрипсии у больных после кишечной деривации мочи

Показатель	Основная группа	Контрольная группа
Продолжительность операции, мин	65 (40-102)	56 (35-90)
Объем кровопотери, мл	240 (210-450)	220 (180-420)
Срок госпитализации, дни	5,6 (3,8-7,6)	4,8 (3,4-8,2)

Продолжение таблицы 14

Показатель	Основная группа	Контрольная группа
Обострение хронического пиелонефрита, %	25,0*	10,0
Резидуальные камни, %	12,5	10,0
Эффективность операции, %	87,5	90,0
Примечание – * – $p < 0,05$.		

ПНЛ обеспечивает высокий процент эффективности по удалению камней почек у больных после различных методов кишечной деривации мочи. При этом количество осложнений в этой группе значимо не отличается от пациентов с нормальной анатомией малого таза. Однако у этих пациентов отсутствует возможность ретроградной катетеризации мочеточника и контрастирования полостной системы почки, что исключает рентгенологический контроль во время пункции ЧЛС. Это связано с невозможностью обнаружения устья мочеточника в кишечной резервуаре. Хотя при рефлюксирующих мочеточниково-кишечных анастомозах тугое заполнение мочевого пузыря приводит к ретроградному контрастированию ЧЛС, что сравнительно облегчает ее пункцию. Однако резкое повышение интратенального давления может стать причиной пиеловенозного рефлюкса и бактериотоксического шока. Поэтому единственно доступным является создание перкутанного доступа под УЗ наведением. При достаточном опыте в перкутанной ренальной хирургии ЧЛС можно пунктировать под УЗ наведением, а затем бужируют нефростомический свищ под рентгенологическим контролем.

Глава 5

РЕЗУЛЬТАТЫ ПЕРКУТАННОЙ НЕФРОЛИТОТРИПСИИ ПОД УЛЬТРАЗВУКОВЫМ И РЕНТГЕНОВСКИМ КОНТРОЛЕМ

Мочекаменная болезнь является распространенным заболеванием и в клинической практике встречаются различные ее клинические формы. Исследования по изучению этиологии и патогенеза МКБ не прекращаются, разрабатываются современные методы по профилактике и метафилактике данного заболевания. Однако у большинства пациентов приходится прибегать к различным хирургическим вмешательствам. За последние десятилетия внедрены такие малоинвазивные способы оперативного лечения МКБ, как ДЛТ, перкутанная или трансуретральная ретроградная контактная фрагментация камня. Широкое развитие гибких эндоскопов и лазерных литотриптеров позволили активно внедрить трансуретральную пиелолитотрипсию. Усовершенствование существующих и внедрение новых методов лечения приводят к постоянному пересмотру алгоритма по выбору оптимального метода лечения МКБ. Об этом свидетельствуют рекомендации Европейской и Американской ассоциации урологов. Согласно данным Европейской ассоциации урологов при крупных камнях почки (диаметр более 2,0 см) первой линией лечения является перкутанная нефролитотрипсия. Данное вмешательство также показано при множественных и коралловидных камнях, неэффективности ДЛТ и противопоказаниях к ретроградной пиелолитотрипсии.

ПНЛ является малоинвазивной операцией, для которой характерны высокая эффективность и небольшое число осложнений. Большинство урологов при ПНЛ пункцию ЧЛС почки и дилатацию нефростомического свища выполняют под рентгенологическим контролем. Регулярное использование рентгеноскопии может отрицательно влиять на незащищенные участки тела хирурга и других членов операционной бригады. Поэтому минимизация времени рентгеноскопии или ее полное исключение является важным для перкутанной хирургии МКБ.

Среди различных способов достижения данной цели наиболее доступным является выполнение отдельных этапов ПНЛ под УЗ контролем. Современные сканеры позволяют производить пункцию ЧЛС почки без рентгеноскопии, а с определенным опытом в перкутанной ренальной хирургии можно выполнить ПНЛ только под УЗ контролем. Однако количество подобных операций лимитировано, не уточнены показания и противопоказания к ним, не определены технические особенности. Поэтому дальнейшее усовершенствование методики пункции ЧЛС почки и дилатация нефростомического свища под УЗ контролем позволит снизить лучевую нагрузку на медицинский персонал.

5.1 Результаты чрескожной нефролитотрипсии под ультразвуковым и рентгеновским наведением

В основу диссертационной работы положены результаты чрескожной нефролитотрипсии у 176 больных с крупными камнями почек. Нами были выделены две группы для сравнения. В I группу были включены 71 (40,3%) пациент, которым ПНЛ выполнялась под УЗ наведением. Контрольную группу составили 105 (59,3%) больных, подвергнутых ПНЛ под рентгеновским контролем. Мужчин и женщин в I группе было 40 (56,3%) и 31 (43,7%), в II группе – 60 (57,1%) и 45 (42,9%), соответственно. Критерием включения в исследование были крупные камни лоханки или чашечек размером более 2,0 см, требующих создания одного пункционного доступа. В I группе средний диаметр камня составил $27,3 \pm 8,5$ мм, во II группе – $25,0 \pm 9,0$ мм. ПНЛ у всех пациентов, за исключением перенесших деривацию мочи, начинали с цистоскопии и мочеточникового катетера, после этого перекладывали на живот или на бок в зависимости от метода контроля пункции. Контактное дробление камня производили УЗ литотриптером, ЧЛС почки дренировали баллонным нефростомическим катетером. В послеоперационном периоде проводился

сравнительный анализ времени и эффективности ПНЛ, наличие резидуальных камней, процент осложнений, сроки удаления дренажа и госпитализации пациента.

Интраоперационные показатели обеих групп представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Интраоперационные результаты ПНЛ под ультразвуковым и рентгеновским наведением

Изучаемые показатели		I группа (n – 71)	II группа (n – 105)	p
Положение пациента	спина	3 (4,2%)	27 (25,7%)	0,0002
	бок	62 (87,3%)	–	
	живот	6 (8,5%)	78 (74,3%)	
Доступ	верхняя	39 (54,9%)	27 (25,7%)	0,001146
	средняя	13 (18,3%)	29 (27,6%)	
	нижняя	19 (26,8%)	49 (46,7%)	
Послеоперационная нефростомия да/нет		68/3	98/7	0,492488
Креатинин после операции, мкмоль/л		104,8±35,1	112,8±28,8	0,1000
Гемоглобин после операции, г/л		109,2±12,5	121,4±26,3	0,0004

Наблюдалась значимая разница в частоте укладки больных, что соответствует эргономике при использовании УЗИ аппарата или С-дуги. Так, в I группе чаще всего пациенты располагались на боку (87,3%) для удобства маневрирования УЗ-датчиком, в то время как в контрольной – на спине или животе (25,7% и 74,3%, соответственно), что не препятствует ориентированию С-дуги над пациентом. Аналогичным образом наблюдалась разница в формировании перкутанного доступа: в УЗ группе наиболее часто выполнялась

пункция верхней чашечки, что обусловлено возможностью дополнительного изгиба пациента и увеличения расстояния между 12 ребром и крылом подвздошной кости.

Данный этап приводит к увеличению площади операционного поля для УЗ контроля без перекреста с костными ориентирами. В свою очередь, в контрольной группе доступ формировался через среднюю (27,6%) или нижней чашку (46,7%). Доступ через верхнюю чашечку с помощью рентген-навигации использовался в случае непосредственного для лечения камней данной локализации, а также измененной анатомии остальной части полостной системы почки, препятствующей наибольшей ревизии ЧЛС для достижения высокого стоун-фри статуса.

Дальнейший анализ полученных результатов заключался в определении наиболее значимых факторов, позволяющие определять вероятность полного удаления камней пораженной почки во время ПНЛ, а также прогнозирующие послеоперационные осложнения различной градации. Для этого определялось отношение шансов (ОШ) каждого показателя, обозначающее количественное описание тесноты связи между параметром и событием. Пограничные значения непрерывных показателей рассчитывались путем построения характеристических кривых. В таблице 16 приведены значения непрерывных параметров для расчёта ОШ достижения полного избавления от камней в I группе.

Таблица 16 – Пограничные значения непрерывных показателей в группе ПНЛ под УЗ наведением для оценки связи с достижением стоун-фри статуса

Оцениваемые параметры	Пограничное значение	Чувствительность	Специфичность
Возраст, лет	>65	31%	37%
ИМТ, кг/м ²	>31	58%	61%
Креатинин до операции, мкмоль/л	>130	23%	31%

Продолжение таблицы 16

Оцениваемые параметры	Пограничное значение	Чувствительность	Специфичность
Гемоглобин до операции, г/л	<110	28%	33%
Размер камня, мм	>25	61%	65%
Плотность камня	>1120	35%	49%

На основе данных таблицы 16 проводилось исследование связи всех анализируемых параметров с стоун-фри статусом в УЗИ-группе (таблица 17).

Таблица 17 – Определение ОШ в I группе относительно достижения состояния стоун-фри статуса

Параметр	ОШ	95% ДИ	p
Пол (мужской)	0,901	0,753-1,255	0,315
Возраст	1,011	0,993-1,786	0,221
ИМТ	0,720	0,48-0,92	0,031
Креатинин до	1,180	0,93-1,88	0,592
Гемоглобин до	1,070	0,69-1,73	0,611
СД (да)	0,739	0,511-1,007	0,138
ГБ (да)	0,881	0,594-1,517	0,380
Антикоагулянты (да)	1,220	0,917-1,502	0,100
ASA (2 и более)	0,899	0,605-1,122	0,407
Сторона (справа)	0,991	0,781-1305	0,238
Локализация (множественные камни или коралловидные)	0,605	0,425-0,815	0,019
Размер камня	0,683	0,5-0,91	0,022
Плотность камня	0,981	0,805-1,192	0,136

Продолжение таблицы 17

Параметр	ОШ	95% ДИ	p
Предыдущие операции (да)	0,803	0,591-1,110	0,207
Аномалии развития (да)	0,669	0,507-0,883	0,020
Предоперационное наличие нефростомы (да)	0,801	0,693-1,057	0,115
Положение пациента (на животе)	0,736	0,598-1,103	0,160
Доступ (через верхнюю чашечку)	0,820	0,598-1,103	0,160

Из таблицы видно, что достоверными показателями в прогнозировании полного удаления камней при пункции полости почки под УЗ-контролем являются: ИМТ > 30 кг/м², множественные или кораллоподобные конкременты в ЧЛС, усредненный общий размер камней > 25 мм, а также наличие аномалии строения почек и мочевыводительных путей (в том числе после деривации мочи).

Аналогичным образом проанализированы параметры в отношении послеоперационных осложнений. Данные представлены в таблицах 18, 19.

Таблица 18 – Пограничные значения непрерывных показателей в I группе для оценки связи с развитием послеоперационных осложнений

Изучаемые параметры	Пограничное значение	Чувствительность	Специфичность
Возраст, лет	>65	56%	51%
ИМТ, кг/м²	>31	60%	55%
Креатинин до операции, мкмоль/л	>125	31%	20%
Гемоглобин до операции, г/л	<110	39%	37%
Размер камня, мм	>27	59%	60%
Плотность камня	>1200	42%	38%

Таблица 19 – Определение ОШ в группе ПНЛ под УЗ наведением относительно послеоперационных осложнений

Исследуемые параметр	ОШ	95% ДИ	p
Пол (мужской)	0,817	0,608-1,107	0,211
Возраст	0,763	0,593-0,970	0,025
ИМТ	0,610	0,53-0,82	0,014
Креатинин до	1,081	0,711-1,510	0,503
Гемоглобин до	0,992	0,832-1,172	0,291
СД (да)	0,842	0,676-1,103	0,215
ГБ (да)	0,887	0,615-1,200	0,110
Антикоагулянты (да)	0,665	0,559-1,890	0,021
ASA (2 и более)	0,719	0,613-0,903	0,023
Сторона	0,791	0,581-1,196	0,184
Локализация (множественные камни)	0,834	0,624-1,104	0,163
Размер камня (более 27 мм)	0,711	0,565-0,897	0,022
Плотность камня (более 1200)	0,888	0,626-1,153	0,170
Предыдущие операции (да)	0,935	0,731-1,207	0,200
Аномалии развития (да)	0,731	0,613-0,907	0,026
Предоперационное наличие нефростомы (да)	0,898	0,625-1,053	0,110
Положение пациента	0,811	0,698-1,099	0,143
Доступ	1,021	0,890-1,231	0,360

Из таблицы 19 видно, что возраст >65 лет, ИМТ>31 кг/м², прием антикоагулянтов, ASA≥2, а также наличие аномалий почек являются независимыми друг от друга факторами, достоверно прогнозирующие наступление осложнения различной градации после ПНЛ под УЗ наведением.

Вышеописанные показатели были также изучены и оценены в группе ПНЛ под рентгеновским контролем (таблицы 20, 21).

Таблица 20 – Пограничные значения непрерывных показателей в контрольной группе для оценки связи с достижением стоун-фри статуса

Изучаемые показатели	Пограничное значение	Чувствительность	Специфичность
Возраст, лет	>64	41%	50%
ИМТ, кг/м²	>29	59%	51%
Креатинин до операции, мкмоль/л	>120	35%	47%
Гемоглобин до операции, г/л	<103	40%	45%
Размер камня, мм	>29	55%	59%
Плотность камня	>1350	49%	52%

Таблица 21 – Определение ОШ в контрольной группе относительно достижения стоун-фри статуса

Оцениваемые показатели	ОШ	95% ДИ	p
Пол (мужской)	1,015	0,844-1,301	0,420
Возраст	0,997	0,835-1,173	0,256
ИМТ	0,669	0,510-0,898	0,029
Креатинин до	1,071	0,783-1,394	0,199
Гемоглобин до	1,101	0,919-1,284	0,284
СД (да)	0,884	0,515-1,267	0,257
ГБ (да)	0,901	0,753-1,088	0,112
Антикоагулянты (да)	1,113	0,899-1,327	0,507
ASA (2 и более)	1,033	0,905-1,148	0,331

Продолжение таблицы 21

Оцениваемые показатели	ОШ	95% ДИ	p
Сторона (справа)	1,092	0,913-1,172	0,404
Локализация (множественные камни или коралловидные)	0,770	0,589-0,959	0,034
Размер камня	0,595	0,428-0,709	0,016
Плотность камня	0,890	0,613-1,081	0,100
Предыдущие операции (да)	1,001	0,901-1,108	0,192
Аномалии развития (да)	0,704	0,554-0,930	0,029
Предоперационное наличие нефростомы (да)	1,012	0,893-1,130	0,207
Положение пациента (на животе)	0,913	0,798-1,039	0,230
Доступ (через верхнюю чашечку)	0,833	0,612-1,019	0,184

Из таблицы 21 видно, что достоверными показателями в прогнозировании полного удаления камней при пункции полости почки под рентгеновским контролем являются: ИМТ > 29 кг/м², множественные или коралловидные конкременты в ЧЛС, усредненный общий размер камней > 29 мм, а также наличие аномалии строения почек и мочевыделительных путей.

В таблице 22 приведены расчеты значений непрерывных показателей для дальнейшего определения ОШ в контрольной группе относительно послеоперационных осложнений.

