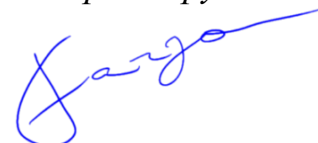


ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ ПЕРВЫЙ МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
И.М. СЕЧЕНОВА МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (СЕЧЕНОВСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

На правах рукописи



Турсунова Фарзона Исмоилжоновна

Инновации в технике выполнения перкутанной нефролитотомии

3.1.13. Урология и андрология

Диссертация

на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Научный руководитель:

доктор медицинских наук

Акопян Гагик Нерсесович

Москва – 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ. ЭВОЛЮЦИЯ ПЕРКУТАННОЙ ХИРУРГИИ	13
1.1. Инновационные методики в технике выполнения перкутанной нефролитотомии	13
1.1.1. История развития техники перкутанной нефролитотомии в урологии	13
1.1.2. Современные тенденции и инновации	15
1.1.2.1. Разнообразные техники перкутанной нефролитотомии	15
1.1.2.2. Инновации в энергетических инструментах	19
1.1.2.3. Инновации в пункции	20
1.2. Пункция и формирование нефростомического хода. Директивная пункция ..	21
1.3. Аспирация и эвакуация фрагментов конкрементов, инновационные инструменты для аспирации	26
1.3.1. Внутрилоханочное давление	27
1.3.2. Связь инфекционных осложнений с внутрпочечным давлением	28
1.3.3. Система Clear Petra	30
1.3.4. Супермини-перкутанная нефролитотомия	32
1.3.5. Суперперк (Кожух Shah)	35
1.3.6. Кожух для миниперкутанной нефролитотомии	36
1.4. Диагностика, предоперационная визуализация и интраоперационная навигация. Использование смешанной реальности в перкутанной хирургии	38
1.5. Заключение по литературному обзору	41
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ	42
2.1. Дизайн исследования	42
2.2. Характеристика пациентов	44
2.3. Техника выполнения миниперкутанной нефролитотомии (контрольная группа)	56
2.4. Техника выполнения директивной пункции	57
2.5. Техника выполнения суперминиперкутанной нефролитотомии	57

2.6. Техника выполнения миниперкутанной нефролитотомии с применением смешанной визуализации	59
2.7. Оценка результатов исследования и статистическая обработка данных	61
ГЛАВА 3. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ИННОВАЦИОННЫХ МЕТОДИК ПО СРАВНЕНИЮ СО СТАНДАРТНОЙ МИНИПЕРКУТАННОЙ НЕФРОЛИТОТОМИЕЙ.....	63
3.1. Результаты оперативного лечения в группе миниперкутанной нефролитотомии с применением директивной пункции	63
3.2. Результаты оперативного лечения в группе суперминиперкутанной нефролитотомии	74
3.3. Результаты оперативного лечения в группе смешанной реальности	83
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	91
ВЫВОДЫ	96
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	97
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	98
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	99

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Мочекаменная болезнь (МКБ) является одним из самых распространенных заболеваний в урологической практике, частота встречаемости варьирует от 1 до 20% [21, 23, 66]. При анализе распространенности МКБ в Российской Федерации отмечается устойчивая тенденция увеличению количества случаев заболевания уролитиазом с 2005 по 2020 годы [10]. За указанный период заболеваемость МКБ выросла на 34,45 %, что ставит эту проблему в ряд актуальных вопросов общественного здравоохранения. Таким образом, наличие большого числа пациентов с этой патологией требует постоянного поиска эффективных методов лечения.

Несмотря на наличие существующих подходов к лечению МКБ, таких как медикаментозная терапия и различные хирургические методы лечения (дистанционная ударно-волновая литотрипсия, перкутанная нефролитотомия (ПНЛ), гибкая уретероскопия, контактная уретеролитотомия [65], лапароскопическая и открытая хирургия), многие из них имеют свои ограничения.

Перкутанная нефролитотомия (ПНЛ) является стандартом лечения крупных конкрементов почки и обеспечивает высокую частоту избавления от камней (stone-free rate, SFR), менее инвазивна, чем открытая хирургия [12, 23, 25, 32, 67]. С момента своего внедрения ПНЛ постоянно совершенствуется благодаря развитию технологий и появлению новых методик, направленных на повышение эффективности и безопасности лечения, а также комфорта пациентов. Однако, несмотря на имеющиеся данные литературы об инновационных подходах в технике выполнения ПНЛ, их эффективность и безопасность изучены недостаточно.

Настоящая диссертация посвящена изучению и оценке трех инновационных подходов, которые открывают новые горизонты в лечении уролитиаза:

- 1) мПНЛ с применением директивной пункции чашечно-лоханочной системы (ЧЛС) без установки мочеточникового катетера (дПНЛ)

- 2) мПНЛ с применением аспирационного кобуха - супермини-ПНЛ (СМП)
- 3) мПНЛ с применением технологии смешанной реальности для интраоперационной визуализации (СР)

Первый инновационный метод, рассматриваемый в данной работе, — это пункция ЧЛС без предварительной установки мочеточникового катетера и ретроградной пиелографии, известная как директивная пункция. Традиционно установка мочеточникового катетера используется для контрастирования ЧЛС, что облегчает выполнение пункции. Однако, директивная пункция позволяет исключить этот этап, что сокращает время операции и снижает риск осложнений, связанных с ретроградным доступом. Данный метод требует высокой квалификации хирурга и использования современных визуализационных технологий для точного позиционирования иглы.

Второй инновационный подход — суперминиперкутанная нефролитотомия с применением аспирации и эвакуации фрагментов конкрементов. Данный метод сочетает в себе преимущества миниатюризации инструментов и активной аспирации, что позволяет эффективно удалять камни с минимальной травматизацией почечной паренхимы. Уменьшение диаметра инструментов снижает риск кровотечений и ускоряет восстановление пациентов, делая процедуру более безопасной и комфортной.

Третий инновационный метод — использование смешанной реальности при выполнении перкутанной нефролитотомии. Смешанная реальность позволяет интегрировать данные компьютерной томографии (КТ) и ультразвукового исследования, создавая интерактивную 3D-модель, которая помогает хирургу в планировании и выполнении операций. Технологии дополненной и виртуальной реальности предоставляют хирургу возможность визуализировать анатомические структуры в режиме реального времени, что повышает точность и безопасность процедуры. За последние 10 лет были разработаны 3D технологии, которые помогают хирургу улучшить визуализацию и адаптироваться под анатомию каждого пациента [96].

Вышеуказанные инновации направлены на сокращение этапов операции, оптимизацию аспирации фрагментов и улучшение навигации во время вмешательства, что может способствовать повышению эффективности и безопасности лечения пациентов с МКБ.

Таким образом, перечисленные инновации представляют собой значительный шаг вперед в развитии перкутанной нефролитотомии, предлагая новые решения для улучшения клинических исходов и повышения уровня удовлетворенности пациентов. В рамках данной диссертации будет проведен анализ эффективности и безопасности этих методов, а также их потенциала для дальнейшего внедрения в клиническую практику.

Степень разработанности темы исследования

Анализ литературы выявил, что одними из наиболее значимых нововведений в перкутанной хирургии являются подходы, которые фокусируются на сокращении количества этапов операции (дПНЛ), оптимизации процесса аспирации с помощью специальных тубусов (супермини-ПНЛ (СМП)) и улучшении навигации во время операции благодаря использованию смешанной реальности (СР). Данные инновации направлены на снижение осложнений и улучшение качества лечения пациентов с МКБ.

Однако, несмотря на появление этих инновационных методик, в литературе недостаточно данных об их эффективности и безопасности по сравнению со стандартной методикой мПНЛ. Не изучено, насколько применение дПНЛ, СМП и СР влияет на основные показатели эффективности (частота избавления от камней, длительность операции) и безопасности (кровопотеря, функция почек, частота осложнений) по сравнению с традиционной мПНЛ. Также не определено, в каких клинических ситуациях применение этих инновационных методик будет наиболее целесообразно.

В связи с этим в рамках данной диссертационной работы мы предлагаем комплексно изучить эффективность и безопасность указанных инновационных

подходов, а также оценить их потенциал для внедрения в клиническую практику. Полученные результаты позволят дать ответы на вопросы о преимуществах и ограничениях использования дПНЛ, СМП и СР при лечении пациентов с МКБ.

Цель и задачи исследования

Цель исследования: улучшить результаты лечения больных с мочекаменной болезнью (МКБ).

Задачи исследования:

- 1) Оценить эффективность (SFR, длительность операции) и безопасность (объём кровопотери, почечная функция, частота осложнений по Clavien-Dindo, оценка визуализации хирургом по шкале Ликерта) ПНЛ с применением директивной пункции (дПНЛ);
- 2) Определить эффективность (SFR, длительность операции, длительность и частота пункции) и безопасность (объём кровопотери, почечная функция, частота осложнений по Clavien-Dindo, оценка визуализации хирургом по шкале Ликерта) использования аспирационного кожуха для аспирации и эвакуации фрагментов камней (СМП);
- 3) Определить эффективность (SFR, длительность операции) и безопасность (объём кровопотери, почечная функция, частота осложнений по Clavien-Dindo, оценка визуализации хирургом по шкале Ликерта) применения технологии смешанной реальности при выполнении перкутанной нефролитотомии (СР).

Научная новизна

Работа представляет собой первое в мире исследование, в котором будет проведена оценка эффективности и безопасности инновационных техник выполнении миниперкутанной нефролитотомии, таких как:

- 1) директивная пункция ЧЛС при выполнении мПНЛ (дПНЛ)
- 2) применение тубуса с активной аспирацией при мПНЛ (СМП)

3) применение технологии смешанной реальности для интраоперационной визуализации при мПНЛ (СР)

Теоретическая и практическая значимость работы

В ходе работы были проанализированы результаты безопасности и эффективности инновационных методик. Были оценены параметры безопасности операции, связанные с кровотечением (снижение гемоглобина), почечной функцией, определена частота осложнений по Clavien-Dindo [58]. Также были изучены результаты эффективности оперативного вмешательства (SFR, длительность операции) с применением инновационных методик. Дополнительно были изучены субъективные показатели, такие как качество интраоперационной визуализации по шкале Ликерта.

Также были разработаны практические рекомендации по применению инновационных методик и определению группы пациентов, для которых применение инновационных методик было бы наиболее целесообразно.

Разработана и детально описана методология выполнения дПНЛ, СМП и СР.

Методология и методы исследования

Исследование выполнено согласно с положениями Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных исследований с участием человека», с поправками от 2008 г., «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными приказом Минздрава РФ от 19.06.2003 г. № 266 и получило одобрение Локального этического комитета Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет) (протокол № 13-22 от 22.06.2022). Все пациенты подписывали информированное добровольное согласие на участие в исследовании.

Методики исследования:

1) Проведение отобранным пациентам стандартной мПНЛ (группа контроля) или одной из инновационных методик:

- дПНЛ
- СМП
- СР

2) Выполнение КТ на следующий день после операции.

Статистический анализ проводился с использованием программы StatTech v. 4.1.4 (разработчик - ООО "Статтех", Россия).

Личный вклад автора

Автор лично принимала непосредственное участие в разработке дизайна и выборе направления диссертационного исследования. В качестве ассистента принимала участие в выполнении перкутанной нефролитотомии у пациентов, вошедших в исследование. Осуществляла наблюдение за пациентами в послеоперационном периоде, собирала полученные данные и выполняла статистическую обработку данных. Автором проведен анализ полученных результатов и их обсуждение в научных публикациях и докладах, а также внедрение их в практику.

Положения, выносимые на защиту

1) дПНЛ является эффективным и безопасным методом, позволяющим достичь высоких показателей полного удаления камней (93,3%) при сохранении профиля безопасности и значимом сокращении времени оперативного вмешательства на 23% по сравнению со стандартной методикой.

2) Применение СМП обеспечивает высокую эффективность лечения (96,7% полного удаления камней) при сопоставимом профиле безопасности со

стандартной методикой и позволяет достоверно сократить длительность операции на 25%.

3) Интеграция технологии смешанной реальности в процедуру ПНЛ статистически значимо улучшает качество интраоперационной визуализации и навигации, что подтверждается более высокими показателями по шкале Ликерта, при сохранении эффективности и безопасности хирургического вмешательства.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертационная работа соответствует Паспорту научной специальности 3.1.13. Урология и андрология, пункту 3 направлений исследований «Экспериментальная и клиническая разработка методов лечения урологических и андрологических заболеваний и внедрение их в клиническую практику».

Степень достоверности и апробация результатов

Достоверность выводов исследования подтверждается достаточным объемом наблюдений и корректно подобранными современными методами. Обработка данных проводилась с применением актуальных статистических методов и методов анализа информации.

Основные положения и результаты диссертационной работы доложены и обсуждены на следующих мероприятиях:

- 1) «Директивная пункция по сравнению с установкой мочеточникового катетера при перкутанной нефролитотомии» XXII Конгресс Российского общества урологов (14-17 сентября 2022 года, Москва);
- 2) «Comparison of Mini PCNL versus Super-Mini PCNL: A Prospective Randomised Controlled Study» 43-й Конгресс Международного урологического общества (SIU) (11-14 октября 2023 года, Стамбул);
- 3) «Перспективное рандомизированное сравнительное исследование эффективности и безопасности мини-ПНЛ и гибкой УРС с применением

аспирационного кожуха при камнях почек от 2 до 3 см». XXIV Конгресс Российского общества урологов (12-14 сентября 2024 года, Екатеринбург);

4) «Миниперк с аспирационным кожухом». XVII Всероссийская урологическая видеоконференция «Оперативное лечение заболеваний органов мочеполовой системы» (24-25 января 2025 года, Москва).

Внедрение результатов диссертационного исследования в практику

Основные научные положения, выводы и рекомендации кандидатской диссертации Турсуновой Фарзоны Исмоилжоновны на тему «Инновации в технике выполнения перкутанной нефролитотомии» внедрены в учебный процесс Института урологии и репродуктивного здоровья человека ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) при чтении лекций и проведении семинарских занятий студентов 4-го курса при изучении дисциплины «Урология» по специальности 31.05.01. «Лечебное дело». Акт № 624 от 07.04.2025.

Основные научные положения, выводы и рекомендации кандидатской диссертации Турсуновой Фарзоны Исмоилжоновны на тему «Инновации в технике выполнения перкутанной нефролитотомии» внедрены в лечебный процесс онкологического урологического отделения Университетской клинической больницы №2 Клинического центра ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). Акт № 612 от 07.04.2025.

Публикации по теме диссертации

По результатам исследования автором опубликовано 9 работ, в том числе 2 научных статьи в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий Сеченовского Университета / Перечень ВАК при Минобрнауки России, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук; 3 статьи в изданиях, индексируемых

в международных базах Scopus, PubMed; 4 публикации в сборниках материалов международных и всероссийских научных конференций (из них 1 - зарубежной конференции).

Структура и объем диссертации

Диссертация изложена на 114 страницах текста компьютерной верстки, состоит из введения, трёх глав, заключения, выводов, перечня практических рекомендаций, списка сокращений и условных обозначений и списка литературы. Работа содержит 29 таблиц, 19 диаграмм и 16 рисунков. Список литературы включает 132 источника, из которых 34 отечественных и 98 зарубежных.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ. ЭВОЛЮЦИЯ ПЕРКУТАННОЙ ХИРУРГИИ

1.1. Инновационные методики в технике выполнения перкутанной нефролитотомии

1.1.1. История развития техники перкутанной нефролитотомии в урологии

Перкутанная нефролитотомия (ПНЛ) занимает важное место в современной урологии [91]. Указанная техника прошла долгий путь эволюции от первых попыток до высокотехнологичной процедуры [73]. Первое успешное извлечение камня почки через чрескожный нефротомический ход было описано в 1976 году Fernstrom и Johansson [70]. Данный метод, изначально задуманный как альтернатива открытым хирургическим вмешательствам для удаления крупных и коралловидных камней, стал революционным шагом в лечении МКБ. Впервые перкутанный доступ позволил удалять камни через небольшой кожный разрез, значительно сокращая послеоперационную травматизацию и время восстановления пациентов.

В 1970-х годах традиционные методы удаления почечных камней, такие как открытая нефролитотомия, сопровождались высоким уровнем осложнений, особенно у пациентов с крупными коралловидными камнями. По данным исследований, открытые операции имели частоту осложнений около 25-30% [132], в то время как ПНЛ показала значительное снижение частоты осложнений до 10-15% [70]. Длительный реабилитационный период был серьезной проблемой, а появление ПНЛ значительно изменило подход к лечению МКБ, что подтверждается дальнейшими исследованиями. Первые исследования по ПНЛ в России были проведены Морозовым А.В. и Мартовым А.Г. [20], а в 1988 году профессор Мартов А.Г. представил результаты 437 операций.