Таблица 22 – Пограничные значения непрерывных показателей в контрольной группе для оценки связи с послеоперационными осложнениями

Исследуемые параметры	Пограничное значение	Чувствительность	Специфичность
Возраст, лет	>68	57%	51%
ИМТ, кг/м²	>30	62%	60%

Продолжение таблицы 22

Изучаемые параметры	Пограничное значение	Чувствительность	Специфичность
Креатинин до операции, мкмоль/л	>133	44%	39%
Гемоглобин до операции, г/л	<110	42%	41%
Размер камня, мм	>31	57%	55%
Плотность камня	>1170	44%	49%

В таблице 23 приведены результаты непосредственно расчета ОШ в контрольной группе относительно послеоперационных осложнений.

Таблица 23 – Определение ОШ в контрольной группе для прогнозирования осложнений после ПНЛ

Изучаемые параметры	ОШ	95% ДИ	p
Пол (мужской)	1,020	0,914-1,110	0,427
Возраст	0,660	0,490-0,832	0,021
ИМТ	0,701	0,612-0,800	0,025
Креатинин до операции	1,182	0,904-1,279	0,607
Гемоглобин до операции	1,012	0,887-1,231	0,241
СД (да)	0,997	0,827-1,078	0,199
ГБ (да)	1,019	0,804-1,221	0,237
Антикоагулянты (да)	0,809	0,714-0,899	0,033
ASA (2 и более)	1,103	0,991-1,240	0,514
Сторона (справа)	1,001	0,890-1,122	0,207
Локализация (множественные камни)	0,659	0,490-0,831	0,019

Продолжение таблицы 23

Изучаемые параметры	ОШ	95% ДИ	p
Размер камня	0,709	0,540-0,885	0,027
Плотность камня	0,940	0,790-1,098	0,181
Предыдущие операции (да)	0,802	0,669-0,940	0,037
Аномалии развития (да)	0,678	0,511-0,812	0,020
Предоперационное наличие нефростомы (да)	1,107	0,811-1,393	0,517
Положение пациента (на животе)	0,883	0,698-1,103	0,202
Доступ (через верхнюю чашечку)	0,691	0,535-0,884	0,021

Из таблицы 23 видно, что наиболее значимыми признаками в прогнозировании различных осложнений после ПНЛ под рентгеновским наведением являются: возраст >68 лет, ИМТ>30 кг/м², использование антикоагулянтов на догоспитальном этапе, наличие множественных или коралловидных камней, аномалии развития почек, а также выполнение доступа через верхнюю чашечку.

5.2 Сравнительный анализ результатов перкутанной нефролитотрипсии под ультразвуковым и рентгеновским наведением

У всех 176 больных успешно выполнена ПНЛ, конверсий не было. Полученные результаты ПНЛ в обеих группах в зависимости от изучаемых предоперационных показателей, приведены в таблице 24.

Таблица 24 – Интра- и послеоперационные параметры ПНЛ под рентгенологическим и ультразвуковым контролем

Изучаемые параметры перкутанной нефролитотрипсии	Результаты перкутанной нефролитотрипсии, выполненной под ультразвуковым и комбинированным контролем		p
	ультразвуковое наведение (п – 71)	рентгеновское наведение (п – 105)	
Среднее время операции, мин	84,6±18,1	73±14,1	<0,0001
Эффективность операции, п (%)	61 (86,0%)	92 (87,6%)	0,458439
Объем кровопотери, мл	210 (120-380)	190 (105-350)	0,23
Сроки дренирования ЧЛС, дни	–	–	–
Среднее время госпитализации, дни	4,7 (2,4-7,8)	4,6 (2,2-8,4)	0,18
Осложнения, п (%)	10 (14,0%)	13 (12,4%)	0,16

Значимая разница наблюдалась в продолжительности всей процедуры. Одной из причин данного различия мы видим в следующем: при УЗ пункции и выполнения всей ПНЛ без рентгеноскопии отсутствует возможность интраоперационной детализации анатомии полостной системы почки и детекции основного камня и резидуальных фрагментов, помимо непосредственно эндоскопической картины. Это обуславливает отсутствие постоянной прецизионности в манипулировании нефроскопом и приводит к увеличению общего времени вмешательства. Из таблицы видно, что статистически достоверной разницы по эффективности ПНЛ, объему кровопотери и срокам

госпитализации между обеими группами нет. В I группе эффективность ПНЛ составила 86,0%, а к дополнительным вмешательствам прибегали в 10 (14,0%) случаях. Во II группе у 92 (87,6%) больных камень был полностью удален, остальным 13 (12,4%) выполнялись ДЛТ и эндоурологические вмешательства. Значимого различия между основной и контрольной группами по послеоперационному снижению уровня гемоглобина и времени нахождения в стационаре не наблюдали.

После градации пациентов обеих групп в соответствии с изучаемыми в рамках диссертационной работы нефрометрическими шкалами анализировалась точность последних в прогнозировании успеха вмешательства и развития послеоперационных осложнений. Согласно результатам анализа контрольной группы наличие резидуальных фрагментов и послеоперационных осложнений достоверно чаще встречалось при повышении балла Guy's и STONE номограмм (таблицы 25, 26). Аналогичный результат наблюдался и в группе ПНЛ под УЗИ контролем. Повышение балла обеих нефрометрических шкал соответствовало увеличению количества неуспешных вмешательств и осложнений после ПНЛ.

Таблица 25 – Влияние показателей нефрометрических шкал GUY'S и STONE на эффективность и количество осложнений ПНЛ под рентгеновским наведением

Шкала	Количество пациентов	Пациенты с полным удалением камня	p	Количество осложнений	p
Guy's scoring system					
1	56	53	0,00019	4	0,0001
2	26	19		2	
3	16	9		3	
4	7	2		6	

Продолжение таблицы 25

Шкала	Количество пациентов	Пациенты с полным удалением камня	р	Количество осложнений	р
STONE					
5	10	10	0,00016	1	0,0001
6	25	22		1	
7	39	34		1	
8	9	7		2	
9	7	4		2	
10	7	3		3	
11	3	1		1	
12	3	2		2	
13	2	0		2	

Таблица 26 – Влияние показателей нефрометрических шкал GUY'S и STONE на эффективность и количество осложнений ПНЛ под УЗ наведением

Шкала	Количество пациентов	Пациенты с полным удалением камня	Значение р	Осложнений количество	Значение р
Guy's scoring system					
1	45	39	0,00017	4	0,00164
2	13	9		1	
3	11	3		3	
4	2	1		2	
STONE					
5	4	4	0,0001	0	0,0007
6	3	3		0	

Продолжение таблицы 26

Шкала	Количество пациентов	Пациенты с полным удалением камня	Значение p	Осложнений количество	Значение p
STONE					
7	22	21	0,0001	1	0,0007
8	21	18		1	
9	11	3		2	
10	3	1		1	
11	5	1		3	
12	1	1		1	
13	1	0		1	

Представленные данные подтверждают эффективность апробированных номограмм в предсказании резидуальных фрагментов и осложнений после ПНЛ и могут применяться вне зависимости от метода визуализации.

Одним из основных показателей успешности ПНЛ является наличие резидуальных камней после операции. В I группе для определения резидуальных камней в конце операции выполняли УЗИ почки и на следующий день – обзорную рентгенограмму мочевых путей. Во II группе операция заканчивалась финальной рентгеноскопией, повторный снимок перед выпиской выполняли по показаниям. Резидуальными считали оставшиеся осколки размерами более 5 мм, процент самостоятельного отхождения которых является низким. В I группе резидуальные фрагменты установлены у 10 (14,1%) больных. У них были выполнены следующие дополнительные операции: ДЛТ – у 4, контактная уретеролитотрипсия – у 4, ретроградная гибкая лазерная пиелолитотрипсия – у 2 пациентов. В II группе резидуальные осколки были у 13 (12,4%) пациентов, по поводу которых ДЛТ выполнялась у 6, уретеролитотрипсия – у 4, гибкая

пиелолитотрипсия – у 3 больных. Характер выполненных дополнительных операций после ПНЛ представлен в таблице 27.

Таблица 27 – Дополнительные вмешательства при резидуальных камнях

Дополнительные хирургические вмешательства, выполненные после ПНЛ	Группы больных	Количество больных	
		абс.	%
Дистанционная литотрипсия	I группа	4	5,6
	II группа	6	5,7
Контактная уретеролитотрипсия	I группа	4	5,6
	II группа	4	3,8
Гибкая лазерная пиелолитотрипсия	I группа	2	2,8
	II группа	3	2,9
Повторная чрескожная нефролитотрипсия	I группа	–	–
	II группа	–	–

Из таблицы видно, что повторные ПНЛ при резидуальных камнях не выполнялись. Таким образом, после первичной ПНЛ в I группе 86,0% больных были избавлены от камней, а в II группе – 87,6% пациентов. Распределение эффективности ПНЛ и процент резидуальных конкрементов в обеих группах приведены на рисунок 26.

Значимой разницы между сравниваемыми группами в проценте резидуальных камней и выполненных при них дополнительных операций не было (14,0%/12,4%; $p>0,05$).

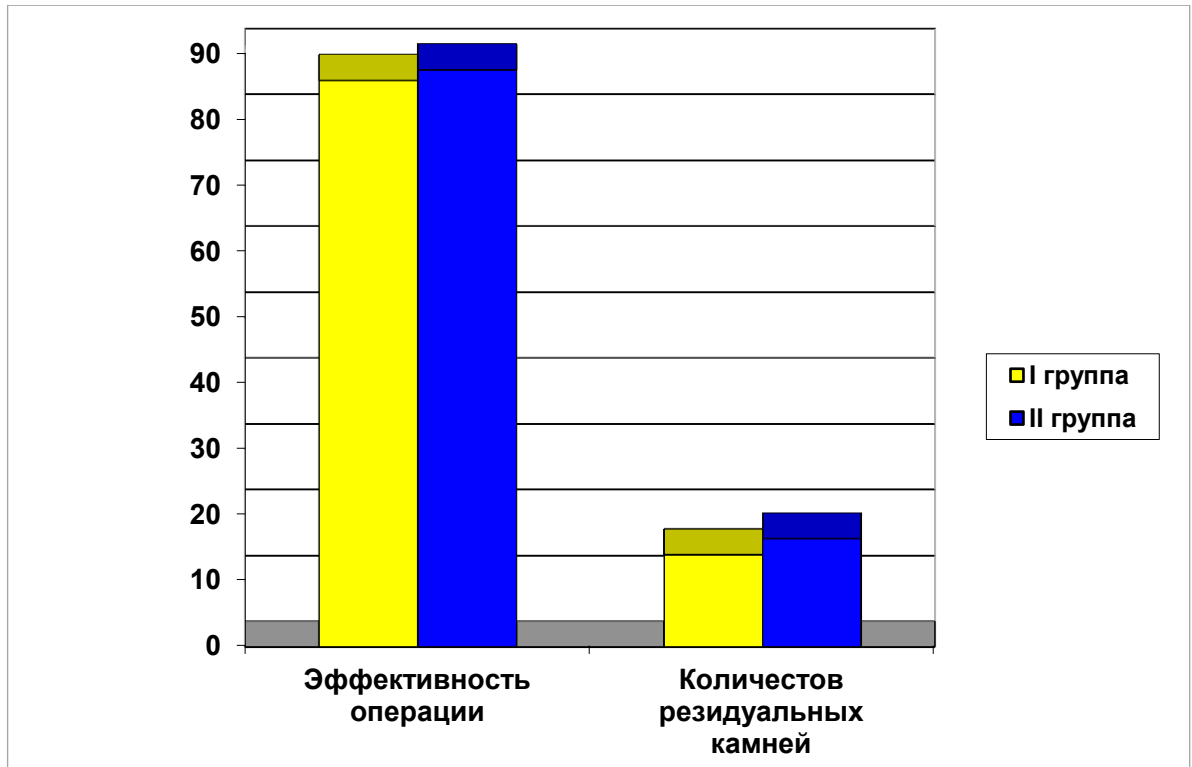


Рисунок 26 – Эффективность ПНЛ и частота резидуальных камней в сравниваемых группах

До и после ПНЛ в обеих группах в крови оценивали содержание гемоглобина, мочевины и креатинина крови, определяли клиренс эндогенного креатинина. После операции на 1-2 и 8-10 сутки повторно выполняли эти анализы. Полученные данные представлены в таблице 28.

Таблица 28 – Динамика клиренса эндогенного креатинина и показателей крови до и после перкутанной нефролитотрипсии у больных обеих групп

Исучаемые при ПНЛ показатели	Группы больных	Сроки определения оцениваемых показателей		
		до операции	1-2 сутки после операции	8-10 сутки после операции
Гемоглобин, г/л	I группа	138,3±15,7	109,2±12,5	110,5±12,0
	II группа	135,9±14,0	121,4±26,3	120,0±25,0

Продолжение таблицы 28

Изучаемые при ПНЛ показатели	Группы больных	Сроки определения оцениваемых показателей		
		до операции	1-2 сутки после операции	8-10 сутки после операции
Мочевина, ммоль/л	I группа	6,4±1,6	7,8±2,6	7,2±1,5
	II группа	6,2±1,4	7,5±2,2	6,4±1,8
Креатинин, мкмоль/л	I группа	90,7±34,7	104,8±35,1	96,0±34,0
	II группа	84,5±28,8	112,8±28,8	92,5±30,6
Клиренс эндогенного креатинина, мл/мин	I группа	65,5±8,0	60,0±8,8	63,8±8,2
	II группа	66,2±8,4	60,2±7,6	64,0±8,5

Из таблицы видно, что в ранние сроки после ПНЛ в обеих группах наблюдалось незначимое увеличение креатинина, снижение уровня креатинина и клиренса креатинина.

Осложнения ПНЛ в обеих группах нами были разделены на интра- и послеоперационные, которые представлены с таблице 29.

Таблица 29 – Интра- и послеоперационные осложнения перкутанной нефролитотрипсии у больных обеих групп

Осложнения перкутанной нефролитотрипсии	I группа (п – 71)		II группа (п – 105)		Всего
	абс.	%	абс.	%	
Интраоперационные осложнения ПНЛ					
Кровотечение	4	5,6	5	4,7	9
Ранение плевральной полости	–	–	1	0,9	1
Перфорация ЧЛС	3	4,2	2	1,9	5
Всего	7	9,8	8	7,6	15

Продолжение таблицы 29

Осложнения перкутанной нефролитотрипсии	I группа (n – 71)		II группа (n – 105)		Всего
	абс.	%	абс.	%	
Послеоперационные осложнения ПНЛ					
Пиелонефрит	7	9,8	10	9,5	17
Уросепсис	–	–	1	0,9	1
Гематурия	5	7,0	7	6,7	12
Подтекание мочи	1	1,4	2	1,8	3
Всего	13	18,3	20	19,0	33

Результаты анализа осложнений ПНЛ показали, что наиболее частым среди интраоперационных было кровотечение, требовавшее проведения гемотрансфузии: у 4 (5,6%) пациентов в I гр, и у 5 (4,7%) больных во II гр. У оперированных нами пациентов не было повреждения толстой кишки. Травма плевральной полости с гидротораксом была диагностирована у 1 (0,9%) пациента II группы при пункции ЧЛС через верхнюю чашку и в 10 межреберье. В I группе подобного осложнения не было. Среди послеоперационных осложнений ПНЛ чаще наблюдалось обострение инфекции мочевых путей: 7 (9,8%) пациентов в I гр, и 10 (9,5%) – в II гр. Проводилась антибактериальная и дезинтоксикационная терапия. Уросепсис развился у 1 (0,9%) пациента II группы с коралловидным нефролитиазом. Гематурия без значимого снижения гемоглобина в I группе наблюдалась у 5 (7,0%), во II группе – у 7 (6,7%) пациентов ($p > 0,05$). Подтекание мочи после удаления нефростомы имело место у 1 (1,4%) пациента I группы и 2 (1,9%) больных II группы. Показанием к ПНЛ у всех этих больных был коралловидный нефролитиаз. Им ретроградно был установлен стент и на фоне дренирования ВМП свищ закрылся самостоятельно. При сравнительном анализе интра- и послеоперационных осложнений ПНЛ нами не получено значимой разницы между обеими группами ($p > 0,05$).