Техника перкутанной хирургии продолжила совершенствоваться в 1980-е годы благодаря улучшению визуализации, использованию рентгеноскопического

контроля и ультразвуковых методов навигации. Внедрение рентгеновской навигации и ультразвуковых технологий позволило значительно повысить точность перкутанного доступа к камням, что привело к снижению частоты осложнений и уменьшению повреждения почечной паренхимы. Так, частота кровотечения снизилась с 15% до 5-10% [84]. Также были разработаны энергетические инструменты для дробления камней, такие как ультразвуковые и пневматические литотрипторы, что облегчило процесс разрушения камней, и вследствие этого процедура стала еще более эффективной [50].

К 1990-м годам совершенствование эндоскопической техники позволило улучшить визуализацию и контроль над манипуляциями. Широкое распространение гибких нефроскопов и современных литотрипторов, таких как пневматические и лазерные устройства, стало основой для более безопасных и эффективных операций. Статистические данные подтверждают снижение осложнений до 5-10% [39], особенно при использовании гибких эндоскопов и современных литотрипторов.

Появление мПНЛ в начале 2000-х годов стало важным шагом вперед [4]. Данный метод использует инструменты меньшего диаметра (до 14 Ch), что обеспечивает меньшую травматизацию тканей. Исследования показывают, что частота осложнений при мПНЛ составляет всего 4-6% [57], а продолжительность госпитализации сокращается до 2-3 дней, что подтверждают многочисленные клинические данные [106].

Таким образом, история развития перкутанной нефролитотомии демонстрирует значительный прогресс в лечении МКБ. С первых успешных операций в 1970-х годах ПНЛ показала высокую эффективность, что подтверждается статистическими данными. Сегодня эта процедура остаётся одной из наиболее эффективных и безопасных в урологии, с продолжением развития благодаря внедрению новых технологий, что открывает перспективы дальнейшего улучшения результатов лечения [54].

Эндоурология – самая развивающаяся область урологии, в которой технологии играют решающую роль. Благодаря современным технологиям

открытая литоэкстракция сейчас перекечевала из современных рекомендаций по лечению МКБ в исторические книги по хирургии [108].

За последнее десятилетие были предложены значительные технические инновации, которые в ходе экспериментов привели к улучшению предоперационной диагностики и планирования операции, миниатюризации ПНЛ, и помогли улучшить фрагментацию и эвакуацию конкрементов.

1.1.2. Современные тенденции и инновации

На сегодняшний день ПНЛ остаётся «золотым стандартом» для удаления крупных и коралловидных камней в почках, с успешностью процедуры более 90% [62]. Тем не менее, традиционная ПНЛ связана с высокой частотой осложнений, таких как кровотечения, которые иногда требуют переливания крови. Указанные осложнения напрямую зависят от размера нефростомического канала [68].

1.1.2.1. Разнообразные техники перкутанной нефролитотомии

В последние 20 лет наблюдается тенденция к уменьшению размеров инструментов до менее 20 Ch с целью снижения осложнений, связанных с классической ПНЛ [68, 70].

Благодаря усовершенствованию техники были разработаны такие методы, как мПНЛ [114], ультрамини-ПНЛ [123] и микро-ПНЛ (применяемая с 2011 года).

В 1997 году группа исследователей под руководством M.Helal разработала методику чрескожного удаления камней почки с применением мини-эндоскопа, известную как «миниперк» (miniperc) [114]. Миниперкутанная нефролитотомия (мПНЛ) всё чаще становится альтернативой ДЛТ и стандартной ПНЛ благодаря минимальному риску осложнений и высокой эффективности в удалении камней до 3 см за одну процедуру. Ключевое преимущество метода — уменьшенный диаметр инструментов, который снижает травматизацию почечной паренхимы и, как следствие, частоту послеоперационных осложнений.

Важным достоинством мПНЛ является так называемый «эффект пылесоса» [5] — пассивная эвакуация фрагментов потоком жидкости. Поскольку данный способ не требует применения корзин или щипцов, он предотвращает проблему снижения притока жидкости и ухудшения эндоскопической видимости, тем самым повышая эффективность хирургического вмешательства. Уникальная форма и оптимизированная конструкция тубуса в сочетании с постоянным потоком ирригационной жидкости создают условия для возникновения «эффекта пылесоса». Для дробления камней используются лазерные или пневматические литотриптеры. Важным тактическим преимуществом мПНЛ является возможность быстрого перехода к стандартной ПНЛ, а также выполнения гибкой нефроскопии для поиска остаточных фрагментов [30].

В 2013 году Д.С. Меринов совместно с коллегами [18] представил международные данные и собственный опыт лечения 36 пациентов, в которых продемонстрированы преимущества миниперкутанной нефролитотомии с точки зрения эффективности и безопасности. Исследования показывают, что увеличение диаметра нефростомического канала связано с повышенным риском кровотечений.

Исследовательская группа под руководством А.Г. Мартова продемонстрировала высокую эффективность миниперкутанной нефролитотомии (мПНЛ). При лечении 55 пациентов с камнями размером до 2,3 см, показатель полного очищения почек (SFR) через 4-6 недель составил 96% (53 пациента). В другом исследовании те же авторы применили ультрамини-ПНЛ у 60 пациентов с одиночными камнями до 2,0 см или множественными конкрементами суммарным размером до 2,5 см. Используя оборудование малого диаметра (нефроскоп 7,5 Ch и тубус 12 Ch), они достигли успешного результата после одной процедуры у 80% больных [15, 16].

Вышеописанные исследования демонстрируют, что по сравнению со стандартной ПНЛ (более 22 Ch), мПНЛ (12–22 Ch) имеет меньше осложнений, таких как кровопотеря и необходимость переливания крови, а также сокращает время госпитализации. При этом показатели полного удаления камней остаются

сопоставимыми. Таким образом, мПНЛ сохраняет высокую эффективность перкутанной хирургии и устраняет недостатки более крупных доступов.

Однако мПНЛ также имеет свои недостатки. Уменьшение размера инструмента может ухудшать видимость в ограниченном пространстве и затруднять эвакуацию фрагментов камней. Для улучшения видимости часто требуется увеличить ирригацию, что может привести к неконтролируемому повышению давления в чашечно-лоханочной системе (ЧЛС). Высокое внутрипочечное давление может способствовать развитию инфекционных осложнений. Для удаления фрагментов может потребоваться их дробление на более мелкие части, что увеличивает продолжительность операции.

Учитывая недостатки метода мПНЛ, в 2012 году был разработан тубус для аспирации, предложенный Zeng G. и соавт. [106]. Данный инновационный инструмент включает ответвление для активной или пассивной аспирации жидкости и эвакуации фрагментов. Новый тубус предназначен не только для улучшения удаления фрагментов, но и для повышения видимости и предотвращения избыточного повышения внутрипочечного давления. Описанная методика получила название суперминиперкутанная нефролитотомия (СМП), и было опубликовано несколько исследований, подтверждающих ее безопасность и эффективность.

На сегодняшний день существует несколько видов малоинвазивного удаления камней через прокол в почке (ПНЛ), которые отличаются толщиной инструментов. Недавно была создана усовершенствованная методика — ультрамини-ПНЛ, позволяющая проводить операцию через очень узкий прокол диаметром 13Ch [36, 55].

Результаты исследований, проведённых различными авторами (J. Desai и соавт. [36, 55]; M.S. Agrawal и соавт. [43, 125]; A. Tepeler и соавт. [121]), подтверждают высокую эффективность ультрамини-ПНЛ (85–99%) при удалении конкрементов размером не более 2 сантиметров.

В 2011 году M.R. Desai и его коллеги разработали и предложили усовершенствованную методику чрескожной нефролитотомии. Её ключевой

инновацией стало выполнение доступа в почку и удаления конкремента за один этап. Это стало возможным благодаря применению «всевидающей» иглы калибра 4,85 Ch (микроПНЛ) или инструментов диаметром 8 Ch (мини-микроПНЛ) [102].

Согласно исследованию Natipoglu et al. (2014), микроПНЛ демонстрирует успешность в 82,14% при камнях $15,1 \pm 5,15$ (6-32) мм [78].

Согласно исследованию Tuna Karatag и соавт. (2015), в котором проанализировали 100 операций микроПНЛ, эффективность метода достигла 94% при частоте периоперационных осложнений 9%. На основании полученных результатов авторы заключают, что микроПНЛ может служить альтернативой дистанционной литотрипсии (ДЛТ) и ретроградной внутрпочечной хирургии (РИРХ) для лечения конкрементов размером до 1 см, а также является предпочтительным методом в случае выбора пациента [85]. Данная точка зрения поддерживается многими другими исследователями [78, 86, 97, 102, 110, 120].

В 2015 году О.В. Теодорович совместно с коллегами представил опыт лечения 46 пациентов с коралловидными камнями почек с использованием мини-, ультрамини- и микро-ПНЛ. Количество чрескожных доступов варьировалось: у 18 пациентов — один, у 20 — два, у 5 — три, а у 3 пациентов потребовалось от четырех до пяти доступов. В 18 случаях операция выполнялась с фиброскопами. Общий показатель полного очищения почек (SFR) достиг 87% (40 из 46 пациентов) [17].

В исследовании С.В. Попова (2016), посвященном оценке эффективности микроПНЛ у 28 пациентов с конкрементами до 1,5 см, был достигнут 100% уровень избавления от камней. Вмешательства выполнялись с использованием наборов для микроПНЛ диаметром 5 и 8 Ch. При средней продолжительности госпитализации в 2 дня серьезные интра- и послеоперационные осложнения зафиксированы не были [29].

Аляев Ю.Г. и его соавторы (2017) разработали способ эвакуации фрагментов конкрементов из полости почки при ультраминиперкутанной нефролитотомии путем установки мочеточникового кожуха в ЧЛС и вымывания фрагментов током жидкости [5, 7, 27, 28, 75].

В 2017 году Kaushik Shah с соавторами представили новую минимально инвазивную методику — «Superperc» [101]. Её отличительными особенностями являются использование педиатрического уретероскопа (4,5/6 Fr) в качестве нефроскопа, тонких инструментов (10/12 Ch) и система односторонней ирригации через ретроградно установленный мочеточниковый катетер с одновременной аспирацией фрагментов. Применение метода у 52 пациентов с конкрементами до 37 мм продемонстрировало высокую эффективность: частота избавления от камней (SFR) достигла 96,15% при частоте осложнений 5,7%. В 61,5% случаев вмешательство завершилось установкой мочеточникового катетера.

1.1.2.2. Инновации в энергетических инструментах

Современные лазерные системы, такие как гольмиевый (Ho) и тулиевый лазеры, обеспечивают высокую эффективность разрушения камней [31]. Разработаны специальные режимы лазеров: «мозес» (Moses), «дастинг» (dusting), «попкорнинг» (popcorning).

Также проводятся исследования экспериментальных энергий. Али С.Х. с соавт. представил результаты экспериментальных исследований, подтверждающих эффективность использования электрохимического плазменного разряда для разрушения почечных камней. Оценивалась скорость фрагментации мочевых камней в зависимости от мощности плазменного разряда и продолжительности лечения. Процесс плазмокинетической литотрипсии оказался эффективным для разрушения различных типов мочевых камней. Результаты позволяют сделать вывод о том, что плазмокинетическое разрушение почечных конкрементов является принципиально новым, эффективным и экономичным методом, который хорошо сочетается с технологиями радиочастотной хирургии в солевом растворе для лечения патологических процессов в урологии [61].

1.1.2.3. Инновации в пункции

Одним из важных направлений является совершенствование методов пункции. Согласно диссертационному исследованию Калинина Н.Е. использование малотравматичной иглы MG позволяет свести к минимуму осложнения перкутанной нефролитотомии - в частности, кровотечения, за счет сохранения целостности паренхиматозных структур почки (клубочки, канальцы и полнокровные сосуды) благодаря бужированию атравматичным мандреном-бульбом [11, 24, 26].

Традиционно пункция ЧЛС при ПНЛ выполняется под рентгеноскопическим и/или ультразвуковым контролем. Однако эти методы имеют ряд ограничений: двумерная визуализация, лучевая нагрузка, зависимость от опыта хирурга. В последние годы активно разрабатываются и внедряются инновационные технологии, направленные на преодоление этих ограничений.

Смешанная реальность (mixed reality, MR) представляет собой технологию, объединяющую элементы дополненной и виртуальной реальности, позволяющую интегрировать виртуальные объекты в реальное окружение в режиме реального времени [96]. Применение СР в ПНЛ основано на предоперационной обработке данных КТ и их проецировании на тело пациента во время операции.

Процесс применения MR при ПНЛ включает следующие этапы:

1. Предоперационное КТ-сканирование с последующей сегментацией и 3D-реконструкцией анатомических структур
2. Загрузка полученных 3D-моделей в систему СР (например, Microsoft HoloLens)
3. Регистрация и наложение виртуальной модели на тело пациента
4. Визуализация оптимальной траектории пункции
5. Выполнение пункции под контролем СР

Ряд исследований демонстрирует перспективность применения СР при ПНЛ. Так, Rassweiler и соавт. первыми применили AR-пункцию, накладывая 3D-модели на интраоперационные изображения через планшет. Это сократило время пункции

(65 с против 81 с) и лучевую нагрузку ($2,6 \mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$ против $7,8 \mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$) для урологов-стажеров [80].

Müller представил «iPad-assisted» технику, которая сократила время флюороскопии и доступа как для новичков, так и для опытных урологов [88].

Rassweiler-Seyfried первым протестировал iPad-навигацию в операционной, но не обнаружил различий в количестве попыток пункции по сравнению со стандартными методами, при этом время облучения и пункции увеличилось [81].

Таким образом, анализ литературы показал, что на сегодняшний день недостаточно изучены и представляют интерес одни из наиболее актуальных инноваций в перкутанной хирургии - инновации, направленные на минимизацию этапов операции (дПНЛ), оптимизацию аспирации с использованием инновационного тубуса (СМП) и улучшение интраоперационной навигации с применением смешанной реальности.

В рамках диссертационной работы нами предложено изучить эффективность и безопасность вышеописанных инноваций и возможность внедрения их в клиническую практику.

1.2. Пункция и формирование нефростомического хода. Директивная пункция

Стандартная техника ПНЛ включает в себя этап предварительной установки торцевого мочеточникового катетера и введения контрастного препарата. Ретроградная пиелография позволяет лучше визуализировать анатомию ЧЛС, облегчить выбор чашечки для пункции и осуществить пункцию под рентгеноскопическим контролем [94]. Однако, этот традиционный подход не лишен своих недостатков. Несмотря на то, что установка мочеточникового катетера рекомендуется согласно многим исследованиям, некоторые исследователи подвергают сомнениям необходимость данного этапа. С одной стороны, установка мочеточникового катетера не всегда необходима в неосложненных случаях, так как использование катетера может приводить к

катетер-ассоциированным ятрогенным осложнениям и может привести к ухудшению качества жизни [122]. С другой стороны, зачастую опытным путем хирурги проводят ПНЛ без дренирования верхних мочевых путей (ВМП) в вынужденных ситуациях, например при опухоли мочевого пузыря.

К недостаткам предварительной цистоскопии и дренирования ВМП относятся инфекционные и ятрогенные осложнения, которые в долгосрочной перспективе могут приводить к формированию стриктур мочеточника. Грозным осложнением является перфорация мочеточника, приводящая к уриноме, абсцессу и возникновению сепсиса [39, 76].

Одной из модификаций выполнения ПНЛ является так называемая «директивная» пункция - то есть пункция ЧЛС напрямую, минуя первый этап дренирования верхних мочевых путей. Ориентиром для пункции в данном случае является камень или расширенная ЧЛС. Данная методика позволяет избежать травмирования мочеточника, а также позволяет сократить длительность операции [2, 13, 33].

Первые попытки провести антеградный доступ предпринимались неоднократно, начиная с 1978 г, когда Arthur Smith описал антеградную установку стента через нефротомический ход [79]. Однако существует достаточно мало исследований по сравнению традиционной методики ПНЛ и ПНЛ с применением директивной пункции.

Нами был проведен анализ имеющейся литературы. Стоит отметить, что на данную тему было опубликовано мало статей – в мировой литературе 7 работ, в отечественной литературе о методике упоминают 3 автора. Примечательно, что в литературе различные авторы по-разному называют методику выполнения ПНЛ без этапа дренирования ВМП. Горелов Д. С. и соавт. и Мазуренко Д.А. и соавт. используют термин «директивная» [8, 13], Мамаев И. Э. и соавт. называют перкутаным доступом без катетеризации мочеточника и использует термин «таргетная пункция» [9, 19], Irani D. и соавт. называют это ориентированной на камень антеградной пиелографией [52]. Некоторые авторы описывают

двухэтапную технику пункции [49, 52]. Moghadam T. и соавт. называют это ПНЛ без установки уретрального катетера [126].

Было опубликовано несколько статей, в которых проводилось сравнение выполнения ПНЛ с пункцией с ретроградным дренированием с пункцией без этапа дренирования ВМП. Тем не менее мы объединили эти исследования в одну группу, т.к. принцип остается схожим – ПНЛ без дренирования ВМП.

Ввиду небольшого количества исследований и разнородности дизайна исследования и анализируемых групп пациентов, ниже мы предлагаем краткое описание содержания исследований и основные результаты, и находки этих работ. Среди этих исследований были проспективные работы, в том числе рандомизированные.

Наиболее ранняя публикация по данной теме вышла в свет в 2005 году авторами из Ирана, Tabibi A. и соавт. [95]. В данном рандомизированном контролируемом исследовании сравнили предварительные результаты ПНЛ с ретроградной пиелографией и без нее у 55 пациентов с рентгеноположительными камнями чашечки, лоханки или множественными камнями [95]. Авторы предлагают проводить пункцию, используя рентгеноположительный камень в качестве ориентира. Для оценки эффективности операции проводили обзорную рентгенографию брюшной полости на следующий день после оперативного вмешательства. Частота избавления от камней не отличалась между группами, также не было отличий в необходимости проведения дистанционной ударно-волновой терапии (ДУВЛ), повторной ПНЛ (second-look) и контактной уретеролитотрипсии.

В проспективном рандомизированном исследовании Eryildirim B. и соавт. сравнили результаты ПНЛ с катетеризацией мочеточника и без нее у 50 пациентов с дилатацией ЧЛС от умеренной до выраженной степени, пункция выполнялась под ультразвуковым контролем [98]. Средний объем конкрементов составил $308,5 \pm 133,2$ мм². В этой работе была оценена длительность оперативного вмешательства в целом и каждого этапа операции по отдельности (длительность установки мочеточникового катетера, длительность пункции ЧЛС, длительность

бужирования нефростомического хода и установки кожуха, длительность фрагментации и эвакуации камней и длительность рентгеноскопии). Средняя продолжительность операции в группе с ретроградной катетеризацией была значительно больше, чем в группе без катетеризации – 85,8 и 60,84 мин соответственно. Время установки мочеточникового катетера с открытым концом составило в среднем 27,96 мин. Авторы полагают, что именно за счет этого этапа была сокращена длительность операции. Длительность пункции не отличалась между группами и составила 5.28 и 5.76 мин соответственно. Эффективность ПНЛ была сопоставимой между группами - SFR 86% 84%. Частота послеоперационных осложнений и снижение гемоглобина не отличались.

В рандомизированном клиническом исследовании Irani D. и соавт. упоминается термин «директивный» в значении «ориентированный на камень» [52]. В исследовании проводилось сравнение пункции, «с прицелом» на камень, с последующей антеградной пиелографией, со стандартной методикой ПНЛ с использованием ретроградной пиелографии. В обеих группах применялась методика пункции «бычий глаз». В исследование были включены пациенты с коралловидными камнями. Некоторым пациентам потребовалось выполнить двухэтапную пункцию в 71,9% в антеградной группе и 9,4% в ретроградной группе. Антеградный доступ позволил уменьшить длительность оперативного вмешательства и времени анальгезии до 49.8 ± 10.4 мин. против 63 ± 12.2 мин. ($p < 0.001$). Сравнительный анализ показал, что показатели частоты освобождения от камней между группами были сопоставимы (96% и 92%), без статистически значимых различий. Также не было выявлено существенных различий в частоте миграции конкрементов в мочеточник и в общем профиле послеоперационных осложнений.

В другом рандомизированном исследовании с аналогичным дизайном, проведенном Biswas M. и соавторами [131], была выполнена сравнительная оценка результатов лечения 110 пациентов с рентгенопозитивными конкрементами. Пациентов разделили на 2 группы – в первой группе не выполнялась ретроградная пиелография, во второй группе – наоборот. Техника

пункции в группе без пиелографии была направлена на камень при флюороскопии. Размер камней в группе ретроградной пиелографии – $3,2 \pm 0,7$, в группе без пиелографии – $2,9 \pm 0,5$. Частоту излечения от камней оценивали с помощью рентгенографии и ультразвукового исследования (УЗИ). SFR составила 96 % в группе с катетеризацией и 90,7 % в группе без катетеризации, разница не была статистически значимой. Длительность операции составила в среднем $59,64 \pm 15,28$ в исследуемой группе и $64,24 \pm 17,26$ в группе контроля ($p > 0,05$). Послеоперационное снижение концентрации гемоглобина было значительно больше в группе катетеризации по сравнению с группой без катетеризации мочеточника.

Результаты исследований не показывают различий в основных результатах эффективности и безопасности операции при выполнении ПНЛ с или без этапа предварительного дренирования ЧЛС мочеточниковым катетером и ретроградным введением контраста. Исследователи сообщают о дополнительных преимуществах директивной пункции. Отсутствие необходимости установки торцевого катетера может приводить к меньшей частоте подтекания мочи параллельно катетерам, так как нет этапа цистоскопии, и в мочевого пузыря устанавливается только один катетер – уретральный.

Среди проанализированных исследований наблюдается большая гетерогенность в размерах и локализации конкрементов. В связи с этим результаты исследований могут значительно различаться. Исследования имели различия по дизайну, технике директивной пункции - пункция в некоторых исследованиях была ориентирована на камень, в других на имеющуюся дилатацию ЧЛС, сама методика назывались по-разному, однако есть тенденция к уменьшению длительности операции в группе «директивной пункции».

Авторы отмечают ограничения применения директивной пункции – эта методика подходит в случаях рентгенопозитивных конкрементов, так как пункция происходит, ориентируясь на камень.

Вместе с этим директивная пункция может быть методом выбора в ситуациях, когда проведение цистоскопии затруднено или вовсе невозможно,

например, при стриктуре/облитерации уретры или у пациентов после перенесенной цистэктомии.

Данная методика может быть рекомендована в качестве альтернативы традиционной ПНЛ у тщательно отобранных пациентов и при наличии соответствующего оборудования и навыков хирурга. Необходимы дальнейшие крупномасштабные рандомизированные исследования для стандартизации протоколов и расширения показаний к применению данной техники.

Если инновационная методика окажется такой же эффективной, как и классическая, было бы целесообразно проводить ПНЛ без установки мочеточникового катетера, учитывая риск повреждения мочеточника и нижних мочевых путей, послеоперационный дискомфорт, а также увеличение времени операции, и затрат на расходные материалы.

1.3. Аспирация и эвакуация фрагментов конкрементов, инновационные инструменты для аспирации

Перкутанная нефролитотомия (ПНЛ) используется при крупных почечных камнях, однако этот метод может сопровождаться послеоперационными осложнениями, такими как инфекции и кровотечения [63, 77]. Для снижения этих рисков были разработаны миниатюрные инструменты для ПНЛ [55, 72, 110, 117]. Тем не менее, мини-инструменты также имеют свои недостатки, включая сложности с удалением камней, ухудшение видимости, увеличение времени операции и повышение давления в ЧЛС, либо риск повышения температуры внутри ЧЛС за счёт более медленной ирригации раствором.

Перкутанная нефролитотомия (ПНЛ) считается оптимальным минимально инвазивным методом лечения крупных камней в почках, превышающих 2 см в диаметре. С момента своего появления ПНЛ претерпела значительные изменения, касающиеся как доступа, так и стратегии завершения процедуры. Одним из основных направлений стало стремление перенести послеоперационное наблюдение в амбулаторные условия. Миниатюризация инструментов сыграла

ключевую роль в снижении уровня осложнений, однако возникли опасения по поводу повышения внутривидеочечного давления, что привело к разработке методов для его контроля и снижения связанных с ним рисков. Важным нововведением стало использование аспирации в процессе ПНЛ. Исследования показали, что аспирация может сократить время процедуры и уровень внутривидеочечного давления, а также снизить риск инфекционных и геморрагических осложнений.

Одним из перспективных направлений совершенствования техники ПНЛ является использование аспирационных систем. Основные преимущества аспирационных нефростомических кожухов включают:

- 1) снижение внутривидеочечного давления во время операции;
- 2) улучшение визуализации операционного поля;
- 3) более эффективное удаление фрагментов камня;
- 4) сокращение времени оперативного вмешательства.

1.3.1. Внутривидеочечное давление

Повышенное давление в лоханке во время ПНЛ может привести к пиеловенозному рефлюксу ирригационного раствора, что создает риск инфекционных осложнений, таких как лихорадка и сепсис, а также может вызвать гиперволемию, электролитные нарушения и сбои в сердечной проводимости. Поэтому разработка систем для мониторинга и снижения давления в ЧЛС во время ПНЛ является крайне важной задачей.

Согласно исследованию А.Г. Мартова (1993), перфузия чашечно-лоханочной системы является эффективной и безопасной при соблюдении следующих параметров: давление не должно превышать 80 см вод. ст., а оптимальная высота ирригационного раствора составляет 50-60 см над уровнем почки, что обеспечивает скорость потока до 12 мл/сек [14].

При отсутствии обструкции в почках внутривидеочечное давление при низком потоке мочи колеблется от 0 см вод. ст. до нескольких см вод. ст [82]. При хронической обструкции давление варьирует от 68 см H₂O до 95,2 см H₂O, что

приводит к последующему снижению давления из-за атрофии почечной ткани [74]. Для гидронефроза среднее базальное внутрилоханочное давление составляет 12,1 см H₂O [53]. Важно отметить, что изменение давления в мочевом пузыре соотносится с давлением в ЧЛС. Поэтому необходимо обеспечивать постоянный отток из мочевого пузыря во время эндоурологических процедур, чтобы избежать повышения давления в ЧЛС.

Пиеловенозный рефлюкс может возникать, когда содержимое почечной лоханки проходит через окололоханочную ткань, почечную вену или собирательные трубочки. Hinman и Redewill продемонстрировали, что пиеловенозный рефлюкс у собак может происходить при давлении в ЧЛС от 48 см H₂O (30 мм рт ст) до 47,6 см H₂O [74]. Одним из серьезных осложнений пиеловенозного рефлюкса является гиперволемиа и электролитные нарушения. Объем жидкости, попадающей в кровоток во время ПНЛ, может колебаться от 50 мл до 2200 мл [37, 71, 89], что может происходить через поврежденные вены или путем накопления раствора в околопочечной ткани [44, 71, 89].

При проведении ПНЛ объем абсорбированной жидкости увеличивается с ростом внутрилоханочного давления и длительностью операции [53]. Максимальный уровень абсорбции наблюдается при постоянной ирригации в течение 30 минут, когда зарегистрированы уровни жидкости – 153,8 мл и 1361,9 мл через 30 и 90 минут соответственно [89]. Данные данные позволяют сделать вывод о том, что общая продолжительность процедуры не должна превышать двух часов [37].

1.3.2. Связь инфекционных осложнений с внутрипочечным давлением

Инфекционные осложнения, включая сепсис, могут возникать после эндоурологических процедур из-за повышения давления в ЧЛС и последующего рефлюкса ирригационного раствора и бактерий, колонизирующих камни [69]. Объем ирригационного раствора является ключевым фактором риска инфекции [107]. Лихорадка после ПНЛ наблюдается в 10,8% случаев [77]. Хотя септический

шок после ПНЛ встречается редко (0,3%–1%), он может приводить к высокой смертности (66%–80%). Повышенное внутрипочечное давление является значимым фактором риска послеоперационной лихорадки и сепсиса [83].

Zhong Q. и соавт. установили, что среднее внутрипочечное давление, превышающее 20 мм рт. ст. (27,19 см H₂O), а также общее время, когда внутрипочечное давление превышает 30 мм рт. ст. (40,78 см H₂O) более 50 секунд, может быть потенциальным фактором риска для развития послеоперационной лихорадки [59]. Высокое давление ирригации (272 см H₂O) при проведении перкутанной нефролитотомии (ПНЛ) связано с увеличением вероятности синдрома системного воспалительного ответа (ССВО/SIRS) (46%) по сравнению с низким давлением ирригации (108,8 см H₂O, 11%).

Для решения этих проблем были предложены системы для мПНЛ, которые оснащены аспирационными кожухами. Аспирация применяется в эндоурологии уже более 25 лет во время перкутанной нефролитотомии (ПНЛ) для более быстрого удаления фрагментов камней [116]. Одновременная аспирация ирригационной жидкости, фрагментов камней и крови во время процедуры позволяет снизить давление в ЧЛС, улучшить видимость и ускорить выполнение операции [1, 3, 6, 34, 45]. В настоящее время на рынке медицинского оборудования представлено множество устройств для аспирации.

Литературный обзор выявил наличие как ретроспективных, так и проспективных исследований, включая рандомизированные клинические испытания. Существует несколько литературных, систематических обзоров и мета-анализов, посвященных применению аспирации при ПНЛ [46, 105, 124].

Далее мы рассмотрим все доступные инструменты с аспирацией, применяемые при ПНЛ, такие как систему Clear Petra [36, 38, 48, 60, 87, 100, 128, 129, 130], суперперк с применением кожуха Шаха [38, 40, 101], супермини-ПНЛ (СМП) [104, 106, 112, 115, 119] и китайский кожух для аспирации при мПНЛ [41, 103, 111, 113, 118] - см. [50]. Несмотря на общие характеристики, которые объединяют аспирацию для снижения интратенального давления и улучшения

визуализации, эти устройства обладают уникальными функциональными и конструктивными особенностями.

1.3.3. Система Clear Petra

Существует 11 исследований, посвященных системе Clear Petra. Данная система представляет собой нефростомический кожух со стилетом, соединительной трубкой и сосудом для сбора фрагментов конкрементов (Рисунок 1). Нефростомическая трубка закрыта крышкой с центральным отверстием, чтобы предотвратить вытекание жидкости при введении нефроскопа. Трубка имеет боковое ответвление, соединённое с контейнером для камней, который, в свою очередь, подключён к системе аспирации. Во время литотрипсии постоянно аспирируются каменная пыль и ирригационная жидкость, а более крупные фрагменты извлекаются путём извлечения нефроскопа. Боковое ответвление и контейнер выполнены из прозрачного материала, что позволяет эндоурологу визуализировать отмывание фрагментов и цвет ирригационной жидкости, и таким образом быстро выявлять проходимость трубки и кровотечение. Давление аспирации регулируется клапаном на контейнере, а хирург может дополнительно усиливать аспирацию, закрывая небольшое отверстие на боковом ответвлении пальцем руки. Ирригация может осуществляться как за счёт силы тяжести, так и с помощью механического насоса. Литотрипсия может выполняться с использованием гольмиевого лазера или комбинированных методов. Размеры нефростомической трубки варьируются от 12 до 28 Fr, а длина — от 13 до 21 см; в исследованных статьях использовались размеры от 14 до 20 Fr.

С целью устранения недостатков, связанных с одновременным притоком и оттоком жидкости из одной полости, в трех статьях [35, 62, 61] система Clear Petra используется иначе. Авторы предлагают двойную вакуумную систему с внутренней трубкой диаметром 16 Fr и длиной 21 см, вставленной в наружную трубку диаметром 20 Fr и длиной 13 см. Боковое ответвление наружной трубки соединено с системой подачи жидкости, а внутренней — с аспирацией.

Пространство между трубками служит для притока жидкости, а внутренний канал — для оттока. Для мини-нефроскопии используется уретроскоп 8/9.8 Fr, и в отличие от стандартной методики, оптический инструмент не подсоединен к ирригации. Мелкие фрагменты и каменная паль аспирируются во время процедуры, а крупные камни — при извлечении нефроскопа. Литотрипсия выполняется гольмиевым лазером, а ирригация осуществляется перистальтическим насосом.