Распределение осложнений ПНЛ по классификации Клавьена у больных обеих групп представлены в таблице 30.

Таблица 30 – Осложнения перкутанной нефролитотрипсии по классификации Клавьена у больных обеих групп

Степень осложнения ПНЛ	Виды осложнений	Количество осложнений	
		I группа (n – 71), %	II группа (n –105), %
I	Не требующие лечения осложнения	9,8	9,5
II	Гематурия, потребовавшая переливания крови	5,6	4,7
III а	Кровотечение (эмболизация)	–	0,9
	Гидроторакс	–	0,9
III б	Подтекание мочи (стентирование)	1,4	1,9
	Кровотечение	–	–
	Гемоторакс	–	–
IVа	Уросепсис	1,2	–
IVб	Дисфункция многих органов	–	–
V	Смерть	–	–

Результаты изучения осложнений ПНЛ под рентгенологическим и ультразвуковым контролем показали, что серьёзным и опасным является ренальное кровотечение, которое имели место у 9 (5,1%) из 176 больных.

У 8 (4,5%) из них проводилась гемотрансфузия, у 1 (0,6%) – ангиография с эмболизацией поврежденной артерии. Значимого отличия в количестве пациентов с кровотечением между сравниваемыми группами не было (5,6%/4,7%; $p>0,05$). В I группе перфорация полостной системы была чаще, чем в II группе, но разница была незначимой (4,2%/1,9%; $p>0,05$). Значимого отличия в частоте инфекционных осложнений (9,8%/9,5%; $p>0,05$) и гематурии после ПНЛ (7,0%/6,7%; $p>0,05$) не наблюдали. Полученные результаты в сравниваемых группах показали, что эффективность ПНЛ под УЗ и рентгеновским наведением, процент осложнений при этих операциях значимо не отличаются. Достоверная разница нами была установлена только в длительности ПНЛ под УЗ контролем ($84,6\pm 18,1/73\pm 14,1$ мин, $p<0,001$). Сложную группу составляют больные с крупным камнем почки, перенесшие ранее кишечную деривацию мочи. Мы изучили результаты ПНЛ у 16 пациентов, которым ранее проводилось кишечное отведение мочи. У 11 из них были диагностированы одиночные лоханочные камни, у 4 – множественные конкременты. У 1 пациента выявлены больших размеров конкременты гетеротопического резервуара и левой почки. Результаты ПНЛ были успешными у 14 (87,5 %) из 16 больных с кишечным отведением мочи. Гемотрансфузия у них не проводилась, обострение инфекции мочевых путей наблюдалось у 4 (25 %) больных.

Мы сравнили данные, полученные нами и исследовательской группой мирового общества эндоурологов, которая также проводила анализ результатов ПНЛ под УЗ и рентгеновским контролем. В каждой из групп данного общества у 26,5% пациентов показанием к операции были КК, в группе ПНЛ под УЗ наведением достоверно чаще использовался одиночный доступ (43,7%/32,5%, $p<0,001$), объем камня наоборот был меньше ($p<0,001$). Эффективность операций в обеих группах значимо не отличались (79,8%/73,5%, $p=0,030$). В нашем исследовании количество больных с КК при ПНЛ под УЗ и рентгеновским контролем было значительно меньше (4,5% и 17,1%), множественные доступы не использовались. Стоун-фри статус, который в обеих группах был выше, чем в исследовании CROES, также значимо не отличался (86,0/87,6%). Время операции

при ПНЛ под УЗ наведением в этой группе было меньше, чем под рентгеновским контролем (79,3 и 84,6 мин, $p=0,039$). Однако в нашем исследовании продолжительность УЗ контролируемой ПНЛ, в отличие от операции под рентгеновским контролем, была наоборот больше ($84,6\pm 18,1/73,0\pm 14,1$ мин, $p<0,0001$). По данным CROES группы число кровотечений (6,0%/13,1%, $p=0,001$) и гемотрансфузий (3,8/11,1%, $p=0,001$) было достоверно выше при ПНЛ под рентгеновским контролем. Это может быть связано с частым использованием в данной группе широких кожных Амплатц ($22,6/29,5$ Шр, $p<0,001$). Процент таких осложнений, как неуспешный доступ (0,7%/2,9%, $p=0,020$), перфорация лоханки (2,9/4,0%, $p=0,460$), гидроторакс (1,3/1,4%, $p=0,807$) между двумя группами значимо не отличался. В нашей серии ПНЛ случаев неуспешной пункции ЧЛС не было, чаще наблюдалась перфорация ЧЛС (4,2%), гидроторакс развился только у 1 (0,9%) пациента при ПНЛ под рентген контролем. Мы также сравнили наши данные и результаты CROES группы, полученные при ПНЛ под УЗ наведением. Полученные данные представлены в таблице 31.

Таблица 31 – Сравнительный анализ наших результатов ПНЛ под УЗ наведением с данными CROES группы

Исследуемые показатели	Наши данные	Данные CROES
Количество больных	71	453
Доступ:		
одиночный	100%	43,7%
множественные	–	56,3%
Неуспешный доступ	–	0,7%
Эффективность операции	86,0%	79,8%
Повторные вмешательства	14,0%	11,0%*
Перфорация лоханки	4,2%	2,9%
Гидроторакс	–	1,3%
Кровотечение	5,6%	6,0%

Продолжение таблицы 31

Исследуемые показатели	Наши данные	Данные CROES
Кровотечение	5,6%	6,0%
Гемотрансфузия	5,6%	3,8%
Послеоперационная лихорадка	9,8	12,5%
Осложнения по Клавьеу:		
I	9,8	9,9%
II	5,6	5,3%
IIIa	–	1,8%
IIIb	1,4	1,1%
IVa	1,2%*	0,4%
IVb-V		
Примечание – * – 1 случай уросепсиса.		

Из таблицы видно, что значимая разница наблюдалась в количестве перкутанных доступов. В нашей группе ПНЛ под УЗ наведением, одиночные доступы использовались в 100% случаев, а в CROES группе только у 43,7% больных. Эффективность операции, количество кровотечений и гемотрансфузий, общий процент осложнений между группами не отличались. В нашей группе сравнительно больше был процент перфораций лоханки (4,2%/2,4%), данное осложнение наблюдалось на этапе внедрения ПНЛ под УЗ контролем. Количество дополнительных вмешательств, который нами выполнялись всем больным с резидуальными камнями, было выше, чем в CROES группе (14,0%/11,0%), где у 9,2% больных дополнительные операции не проводились. Между сравниваемыми группами количество осложнений по Клавьеу I-II степени значимо не отличалось, осложнения IIIb степени наблюдались у 1,4% и 1,1% больных, IVa степени – в 1,2% и 0,4% случаев. Относительно высокий показатель осложнений IIIb и IVa степени мы объясняли меньшим количеством больных, включенных в наше исследование.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Чрескожная нефролитотрипсия активно выполняется при почечных камнях более 2,0 см и КК, а также неэффективности дистанционной и ретроградной эндоскопической пиелолитотрипсии. Активно внедряются мини- или микроперкутанные методы нефролитотрипсии, совершенствуются контактные литотриптеры. Большинство урологических клиник активно применяют ПНЛ в лечении МКБ, а некоторые имеют огромный опыт перкутанных вмешательств на почке. Несмотря на внедрение новых тонких эндоскопов, контактных литотриптеров и инструментов для извлечения камней техника выполнения ПНЛ практически не изменилась. Так основными этапами данной операции является формирование чрескожного доступа в ВМП и интратрениальная контактная нефролитотрипсия. Пункция ЧЛС почки и бужирование канала чаще производится под рентгенологическим контролем. К рентгеноскопии также приходится прибегать во время нефролитотрипсии для определения положения камня или визуализации его резидуальных фрагментов. Поэтому частые перкутанные вмешательства на ВМП с постоянным применением рентгеноскопии может привести к развитию различных осложнений у медицинского персонала, связанных с длительным воздействием лучей. Учитывая отрицательные стороны рентгеноскопии, при выполнении ПНЛ необходимо снизить лучевую нагрузку или полностью ее исключить. Для снижения осложнений рентгеноскопии некоторые авторы предлагают выполнять чрескожную нефростомию и ПНЛ под УЗ контролем. В литературе имеются единичные публикации о результатах ПНЛ под УЗ контролем у больных с крупными камнями почки.

В диссертационную работу включены результаты ПНЛ у 176 больных с нефролитиазом. Мужчин было 100 (56,8%) и женщин – 76 (43,2%), средний возраст составил $53,4 \pm 12,8$ лет. Больные распределены в основную и контрольную группы. В I группу были включены 71 (40,3%) пациент, у которых ПНЛ выполнялась под УЗ контролем, в II группу составили 105 (59,3%) больных,

подвергнутых ПНЛ под рентгеновским наведением. Мужчин и женщин в I группе было 40 (56,3%) и 31 (43,7%), в II группе – 60 (57,1%) и 45 (42,9%), соответственно. ИМТ в I гр. и II гр. составил $27,8 \pm 4,2$ и $28,1 \pm 4,5$ кг/м² ($p=0,656$), креатинин крови до операции – $90,7 \pm 34,7$ и $84,5 \pm 28,8$ мкмоль/л ($p=199$), гемоглобин перед ПНЛ – $138,3 \pm 15,7$ и $135,9 \pm 14,0$ г/л ($p=0,289$), локализация камня справа и слева – 30/41 и 47/68 ($p=0,852$). Пиелокаликоектазия в I группе диагностирована в 63,4% случаев, а в II группе – у 46,7% больных ($p=0,029$).

Показаниями к чрескожной нефролитотрипсии были различные формы нефролитиаза. В I группе ПНЛ выполнялась у 35 (49,3%) пациентов с одиночным камнем более 2,0 см, у 12 (16,9%) множественные конкременты ЧЛС, у 8 (4,5%) – коралловидный нефролитиаз. Во II группе данные формы нефролитиаза были у 41 (39,0%), 12 (11,4%) и 18 (17,1%) больных, соответственно. В I группу также были включены 16 пациентов после кишечной деривации мочи, у которых были выявлены камни почки. Одиночные камни верхней, средней и нижней чашечки в I группе были у 2, 2 и 12 больных, а в II группе – у 5, 7, и 19 пациентов.

У 16 пациентов с нефролитиазом, которым выполнялась ПНЛ под УЗ контролем, ранее применялись различные методы отведения мочи после удаления мочевого пузыря. Мужчин было 10 (62,5%), женщин – 6 (37,5%), их средний возраст был $46,5 \pm 14,6$ (от 26 до 74) года. У 11 из них выявлен лоханочный камень более 2,0 см, у 4 – множественные конкременты, у 1 больной диагностированы крупные камни резервуара и лоханки левой почки. Размеры камней колебались от 2,2 до 3,6 см, средний был 2,5 см. Показаниями к отведению мочи у 2 (12,5 %) больных была экстрофия мочевого пузыря, которым произведен билатеральный уретеросигмоанастомоз. У 12 (75 %) пациентов в связи с раком мочевого пузыря выполнена его радикальное удаление с формированием ортотопического неоцистиса, у 2 (12,5%) – гетеротопического резервуара.

Всем больным, за исключением перенесших деривацию мочи, операцию начинали с цистокпии и катетеризации мочеточника. Далее пациентов I группы укладывали на живот или на бок. Перед пункцией ЧЛС почки по задне-аксиллярной линии УЗ датчик располагали вначале в продольном направлении,

определяли оптимальную для доступа чашку и фиксировали положение датчика. Зона пересечения проведенной поперечной линии через прямоугольник являлась оптимальной точкой для последующей пункции ЧЛС. В зависимости от способа пункции ЧЛС под УЗ наведением больные были выделены в две подгруппы. В первой из них (35 больных) после определения точки пункции УЗ датчик располагали только в продольном направлении и выполняли пункцию ЧЛС через таргетную чашечку. Во второй подгруппе (36 больных) после продольного расположения УЗ датчик разворачивали в поперечном положении, визуализировали таргетную чашку и через отмеченную на коже точку проводили пункцию ЧЛС. Между ПНЛ под УЗ и рентгеновским контролем проводился сравнительный анализ таких параметров, как время и эффективность ПНЛ, объем кровопотери, сроки госпитализации, процент осложнений.

Разборные 3D модели ЧЛС с цветовой сегментацией были созданы нами на основе данных КТ с контрастированием у больных с коралловидным камнем. Полученные данные сохранялись в виде файла slicer 4.8.1, совместимого с программным обеспечением 3D принтера, далее отправлялись биоинженеру для виртуальной сегментации полостной системы почки согласно уровня каждой группы чашечек. Для облегчения дальнейшей разборки печатных моделей и их возможного обследования изнутри каждую группу разделяли пополам. После этого выполнялась цветная обработка сегментированных виртуальных моделей красным, синим и зеленым цветами, которые соответствовали верхней, средней и нижней группе чашечек. Для фиксации цельной модели мы использовали магнитное крепление, позволяющее изолировать отдельно выбранную деталь без потери конфигурации всей остальной модели ЧЛС. Для оценки эффективности 3D-моделей как для обучения, так и прогнозирования ПНЛ, была разработана анкета, которую использовали для проведения опроса 10 клинических ординаторов (группа А) и 10 практикующих урологов с опытом более 50 ПНЛ (группа Б). Вопросы касались правильного определения задней и передней чашечек в каждой их трех групп чашек, выбора оптимальной из них для основной и дополнительной пункции ЧЛС.