Частота избавления от камней (SFR) при использовании вакуумной системы Clear Petra варьировалась от 71.3% до 97.3%, а уровень осложнений — от 13.2% до 38.9%. Инфекционные осложнения составили от 5.5% до 27.8%, в большинстве случаев это была лихорадка, купированная антибиотиками. Осложнения послеоперационного кровотечения варьировали от 0 до 7.6%. Время операции колебалось от 32.4 ± 9.6 мин до медианы 128 мин.

В 5 исследованиях сравнивали мПНЛ с использованием системы Clear Petra и без аспирации [48, 51, 87, 127, 128]. Значительных различий в SFR не было, кроме статьи Львора, где SFR составил 89.4% для Clear Petra против 78.8% в группе без аспирации ($p = 0.04$) [48]. Львор также указал на более низкий уровень инфекционных осложнений для процедур Clear Petra (7.7% против 25%, $p < 0.01$). Все сравнительные исследования показали значительное снижение длительности операции в группе Clear Petra и уменьшение необходимости в использовании дополнительных устройств для эвакуации фрагментов.

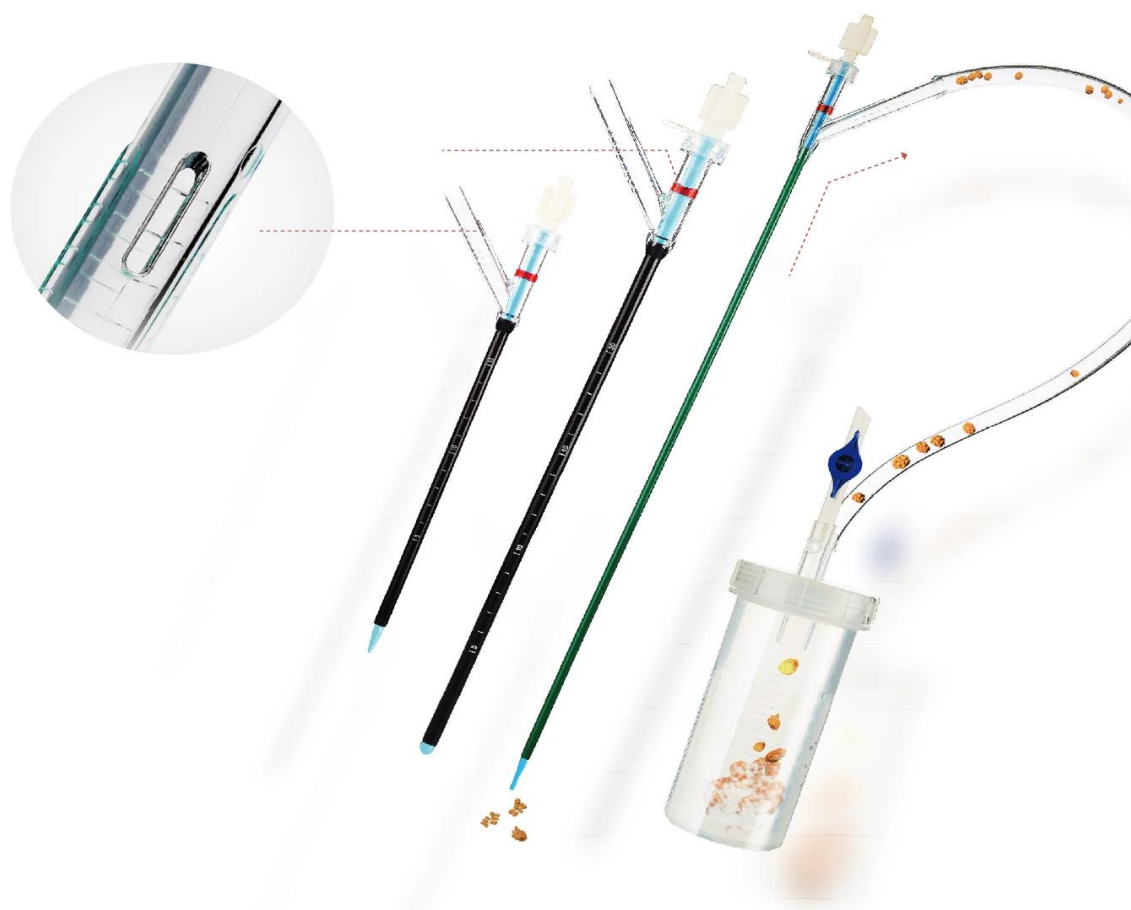


Рисунок 1 – Система Clear Petra

1.3.4. Супермини-перкутанная нефролитотомия

В пяти исследованиях упоминается использование системы СМП, разработанной Zeng G. и соавт. в 2016 году [90, 106, 112, 115, 119]. Эта система включает съемный металлический внутренний кожух диаметром 7 Ch для улучшенной ирригации, в который встроен оптоволоконный пучок диаметром 3 Ch и модифицированный нефростомический кожух из обычного пластика (диаметры от 10 Ch до 14 Ch) с кривой трубкой для подключения к аппарату с постоянным отрицательным давлением (Рисунок 2, 3). Система была создана для улучшения визуализации, экстракции фрагментов конкрементов и снижения избыточного давления в ЧЛС. Первоначально метод предлагался для камней размером менее 2,5 см, особенно для камней нижней чашечки и тех, которые не поддаются удалению с помощью ретроградной интратрениальной хирургии (РИРХ).

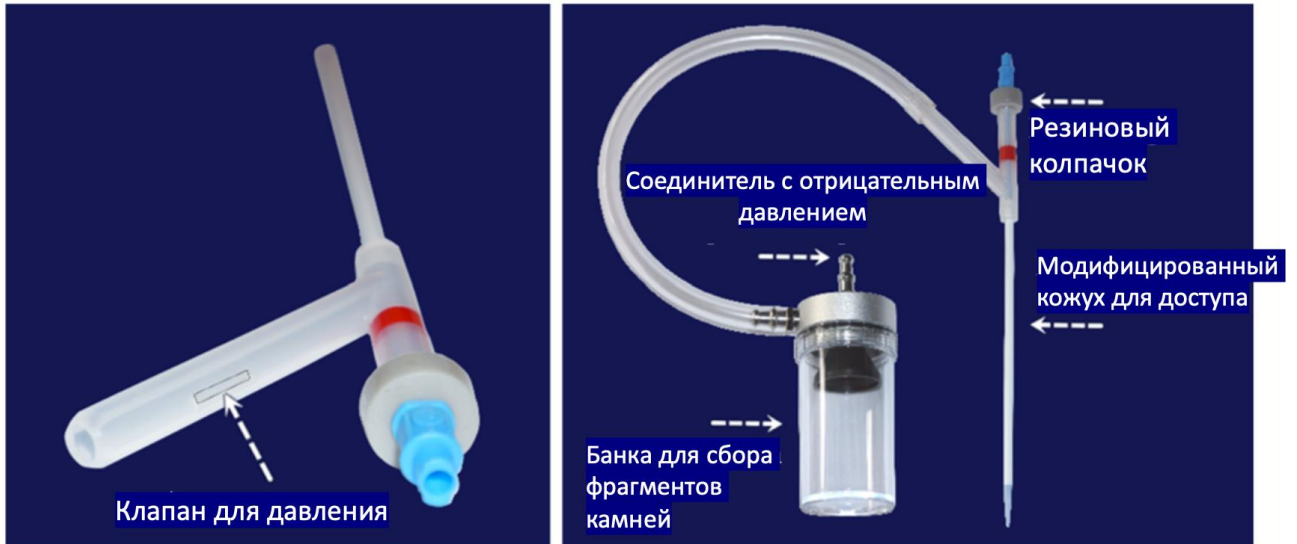


Рисунок 2 – Первое поколение кожуха Zeng в разобранном состоянии



Рисунок 3 – Первое поколение кожуха Zeng в собранном состоянии

В 2017 году та же группа авторов представила новое поколение систем для СМП с кожухами диаметром 12 Ch или 14 Ch (Рисунок 4). Данные кожухи имеют двухслойную металлическую конструкцию, позволяющую одновременно осуществлять ирригацию и аспирацию (поток жидкости осуществляется через пространство между стенками, а отток — через центральный просвет). Основное преимущество этой конструкции заключается в том, что приток и отток выполняются через разные каналы. В традиционных системах мПНЛ приток через

эндоскоп может частично препятствовать оттоку и приводить к обратной миграции фрагментов камней в собирательную систему почки (Рисунок 5).

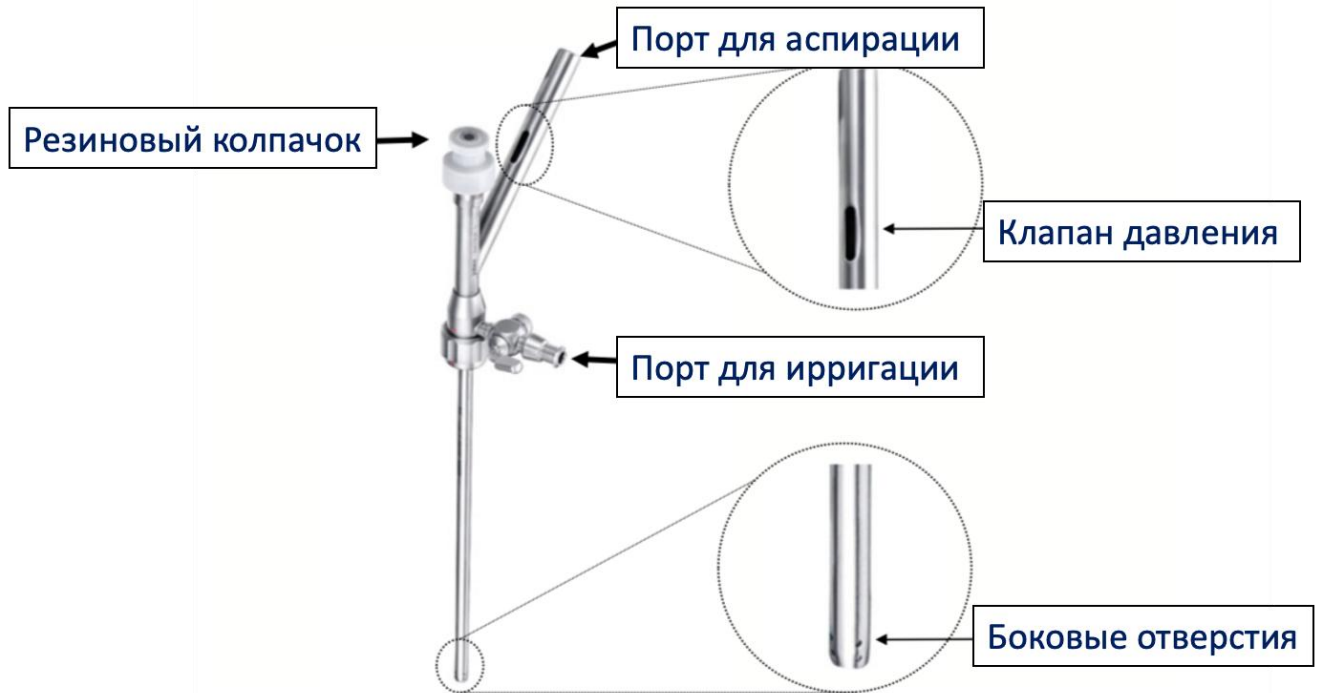


Рисунок 4 – Новое поколение кожуха Zeng

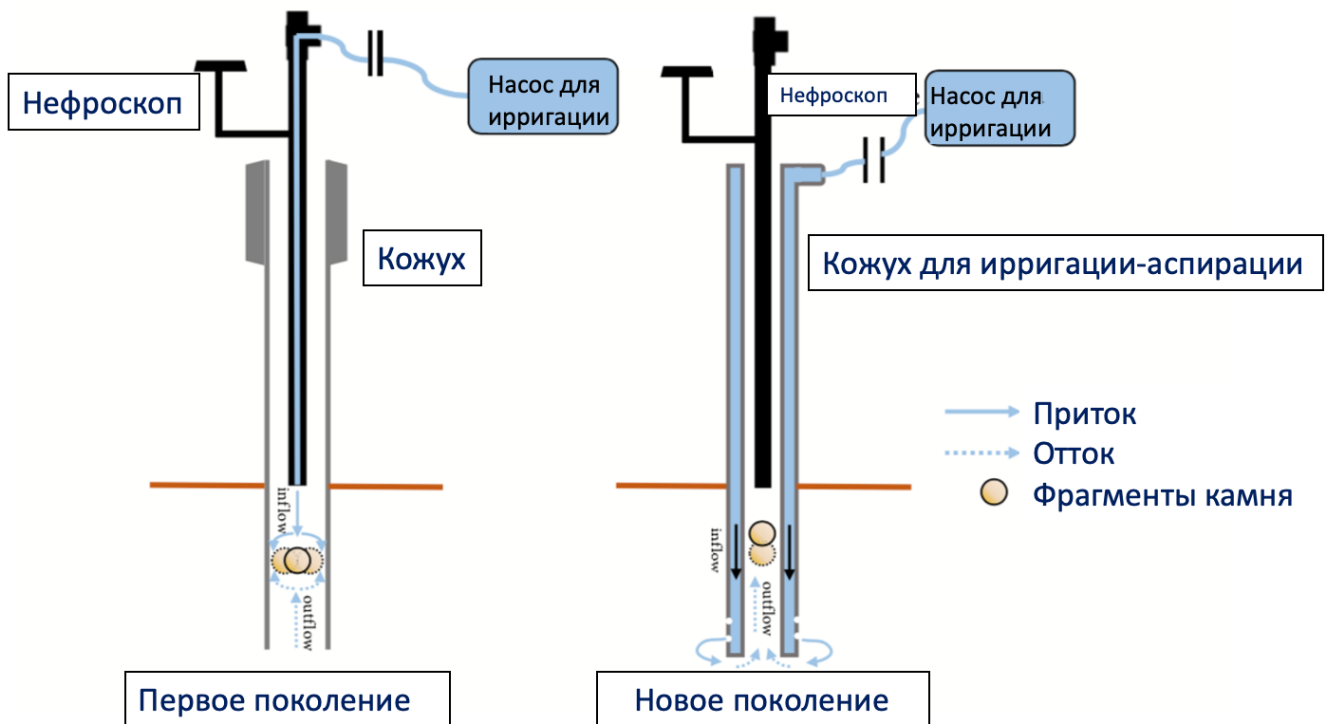


Рисунок 5 – Гидродинамические механизмы для извлечения фрагментов в первом и втором поколениях системы для супер-мини ПНЛ

В исследованиях по СМП SFR составила от 85.8% до 95.5%, а частота осложнений варьировала от 5.1% до 16%, при этом все осложнения были легкими, такими как лихорадка и незначительная гематурия. Среднее время операции колебалось от 32.9 до 54.3 минут. Сравнительных исследований СМП с мПНЛ без аспирации не проводилось.

1.3.5. Суперперк (Кожух Shah)

Система Суперперк, разработанная К. Shah в 2017 году [101], включает три металлических компонента: канюлю, насос и обтуратор. Канюля имеет диаметр 10–12 Fr и длину от 8 до 20 см (Рисунок 6). Насос подключается к канюле и оснащен боковым выходом для аспирации, а также механизмом с силиконовым клапаном для герметичности. Это позволяет вводить детский уретероскоп, не нарушая отрицательное давление в системе аспирации. В первом исследовании с использованием гольмиевого лазера была достигнута частота освобождения от камней 96.1%, и при этом частота осложнений составила 5.7% (все случаи осложнений были связаны с лихорадкой).



Рисунок 6 – Кожух Shah

В другом исследовании, выполненном Patil A. с соавторами сравнивались методика суперперк с использованием тулиевого лазера и стандартной мини-МНЛ с применением, комбинированной баллистической и ультразвуковой литотрипсии

(EMS Trilogy™). В группе суперперк была достигнута 100% SFR и 6.7% осложнений, все из которых были инфекциями мочевых путей. Время операции составило 28.63 ± 18.56 мин.

В более позднем исследовании Pathak N. с соавторами сравнивались процедуры мПНЛ с аспирацией и без для камней размером 10–30 мм. Группа суперперк показала значительно более высокую SFR (97.5% против 87.5%) и меньшую частоту осложнений (10% против 25%). Время операции в группе с аспирацией было меньше (26.5 мин против 34.8 мин).

В целом, SFR для процедур суперперк варьировала от 96.1% до 100%, а частота осложнений — от 5.7% до 10%. Серьезные осложнения, такие как кровотечения, не наблюдались. Время операции колебалось от 26.5 до 40.98 минут.