Небиологические тренажеры являются наиболее доступными и вариабельными для создания, особенно после популяризации желатина, позволяющего его повторное использование. Нами был предложен доступный и недорогой тренажер для обучения технике чрескожного доступа. После трёхмерной реконструкции экскреторной фазы КТ больного производилось выделение следующих структур для их последующей печати: 11 и 12 ипсилатеральные ребра, фрагмент крыла подвздошной кости, ЧЛС поражённой почки. Далее были выделены левая половина поясничной области и паренхима почки для формирования соответствующих форм для заливки. Вышеперечисленные структуры были сохранены в формате STL и переданы биоинженеру для их подготовки к 3D печати. В качестве материала для печати костных структур и контура тела использовался полилактид. Тренажер состоит из следующих частей: нижнемедиальная, верхнелатеральная и передняя стенка, выполненная из металла для быстрого остывания желатина по типу кондукции. На медиальной стенке получаемой формы располагается металлическая пластина для мануальной фиксации костных структур с помощью магнитов. Форма для заливки почки также была выполнена из полилактида, в которую помещалась водорастворимая напечатанная ЧЛС почки. Для окончательной сборки тренажера по КТ снимкам определялось расстояние между 11 и 12 ребрами и крылом подвздошной кости, дистанция между вышеупомянутыми костными ориентирами и почкой. С учетом полученных данных на медиальной стенке полости тела располагались костные структуры. Для стабилизации получаемой модели почки в пространстве к её полюсам и медиальному краю были прикреплены нити с магнитами на конце, что позволило определять её ориентацию и глубину положения в получаемом тренажере. После расположения всех компонентов обе стенки формы тела соединялись и располагались вертикально на металлической стенке с последующим заливанием желатина. Готовая композиция помещалась в холодильник на 24 часа для застывания. Апробация перкутанного с помощью этого тренажера проводилось с участием клинических ординаторов и молодых урологов. Оценивались количество попыток для правильной пункции ЧЛС,

длительность данного этапа, а также устойчивость тренажера. После апробации тренажера обеими группами, в полость почки вводилось контрастное вещество для оценки её целостности.

При статистическом анализе распределение непрерывных данных оценивалось с помощью теста Колмогорова-Смирнова, оценка номинальных данных проводилась с использованием теста Хи-квадрат. При числе наблюдений в ячейке менее 10 улучшение аппроксимации проводилось с помощью поправки Йетса. Непрерывные данные сравнивались с помощью двустороннего t-критерия Стьюдента или U-критерия Манна — Уитни, соответственно. Значимая разница определялась при значении $p < 0,05$.

Сравнительный анализ результатов анкетирования клинических ординаторов и практикующих урологов, изучавших строение трехмерной модели ЧЛС почки с цветовой сегментацией установил, что между двумя группами была выявлена статистическая разница по каждому вопросу. В первой группе определение передних и задних чашечек верхней группы было хуже на 54% и 44%, средней группы – на 54% и 34%, нижней группы – на 48 и 56%, соответственно. Аналогично были хуже ответы за вопросы касательно выбора чашечки для доступа. Так, способность выбрать оптимальную чашечку для основного доступа была хуже на 70%, а для второго доступа на 72%, соответственно. Значение «р» в каждом вопросе было менее 0,001. Результаты улучшились после изучения трехмерных моделей и повторном сопоставлении ответов клинических ординаторов и врачей. Определение передних и задних чашечек верхней группы было хуже только на 10% ($p=0,23$) и 8% ($p=0,31$), средней группы на 8% ($p=0,2$) и 0% ($p=1$), нижней группы на 6% ($p=0,4$) и 10% ($p=0,1$). Правильность выбора чашечек для основного и второго доступа отличалась на 12% ($p=0,5$) и 20% ($p=0,009$), соответственно.

При апробации тренажера общее количество попыток (до момента проникновения в ЧЛС) выполнения пункции через сосочек малой чашечки составило 49 и 14 среди ординаторов и врачей, соответственно. Средняя длительность всего пункционного этапа равнялась 25,2 и 12 сек. Только

в 9 случаях клинические ординаторы смогли правильно проанализировать результаты УЗ визуализации для определения таргетной чашечки, что прямо указывает на недостаток опыта в выполнении чрескожных манипуляций.

Нами проведен сравнительный анализ результатов ПНЛ под УЗ и рентгеновским контролем. В I группе чаще всего пациенты располагались на боку (87,3%) для удобства маневрирования УЗ-датчиком, в то время как в контрольной – на спине или животе (25,7% и 74,3%, соответственно), что не препятствует ориентированию С-дуги над пациентом. Аналогичным образом наблюдалась разница в формировании перкутанного доступа. В УЗ группе наиболее часто выполнялась пункция верхней чашечки (54,9%), а средней и нижней чашки в 18,3% и 26,8% случаев. В контрольной группе доступ в основном формировался через среднюю (27,6%) или нижней чашку (46,7%), а через верхнюю чашку – только в 25,7% случаев.

Дальнейший анализ полученных результатов заключался в определении наиболее значимых факторов, позволяющие определить вероятность полного удаления камней пораженной почки и прогнозировать послеоперационные осложнения. Для этого определялось отношение шансов каждого показателя, обозначающее количественное описание тесноты связи между параметром и событием. Пограничные значения непрерывных показателей рассчитывались путем построения характеристических кривых. Достоверными показателями в прогнозировании полного удаления камней при ПНЛ под УЗ контролем являются ИМТ>30, множественные или коралловидные конкременты в ЧЛС, усредненный общий размер камней >25мм, а также наличие аномалии строения почек и мочевыделительных путей (в том числе после деривации мочи). Аналогичным образом проанализированы параметры в отношении послеоперационных осложнений. Установлено, что возраст >65 лет, ИМТ>31 кг/м², прием антикоагулянтов, ASA \geq 2, а также наличие аномалий почек являются независимыми друг от друга факторами, достоверно прогнозирующие развитие осложнений после ПНЛ под УЗ наведением.

В контрольной группе достоверными показателями в прогнозировании полного удаления камней были ИМТ >29 кг/м², множественные или коралловидные конкременты в ЧЛС, усредненный общий размер камней >29 мм, а также наличие аномалии строения почек и мочевыводительных путей. Наиболее значимыми признаками в прогнозировании различных осложнений после ПНЛ под рентгеновским наведением являлись возраст >68 лет, ИМТ >30 кг/м², использование антикоагулянтов на догоспитальном этапе, наличие множественных или коралловидных камней, аномалии развития почек, а также выполнение доступа через верхнюю чашечку.

У всех 176 больных успешно выполнена ПНЛ, конверсий не было. Значимая разница наблюдалась в продолжительности операции ($84,6\pm 18,1/73\pm 14,1$, $p<0,001$). Одной из причин данного различия мы видим в следующем: при УЗ пункции и выполнения всей ПНЛ без рентгеноскопии отсутствует возможность интраоперационной детализации анатомии полостной системы почки и детекции основного и резидуальных фрагментов, помимо непосредственно эндоскопической картины. Это обуславливает отсутствие постоянной прецизионности в манипулировании нефроскопом и приводит к увеличению общего времени вмешательства. Статистически достоверной разницы по эффективности ПНЛ, объему кровопотери и срокам госпитализации между обеими группами нет. В I группе эффективность ПНЛ составила 86,0%, во II группе – 87,6%. Значимого различия между основной и контрольной группами по послеоперационному снижению уровня гемоглобина и времени нахождения в стационаре не наблюдали. В I группе были выполнены следующие дополнительные операции: ДЛТ – у 4, контактная уретеролитотрипсия – у 4, ретроградная гибкая лазерная пиелолитотрипсия – у 2 пациентов. В II группе резидуальные осколки были у 13 (12,4%) пациентов, по поводу которых ДЛТ выполнялась у 6, уретеролитотрипсия – у 4, гибкая пиелолитотрипсия – у 3 больных.

Результаты анализа осложнений ПНЛ показали, что наиболее частым среди интраоперационных было кровотечение, требовавшее проведения

гемотрансфузии: у 4 (5,6%) пациентов в I гр. и у 5 (4,7%) больных во II гр. У оперированных нами пациентов не было повреждения толстой кишки. Травма плевральной полости с гидротораксом была диагностирована у 1 (0,9%) пациента II группы при пункции ЧЛС через верхнюю чашку. В I группе подобного осложнения не было. Среди послеоперационных осложнений ПНЛ чаще наблюдалось обострение инфекции мочевых путей: 7 (9,8%) пациентов в I гр. и 10 (9,5%) – в II гр. Уросепсис развился у 1 (0,9%) пациента II группы с коралловидным нефролитиазом. Гематурия без значимого снижения гемоглобина в I группе наблюдалась у 5 (7,0%), во II группе – у 7 (6,7%) пациентов ($p>0,05$). Подтекание мочи после удаления нефростомы имело место у 1 (1,4%) пациента I группы и 2 (1,9%) больных II группы. Показанием к ПНЛ у всех этих больных был коралловидный нефролитиаз. Им ретроградно был установлен стент и на фоне дренирования ВМП свищ закрылся самостоятельно. При сравнительном анализе интра- и послеоперационных осложнений ПНЛ значимой разницы между обеими группами не было ($p>0,05$). Результаты изучения осложнений ПНЛ под рентгенологическим и ультразвуковым контролем показали, что серьёзным и опасным является ренальное кровотечение, которое имели место у 9 (5,1%) из 176 больных. У 8 (4,5%) из них проводилась гемотрансфузия, у 1 (0,6%) – ангиография с эмболизацией поврежденной артерии. Значимого отличия в количестве пациентов с кровотечением между сравниваемыми группами не было (5,6%/4,7%; $p>0,05$). В I группе перфорация полостной системы была чаще, чем в II группе, но разница была недостоверной (4,2%/1,9%; $p>0,05$). Значимого отличия в частоте инфекционных осложнений (9,8%/9,5%; $p>0,05$) и гематурии после ПНЛ (7,0%/6,7%; $p>0,05$) не наблюдали. Полученные результаты в сравниваемых группах показали, что эффективность ПНЛ под УЗ и рентгеновским наведением, процент осложнений при этих операциях значимо не отличаются. Достоверная разница нами была установлена только в длительности ПНЛ под УЗ контролем ($84,6\pm 18,1/73\pm 14,1$ мин, $p<0,001$).

ВЫВОДЫ

1. Разработанная трехмерная разборная модель полостной системы почки с цветовой сегментацией является эффективным дополнением в процесс обучения молодых урологов и позволяет оптимизировать клинический подход для каждого конкретного пациента. При ее использовании определение количества передних и задних чашечек верхней группы улучшилось на 59% ($p=0,009$) и 59% ($p=0,012$), средней группы – на 65% ($p=0,024$) и 57% ($p=0,01$) и нижней группы – на 64% ($p=0,014$) и 69% ($p=0,009$), соответственно. Способность определить оптимальную чашечку для основного доступа в ЧЛС почки улучшилась на 70% ($p=0,018$), а для возможного второго доступа – на 74% ($p=0,02$).
2. Разработанный небιологический тренажер позволяет обучить навыкам перкутанного доступа в полостную систему почки. При сравнении результатов тренинга клинических ординаторов и урологов с опытом ПНЛ общее количество попыток пункций составило 49 и 14, средняя длительность перкутанного доступа – 25,2 и 12,0 сек. В 9 из 25 случаев клинические ординаторы правильно проанализировали ультразвуковую картину для определения таргетной чашки.
3. Модифицированный способ пункции полостной системы почки под ультразвуковым контролем позволяет снизить количество пункций с $2,0\pm 1,4$ до $1,2\pm 0,2$ ($p<0,01$) и уменьшить время перкутанного доступа с 20,5 до 12,0 сек ($p<0,01$).
4. Достоверными показателями прогнозирования эффективности ПНЛ под ультразвуковым контролем являются ИМТ более 30 кг/м^2 , множественные или коралловидные конкременты, средний размер камня >25 мм, аномалия развития почек. Предикторами риска осложнений ПНЛ в данной группе были возраст более 65 лет, ИМТ выше 31 кг/м^2 , прием антикоагулянтов, $ASA\geq 2$.

5. Сравнительный анализ результатов чрескожной нефролитотрипсии под ультразвуковым и рентгенологическим контролем установил отсутствие достоверной разницы в эффективности операции (86,0%/87,6%, $p > 0,05$) и количестве послеоперационных осложнений (18,3%/19,0%, $p > 0,05$). Значимая разница между группами наблюдалась только в продолжительности операции ($84,6 \pm 18,1 / 73,0 \pm 14,1$ мин, $p < 0,0001$).
6. Больным с камнями почек после различных методов кишечной деривации мочи в связи с невозможностью ретроградной катетеризации мочеточника показана пункция полостной системы под ультразвуковым наведением. Дальнейшие этапы операции можно выполнить под рентгенологическим или ультразвуковым контролем в зависимости от особенностей клинического случая.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Трехмерные модели полостной системы почки можно использовать для планирования предстоящей перкутанной нефролитотрипсии и проведения консультации пациента.
2. Небологический тренажер позволяет обучить молодых урологов технике перкутанного доступа под ультразвуковым наведением.
3. У больных с воспалительными изменениями в анализах мочи для снижения инфекционных осложнений ПНЛ на дооперационном периоде необходимо провести курс антибиотикотерапии.
4. При ПНЛ под ультразвуковым наведением после удаления камня необходимо адекватно установить конец кожуха в лоханку под контролем нефроскопа.
5. Установка баллонного катетера по кожуху Амплатц исключает смещение нефростомического дренажа и развитие кровотечения из дефекта почки.
6. У больных с кишечной деривацией мочи введение контрастного вещества на фоне форсированного диуреза позволяет расширить полостную систему почки и облегчает ее пункцию.
7. При интенсивном почечном кровотечении и неэффективности консервативной терапии необходимо выполнить суперселективную эмболизацию поврежденного сосуда.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ВМП	– верхние мочевыводящие пути
ВР	– виртуальная реальность
ДЛТ	– дистанционная литотрипсия
ИМТ	– индекс массы тела
КТ	– компьютерная томография
МКБ	– мочекаменная болезнь
МРТ	– магнитно-резонансная томография
ОШ	– отношение шансов
ПД	– перкутанный доступ
ПНЛ	– перкутанная нефролитотрипсия
РЭ	– радиационная экспозиция
СКФ	– скорость клубочковой фильтрации
УЗ	– ультразвуковой
УЗИ	– ультразвуковое исследование
ХБП	– хроническая болезнь почек
ХП	– хронический пиелонефрит
ЧЛС	– чашечно-лоханочная система

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аляев, Ю.Г. Мочекаменная болезнь. Современные методы диагностики и лечения / Ю.Г. Аляев. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 224 с.
2. Аляев, Ю.Г. Выбор метода дренирования верхних мочевыводящих путей после перкутанной нефролитотрипсии / Ю.Г. Аляев, Н.А. Григорьев, Н.И. Сорокин [и др.] // Урология. – 2016. – № 3. – С. 38-43.
3. Аляев, Ю.Г. Небиологический 3D-печатный тренажер для освоения чрескожной нефролитотрипсии / Ю.Г. Аляев, Е.С. Сирота, Е.А. Безруков [и др.] // Урология. – 2018. – № 1. – С. 10-14.
4. Аполихин, О.И. Заболеваемость мочекаменной болезнью в Российской Федерации (2005-2016) / О.И. Аполихин, А.В. Сивков, В.А. Комарова [и др.] // Эксперим и клин урол. – 2018. – Т. 4, № 4. – С. 4-14.
5. Белоусов, И.И. Сравнительный анализ эффективности и безопасности перкутанной хирургии крупных и коралловидных почечных камней при использовании эндоскопов различного диаметра / И.И. Белоусов, М.И. Коган, П.В. Трусов // Эксперим и клин урол. – 2019. – № 3. – С. 84-90.
6. Гаджиев, Н.К. Создание аутентичной модели чашечно-лоханочной системы почки пациентов для тренировки доступа при перкутанной нефролитотомии при сложных формах камней почек / Н.К. Гаджиев, В.П. Бриов, В.Е. Григорьев, Д.А. Мазуренко // Эксперим и клин урол. – 2017. – № 2. – С. 52-56.
7. Гаджиев, Н.К. Осложнения после перкутанной нефролитотрипсии: диагностика и лечение / Н.К. Гаджиев, В.М. Обидняк, Д.С. Горелов [и др.] // Урология. – 2020. – № 5. – С. 139-148.
8. Глыбочко, П.В. 3D технология как элемент планирования реального осуществления, а также симуляции оперативного пособия при коралловидном нефролитиазе / П.В. Глыбочко, Ю.Г. Аляев, Е.А. Безруков [и др.] // Урология. – 2015. – № 3. – С. 105-108.