1.3.6. Кожух для миниперкутанной нефролитотомии

В этом разделе описывается запатентованный кожух диаметром 16 Fr и боковым ответвлением для мПНЛ с функцией аспирации. Применение данного кожуха описано в пяти исследованиях. Первое упоминание этой техники появилось в 2011 году Song с соавторами, и в 2015 году была представлена ее улучшенная версия с автоматическим контролем внутрипочечного давления. В последующих исследованиях оценивалась эффективность этого кожуха при сложных случаях камней, таких как пионефроз и коралловидные камни, по сравнению с традиционными методами мПНЛ.

Исследования, сравнивающие результаты процедур мПНЛ с аспирацией, выполненных с использованием патентованной канюли, и традиционных методов без аспирации, показали, что первые обеспечивают меньший объем кровопотери и более высокую частоту успешного удаления камней. В частности, в работе Song L. и его коллег была зафиксирована частота успешного удаления камней (SFR) на уровне 90% для мПНЛ с аспирацией и 73.3% для стандартной 24 Fr ПНЛ [111]. Сравнительные исследования демонстрируют преимущество мПНЛ с системой аспирации. Так, Huang J. и соавт. [41] зафиксировали статистически значимое

повышение SFR с 73.6% в группе стандартной мПНЛ до 96.7% в группе с аспирацией. Аналогичную тенденцию наблюдали Du C. [103] с коллегами, получившие показатели SFR 81%, 73% и 74% для мПНЛ с аспирацией, стандартной ПНЛ и мПНЛ без аспирации соответственно, что подтверждает эффективность применения аспирационной системы.

Что касается инфекционных осложнений, то Du C. и Huang J. обнаружили более высокую частоту послеоперационной лихорадки в группе традиционной мПНЛ по сравнению с группой мПНЛ с аспирацией (14.8% против 8% и 27.4% против 11% соответственно) [41, 103].

Huang J. отметил, что время операции при мПНЛ с аспирацией было меньше по сравнению со стандартной мПНЛ [41]. Du C. также зафиксировал более короткое время операции для мПНЛ с аспирацией по сравнению со стандартной, однако не обнаружил значительных различий во времени операций между мПНЛ с аспирацией и стандартной ПНЛ [103]. Song L. не указал на различия во времени операции между мПНЛ с аспирацией и стандартной ПНЛ [111].

Chen H. и его коллеги зарегистрировали значительно более низкий общий уровень осложнений при гибкой уретроскопии по сравнению с мПНЛ с аспирацией (11.3% против 28.8%, $p = 0.039$) [113]. В этом исследовании не было выявлено различий в частоте успешного удаления камней и времени операции между рассматриваемыми методами.

Техника с применением нового поколения аспирационных кожухов была охарактеризована как безопасная, доступная и эффективная для лечения камней размером менее 3 см. Уровень успеха (SFR) в исследованиях по суперминиперкутанной нефролитотомии варьировался от 85,8 % до 95,5 %.

Таким образом, исследования последних лет демонстрируют перспективность использования аспирационных систем при ПНЛ. По данным ряда авторов, применение аспирационных нефростомических кожухов позволяет:

- снизить частоту инфекционных осложнений на 10-15%;
- уменьшить риск кровотечения;
- сократить время операции в среднем на 19 минут;

- повысить показатель полного освобождения почки от конкрементов;

Вместе с тем, несмотря на очевидные преимущества, существует ряд нерешенных вопросов:

- отсутствие стандартизированной методики использования аспирационных систем;
- недостаточная доказательная база эффективности;
- необходимость унификации критериев оценки результатов;
- вариабельность технических характеристик различных аспирационных устройств.

Таким образом, сравнительное исследование эффективности и безопасности аспирационных и стандартных методик ПНЛ является актуальной научной задачей, имеющей существенное практическое значение для современной эндоурологии.

На данный момент нет исследований, сравнивающих результаты суперминиперкутанной нефролитотомии с традиционной мПНЛ. В нашем исследовании мы сосредоточены на оценке инновационного аспирационного кожуха и сравнении методик СМП и мПНЛ.

1.4. Диагностика, предоперационная визуализация и интраоперационная навигация. Использование смешанной реальности в перкутанной хирургии

Смешанная реальность (mixed reality, MR) — это технология, которая объединяет виртуальную реальность (virtual reality, VR) и дополненную реальность (augmented reality, AR). Она позволяет накладывать виртуальные объекты и информацию на реальный мир, создавая новое пространство, где физические и цифровые объекты сосуществуют и взаимодействуют в режиме реального времени.

В урологии смешанная реальность находит применение при выполнении перкутанной нефролитотомии. Основным этапом ПНЛ является пункция ЧЛС, что требует точного определения места прокола и траектории движения иглы. Традиционно для этого используются ультразвуковая и рентгеновская навигация,

однако в ряде случаев, особенно при сложной анатомии почки, это может быть затруднительно.

Применение технологий смешанной реальности позволяет создавать трехмерные (3D) модели почки пациента на основе данных КТ. Согласно исследованию Porpiglia F. и соавт., использование 3D-голограмм при ПНЛ позволило сократить время рентгеновского облучения пациента на 54% по сравнению со стандартной техникой [93]. В другом исследовании Liu Y. и соавт. показали, что применение 3D-моделей, распечатанных на 3D-принтере, улучшило показатели успешности первичной пункции на 20%, снизило время операции на 23 минуты и кровопотерю на 46 мл по сравнению с традиционным подходом [92].

Использование MR при ПНЛ показало многообещающие результаты в улучшении эффективности и безопасности операции:

1) Улучшение показателя «stone-free rate» (SFR):

В рандомизированном контролируемом исследовании Cui D. и соавт. SFR в группе с использованием 3D-печатных моделей и ультразвукового наведения составил 96%, в то время как в контрольной группе с традиционным ультразвуковым доступом - 80% ($p=0.03$) [64].

Аналогичные результаты были получены в исследовании Liu Y. и соавт., где SFR в группе с 3D-печатными моделями был 83,1% против 69,2% в контрольной группе ($p=0.01$) [92].

2) Уменьшение количества осложнений:

Cui D. и соавт. сообщили о снижении частоты осложнений с 22,22% в контрольной группе до 6,67% в группе с использованием 3D-печати ($p=0.02$) [64].

3) Уменьшение интраоперационной кровопотери:

В исследовании Huang Y. и соавт. средний объем кровопотери в группе с 3D-моделированием составил 63,8 мл, в то время как в контрольной группе - 109,8 мл ($p < 0.001$) [45].

4) Улучшение качества визуализации:

Tsaturyan A. и соавт. описали методику гиперточной 3D-реконструкции (HA3D) для визуализации почечной анатомии, сосудов и камней, что позволило

точно спланировать доступ и провести операцию без осложнений [109]. Porpiglia F. и соавт. продемонстрировали, что использование 3D-голограмм и технологии магнитного резонанса для планирования доступа сократило время флюороскопии на 54% по сравнению со стандартным подходом [93].

5) Сокращение длительности операции:

Cui D. и соавт. сообщили о сокращении общего времени операции с 126 до 103 минут ($p < 0.001$) при использовании 3D-печатных моделей [64]. Аналогичные результаты были получены в исследовании Tan H. и соавт., где время операции сократилось с 79 до 62 минут ($p=0.01$) [47].

Таким образом, использование смешанной реальности, в частности 3D-моделирования и 3D-печати, при ПНЛ показало значимое улучшение эффективности и безопасности операции, что делает данную технологию перспективной для широкого клинического применения.

Опыт Гаджиева Н. и соавт. [99] в применении смешанной реальности для лапароскопической резекции почки показал следующее:

- 1) Было разработано собственное программное обеспечение для создания смешанной реальности, которое позволяет визуализировать 3D-модель почки и опухоли непосредственно на теле пациента во время операции.
- 2) В рандомизированном контролируемом исследовании было показано, что использование смешанной реальности улучшает пространственное понимание анатомии, сокращает время операции и кровопотерю по сравнению со стандартной лапароскопической резекцией почки.
- 3) Авторы отмечают, что создание смешанной реальности может быть выполнено самим хирургом с применением специализированного программного обеспечения, что делает эту технологию более доступной.

Что касается возможности применения такой же технологии для перкутанной нефролитотомии, то в статье указывается, что смешанная реальность также может быть полезна для визуализации анатомии почки и ЧЛС, что может помочь в планировании доступа и пункции при ПНЛ. Однако, авторы не приводят конкретных данных по использованию смешанной реальности именно для ПНЛ.

Тем не менее, учитывая успешный опыт применения этой технологии в лапароскопической хирургии почек, можно предположить, что она также может быть перспективной и для ПНЛ, особенно в сложных случаях.

Таким образом, технологии смешанной реальности открывают новые возможности для повышения эффективности и безопасности ПНЛ. Дальнейшие исследования в этом направлении, такие как работа Porpiglia F. И соавт. [93] и Liu Y. и соавт. [92], могут способствовать более широкому внедрению этих инновационных методов в клиническую практику.

1.5. Заключение по литературному обзору

Сравнительный анализ рассматриваемых исследований выявляет существенную гетерогенность выборок и применяемых методик, что может ограничивать валидность сравнительной оценки результатов. Существенным методологическим ограничением остается отсутствие стандартизированных критериев оценки эффективности и безопасности методов лечения. Кроме того, в научном сообществе не достигнуто консенсуса относительно минимального размера резидуальных фрагментов и оптимальных сроков проведения контрольного обследования (КТ) после вмешательства.

В отечественной литературе представлены лишь единичные работы, в которых проводится сравнительный анализ традиционной мини-перкутанной нефролитотомии (мПНЛ) с современными инновационными методиками (дПНЛ, СМП и СР) при лечении пациентов с крупными конкрементами почек.

Таким образом, данный литературный обзор выявил, что инновационные подходы к выполнению перкутанной нефролитотомии, такие как директивная пункция, супермини-ПНЛ с активной аспирацией и применение смешанной реальности при мПНЛ, представляют собой значительный шаг вперед в урологической практике. Каждая из этих методик имеет свои преимущества и может быть адаптирована в зависимости от клинической ситуации и особенностей пациента.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

2.1. Дизайн исследования

Перспективное исследование было проведено в период с 2021 по 2023 гг. в Институте урологии и репродуктивного здоровья человека федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет) и Клинике высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет».

Исследование выполнено согласно с положениями Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных исследований с участием человека», с поправками от 2008 г., «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными приказом Минздрава РФ от 19.06.2003 г. № 266 и получило одобрение Локального этического комитета Сеченовского Университета (протокол № 13–22 от 22.06.2022). Все пациенты подписывали информированное добровольное согласие на участие в исследовании.

Критерии включения:

Совершеннолетние пациенты с размером конкремента от 1 см до 3 см, с запланированной перкутанной нефролитотомией.

Критерии невключения:

- наличие нефростомического дренажа до операции;
- предшествующие операции на почке;
- аномалии развития почек и ЧЛС.

Противопоказания к проведению перкутанной операции:

- инфекция мочевыводящих путей (ИМП);

- опухоль на предполагаемом пути доступа к камню;
- беременность;
- нарушение свертываемости крови.

Критерии исключения:

- Отказ пациента от участия в исследовании.

Объект исследования: пациенты с МКБ с локализацией камней в почке.

Пациентам в группе контроля выполняли стандартную методику мПНЛ, остальным пациентам выполняли различные инновационные модификации мПНЛ:

- 1) Контрольная группа: стандартная мПНЛ – 30 пациентов;
- 2) Группа дПНЛ – 30 пациентов;
- 3) Группа СМП – 30 пациентов;
- 4) Группа СР – 30 пациентов.

Набор пациентов происходил последовательно в 1-3 группах (Сеченовский Университет): на этапе утверждения дизайна исследования была набрана контрольная группа (мПНЛ), далее была набрана группа дПНЛ, затем группа СМП. Группа СР была набрана параллельно в СПбГУ.

Оцениваемые исходы (первичные и вторичные конечные точки).

Первичная конечная точка:

- Частота избавления пациента от камней SFR (нативная КТ через день) - определялась как отсутствие остаточных фрагментов размером ≥ 4 мм при проведении КТ органов брюшной полости без использования внутривенного контрастирования в течение первых суток после операции

Вторичные конечные точки:

- длительность оперативного вмешательства - отсчитывалось с момента первой пункции до закрытия операционной раны;
- длительность пункции – измерялось от момента введения пункционной иглы до установки тубуса нефроскопа (в группе дПНЛ);
- количество попыток пункции (в группе дПНЛ);
- объём кровопотери – проводилась оценка уровня гемоглобина крови до и через 24 часа после операции;

- оценка почечной функции – выполнялось определение уровня креатинина до и через 24 часа после операции;
- наличие или отсутствие интра- или послеоперационных осложнений – проводилась оценка осложнений по шкале Clavien-Dindo;
- оценка визуализации хирургом (шкала Ликерта) - оценивалась хирургом по шкале с 3 градациями: «неудовлетворительно» («poor»), «удовлетворительно» («moderate») и «отлично» («excellent»).

2.2. Характеристика пациентов

В исследовании приняло участие 120 пациентов. Далее приводятся результаты сравнения предоперационных характеристик между контрольной группой (мПНЛ) и группами дПНЛ, СМП и СР.

Сравнение предоперационных характеристик между группой контроля и дПНЛ

В группе мПНЛ мужчины составили 56,7% (n=17), женщины - 43,3% (n=13), в то время как в группе дПНЛ соотношение было схожим: мужчины - 53,3% (n=16), женщины - 46,7% (n=14). Статистически значимых различий по полу между группами не выявлено (p=0,795).

Относительно локализации камней по стороне: в группе мПНЛ конкременты чаще встречались справа - в 43,3% случаев (n=13), слева - в 56,7% (n=17). В группе дПНЛ правосторонняя локализация составила 56,7% (n=17), левосторонняя - 43,3% (n=13). Различия статистически незначимы (p=0,302).

При анализе локализации камней по месту расположения в обеих группах наблюдалось сходное распределение: наиболее часто камни локализовались в лоханке (мПНЛ - 33,3%, дПНЛ - 30,0%) и были множественными (мПНЛ - 30,0%, дПНЛ - 33,3%). Статистически значимых различий между группами не выявлено (p=0,964) (Диаграмма 1).

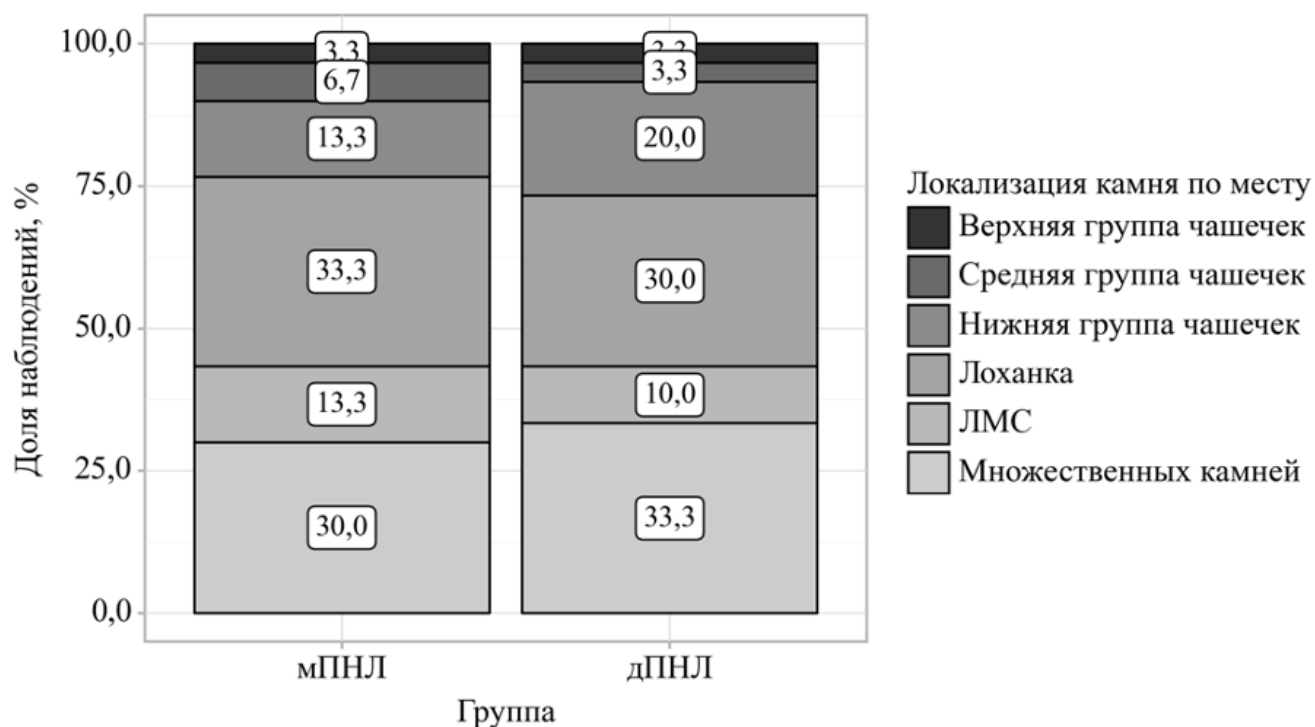


Диаграмма 1 – Анализ локализации камня по месту в зависимости от группы

Гидронефроз отсутствовал у большинства пациентов в обеих группах: 76,7% в группе мПНЛ и 80,0% в группе дПНЛ. Наличие гидронефроза отмечалось у 23,3% и 20,0% пациентов соответственно. Различия статистически незначимы ($p=1,000$).