9. Гулиев, Б.Г. Перкутанная нефролитотрипсия под ультразвуковым контролем / Б.Г. Гулиев // Урология. – 2014. – № 5. – С. 111-115.
10. Гулиев, Б.Г. Сравнительный анализ результатов перкутанной нефролитотрипсии и лапароскопической пиелолитотомии / Б.Г. Гулиев, Б.К. Комяков, А.Ю. Заикин // Урология. – 2019. – № 2. – С. 26-30.
11. Гулиев, Б.Г. 3D-принтинг в урологии как тренд персонализированной медицины / Б.Г. Гулиев, Б.К. Комяков, А.Э. Талышинский // Эксперим. и клин. урол. – 2021. – № 3. – С. 28-39.
12. Мамаев, И.Э. Миниперкутанная нефролитотомия без катетеризации мочеточника. Сравнение со стандартной методикой / И.Э. Мамаев, К.К. Ахмедов, К.А. Ахмедов [и др.] // Эксперим. и клин. урол. – 2021. – № 2. – С. 58-63.
13. Мартов, А.Г. Ультраминиперкутанная нефролитотрипсия в лечении камней почек / А.Г. Мартов, С.В. Дутов, А.С. Андронов // Урология. – 2016. – № 2. – С. 82-88.
14. Мартов, А.Г. Микроперкутанная лазерная нефролитотрипсия / А.Г. Мартов, С.В. Дутов, С.В. Попов [и др.] // Урология. – 2019. – № 3. – С. 72-79.
15. Меринов, Д.С. Мультиперкутанная нефролитотомия в лечении коралловидного нефролитиаза / Д.С. Меринов, А.В. Артемов, В.А. Епишов [и др.] // Урология. – 2018. – № 4. – С. 96-101.
16. Меринов, Д.С. Результаты перкутанной нефролитотрипсии с применением двух доступов в лечении пациентов с коралловидным нефролитиазом / Д.С. Меринов, А.В. Казаченко, А.В. Артемов [и др.] // Урология. – 2022. – № 1. – С. 11-16.
17. Попов, С.В. Мультимодалый подход к лечению коралловидного нефролитиаза в условиях современной клиники / С.В. Попов, И.Н. Орлов, Ф.Р. Асфандияров [и др.] // Урология. – 2020. – № 3. – С. 133-136.
18. Попов, С.В. 10 лет микроперкутанной нефролитотрипсии: эволюция метода / С.В. Попов, И.Н. Орлов, И.С. Пазин [и др.] // Эксперим. и клин. урол. – 2021. – № 2. – С. 64-69.

19. Протощак, В.В. Кривая обучения перкутанной нефролитотрипсии: как достичь совершенства? / В.В. Протощак, М.В. Паронников, А.А. Сиваков [и др.] // Урология. – 2020. – № 5. – С. 28-32.
20. Abufaraj, M. Association between body fat mass and kidney stones in US adults: analysis of the national health and nutrition examination survey 2011-2018 / M. Abufaraj, A. Siyam, T. Xu [et al.] // Eur Urol. Focus. – 2021. Vol. 15. – P. S2405-4569(21)00067-5. – doi: 10.1016/j.euf.2021.03.010.
21. Abufaraj, M. Prevalence and trends in kidney stone among adults in the USA: analyses of national health and nutrition examination survey 2007-2018 data / M. Abufaraj, T. Xu, C. Cao [et al.] // Eur. Urol. Focus. – 2020. – Vol. 7, № 6. – P. 1468-1475.
22. Adams, F. Soft 3D-printed phantom of the human kidney with collecting system / F. Adams, T. Qiu, A. Mark [et al.] // Annals of Biomedical Engineering. – 2017. – Vol. 45, № 4. – P. 963-972.
23. Agarwal, M. Safety and efficacy of ultrasonography as an adjunct to fluoroscopy for renal access in percutaneous nephrolithotomy / M. Agarwal, A. Jaiswal, D. Kumar [et al.] // BJU Int. – 2011. – Vol. 108. – P. 1346-1349.
24. Akman, T. Factors affecting bleeding during percutaneous nephrolithotomy: single surgeon experience / T. Akman, M. Binbay, E. Sari [et al.] // J. Endourol. – 2011. – Vol. 25. – P. 327-333.
25. Ali, S. Three-dimensional printed nonbiological simulator for percutaneous nephrolithotomy training / S. Ali, E. Sirita, H. Ali [et al.] // Scand J. Urol. – 2020. – Vol. 54. – P. 349-354.
26. Allen, D. Defining the learning curve percutaneous nephrolithotomy / D. Allen, T. O'Brien, R. Tiptaft, J. Glass // J. Endourol. – 2005. – Vol. 19, № 3. – P. 279-282.
27. Alsyouf, M. Direct endoscopic visualization combined with ultrasound guided access during percutaneous nephrolithotomy: a feasibility study and comparison to a conventional cohort / M. Alsyouf, J.L. Arenas, J.C. Smith [et al.] // J. Urol. – 2016. – Vol. 196. – P. 227 – 233.

28. Amaresh, M. Safety and efficacy of superior calyceal access versus inferior calyceal access for pelvic and/or lower calyceal renal calculi – a prospective observational comparative study / M. Amaresh, P. Hedge, A. Chawla [et al.] // *World J. Urol.* – 2021. – Vol. 39, № 6. – P. 2155-2161.
29. Andonian, S. Does imaging modality used for percutaneous renal access make a difference? A matched case analysis / S. Andonian, C.M. Scoffone, M.K. Luive [et al.] // *J. Endourol.* – 2013. – Vol. 27. – P. 24-28.
30. Armas-Phan, M. Ultrasound guidance can be used safely for renal tract dilatation during percutaneous nephrolithotomy / M. Armas-Phan, D.T. Tzou, D.B. Bayne [et al.] // *BJU Int.* – 2020. – Vol. 125, № 2. – P. 284-291.
31. Aro, T. Personalized renal collecting system mockup for procedural training under ultrasound guidance / T. Aro, S. Lim, D. Petrisor [et al.] // *J. Endourol.* – 2020. – Vol. 34, № 5. – P. 619-623.
32. Atalay, H.A. Impact of three-dimensional printed pelvicaliceal system models on residents' understanding of pelvicaliceal system anatomy before percutaneous nephrolithotripsy surgery: a pilot study / H.A. Atalay, V. Ulker, I. Alkan [et al.] // *J. Endourol.* – 2016. – Vol. 30, № 10. – P. 1132-1137.
33. Atalay, H. Impact of personalized three-dimensional (3D) printed pelvicalyceal system models on patient information in percutaneous nephrolithotripsy surgery: a pilot study / H. Atalay, H. Canat, V. Ulker [et al.] // *Intern. Braz J. Urol.* – 2017. – Vol. 43, № 3. – P. 470-475.
34. Atassi, N. Future of kidney stone management: surgical intervention miniaturization of PCNL: where is the limit? / N. Atassi, T. Knoll // *Curr. Opin Urol.* – 2020. – Vol. 30, № 2. – P. 107-112.
35. Ather, M.H. Training the resident in percutaneous nephrolithotomy / M.H. Ather, G. Pourmand, P.J. Ooster // *Arab J. Urol.* – 2014. – Vol. 12, № 1. – P. 49-53.
36. Aune, D. Body fatness, diabetes, physical activity and risk of kidney stones: a systematic review and meta-analysis of cohort studies / D. Aune, Y. Mahamat-Saleh, T. Norat, E. Riboli // *Eur. J. Epidemiol.* – 2018. – Vol. 33. – P. 1033-1047.

37. Aydin, A. Current status of simulation and training models in urological surgery: a systematic review / A. Aydin, A.M. Shafi, M. Shamim Khan [et al.] // *J. Urol.* – 2016. – Vol. 196, № 2. – P. 312-320.
38. Bader, M.J. The “All-seeing needle”: initial results of an optical puncture system confirming access in percutaneous nephrolithotomy / M.J. Bader, C. Gratzke, M. Seitz [et al.] // *Eur. Urol.* – 2011. – Vol. 59. – P. 1054-1059.
39. Balaji, S.S. Analysis of factors affecting radiation exposure during percutaneous nephrolithotomy procedures / S.S. Balaji, M. Vijayakumar, A.G. Singh [et al.] // *BJU Int.* – 2019. – Vol. 124. – P. 514-521.
40. Baralo, B. Percutaneous kidney surgery and radiation exposure: a review / B. Baralo, P. Samson, D. Hoeng, A. Smith // *Asian J. Urol.* – 2020. – Vol. 7. – P. 10-17.
41. Basiri, A. Ultrasonographic versus fluoroscopic access for percutaneous nephrolithotomy: A randomized clinical trial / A. Basiri, A.M. Ziaee, H.R. Kianian, S. Mehrabi, H. Karami, S.M. Moghaddam // *J Endourol.* – 2008. – Vol. 22. – P. 281 – 284.
42. Basiri, A. Supplementary x-ray for ultrasound-guided percutaneous nephrolithotomy in supine position versus standard technique: A randomized controlled trial / A. Basiri, M.A. Mirjalili, M. Kardoust Parizi, N.A. Moosa Nejad // *Urol Int.* – 2013. – Vol. 90. – P. 399-404.
43. Beara-Lasic, L. Nephrolithiasis in women: how different from men? / L. Beara-Lasic, D.S. Goldfarb // *Curr. Opin Nephrol. Hypertens* – 2020. – Vol. 29, № 2. – P. 202-206.
44. Beiko, D. Techniques ultrasound-guided percutaneous nephrolithotomy: how we do it? / D. Beiko, H. Razvi, N. Bhojani [et al.] // *Can Urol. Assoc J.* – 2020. – Vol. 14, № 3. – P. E104-110.
45. Bernhard, J.C. Personalized 3D printed model of kidney and tumor anatomy: a useful tool for patient education / J.C. Bernhard, S. Isotani, T. Matsugasumi [et al.] // *World J. Urol.* – 2016. – Vol. 34. – P. 337-345.

46. Bhat, A. Nephropleural fistula after supracostal approach for PCNL: report of two cases with review of literature / A. Bhat, J.E. Katz, N. Smith, H.N. Shah // *BMJ Case Rep.* – 2021. – Vol. 14, № 4. – P. e241360.
47. Bhatia, V.P. Frailty as predictor of complications in patients undergoing percutaneous nephrolithotomy / V.P. Bhatia, T. Aro, S.M. Smith [et al.] // *World J. Urol.* – 2021. – Vol. 39, № 2. – P. 3971-3977.
48. Birowo, P. X-ray-free ultrasound-guided percutaneous nephrolithotomy in supine position using Alken metal telescoping dilators in a large kidney stone: A Case Report / P. Birowo, P.A. Raharja, H.W. Putra [et al.] // *Res. Rep. Urol.* – 2020. – Vol. 12. – P. 287-293.
49. Bishop, K. Nephrolithiasis / K. Bishop, T. Momah, J. Ricks // *Prim Care.* – 2020. – Vol. 47, № 4. – P. 661-671.
50. Blair, B. Reduced fluoroscopy protocol for percutaneous nephrostolithotomy: feasibility, outcomes and effects on fluoroscopy time / B. Blair, G. Huang, D. Arnold [et al.] // *J. Urol.* – 2013. – Vol. 190. – P. 2112-2116.
51. Botelho, Y. Prone split-leg endoscopic guided percutaneous nephrolithotomy: the surgeons prespective with a `Gopro® view / Y. Botelho, G.S. Marchini, M. Monga [et al.] // *Int Braz J. Urol.* – 2021. – Vol. 47, № 3. – P. 680-681.
52. Boyce, C.J. Prevalence of urolithiasis in asymptomatic adults: objective determination using low dose noncontrast computerized tomography / C.J. Boyce, P.J. Pickhardt, E.M. Lawrence [et al.] // *J. Urol.* – 2010. – Vol. 183. – P. 1017-1021.
53. Brehmer, M. Three-dimensional computed tomography planning improves percutaneous stone surgery / M. Brehmer, M.O. Beckmman, A. Magnusson // *Scand J. Urol.* – 2014. – Vol. 48. – P. 316-323.
54. Bruyère, F. Rapid prototyping model for percutaneous nephrolithotomy training / F. Bruyère, C. Leroux, L. Brunereau, P. Lermusiaux // *J. Endourol.* – 2008. – Vol. 2, № 1. – P. 91-96.
55. Carbone, A. Obesity and kidney stone disease: a systematic review / A. Carbone, Y. Al Salhi, A. Tasca, G. Palleschi, A. Fuschi // *Minerva Urol Nephrol.* – 2018. – Vol. 70, № 4. – P. 393-400.

56. Chau, H.L. An innovative free-hand puncture technique to reduce radiation in percutaneous nephrolithotomy using ultrasound with navigation system under magnetic field: a single-center experience in Hong Kong / H.L. Chau, H.C. Chan, T.B. Li [et al.] // *J. Endourol.* – 2016. – Vol. 30. – P. 160-164.
57. Checucci, E. Percutaneous puncture during percutaneous nephrolithotomy: new perspective for the future with virtual imaging guidance / E. Checucci, D. Amparore, G. Volpi [et al.] // *World J Urol.* – 2022. – Vol. 40, № 3. – P. 639-650.
58. Chen, Q. The retrospective experience of day-surgery semi tubeless ultra-mini percutaneous nephrolithotomy / Q. Chen, Y. Cao, L. Xia [et al.] // *Transl. Androl. Urol.* – 2021. – Vol. 10, № 2. – P. 654-661.
59. Chewcharat, A. Trends in the prevalence of kidney stones in the Unites States from 2007 to 2016 / A. Chewcharat, G. Curban // *Urolithiasis.* – 2021. – Vol. 49, № 1. – P. 27-39.
60. Chi, T. Ultrasound guidance for renal tract access and dilation reduces radiation exposure during percutaneous nephrolithotomy / T. Chi, S. Masic, J. Li., M. Usawaschintachit // *Adv. Urol.* – 2016. – Vol. 2016. – P. 3840697.
61. Chodick, G. Risk of cataract after exposure to low doses of ionizing radiation: a 20-year prospective cohort study among US radiologic technologists / G. Chodick, N. Bekiroglu, M. Hauptmann [et al.] // *Am. J. Epidemiol.* – 2008. – Vol. 168. – P. 620.
62. Choi, Y. Effect of a three-dimensional printed kidney model on patient understanding of the percutaneous nephrolithotomy procedure: a preliminary study / Y. Choi, S. Lee, H. Kim // *Urolithiasis.* – 2022. – Vol. 50, № 3. – P. 375-380.
63. Choong, S. Classification and standardized reporting of percutaneous nephrolithotomy: International Alliance of Urolithiasis consensus statements / S. Choong, J. de la Rosette, J. Denstedt [et al.] // *Minerva Urol. Nefrol.* – 2021. – Vol. 74, № 1. – P. 110-118.
64. Christian, S. Training in percutaneous nephrolithotomy – A critical review / S. Christian // *Eur. Urol.* – 2008. – Vol. 54. – P. 994-1001.