Таким образом, группы были сопоставимы по всем исследуемым демографическим и клиническим характеристикам.

Результаты категориальных предоперационных характеристик представлены в Таблице 1.

Таблица 1 – Анализ предоперационных характеристик (категориальных) в зависимости от группы: мПНЛ и дПНЛ

Показатели	Категории	Группа		p
		мПНЛ	дПНЛ	
Пол	мужской	17 (56,7)	16 (53,3)	0,795
	женский	13 (43,3)	14 (46,7)	
Локализация камня по стороне	справа	13 (43,3)	17 (56,7)	0,302
	слева	17 (56,7)	13 (43,3)	

Продолжение Таблицы 1

Локализация камня по месту	Верхняя группа чашечек	1 (3,3)	1 (3,3)	0,964
	Средняя группа чашечек	2 (6,7)	1 (3,3)	
	Нижняя группа чашечек	4 (13,3)	6 (20,0)	
	Лоханка	10 (33,3)	9 (30,0)	
	ЛМС	4 (13,3)	3 (10,0)	
	Множественные камни	9 (30,0)	10 (33,3)	
Наличие гидронефроза	Нет гидронефроза	23 (76,7)	24 (80,0)	1,000
	Есть гидронефроз	7 (23,3)	6 (20,0)	

При анализе возраста пациентов, выявлено, что в группе мПНЛ средний возраст составил 53 ± 12 лет, с 95% доверительным интервалом от 48 до 57 лет. В группе дПНЛ средний возраст оказался несколько ниже — 51 ± 16 лет, с 95% доверительным интервалом от 45 до 57 лет. Значение p (0,618) указывает на отсутствие статистически значимых различий в возрасте между группами.

В группе мПНЛ средний ИМТ составил $28,2 (\pm 4,6)$ с 95% доверительным интервалом от 26,5 до 29,9. В группе дПНЛ ИМТ оказался немного меньшим — $27,5 (\pm 4,9)$, с 95% доверительным интервалом от 25,7 до 29,3. Значение p (0,528) также свидетельствует о том, что различия по ИМТ между группами не являются статистически значимыми.

В группе мПНЛ средний размер камня составил 18,8 мм с интерквартильным размахом (IQR) от 17,1 до 22,3. В группе дПНЛ размер камня составил 18,9 мм с IQR от 17,5 до 25,8. Значение p (0,478) указывает на отсутствие статистически значимых различий в размерах камней между группами.

В группе мПНЛ средняя плотность камня составила 1124 HU (± 431) с 95% доверительным интервалом от 963 до 1285. В группе дПНЛ она оказалась немного выше — 1182 HU (± 412) с 95% доверительным интервалом от 1028 до 1336.

Значение p (0,6) также не указывает на статистически значимые различия в плотности камней между группами.

Таким образом, можно заключить, что демографические характеристики обеих групп (мПНЛ и дПНЛ) не демонстрируют статистически значимых различий по всем указанным показателям — полу, локализации камня по стороне/месту, наличию гидронефроза, возрасту, ИМТ, размеру и плотности камней, что может свидетельствовать о сопоставимости групп по этим параметрам (Таблица 2).

Таблица 2 – Анализ предоперационных характеристик (количественных) в зависимости от группы: мПНЛ и дПНЛ

Показатели	Группы	$M \pm SD /$ Me	95% ДИ / $Q_1 - Q_3$	n	p
Возраст (лет)	мПНЛ	53 ± 12	48 – 57	30	0,618
	дПНЛ	51 ± 16	45 – 57	30	
ИМТ (кг/м ²)	мПНЛ	$28,2 \pm 4,6$	26,5 – 29,9	30	0,528
	дПНЛ	$27,5 \pm 4,9$	25,7 – 29,3	30	
Размер камня (мм)	мПНЛ	18,8	17,1 – 22,3	30	0,478
	дПНЛ	18,9	17,5 – 25,8	30	
Плотность камня (НУ)	мПНЛ	1124 ± 431	963–1285	30	0,600

Сравнение предоперационных характеристик между группой контроля и СМП

По данным анализа, распределение по полу в обеих группах оказалось практически одинаковым. В группе мПНЛ среди 30 пациентов 17 (56,7%) составляют мужчины, тогда как в группе СМП мужчин 16 (53,3%). Женщины составляют 13 (43,3%) в мПНЛ и 14 (46,7%) в СМП. Статистический анализ (p -значение = 0,795) показал отсутствие значительных различий между группами по полу.

Анализ локализации камней по стороне также не выявил значительных различий. В группе мПНЛ 13 (43,3%) камней расположены справа, а 17 (56,7%) — слева. В группе СМП 16 (53,3%) камней справа и 14 (46,7%) — слева. р-значение составило 0,438, что подтверждает однородность групп по этому критерию.

Рассматривая локализацию камней по расположению в мочевых путях, можно отметить следующие данные: верхняя группа чашечек: 1 (3,3%) в мПНЛ и 2 (6,7%) в СМП; средняя группа чашечек: 2 (6,7%) в мПНЛ и 1 (3,3%) в СМП; нижняя группа чашечек: 4 (13,3%) в обеих группах; лоханка: 10 (33,3%) в мПНЛ и 9 (30,0%) в СМП; лоханочно-мочеточниковый сегмент (ЛМС): 4 (13,3%) в мПНЛ и 3 (10,0%) в СМП; множественные камни: 9 (30,0%) в мПНЛ и 11 (36,7%) в СМП, статистической разницы не выявлено ($p=0,964$) (Диаграмма 2).

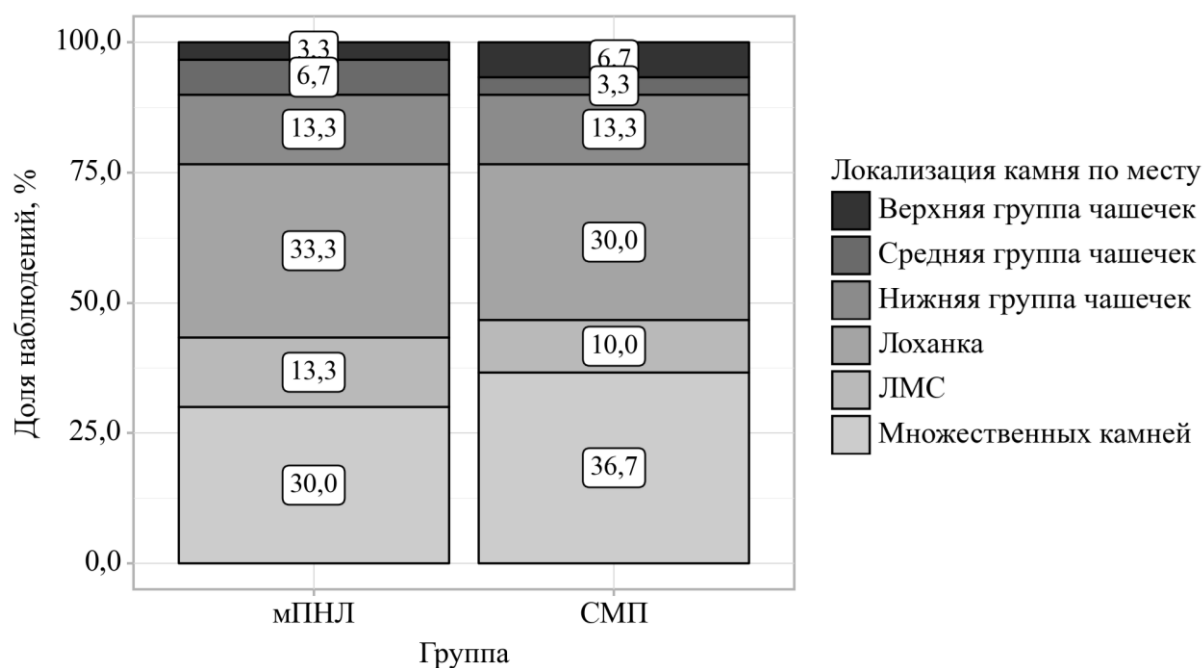


Диаграмма 2 – Анализ локализации камня по стороне в зависимости от группы

При анализе наличия гидронефроза выявлено, что в группе мПНЛ у 23 (76,7%) пациентов его не было, в то время как в группе СМП — у 22 (73,3%). Гидронефроз был зарегистрирован у 7 (23,3%) пациентов в мПНЛ и у 8 (26,7%) в СМП. р-значение составило 1,000, что также указывает на отсутствие статистически значимых различий между группами (Таблица 3).

Таблица 3 – Анализ предоперационных характеристик (категориальных) в зависимости от группы: мПНЛ и СМП

Показатели	Категории	Группа		p
		мПНЛ	СМП	
Пол	мужской	17 (56,7)	16 (53,3)	0,795
	женский	13 (43,3)	14 (46,7)	
Локализация камня по стороне	справа	13 (43,3)	16 (53,3)	0,438
	слева	17 (56,7)	14 (46,7)	
Локализация камня по месту	Верхняя группа чашечек	1 (3,3)	2 (6,7)	0,957
	Средняя группа чашечек	2 (6,7)	1 (3,3)	
	Нижняя группа чашечек	4 (13,3)	4 (13,3)	
	Лоханка	10 (33,3)	9 (30,0)	
	ЛМС	4 (13,3)	3 (10,0)	
	Множественные камни	9 (30,0)	11 (36,7)	
Наличие гидронефроза	Нет гидронефроза	23 (76,7)	22 (73,3)	1,000
	Есть гидронефроз	7 (23,3)	8 (26,7)	

Средний возраст пациентов в группе мПНЛ составляет 53 ± 12 лет, с 95% доверительным интервалом от 48 до 57 и размером выборки $n = 30$. В группе СМП средний возраст немного выше — 54 ± 15 лет, с аналогичным доверительным интервалом от 48 до 59 и также $n = 30$. При этом $p = 0,742$, что указывает на отсутствие статистически значимых различий между группами. Это свидетельствует о том, что возраст пациентов распределен схоже в обеих группах.

Индекс массы тела (ИМТ) у пациентов группы мПНЛ составляет $28,2 \pm 4,6$, с доверительным интервалом от 26,5 до 29,9 и $n = 30$. В группе СМП ИМТ равен $29,1 \pm 4,3$, с доверительным интервалом от 27,5 до 30,7 и также $n = 30$. Значение p в данном случае равно 0,459, что также указывает на отсутствие статистически значимых различий в ИМТ между группами. Таким образом, можно сделать вывод о схожести ИМТ у пациентов обеих групп.

По размеру конкрементов медиана в группе мПНЛ составляет 18,8 мм с межквартильным размахом $Q_1 - Q_3$ от 17,1 до 22,3 ($n = 30$). В группе СМП медиана немного выше — 18,9 мм с $Q_1 - Q_3$ от 17,8 до 24,4 и также $n = 30$. Здесь значение p равно 0,371, что также указывает на отсутствие статистически значимых различий между группами по размеру камней. Следовательно, размеры камней можно считать схожими.

Наконец, по плотности камня (НУ) в группе мПНЛ медиана составляет 1194 НУ с межквартильным размахом от 820 до 1470 ($n = 30$), тогда как в группе СМП медиана равна 1150 НУ с $Q_1 - Q_3$ от 614 до 1400 и также $n = 30$. Значение p в этом случае составляет 0,459, что вновь подтверждает отсутствие статистически значимых различий между группами по плотности камней (Таблица 4).

Таблица 4 – Анализ предоперационных характеристик (количественных) в зависимости от группы: мПНЛ и СМП

Показатели	Группы	$M \pm SD / Me$	95% ДИ / $Q_1 - Q_3$	n	p
Возраст (лет)	мПНЛ	53 ± 12	48 – 57	30	0,742
	СМП	54 ± 15	48 – 59	30	
ИМТ (кг/м ²)	мПНЛ	$28,2 \pm 4,6$	26,5 – 29,9	30	0,459
	СМП	$29,1 \pm 4,3$	27,5 – 30,7	30	
Размер камня (мм)	мПНЛ	18,8	17,1 – 22,3	30	0,371
	СМП	18,9	17,8 – 24,4	30	

Продолжение Таблицы 4

Плотность камня (НУ)	мПНЛ	1194	820–1470	30	0,459
	СМП	1150	614–1400	30	

Таким образом, проведенный анализ показателей демонстрирует, что для всех изученных характеристик - предоперационных и категориальных, между группами мПНЛ и СМП отсутствуют статистически значимые различия. Все значения p превышают уровень значимости 0,05, что указывает на схожесть этих характеристик между двумя группами пациентов.

Сравнение предоперационных характеристик между группой контроля и СР

В группе мПНЛ мы наблюдаем 17 мужчин (56,7%) и 13 женщин (43,3%). В контрольной группе количество мужчин составляет 14 (46,7%), а женщин — 16 (53,3%). При этом значение $p = 0,438$ указывает на отсутствие статистически значимых различий по полу между двумя группами.

В группе мПНЛ 13 пациентов (43,3%) имеют камни справа, тогда как в контрольной группе их количество составляет 18 (60%). Слева камни обнаружены у 17 (56,7%) пациентов группы мПНЛ и у 12 (40%) в контрольной группе. Значение $p = 0,196$ свидетельствует о том, что различия в локализации камней по стороне также не являются статистически значимыми.

В верхней группе чашечек камни обнаружены у 1 пациента (3,3%) в обеих группах. В средней группе чашечек — у 2 (6,7%) в группе мПНЛ и 1 (3,3%) в контрольной группе. В нижней группе чашечек камни были у 4 (13,3%) пациентов группы мПНЛ и 5 (16,7%) в контрольной группе. Что касается лоханки, то здесь мы видим 10 (33,3%) случаев в группе мПНЛ и 7 (23,3%) в контрольной группе. ЛМС встречается у 4 (13,3%) пациентов в обеих группах. Наконец, множественные камни зафиксированы у 9 (30,0%) пациентов группы мПНЛ и у 12 (40,0%) в контрольной группе. Значение $p = 0,924$ указывает на отсутствие значимых различий (Диаграмма 3).

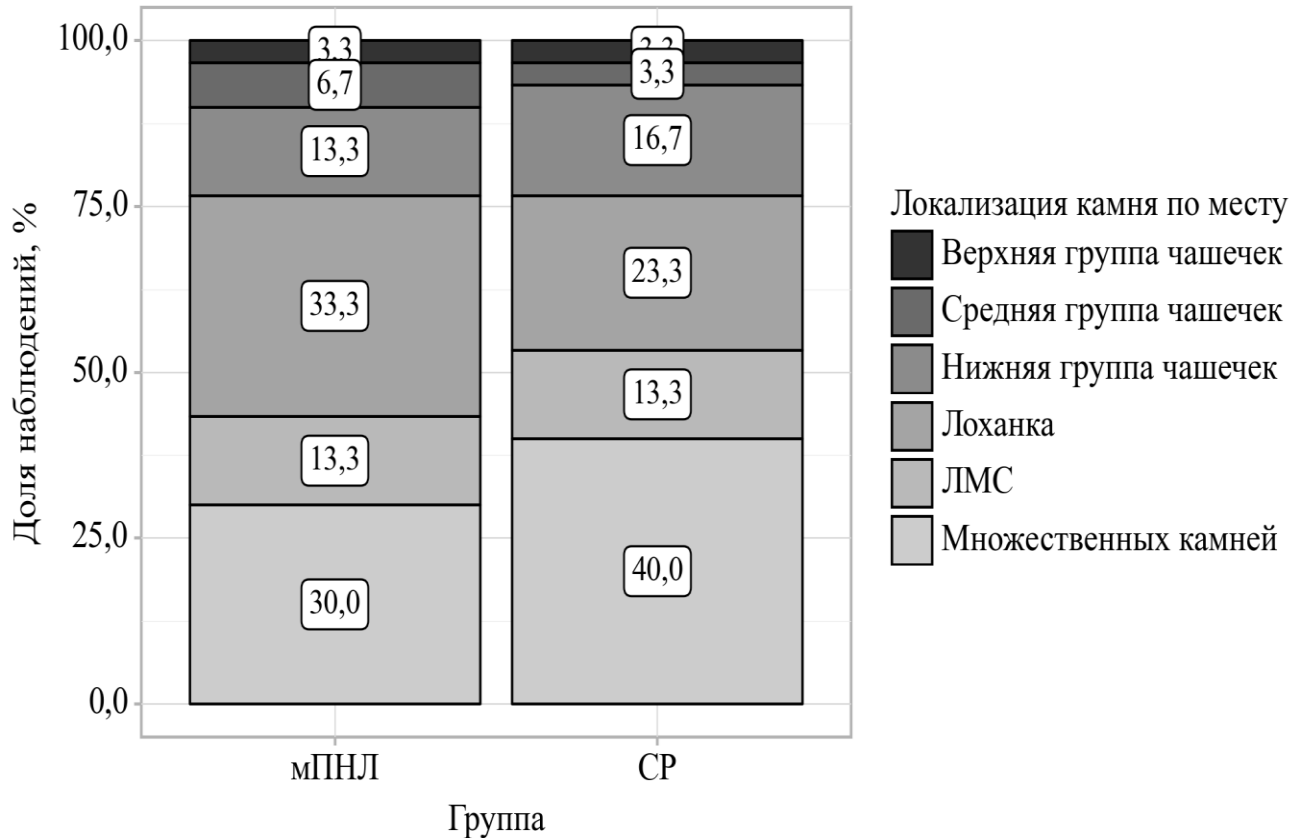


Диаграмма 3 – Анализ локализации камня по стороне в зависимости от группы

В группе мПНЛ 23 пациента (76,7%) не имеют гидронефроза, тогда как в контрольной группе это число составляет 24 (80%). Наличие гидронефроза зарегистрировано у 7 (23,3%) пациентов в группе мПНЛ и у 6 (20%) в контрольной группе, что статистически незначимо ($p = 1,000$).

В Таблице 5 представлен анализ категориальных предоперационных характеристик пациентов.

Таблица 5 – Анализ предоперационных характеристик (категориальные) в зависимости от группы: мПНЛ и СР

Показатели	Категории	Группа		p
		мПНЛ	СР	
Пол	мужской	17 (56,7)	14 (46,7)	0,438
	женский	13 (43,3)	16 (53,3)	

Продолжение Таблицы 5

Локализация камня по стороне	справа	13 (43,3)	18 (60,0)	0,196
	слева	17 (56,7)	12 (40,0)	
Локализация камня по месту	Верхняя группа чашечек	1 (3,3)	1 (3,3)	0,924
	Средняя группа чашечек	2 (6,7)	1 (3,3)	
	Нижняя группа чашечек	4 (13,3)	5 (16,7)	
	Лоханка	10 (33,3)	7 (23,3)	
	ЛМС	4 (13,3)	4 (13,3)	
	Множественные камни	9 (30,0)	12 (40,0)	
Наличие гидронефроза	Нет гидронефроза	23 (76,7)	24 (80,0)	1,000
	Есть гидронефроз	7 (23,3)	6 (20,0)	

В группе мПНЛ средний возраст составляет 53 года ($M \pm SD = 53 \pm 12$), с 95% доверительным интервалом (ДИ) от 48 до 57 лет, при этом размер выборки составляет 30 человек. В контрольной группе СР средний возраст равен 50 лет ($M \pm SD = 50 \pm 12$), с 95% ДИ от 46 до 55 лет и аналогичным размером выборки — 30 человек. Статистический анализ показывает, что $p = 0,441$, что указывает на отсутствие статистически значимых различий в возрасте между двумя группами.

В группе мПНЛ средний ИМТ составляет 27,8 (с 95% ДИ от 24,3 до 30,1), при этом размер выборки также равен 30. В контрольной группе СР средний ИМТ равен 28,6 (с 95% ДИ от 24,6 до 30,1). Статистический анализ показывает $p = 0,807$, что говорит о том, что различия в ИМТ между группами не являются статистически значимыми.

В группе мПНЛ средний размер камня составляет 18,8 мм (с 95% ДИ от 17,1 до 22,3), при этом размер выборки равен 30. В контрольной группе СР средний размер камня равен 17,9 мм (с 95% ДИ от 16,9 до 24,2). Анализ показывает $p = 0,894$, что указывает на отсутствие статистически значимых различий в размере камней между группами.

В группе мПНЛ средняя плотность камня составляет 1124 HU ($M \pm SD = 1124 \pm 431$) с 95% ДИ от 963 до 1285 и размером выборки в 30 человек. В контрольной группе СР средняя плотность камня равна 1176 HU ($M \pm SD = 1176 \pm 399$) с 95% ДИ от 1027 до 1325. Статистический анализ показывает $p = 0,630$, что также указывает на отсутствие статистически значимых различий в плотности камней между группами (Таблица 6).

Таблица 6 – Анализ предоперационных характеристик (количественных) в зависимости от группы: мПНЛ и СР

Показатели	Группы	$M \pm SD / Me$	95% ДИ / $Q_1 - Q_3$	n	p
Возраст (лет)	мПНЛ	53 ± 12	48 – 57	30	0,441
	СР	50 ± 12	46 – 55	30	
ИМТ (кг/м ²)	мПНЛ	27,8	24,3 – 30,1	30	0,807
	СР	28,6	24,6 – 30,1	30	
Размер камня (мм)	мПНЛ	18,8	17,1 – 22,3	30	0,894
	СР	17,9	16,9 – 24,2	30	
Плотность камня (HU)	мПНЛ	1124 ± 431	963–1285	30	0,630
	СР	1176 ± 399	1027 – 1325	30	

В заключение можно сказать, что анализ показателей пациентов с МКБ показывает отсутствие статистически значимых различий в клинических характеристиках между группами мПНЛ и СР.

Все пациенты поступали в стационар после предварительной диагностики МКБ на амбулаторном этапе с помощью методов визуализации (УЗИ, рентген, КТ).

Предоперационное обследование и подготовка к операции состояли из сбора жалоб, анамнеза, физикального, лабораторного и инструментального методов диагностики.

Основная жалоба пациентов – на периодически возникающий дискомфорт или тянущую тупую боль в поясничной области. Бессимптомное выявление конкрементов при плановом осмотре также встречается в клинической практике.

При сборе анамнеза жизни обращали внимание на данные о наличии хронических заболеваний, перенесенных операциях, аллергических реакциях.

Лабораторная диагностика включала в себя такие показатели:

- общий анализ крови (определение уровня гемоглобина) – до и через 24 часа после операции;
- биохимический анализ крови (определение уровня креатинина) – до и через 24 часа после операции;
- общий анализ мочи;
- посев мочи с определением чувствительности к антибактериальным препаратам;
- коагулограмма;
- госпитальный комплекс (диагностика гепатита В и С, ВИЧ и сифилиса);
- определение группы крови и резус-фактора.

На момент операции пациенты имели отрицательный результат посева мочи. Пациентам, принимавшим антикоагулянтную терапию, проводилась отмена кроверазжижающих препаратов.

Инструментальная диагностика включала ультразвуковое исследование органов мочевыделительной системы и КТ органов брюшной полости с внутривенным контрастированием.

Ультразвуковая диагностика пациентов выполнялась на аппарате модели flexFoxus (BK medical, Дания) с конвексным датчиком на частоте 3.5-5.0 МГц.

Проводилась оценка размера, формы и расположения почек, определение толщины паренхимы почек, выявление аномалий строения, дилатации ЧЛС, визуализация размера, расположения конкремента, исключение образований почек и ЧЛС.

КТ осуществлялась на компьютерном томографе «Aquilion One 640» (Toshiba, Япония). Проводилась оценка анатомических особенностей ЧЛС, расположения сосудистых структур, определение плотности конкрементов, наличия дилатации ЧЛС, предоперационное планирование пункции ЧЛС.

2.3. Техника выполнения миниперкутанной нефролитотомии (контрольная группа)

Оперативное вмешательство проводилось под эндотрахеальным наркозом. Перкутанная нефролитотомия всем пациентам проводилась в положении на спине в модифицированной позиции Вальдивиа-Гальдакао – под поясничную область пациента на стороне операции устанавливался валик высотой 15 см. Ипсилатеральная нижняя конечность выпрямлена, контралатеральная - согнута в тазобедренном и коленном суставах и отведена. мПНЛ проводилась с использованием комбинированного рентгеноскопического, ультразвукового и эндоскопического контроля.

Перкутанная нефролитотомия выполнялась в условиях рентгеноперационной с использованием установки «Uroskop Omnia Max» (Siemens Healthineers, Германия) и эндохирургического оборудования (Karl Storz, Германия).

Первым этапом традиционной перкутанной нефролитотомии в контрольной группе, группе СМП и СР был эндоскопический этап. В положении пациента на спине в модифицированной литотомической позиции Вальдивиа-Гальдакао проводилась уретроцистоскопия цистоскопом диаметром 22 Ch (Karl Storz Endoscopy, Германия). После визуализации устьев мочеточников по струне устанавливался торцевой мочеточниковый катетер 7 Ch с наружным выведением. Затем после удаления цистоскопа выполнялось дренирование мочевого пузыря

катетером Фолея с последующей фиксацией последнего к мочеточниковому катетеру.

После обработки операционного поля антисептиками осуществлялась пункция ЧЛС. Пункция осуществлялась под комбинированным ультразвуковым и рентгеноскопическим контролем. Через пункционную иглу в лоханку вводился проводник, после чего производилось одномоментное бужирование нефростомического канала и устанавливался тубус для мини-нефроскопа диаметром 17,5 Ch, а через его просвет проводился нефроскоп диаметром 12 Ch. Выполнялась нефроскопия, в ходе которой визуализировались конкременты. В рабочий канал эндоскопа вводилось лазерное волокно для проведения лазерной нефролитотомии с использованием тулиевого волоконного лазера на аппарате Fiberlase под эндоскопическим контролем и с непрерывной ирригацией физиологическим раствором. Фрагменты камней удалялись через тубус пассивно. После завершения процедуры проводилась контрольная пиелокаликоскопия и рентгеноскопия. Нефроскоп удалялся, а всем пациентам устанавливался нефростомический дренаж.

2.4. Техника выполнения директивной пункции

Пункция проводилась без предварительного дренирования ЧЛС мочеточниковым катетером под комбинированным ультразвуковым и рентгеноскопическим контролем, ориентиром при пункции являлся либо сам конкремент, либо расширенная ЧЛС у пациентов с гидронефрозом.

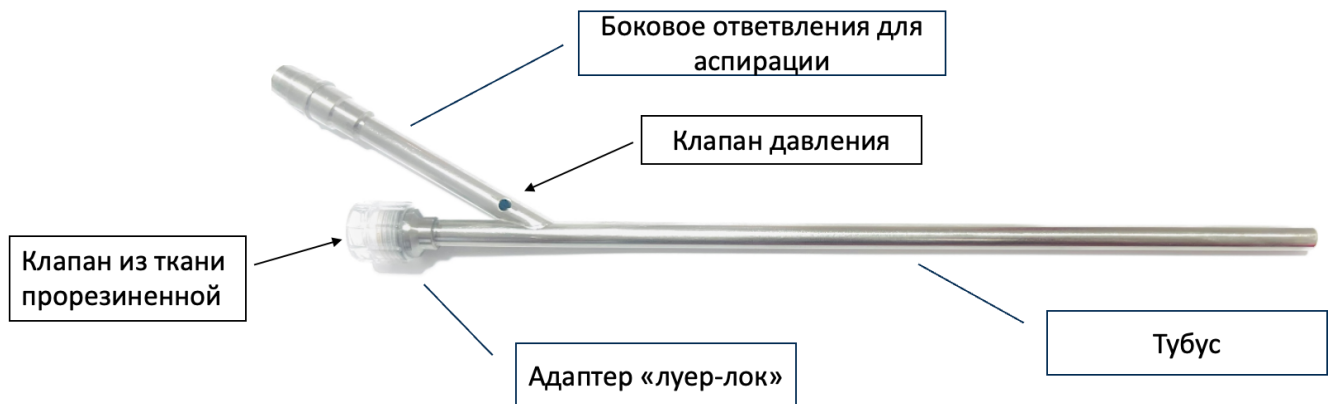
2.5. Техника выполнения суперминиперкутанной нефролитотомии

Для выполнения СМП применялся модифицированный аспирационный кожух оригинальной конструкции (Рисунок 7). Конструкция включает два основных элемента: наружный тубус и внутреннюю obturating трубку. Наружный тубус изготовлен из нержавеющей стали и имеет внешний диаметр 16,5

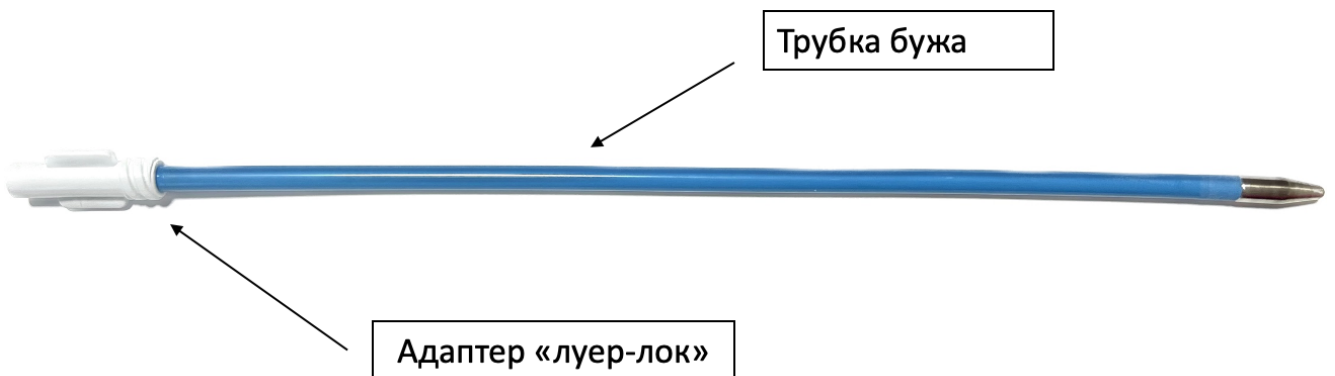
Ch (5,5 мм) и внутренний диаметр 15 Ch (5,0 мм). Особенностью его конструкции является наличие бокового ответвления для аспирации, расположенного под углом 30° к основной оси и имеющего сообщение с центральным просветом. Внутренняя обтурирующая трубка (14 Ch) выполнена из полиэтилена и оснащена стальным конусовидным наконечником. Герметичное соединение между элементами обеспечивается за счет замка Люэра и встроенного резинового уплотнителя.

Эвакуация фрагментов конкремента осуществлялась двумя способами: методом пассивной или активной аспирации. Пассивная аспирация достигается перекрытием клапана давления на боковом ответвлении. Для активной аспирации к штуцеру бокового ответвления подключается стандартная вакуумная система с отрицательным давлением. Интенсивность аспирации регулируется степенью перекрытия клапана давления пальцем оперирующего хирурга при удержании инструмента.

А



Б



В

Рисунок 7 – Аспирационный кожух: А – Наружный тубус аспирационного кожуха; Б – Внутренняя obtурирующая трубка аспирационного кожуха; В – Строение устройства для аспирации в собранном виде

2.6. Техника выполнения миниперкутанной нефролитотомии с применением смешанной визуализации

Исследование включало проведение КТ с контрастированием всем участвующим пациентам. Сканирование выполнялось с шагом 0,5 мм, пациенты находились в положении лежа на спине – это было важно для точного соответствия позиции при последующей операции ПНЛ и предотвращения смещения органов. Для обработки полученных DICOM-снимков использовалась программа «Inobites DICOM Viewer Pro» (русская разработка, г. Воронеж). При создании трехмерной модели выделялись три основных элемента: кровеносные сосуды, ткань почки и её собирательная система. Готовая 3D-модель сохранялась в STL-формате (стереолитография).