65. Christiansen, A.R. Intraoperative utilization of advanced imaging modalities in a complex kidney stone case: a pilot case study / A.R. Christiansen, R.M. Shorti, C.D. Smith [et al.] // *World J. Urol.* – 2018. – Vol. 36, № 5. – P. 733-743.
66. Cicerello, E. Changing in gender prevalence of nephrolithiasis / E. Cicerello, M.S. Mangano, G. Cova, M. Ciaccia // *Urologia.* – 2021. – Vol. 88, № 2. – P. 90-93.
67. Corrales, M. Ultrasound or fluoroscopy for percutaneous nephrolithotomy access, is there really a difference? a review of literature / M. Corrales, S. Doizi, Y. Barghouthy [et al.] // *J. Endourol.* – 2021. – Vol. 35, № 3. – P. 241-248.
68. Dai, J.C. Nephrolithiasis in pregnancy: treating for two urology / J.C. Dai, T.M. Nicholson, H.C. Chang [et al.] // *J. Urology.* – 2021. – Vol. 151. – P. 44-53.
69. De Sio, M. Recent advances in percutaneous lithotripsy techniques / M. De Sio, C. Manfredi, F. Fusco [et al.] // *Curr. Opin Urol.* – 2021. – Vol. 31, № 1. – P. 24-28.
70. De la Rosette, J.J. The clinical research office of the endourological society percutaneous nephrolithotomy global study: indications, complications and outcomes in 5803 patients / J.J. De La Rosette, D. Assimos, M. Desai [et al.] // *J. Endourol.* – 2011. – Vol. 25. – P. 11-17.
71. De Treigny, O.M. The cumulated stone diameter: a limited tool for stone burden estimation / O.M. De Treigny, E. Bou Nasr, T. Almont [et al.] // *Urology.* – 2015. – Vol. 86. – P. 477-481.
72. Delvecchio, F.C. Combined antegrade and retrograde endoscopic approach for management of urinary diversion-associated pathology / F.C. Delvecchio, R.L. Kou, C.E. Iselin [et al.] // *J. Endourol.* – 2000. – Vol. 14. – P. 251-256.
73. Desai J. Mini percutaneous kidney stone removal: applicable technologies / J. Desai, H.N. Shah // *Urol. Clin North Am.* – 2022. – Vol. 49, № 1. – P. 161-173.
74. Desoky, E. Outcomes of flank-free modified supine percutaneous nephrolithotomy based on body mass index / E. Desoky, K.A. Elwahab, I.M. El-Babouly, M.M. Seleem // *Urol. Int.* – 2021. – Vol. 105, № 1-2. – P. 77-82.

75. Di Bianco, J.M. Percision stone surgery: current status of miniaturized percutaneous nephrolithotomy / J.M. DiBianco, K.R. Ghani // *Curr. Urol. Rep.* – 2021. – Vol. 22, № 4. – P. 24.
76. Ding, X. 3-dimensional ultrasound-guided percutaneous nephrolithotomy: total free versus partial fluoroscopy / X. Ding, Y. Hao, Y. Jia [et al.] // *World J. Urol.* – 2020. – Vol. 38, № 9. – P. 2295-2300.
77. Durutovic, O. Pulsed versus continuous mode fluoroscopy during PCNL: safety and effectiveness comparison in a case series study / O. Durutovic, Z. Dzamic, B. Milojevic [et al.] // *Urolithiasis.* – 2016. – Vol. 44. – P. 565-570.
78. El-Nahas, A.R. Percutaneous treatment of large upper tract stones after urinary diversion / A.R. El-Nahas, I. Eraki, A. El-Assmy [et al.] // *Urology.* – 2006. – Vol. 68. – P. 500-504.
79. El-Nahas, A.R. Preoperative risk factors for complications of percutaneous nephrolithotomy / A.R. El-Nahas, M.A. Nadeeh, M. Laymon [et al.] // *Urolithiasis.* – 2021. – Vol. 49, № 2. – P. 153-160.
80. El-Shaer, W. Complete ultrasound-guided percutaneous nephrolithotomy in prone and supine positions: A randomized controlled study / W. El-Shaer, W. Kandeel, S. Abdel-Lateef [et al.] // *Urology.* – 2019. – Vol. 128. – P. 31-37.
81. Elgebaly, O. Antegrade mini-percutaneous nephrolithotomy versus retrograde ureteroscopy for treating impacted proximal ureteric stones of 1-2 cm: a prospective randomized study / O. Elgebaly, H. Abdeldayem, F. Idris [et al.] // *Arab. J. Urol.* – 2020. – Vol. 18, № 3. – P. 176-180.
82. Emiliani, E. Fluoroless endourological surgery for stone disease: A review of the literature , A. Torky, A. Elshaer – tips and tricks / E. Emiliani, A. Kanashiro, T. Chi [et al.] // *Curr. Urol. Rep.* – 2020. – Vol. 21. – P. 27.
83. Fakahatkar, S. Totally untrasound versus fluoroscopically guided complete supine percutaneous nephrolithotomy: a first report / S. Fakahatkar, H. Neiroomand, A. Enshaei [et al.] // *J. Endourol.* – 2010. – Vol. 24. – P. 1421-1426.

84. Fakhatkar, S. Complete supine percutaneous nephrolithotomy: ultrasound vs fluoroscopic guided: a randomized clinical trial / S. Fakhatkar, A. Allahkhah, M. Kazemzadeh [et al.] // *Int. Braz. J. Urol.* – 2016. – Vol. 42. – P. 710-716.
85. Farcas, M. Simulation-based percutaneous renal access training: evaluating a novel 3D immersive virtual reality platform / M. Farcas, L.F. Reynolds, J.Y. Lee // *J. Endourol.* – 2021. – Vol. 35, № 5. – P. 696-699.
86. Fernandez, A. Percutaneous nephrolithotripsy in patients with urinary diversion: A case-control comparison of perioperative outcomes / A. Fernandez, K. Foell, L. Nott [et al.] // *J. Endourol.* – 2011. – Vol. 25. – P. 1615-1618.
87. Ferreira, T.A. Impact of obesity on outcomes of supine percutaneous nephrolithotomy / T.A. Ferreira, M.G. Dutra, F.C. Vicentini [et al.] // *J. Endourol.* – 2020. – Vol. 34, № 12. – P. 1219-1222.
88. Forbes, C.M. Introduction of an ex-vivo pig model for teaching percutaneous nephrolithotomy access techniques / C.M. Forbes, J. Lim, J. Chan [et al.] // *Can. Urol. Assoc J.* – 2019. – Vol. 13, № 10. – P. 355-360.
89. Gadzhiev, N. Sculpturing in urology, or how to make percutaneous nephrolithotomy easier / N. Gadzhiev, S. Brovkin, V. Grogoryev [et al.] // *J. Endourol.* – 2015. – Vol. 29, № 5. – P. 12-17.
90. Gadzhiev, N. Percutaneous nephrolithotomy for staghorn calculi: Troubleshooting and managing complications / N. Gadzhiev, V. Malkhasyan, G. Akopyan [et al.] // *Asian J. Urol.* – 2020. – Vol. 7, № 2. – P. 139-148.
91. Ganpule, A. Percutaneous nephrolithotomy: a critical review / A. Ganpule, M. Vijayakumar, A. Malpani, M. Desai // *Int. J. Surg.* – 2016. – Vol. 36. – P. 660-664.
92. Garbens, A. Causes and prevention of kidney stones: separating myth from fact / A. Garbens, M.S. Pearle // *BJU Int.* – 2021. – Vol. 128, № 6. – P. 661-666.
93. Geraghty, R.M. Worldwide trends of urinary stone disease treatment over the last two decades: A systematic review / R.M. Geraghty, P. Jones, B.K. Somani // *J. Endourol.* – 2017. – Vol. 31. – P. 547-556.

94. Geraghty, R.M. Risk of metabolic syndrome in kidney stone formers: a comparative cohort study with a median follow-up of 19 years / R.M. Geraghty, P. Cook, R. Roderick, B. Somani // *J. Clin. Med.* – 2021. – Vol. 10, № 5. – P. 978.
95. Gerharz, E.W. Metabolic and functional consequences of urinary reconstruction with bowel / E.W. Gerharz, W.H. Turner, T. Kalbe, C.R. Woodhouse // *BJU Int.* – 2003. – Vol. 91. – P. 143-149.
96. Ghazi, A. Validation of a full-immersion simulation platform for percutaneous nephrolithotomy using 3D printing technology / A. Ghazi, T. Camphell, R. Melnyk [et al.] // *J. Endourol.* – 2017. – Vol. 31, № 2. – P. 1314-1320.
97. Golab, A. Percutaneous nephrolithotomy using an individual 3-Dimensionally printed surgical guide / A. Golab, T. Smektala, M. Krolikowski, M. Slojewski // *Urol Int.* – 2016. – Vol. 100, № 4. – P. 485-487.
98. Grune, B. Ultra-mini-PCNL using the urological Dyna-CT in small infants: a single-center experience / B. Grune, M-C. Rassweiler-Seyfried, K. Muller [et al.] // *Int. Urol. Nephrol.* – 2022. – Vol. 54, № 5. – P. 979-984.
99. Gulani, A. Percutaneous nephrolithotomy in previously operated patients: a prospective study / A. Gulani, U. Kumar, S.S. Yadav [et al.] // *Urol. Ann.* – 2021. – Vol. 13, № 1. – P. 24-29.
100. Guliev, B. The use of the three-dimensional printed segmented collapsible model of the pelvicalyceal system to improve residents' learning curve / B. Guliev, B. Komyakov, A. Talyshinskii // *Turkish J. Urol.* – 2020. – Vol. 46, № 3. – P. 226-230.
101. Guo, X. Assessment of the contrast-enhanced ultrasound in percutaneous nephrolithotomy for the treatment of patients with nondilated collecting system / X. Guo, Z. Zhang, Z. Liu [et al.] // *J. Endourol.* – 2021. – Vol. 35, № 4. – P. 436-443.
102. Gupta, P. Air vs contrast pyelogram for initial puncture access in percutaneous nephrolithotomy: a randomized controlled trial / P. Gupta, G.R. Choundary, H. Pandey [et al.] // *Urolithiasis.* – 2021. – Vol. 49, № 3. – P. 261-267.

103. Hajiha, M. New technologies to aid in percutaneous access / M. Hajiha, D.D. Baldwin // Urol. Clin. North Am. – 2019. – Vol. 46. – P. 225-243.
104. Hanna, L. Limiting radiation exposure during percutaneous nephrolithotomy / L. Hanna, B.H. Walmsley, S. Devenish [et al.] // J. Endourol. – 2015. – Vol. 29. – P. 526-530.
105. Heinze, A. Tract sizes in percutaneous nephrolithotomy: does miniaturization improve outcome? / A. Heonze, A. Gozen, J. Rassweiler // Curr .Opin Urol. – 2019. – Vol. 29, № 2. – P. 118-123.
106. Holst, D.D. Minimally invasive percutaneous nephrolithotomy: initial North American experience / D.D. Holst, S.K. Bechis, P. Zupkas [et al.] // J. Endourol. – 2021. – Vol. 35, № 5. – P. 596-600.
107. Hsi, R.S. Comparison of selective versus empiric pharmacologic preventive therapy with kidney stone recurrence / R.S. Hsi, P.L. Yan, D.S. Golfarb [et al.] // Urology. – 2021. – Vol. 149. – P. 81-88.
108. Hudnall, M. Ultrasound guidance reduces percutaneous nephrolithotomy cost compared to fluoroscopy / M. Hudnall, M. Usawachintachit, I. Metzler [et al.] // Urology – 2017. – Vol. 103. – P. 52-58.
109. Hughes, T. Guideline of guidelines for kidney and bladder stones / T. Hughes, H.C. Ho, A. Pietropalo, B.K. Somani // Turk J. Urol. – 2020. – Vol. 46, Suppl. 1. – P. S 104-112.
110. Hur, K.J. Incidence of posterolateral and retrorenal colon in supine and prone position in percutaneous nephrolithotomy / K.J. Hur, H.W. Moon, S.M. Kang [et al.] // Urolithiasis. – 2021. – Vol. 49, № 6. – P. 585-590.
111. Huynh, L.M. Metabolic diagnoses of recurrent stone formers: temporal, geographic and gender differences / L.M. Huynh, S. Dianatnejad, S. Tofani [et sl.] // Scand J. Urol. – 2020. – Vol. 54, № 6. – P. 456-462.
112. Iordache, A. Ultrasound for kidney access in percutaneous nephrolithotomy: a contemporary review / A. Iordache, C. Baston, S-S. Guler- [et al.] // Med. Ultrason. – 2018. – Vol. 20, № 4. – P. 508-514.

113. Izol, V. The effect of percutaneous nephrolithotomy on the estimated glomerular filtration rate in patients with chronic kidney disease / V. Izol, M. Deger, N. Akdogan [et al.] // *J. Endourol.* – 2021. – Vol. 35, № 5. – P. 583-588.
114. Jagtap, J. Which is the preferred modality of renal access for a trainee urologist: Ultrasonography or fluoroscopy? Results of a prospective randomized trial / J. Jagtap, S. Mishra, A. Bhattu [et al.] // *J. Endourol.* – 2014. – Vol. 28. – P. 1464-1469.
115. Jiang, P. Qualitative review of clinical guidelines for medical and surgical management of urolithiasis: consensus and controversy 2020 / P. Jiang, L. Xie, R. Arada [et al.] // *J. Urol.* – 2021. – Vol. 205, № 4. – P. 999-1008.
116. Jones, M.N. Modified supine versus prone percutaneous nephrolithotomy: surgical outcomes from a tertiary teaching hospital / M.N. Jines, W. Ranasinghe, R. Cetti [et al.] // *Invest. Clin. Urol.* – 2016. – Vol. 57. – P. 268-273.
117. Kahn, B.B. Obesity and insulin resistance / B.B. Kahn, J.S. Flier // *J. Clin. Invest.* – 2000. – Vol. 106. – P. 473-481.
118. Kallidonis, P. Modular training for percutaneous nephrolithotripsy: The safe way to go / P. Kallidonis, I. Kyriazis, M. Vasilas [et al.] // *Arab J. Urol.* – 2015. – Vol. 13. – P. 270-276.
119. Kallidonis, P. Non papillary mini-percutaneous nephrolithotomy: early experience / P. Kallidonis, A. Vagionis, T. Vrettos [et al.] // *World J. Urol.* – 2021. – Vol. 39. – P. 1241-1246.
120. Karami, H. Ultrasonography-guided percutaneous nephrolithotomy in the flank position versus fluoroscopy-guided percutaneous nephrolithotomy in the prone position: A comparative study / H. Karami, A. Rezaei, M. Mohammadhosseini [et al.] // *J. Endourol.* – 2010. – Vol. 24. – P. 1357-1361.
121. Ketteler, M. Risk of nephrolithiasis and nephrocalcinosis in patients with chronic hypoparathyroidism: a retrospective cohort study / M. Ketteler, K. Chen, E.O. Gosmanova [et al.] // *Adv. Ther.* – 2021. – Vol. 38, № 4. – P. 1946-1957.

122. Khadgi, S. Comparison of standard and mini- percutaneous nephrolithotomy for staghorn stones / S. Khadgi, A.R. El-Nahas, M. El-Shazly, A. Al-Terki // Arab J. Urol. – 2021. – Vol. 19, № 2. – P. 147-151.
123. Khadgi, S. Tubeless mini-percutaneous nephrolithotomy for renal stones larger than 20 mm / S. Khadgi, M. Darrad, A. El-Nahas, A. Al-Tekri // Indian J. Urol. – 2021. – Vol. 37, № 1. – P. 54-58.
124. Khan, F. Endoscopically guided percutaneous renal access: "Seeing is believing" / F. Khan, J.F. Borin, M.S. Pearle [et al.] // J. Endourol. – 2006. – Vol. 20. – P. 451-455.
125. Khater, N. Bench-top feasibility testing of a novel percutaneous renal access technique: the laser direct alignment radiation reduction technique / N. Khater, J. Shen, J. Arenas [et al.] // J. Endourol. – 2016. – Vol. 30. – P. 1155-1160.
126. Knoll, T. Training in percutaneous nephrolithotomy – A critical review / T. Knoll // Eur. Urol. – 2008. – Vol. 54. – P. 994-1001.
127. Knudsen, B.E. A randomized, controlled, prospective study validating the acquisition of percutaneous renal collecting system access skills using a computer based hybrid virtual reality surgical simulator: Phase I / B.E. Knudsen, E.D. Matsumoto, B.H. Chew [et al.] // J. Urol. – 2006. – Vol. 176. – P. 2173-2178.
128. Kuroda, S. A case of allograft ureteral stone successfully treated with antegrade ureteroscopic lithotripsy: use of a 3D-printed model to determine the ideal approach / S. Kuroda, T. Kawahara, J. Teranishi [et al.] // Urolithiasis. – 2019. – Vol. 47, № 5. – P. 467-471.
129. Lai, D. Minimally invasive percutaneous nephrolithotomy with a novel vacuum-assisted access sheath for obstructive calculous pyonephrosis: a randomized study / D. Lai, W. Xu, M. Chen [et al.] // Urol. J. – 2020. – Vol. 17, № 5. – P. 474-479.
130. Li, Z.C. Augmenting intraoperative ultrasound with preoperative magnetic resonance planning models for percutaneous renal access / Z.C. Li, K. Li, H.L. Zhan [et al.] // Biomed Eng. Online – 2012. – Vol. 11.– P. 60.

131. Li, R. Real-time ultrasonography-guided percutaneous nephrolithotomy using SonixGPS navigation: clinical experience and practice in a single center in China / R. Li, T. Li, X. Qian [et al.] // *J. Endourol.* – 2015. – Vol. 29. – P. 158-161.
132. Li, X. Assessment of the SonixGPS system for its application in real-time ultrasonography navigation-guided percutaneous nephrolithotomy for the treatment of complex kidney stones / X. Li, Q. Long, X. Chen [et al.] // *Urolithiasis.* – 2017. – Vol. 45. – P. 221-227.
133. Li, D. Soft phantom for the training of renal calculi diagnostics and lithotripsy / D. Li, R. Suarez-Ibarrola, E. Choi [et al.] // *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society.* – 2019. – P. 3716-3719.
134. Lievore, E. Clinical comparison of mini- percutaneous nephrolithotomy with vacuum cleaner effect or with a vacuum-assisted access sheath: a single-center experience / E. Lievore, L. Boeri, S.P. Zanetti [et al.] // *J. Endourol.* – 2021. – Vol. 35, № 5. – P. 601-608.
135. Lima, E. Ureteroscopy-assisted percutaneous kidney access made easy: first clinical experience with a novel navigation system using electromagnetic guidance (IDEAL Stage 1) / E. Lima, P.L. Rodrigues, P. Mota [et al.] // *Eur. Urol.* – 2017. – Vol. 72. – P. 610-616.
136. Littlejohns, Th. Fluid intake and dietary factors and the risk of incident kidney stones in UK Biobank: a population-based prospective cohort study / Th. Littlejohns, N.L. Neal, K.E. Bradbury, H. Heers // *Eur. Urol.* – 2020. – Vol. 6, № 4. – P. 752-761.
137. Liu, Q. Fluoroscopy versus ultrasound for image guidance during percutaneous nephrolithotomy: A systematic review and meta-analysis / Q. Liu, L. Zhou, X. Cai [et al.] // *Urolithiasis.* – 2017. – Vol. 45. – P. 481-487.
138. Liu, Y. Percutaneous nephrolithotomy with suction: is this the future? / Y. Liu, W. Zhu, G. Zeng // *Curr. Opin Urol.* – 2021. – Vol. 31, № 2. – P. 95-101.
139. Ma, R. Innovations in urologic surgical training / R. Ma, S. Reddy, E.B. Vanstrum, A.J. Hung // *Curr. Urol. Rep.* – 2021. – Vol. 22, № 4. – P. 26.

140. Marien, T. Characterization of urolithiasis in patients following lower urinary tract reconstruction with intestinal segments / T. Marien, J. Robles, T.M. Kammann [et al.] // *J. Endourol.* – 2017. – Vol. 31, № 3. – P. 217-222.
141. Medina, M. An introduction to the epidemiology and burden of urinary tract infections / M. Medina, E. Castillo-Pino // *Ther. Adv. Urol.* – 2019. – Vol. 11. – P. 17.
142. Metzler, I.S. Surgical trends in nephrolithiasis: increasing De Novo access by urologists for percutaneous nephrolithotomy / I.S. Metzler, S. Holt, J.D. Harper // *J. Endourol.* – 2021. – Vol. 35, № 6. – P. 769-774.
143. Michel, F. Micro-percutaneous nephrolithotomy (Microperc) for renal stones, outcomes and learning curve / F. Michel, T. Negre, M. Baboudjian [et al.] // *Prog. Urol.* – 2021. – Vol. 31, № 2. – P. 91-98.
144. Milacic, S. Risk of occupational radiation-induced cataract in medical workers / S. Milacic // *Med. Lav.* – 2009. – Vol. 100. – P. 178.
145. Miller, D.T. Minimizing radiation dose in management of stone disease: how to achieve 'ALARA' / D.T. Miller, M.J. Semins // *Curr. Opin. Urol.* – 2021. – Vol. 31, № 2. – P. 115-119.
146. Mills, R.D. Metabolic consequences of continent urinary diversion / R.D. Mills, U.E. Studer // *J. Urol.* – 1999. – Vol. 161. – P. 1057-1066.
147. Mishra, S. Percutaneous renal access training: Content validation comparison between a live porcine and a virtual reality simulation model / S. Mishra, A. Kurien, A. Ganpule [et al.] // *BJU Int.* – 2010. – Vol. 106. – P. 1753-1756.
148. Moore, J.X. Metabolic syndrome prevalence by race/ethnicity and sex in the United States, National health and nutrition examination survey, 1988 – 2012 / J.X. Moore, N. Chaudhary, T. Akinyemiju // *Prev. Chronic. Dis.* – 2017. – Vol. 14. – E. 24.
149. Monga, S.M. The risks of stone diagnosis and stone removal procedure after different bariatric procedures / S.M. Monga, J.M. Vetter, M.A. Olsen [et al.] // *J. Endourol.* – 2021. – Vol. 35, № 5. – P. 674-681.

150. Morales-Martinez, A. Urinary stone epidemiology in Spain and worldwide / A. Morales-Martinez, M. Melgarejo-Segura, M.A. Arrabal-Polo // Arch. Esp. Urol. – 2021. – Vol. 74, № 1. – P. 4-14.
151. Mykoniatis, I. Are endourological procedures for nephrolithiasis treatment associated with renal injury? A review of potential mechanisms and novel diagnostic indexes / I. Mykoniatis, P. Sarafidis, D. Memmos [et al.] // Clin. Kidney J. – 2020. – Vol. 13, № 4. – P. 531-541.
152. Nackeeran, S. Association between sex hormones and kidney stones: analysis of the national health and nutrition examination survey / S. Nackeeran, J. Katz, R. Ramasamy, R. Marcovich // World J. Urol. – 2021. – Vol. 39, № 4. – P. 1269-1275.
153. Ng, F.C. Ultrasound-guided percutaneous nephrolithotomy: advantages and limitations / F.C. Ng, W.L. Yam, T.Y. Lim [et al.] // Investig. Clin. Urol. – 2017. – Vol. 58, № 5. – P. 346-352.
154. Nottingham, C. A comparison of perioperative stone-free rate and complications following unilateral, single-access percutaneous nephrolithotomy by access location in 767 patients / C. Nottingham, T. Large, J.E. Lingeman, A.E. Krambeck // Urology. – 2020. – Vol. 142. – P. 70-75.
155. Noureldin, Y.A. Do percutaneous nephrolithotomy outcomes depend on the way stone burden is measured? / Y.A. Noureldin, S. Andonian // J. Endourol. – 2017. – Vol. 29, № 9. – P. 975-977.
156. Noureldin, Y.A. Is there place for virtual reality simulators in assessment of competency in percutaneous renal access? / Y.A. Noureldin, N. Fahmy, M. Anidjar, S. Andonian // World J. Urol. – 2016. – Vol. 34, № 5. – P. 733-739.
157. Noureldin, Y.A. Simulation for percutaneous access: where are we? / Y.A. Noureldin, S. Andonian // J. Endourol. – 2017. – Vol. 31, Suppl. 1. – S. 10-19.
158. Noureldin, Y.A. How to use virtual-reality simulators to assess competency in basic endourologic and robotic skills? / Y.A. Noureldin, M. Aloosh, S. Andonian // J. Endourol. – 2017. – Vol. 31. – P. S10-19.

159. Okhunov, Z. S.T.O.N.E. nephrolithometry: a novel surgical classification system for kidney calculi / Z. Okhunov, J.I. Friedlander, A.K. George [et al.] // *Urology*. – 2013. – Vol. 81. – P. 1154-1159.
160. Oo, M.M. Automated needle targeting with X-ray (ANT-X) – Robot-assisted device for percutaneous nephrolithotomy with its first successful use in human / M.M. Oo, H.R. Gandhi, K.T. Chong, J.Q. Goh // *J. Endourol.* – 2021. – Vol. 35, № 6. – P. e 919.
161. Ozgur, B.C. 3D printing in urology: is it really promising? / B.C. Ozgur, A. Ayyildiz // *Turk J. Urol.* – 2018. – Vol. 44, № 1. – P. 6-9.
162. Papatsoris, A.G. Use of a virtual reality simulator to improve percutaneous renal access skills: a prospective study in urology trainees / A.G. Papatsoris, T. Shaikh, D. Patel [et al.] // *Urol. Int.* – 2012. – Vol. 89, № 2. – P. 185-190.
163. Parkhomenko, E. Pilot assessment of immersive virtual reality renal models as an educational and preoperative planning tool for percutaneous nephrolithotomy / E. Parkhomenko, M. O’Leary, S. Safiullah [et al.] // *J. Endourol.* – 2019. – Vol. 33. – P. 283-288.
164. Penniston, K.L. Diet and kidney stones: the ideal questionnaire / K.L. Penniston // *Eur. Urol. Focus.* – 2021. – Vol. 7, № 1. – P. 9-12.
165. Poudyal, S. Current insights on haemorrhagic complications in percutaneous nephrolithotomy / S. Poudyal // *Asian J. Urol.* – 2022. – Vol. 9. – P. 81-93.
166. Pulido-Contreras, E. Percutaneous nephrolithotomy with ultrasound-assisted puncture: does the technique reduce dependence on fluoroscopic ionizing radiation / E. Pulido-Contreras, M. A. Garsia-Padilla, J. Medrano-Sanchez [et al.] // *World J. Urol.* – 2021. – Vol. 39, № 9. – P. 3579-3585.
167. Quirke, K. Learning curves in urolithiasis surgery: a systematic review / K. Quirke, A. Abdullatif, O. Brunckhorst [et al.] // *J. Endourol.* – 2018. – Vol. 32, № 11. – P. 1008-1020.
168. Quhal, F. Guideline of the guidelines: urolithiasis / F. Quhal, C. Seitz // *Curr. Opin Urol.* – 2021. – Vol. 31, № 2. – P. 125-129.

169. Radfar, M.H. A study on comparative outcomes of totally ultrasonography-guided percutaneous nephrolithotomy in prone versus flank position: a randomized clinical trial / M.H. Radfar, M. Nasiri, H. Shemshaki [et al.] // *World J. Urol.* – 2021. – Vol. 39, № 11. – P. 4241-4246.
170. Ritter, M. Laser-guided percutaneous kidney access with the Uro Dyna-CT: first experience of three-dimensional puncture planning with an ex vivo model / M. Ritter, M.C. Rassweiler, A. Hacker, M.C. Michel // *World J. Urol.* – 2013. – Vol. 31, № 5. – P. 1147-1151.
171. Ritter, M. Radiation exposure during endourologic procedures using over-the table fluoroscopy sources / M. Ritter, P. Krombach, A. Martinschek [et al.] // *J. Endourol.* – 2012. – Vol. 26. – P. 47.
172. Ritter, M. The Uro Dyna-CT enables three-dimensional planned laser-guided complex punctures / M. Ritter, M.C. Rassweiler, M.C. Michel // *Eur. Urol.* – 2015. – Vol. 68. – P. 880-884.
173. Rodrigues, P.L. Collecting system percutaneous access using real-time tracking sensors: first pig model in vivo experience / P.L. Rodrigues, J.L. Vilaca, C. Oliveira [et al.] // *J. Urol.* – 2013. – Vol. 190. – P. 1932-1937.
174. Romero, V. Kidney stones: a global picture of prevalence, incidence, and associated risk factors / V. Romero, H. Akpınar, D.G. Assimos // *Rev. Urol.* – 2010. – Vol. 12 – P. 86-96.
175. Roy, O.P. Cone beam computed tomography for percutaneous nephrolithotomy: initial evaluation of a new technology / O. P. Roy, J. F. Angle, A.D. Jenkins, N.S. Schenkman // *J. Endourol.* – 2012. – Vol. 26. – P. 814-818.
176. Rudziński, M. Kidney stones are common in patients with short-bowel syndrome receiving long-term parenteral nutrition: A predictive model for urolithiasis / M. Rudziński, M. Ławiński, L. Gradowski [et al.] // *J. Parenter Enteral Nutr.* – 2021. – Vol. 46, № 3. – P. 671-677.
177. Sabler, I.M. Present indications and techniques of percutaneous nephrolithotomy: what the future holds? / I.M. Sabler, I. Katafigiotis, O.N. Gofrit, M. Duvdevani // *Asian J. Urol.* – 2018. – Vol. 5. – P. 287-294.

178. Saluk, J. Fellowship training in endourology: impact on percutaneous nephrolithotomy access patterns / J. Saluk, J. Ebel, J. Rose [et al.] // *Can. Urol. Assoc. J.* – 2022. – Vol. 16, № 2. – P. 76-81.
179. Shi Y. Can color doppler ultrasound challenge the paradigm in percutaneous nephrolithotomy? / Y. Shi, X. Yang, B. Mathis, W. Li // *J Endourol.* – 2022. – Vol. 36, № 3. – P. 373-380.
180. Scales, C.D. Prevalence of kidney stones in the United States / C.D. Scales, A.C. Smith, J.M. Hanley, C.S. Saigal // *Eur. Urol.* – 2012. – Vol. 62. – P. 160-165.
181. Scoffone, C.M. Invited review: the tale of ECIRS (endoscopic combined intrarenal surgery) in the Galdakao-modified supine Valdivia position / C.M. Scoffone, C.M. Cracco // *Urolithiasis.* – 2018. – Vol. 46, № 1. – P. 115-123.
182. Semins, M.J. The association of increasing body mass index and kidney stone disease / M.J. Semins, A.D. Shore, M.A. Makary [et al.] // *J. Urol.* – 2010. – Vol. 183. – P. 571-575.
183. Singh, P. Effects of horizontal versus vertical bolster orientation of kidney as applied to prone percutaneous nephrolithotomy / P. Singh, R. Nayyar, B. Bagga [et al.] // *World J. Urol.* – 2021. – Vol. 39, № 12. – P. 4471-4476.
184. Skenazy, J.F. Comparison of manual and computer assisted ultrasonic guidance for transparenchymal percutaneous renal needle placement / J.F. Skenazy, G. Mirabile, G.W. Hruby [et al.] // *J. Urol* – 2009. – Vol. 181. – P. 867-871.
185. Smith, A. Super-mini percutaneous nephrolithotomy / A. Smith, T. Aro // *Asian J. Urol.* – 2021. – Vol. 8, № 2. – P. 251-252.
186. Smith, B. 3D printing technology and its role in urological training / B. Smith, P. Dasgupta // *World J. Urol.* – 2020. – Vol. 38, № 10. – P. 2385-2391.
187. Smith, D.L. Radiation exposure during continuous and pulsed fluoroscopy / D.L. Smith, J.P. Heldt, G.D. Richards [et al.] // *J. Endourol.* – 2013. – Vol. 27. – P. 384-388.
188. Spradling, K. Evaluation of patient treatment preferences for 15 to 20 mm kidney stones: a conjoint analysis / K. Spradling, H.P. Bhambhani, T. Chang [et al.] // *J Endourol.* – 2021. – Vol. 35, № 5. – P. 706-711.

189. Stern, J. Percutaneous renal access simulators / J. Stein, I.S. Zeltser, M.S. Pearle // J. Endourol. – 2007. – Vol. 21. – P. 270-273.
190. Stone, J. Improved surgical outcomes after preoperative rehearsal using 3D printed patient specific simulation for percutaneous nephrolithotomy / J. Stone, R. Bonamico, E. Erturk, A. Ghazi // J. Urol. – 2017. – Vol. 197, № 4. – P. 807.
191. Sun, W. Ultrasound-guided percutaneous nephrolithotomy for the treatment in patients with kidney stones / W. Sun, M. Liu, Z. Yang [et al.] // Medicine (Baltimore). – 2017. – Vol. 96, № 51. – P. e9232.
192. Taguchi, K. Robot-assisted fluoroscopy –guided renal puncture for endoscopic combined intrarenal surger: a pilot single-centre clinical trial / K. Taguchi, S. Hamamoto, T. Kato [et al.] // BJU Int. – 2021. – Vol. 127, № 3. – P. 307-310.
193. Taguchi, K. Ureteroscopy-assisted puncture for ultrasonography-guided renal access significantly improves overall treatment outcomes in endoscopic combined intrarenal surgery / K. Taguchi, S. Yamashita, S. Hamamoto [et al.] // Int. J. Urol. – 2021. – Vol. 28, № 9. – P. 913-919.
194. Takarawa, R. S. Proposal for a simple anatomical classification of the pelvicaliceal system for endoscopic surgery / R. Takarawa, S. Kitayama, Y. Yuchida [et al.] // J. Endourol. – 2018. – Vol. 32, № 8. – P. 753-758.
195. Talati, V.M. Trends in urinary calculi composition from 2005 to 2015: a single tertiary center study / V.M. Talafi, R.M. Soares, A. Khambati [et al.] // Urolithiasis. – 2020. – Vol. 48, № 4. – P. 305-311.
196. Taniverdi, O. The learning curve in the training of percutaneous nephrolithotomy / O. Taniverdi, U. Boylu, M. Kendirci [et al.] // Eur. Urol. – 2007. – Vol. 52. – P. 206-211.
197. Tawfeek, A.M. Simultaneous antegrade and retrograde endourological approach in Galdakao-modified supine Valdivia position for the management of missed stents associated with complex renal stones: a non-randomized pilot study / A.M. Tawfeek, M. Elmoazen, A. Saafan [et al.] // Int. Urol. Nephrol. – 2021. – Vol. 53, № 2. – P. 211-217.

198. Taylor, E.R. Ocular radiation exposure in modern urological practice / E.R. Taylor, B. Kramer, Frye T.P. [et al.] // J. Urol. – 2013. – Vol. 190, № 1. – P. 139-143.
199. Thomas, K. The Guy's stone score – grading the complexity of percutaneous nephrolithotomy procedures / K. Thomas, N.C. Smith, N. Hegarty, J.M. Glass // Urology. – 2011. – Vol. 78. – P. 277-281.
200. Temel, M.C. Perioperative indices predicting fever following percutaneous nephrolithotomy / M.C. Temel, C. Ediz, S. Okcelik [et al.] // J. Coll. Physicians Surg Pak. – 2020. – Vol. 30, № 12. – P. 1306-1311.
201. Torricelli, F. Staghorn renal stones: what the urologist needs to know / F. Torricelli, M. Monga // Int. Braz. J. Urol. – 2020. – Vol. 46, № 6. – P. 927-933.
202. Trinchieri, A. Obesity and urolithiasis: evidence of regional influences / A. Trinchieri, E. Croppi, E. Montanari // Urolithiasis – 2017. – Vol. 45, № 3. – P. 271-278.
203. Tundo, G. Beyond prevalence: annual cumulative incidence of kidney stones in the United States / G. Tundo, A. Vollstedt, W. Meeks, V. Pais // J. Urol. – 2021. – Vol. 205, № 6. – P. 1704-1709.
204. Tundo, G. Gender equivalence in the prevalence of nephrolithiasis among adults younger than 50 years in the United States / G. Tundo, S. Khaleel, V.M. Pais // J. Urol. – 2018. – Vol. 200, № 6. – P. 1273-1277.
205. Turk, T.M. Incidence of urolithiasis in cystectomy patients after intestinal conduit or continent urinary diversion / T.M. Turk, F.C. Koleski, D.M. Albala // World J. Urol. – 1999. – Vol. 17. – P. 305-307.
206. Turney, B.W. A new model with an anatomically accurate human renal collecting system for training in fluoroscopy-guided percutaneous nephrolithotomy access / B.W. Turney // J. Endourol. – 2014. – Vol. 28, № 3. – P. 360-363.
207. Van den Broeck, T. Percutaneous nephrolithotomy with intraoperative computed tomography scanning improves stone-free rates / T. Van den Broeck, X. Zhu, A. Kusters [et al.] // J. Endourol. – 2021. – Vol. 35, № 3. – P. 267-273.

208. Vassileva, J. Radiation exposure of patients during endourological procedures: IAEA-SEGUR study / J. Vassileva, A. Zagorska, D. Basic [et al.] // *J. Radiol. Prot.* – 2020. – Vol. 40, № 4.
209. Veneziano, D. The SimPORTAL fluoro-less C-arm trainer: an innovative device for percutaneous kidney access / D. Veneziano, A. Smith, T. Reihsen [et al.] // *J. Endourol.* – 2015. – Vol. 29, № 2. – P. 240-245.
210. Vesper, J. Tubeless percutaneous nephrolithotomy: evaluation of minimal invasive exit strategies after percutaneous stone treatment / J. Vesper, H. Fajkovic, C. Seitz // *Curr. Opin Urol.* – 2020. – Vol. 30, № 5. – P. 679-683.
211. Vesper, J. Innovations in urolithiasis management / J. Vesper, V. Jahrreiss, C. Seitz // *Curr. Opin Urol.* – 2021. – Vol. 31, № 2. – P. 130-134.
212. Vicentini, F.C. Use of the Uro Dyna-CT in endourology the new frontier / F.C. Vicentini, L.A. Botelho, J.L. Braz [et al.] // *Int. Braz. J. Urol.* – 2017. – Vol. 43. – P. 762-765.
213. Vijayakumar, M. A novel biological model for training in percutaneous renal access / M. Vijayakumar, S. Balaji, A. Singh [et al.] // *Arab J. Urol.* – 2019. – Vol. 17, № 4. – P. 292-297.
214. Wagner, C.A. Etiopathogenic factors of urolithiasis / C.A. Wagner // *Arch. Esp. Urol.* – 2021. – Vol. 74, № 1. – P. 16-23.
215. Wang, K. Ultrasonographic versus fluoroscopic access for percutaneous nephrolithotomy: A meta-analysis / K. Wang, P. Zhang, X. Xu, M. Fan // *Urol. Int.* – 2015. – Vol. 95. – P. 15-25.
216. Wang, S. Tract dilation monitored by ultrasound in percutaneous nephrolithotomy: feasible and safe / S. Wang, Y. Zhang, X. Zhang [et al.] // *World J. Urol.* – 2020. – Vol. 38. – P. 1569-1576.
217. Wang, Y. Has the prevalence of overweight, obesity and central obesity levelled off in the United States? Trends, patterns, disparities, and future projections for the obesity epidemic / Y. Wang, M.A. Beydoun, J. Min [et al.] // *Int. J. Epidemiol.* – 2020. – Vol. 49. – P. 810-823.

218. Williams, J.C. Urine and stone analysis for the investigation of the renal stone former: a consensus conference / J.C. Williams, G. Gambaro, A. Rodgers [et al.] // *Urolithiasis*. – 2021. – Vol. 49, № 1. – P. 1-16.
219. Witting, C. Pathophysiology and treatment of enteric hyperoxaluria / C. Witting, C.B. Langman, D. Assimos [et al.] // *Clin. J. Am. Soc. Nephrol.* – 2021. – Vol. 16, № 3. – P. 487-495.
220. Woodhouse, C.R. Urolithiasis in enterocystoplasties / C.R. Woodhouse, W.G. Robertson // *World J. Urol.* – 2004. – Vol. 22. – P. 215-221.
221. Xia, D. Comparison of contrast-enhanced ultrasound-guided percutaneous nephrolithotomy in patients with nondilated collecting system: a randomized controlled trial / D. Xia, E. Peng, Y. Yu [et al.] // *Eur. Radiol.* – 2021. – Vol. 31, № 9. – P. 6736-6746.
222. Yang, Y.H. Ultrasound-guided versus fluoroscopy-guided percutaneous nephrolithotomy: A systematic review and meta-analysis / Y.H. Yang, Y.C. Wen, K.C. Chen, C. Chen // *World J. Urol.* – 2019. – Vol. 37. – P. 777-788.
223. Zampini, A.M. Factors affecting patient radiation exposure during prone and supine percutaneous nephrolithotomy / A.M. Zampini, J.N. Bamberger, K.R. Gupta [et al.] // *J. Endourol.* – 2021. – Vol. 35, № 10. – P. 1448-1453.
224. Zeng, G. European association of urology section of urolithiasis and international alliance of urolithiasis joint consensus on percutaneous nephrolithotomy / C. Zeng, W. Zhong, M. Pearle [et al.] // *Eur. Urol. Focus* – 2021. – Vol. 16. – P. S2405-4569 (21)00065-1. – Online ahead of print. Review.
225. Zhang, Y. Validation of a novel non-biological bench model for the training of percutaneous renal access / Y. Zhang, C.F. Yu, S.H. Jin [et al.] // *Int. Braz J. Urol.* – 2014. – Vol. 40. – P. 87-92.
226. Zhu W. A prospective and randomised trial comparing fluoroscopic, total ultrasonographic, and combined guidance for renal access in mini-percutaneous nephrolithotomy / W. Zhu, J. Li, J. Yuan [et al.] // *BJU Int.* – 2017. – Vol. 119. – P. 612-618.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Приложение А
(справочное)

Патент № 193069



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11)**193 069**⁽¹³⁾ **U 1**(51) МПК
G09B 23/28 (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**(12) ФОРМУЛА ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**(52) СПК
G09B 23/28 (2006.05)

(1)(22) Заявка: 2019119585, 21.06.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
21.06.2019Дата регистрации:
11.10.2019

Приоритеты:

(22) Дата подачи заявки: 21.06.2019

(45) Опубликовано: 11.10.2019 Бюл. № 29

Адрес для переписки:

191015, Санкт-Петербург, ул. Карочная, 41,
ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И. Мечникова,
патентно-лицензионный отдел, зав. отделом
Олисовой Н.В.

(72) Авторы:

Гуляев Билал Гидаят оглы (RU),
Кожьяков Борис Кириллович (RU),
Ташминский Али Эльманович (RU),
Степак Евгений Олегович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Северо-Западный
государственный медицинский университет
им. И.И. Мечникова" Министерства
здравоохранения РФ (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 285706 U1, 14.12.2018; RU 2691524
C1, 14.06.2019; WO 2019012868 A1, 17.01.2019;
US 2016148541 A1, 26.05.2018.

(54) ИНДИВИДУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ЧАШЕЧНО-ЛОХАНОЧНОЙ СИСТЕМЫ ПОЧКИ

(57) Формула полезной модели

Индивидуальная модель чашечно-лоханочной системы (ЧЛС) почки, выполненная из пластика ABS (акрилонитрилбутадиенстирол) и напечатанная на 3D принтере, наружная поверхность которой является копией наружной поверхности ЧЛС почки, отличающаяся тем, что полезная модель выполнена сборно-разборной и состоит из 3 частей, соответствующих трем группам чашечек ЧЛС почки - верхней, средней и нижней, все 3 части выполнены цветными и цвет каждой из частей отличается друг от друга, при этом каждая из них, в свою очередь, состоит из двух сборно-разборных компонентов, все 6 компонентов индивидуальной модели ЧЛС почки выполнены полыми и их внутренняя поверхность является копией внутренней поверхности ЧЛС почки.

RU 1 9 3 0 6 9 U 1

RU 1 9 3 0 6 9 U 1