Для упрощения процесса и исключения необходимости привлекать специалистов по биоинженерии и компьютерной графике была создана программа «HLOIA». Она включает веб-интерфейс, облачное хранилище и приложение для AR-очков. Хирург самостоятельно загружал подготовленные STL-файлы через веб-сайт HLOIA (hloia.org), работающий на базе Three.js. Применение этой модели смешанной реальности было впервые описано Семенякиным И.В и Гаджиевым Н.К. в 2021 г. при лапароскопической резекции почки [30]. Там же настраивались цветовые параметры и прозрачность модели, после чего настройки сохранялись на облачном сервере (платформа .NET Core 3.1).

Для следующего этапа требовались очки дополненной реальности HoloLens 2 (производства Microsoft) (Рисунок 8) и высокоскоростной интернет. Специальное приложение, разработанное на Unity с применением инструментов смешанной реальности, устанавливалось на очки через сайт HLOIA (Рисунок 9).



Рисунок 8 – Очки Microsoft HoloLens 2



Рисунок 9 – Применение хирургом очков Microsoft HoloLens 2 во время операции

После входа в систему загруженная модель становилась доступной для автономного использования. Её можно было размещать в любой точке реального пространства, рассматривать под разными углами, а также изменять размер и положение простыми жестами.

Весь процесс от начальной обработки изображений до финальной загрузки модели в очки занимал около 20 минут. Важно отметить, что урологи справились с этим самостоятельно, не имея специальной подготовки в области компьютерного моделирования.

В группе, где проводился инновационная методика, пункция выполнялась с применением 3D-навигации, комбинируя ультразвуковую визуализацию с технологией дополненной реальности (Рисунок 10).

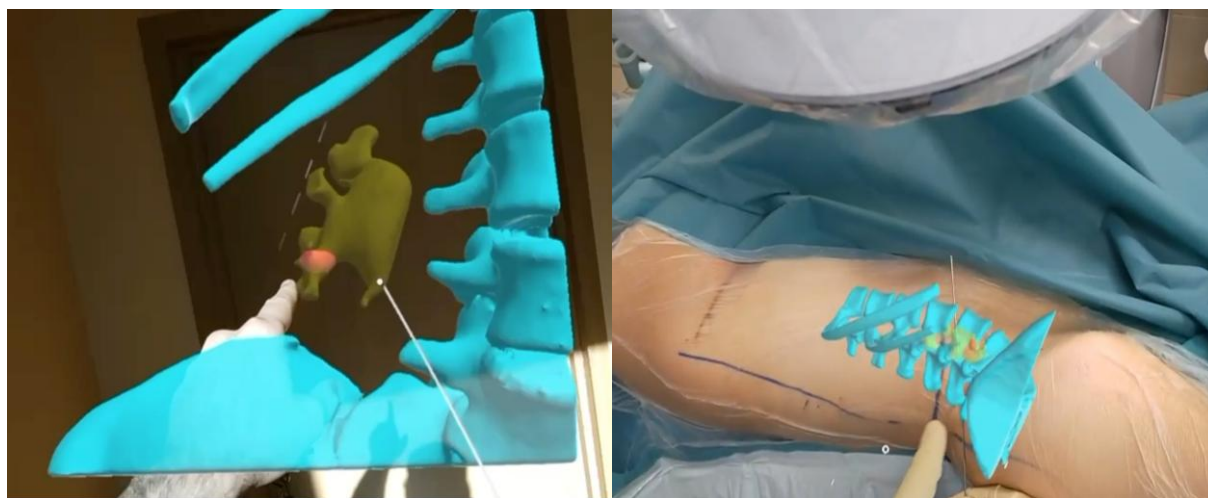


Рисунок 10 – Трехмерная голограмма, которая накладывается на тело пациента и сопоставляется с костными ориентирами, при выполнении пункции с применением смешанной реальности

2.7. Оценка результатов исследования и статистическая обработка данных

Статистический анализ проводился с использованием программы StatTech v. 4.7.2 (разработчик - ООО «Статтех», Россия).

Количественные показатели оценивались на предмет соответствия нормальному распределению с помощью критерия Шапиро-Уилка (при числе исследуемых менее 50) или критерия Колмогорова-Смирнова (при числе исследуемых более 50).

Количественные показатели, выборочное распределение которых соответствовало нормальному, описывались с помощью средних арифметических

величин (M) и стандартных отклонений (SD). В качестве меры репрезентативности для средних значений указывались границы 95% доверительного интервала (95%).

В случае отсутствия нормального распределения количественные данные описывались с помощью медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей ($Q1 - Q3$).

Категориальные данные описывались с указанием абсолютных значений и процентных долей. 95% доверительные интервалы для процентных долей рассчитывались по методу Клоппера-Пирсона.

Сравнение двух групп по количественному показателю, распределение которого в каждой из групп соответствовало нормальному, при условии равенства дисперсий, выполнялось с помощью t -критерия Стьюдента.

Сравнение двух групп по количественному показателю, распределение которого отличалось от нормального, выполнялось с помощью U -критерия Манна-Уитни.

Сравнение процентных долей при анализе четырехпольных таблиц сопряженности выполнялось с помощью критерия хи-квадрат Пирсона (при значениях ожидаемого явления более 10), точного критерия Фишера (при значениях ожидаемого явления менее 10)

В качестве количественной меры эффекта при сравнении относительных показателей рассчитывалось отношение шансов с 95% доверительным интервалом (ОШ; 95% ДИ). В случае нулевых значений числа наблюдений в ячейках таблицы сопряженности расчет отношения шансов выполнялся с поправкой Холдейн-Энскомб.

Сравнение процентных долей при анализе многопольных таблиц сопряженности выполнялось с помощью критерия хи-квадрат Пирсона.

При сравнении количественных показателей, распределение которых отличалось от нормального, в двух связанных группах, использовался критерий Уилкоксона.

Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

ГЛАВА 3. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ИННОВАЦИОННЫХ МЕТОДИК ПО СРАВНЕНИЮ СО СТАНДАРТНОЙ МИНИПЕРКУТАННОЙ НЕФРОЛИТОТОМИЕЙ

3.1. Результаты оперативного лечения в группе миниперкутанной нефролитотомии с применением директивной пункции

При анализе первичной конечной точки – частоты избавления от камней (Таблица 7) выявлено, что в обеих группах (мПНЛ и дПНЛ) SFR составила 93,3% (28 пациентов в каждой группе). Это говорит о высокой эффективности лечения и отсутствии статистически значимых различий между группами.

Таблица 7 – Анализ SFR статуса в зависимости от группы: мПНЛ и дПНЛ

Показатель	Категории	Группа		p
		мПНЛ	дПНЛ	
SFR статус	SFR	28 (93,3)	28 (93,3)	1,000
	Резидуальные конкременты	2 (6,7)	2 (6,7)	

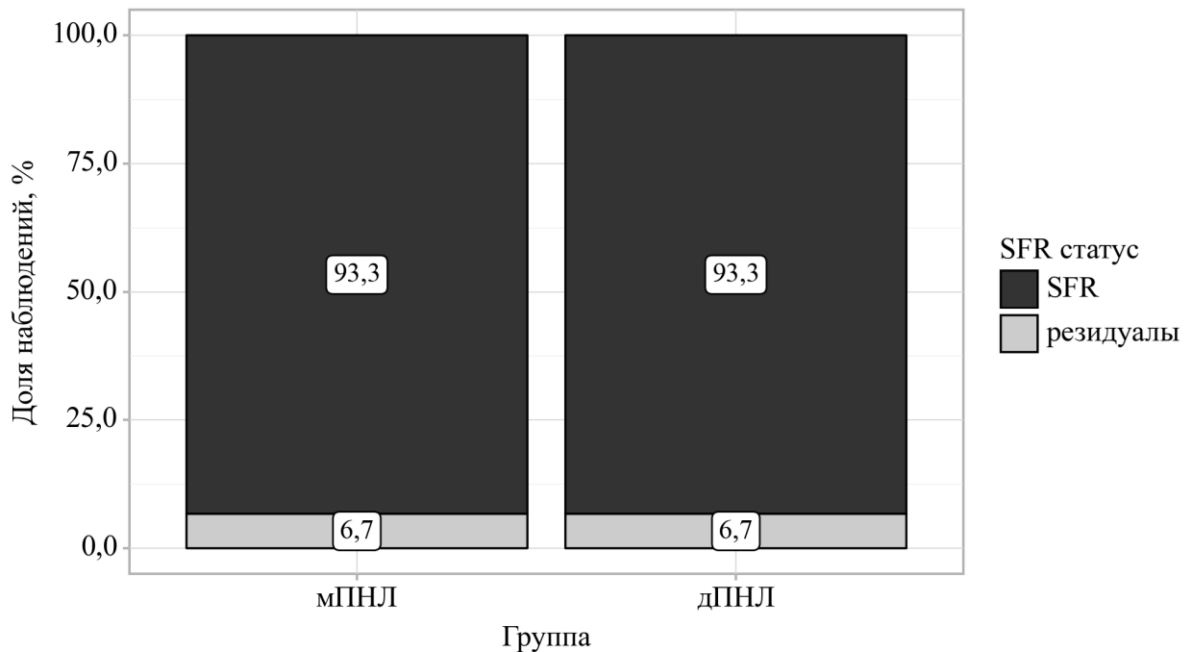


Диаграмма 4 – Анализ SFR статуса в зависимости от группы

При анализе длительности операции (Таблица 8, Диаграмма 5) можно выделить несколько ключевых моментов:

Во-первых, средняя длительность операции в группе мПНЛ составляет 60 минут с доверительным интервалом от 56 до 63 минут. В то же время группа дПНЛ показывает среднюю длительность в 46 минут, с доверительным интервалом от 42 до 49 минут.

Во-вторых, разница в 14 минут между группами является статистически значимой ($p < 0,001$), что указывает на то, что такие различия не являются случайными.

Таким образом, результаты подчеркивают значительное различие в длительности операций между двумя группами, что возможно обусловлено отсутствием необходимости выполнять первый цистоскопический этап.

Таблица 8 – Анализ длительности операции в зависимости от группы

Показатель	Категории	Длительность операции (мин)			p
		M ± SD	95% ДИ	n	
Группа	мПНЛ	60 ± 10	56 – 63	30	< 0,001*
	дПНЛ	46 ± 9	42 – 49	30	

* Статистически значимая разница ($p < 0,05$)

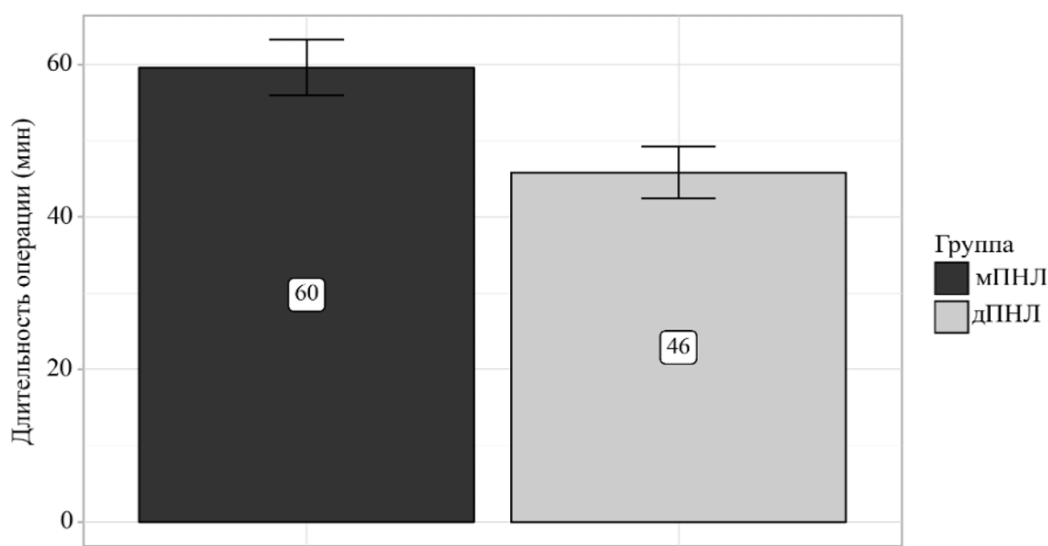


Диаграмма 5 – Анализ длительности операции в зависимости от группы: мПНЛ и дПНЛ

Анализ длительности пункции показал следующие результаты (Таблица 9):

Медианное время выполнения процедуры в обеих группах составило 2,00 минуты. При статистическом сравнении ($p=0,535$) значимых различий между методами выявлено не было. Оба подхода показали сопоставимую эффективность по времени выполнения пункции.

Таблица 9 – Анализ длительности пункции в зависимости от группы: мПНЛ и дПНЛ

Показатель	Категории	Длительность пункции (мин)			p
		Me	Q ₁ – Q ₃	n	
Группа	мПНЛ	2,00	1,00 – 2,75	30	0,535
	дПНЛ	2,00	2,00 – 3,00	30	

При сопоставлении количества пункций в зависимости от группы, выявлено, что в большинстве случаев потребовалась 1 попытка пункции для доступа в ЧЛС в обеих группах (Таблица 10). Между группами не удалось выявить статистически значимых различий ($p = 0,944$).

Таблица 10 – Анализ количества пункций в зависимости от группы: мПНЛ и дПНЛ

Показатель	Категории	Количество пункций			p
		Me	Q ₁ – Q ₃	n	
Группа	мПНЛ	1	1 – 1	30	0,944
	дПНЛ	1	1 – 1	30	

В Таблице 11 и Диаграмме 6 представлены данные о снижении гемоглобина у пациентов в группах мПНЛ и дПНЛ. Важно отметить, что среднее снижение его концентрации в группе мПНЛ составило -0,8 г/дл, при этом интерквартильный размах варьировал от -1 до -0,4 г/дл. В то же время, в группе дПНЛ среднее снижение оказалось несколько более выраженным и составило -10 г/дл, с интерквартильным диапазоном от -1,5 до -0,5 г/дл.

Стоит подчеркнуть, что значение $p = 0,175$ указывает на отсутствие статистически значимой разницы между двумя группами, это означает, что различия в снижении гемоглобина не являются достаточными для того, чтобы сделать вывод о различиях в эффективности методов лечения.

Таким образом, несмотря на наблюдаемые различия в снижении гемоглобина между группами, они не являются статистически значимыми. Это предполагает схожесть влияния обеих методик на уровень гемоглобина у пациентов.

Таблица 11 – Анализ снижения гемоглобина в зависимости от группы: мПНЛ и дПНЛ

Показатель	Категории	Снижение гемоглобина (г/дл)			p
		Me	Q ₁ – Q ₃	n	
Группа	мПНЛ	-0,8	-1,0 – -0,4	30	0,175
	дПНЛ	-1,0	-1,5 – -0,5	30	

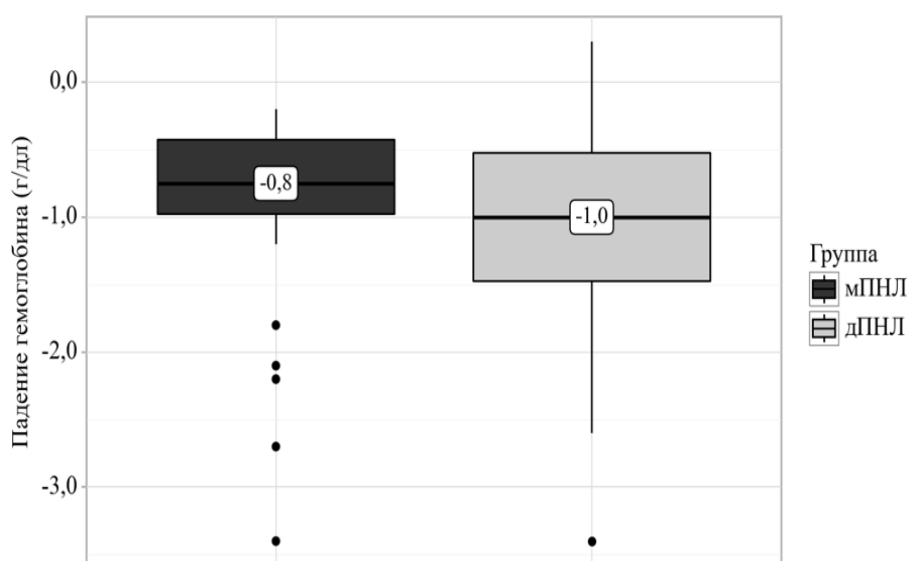


Диаграмма 6 – Анализ снижения гемоглобина в зависимости от группы

В данном анализе мы рассматриваем изменения уровня гемоглобина у двух групп пациентов: мПНЛ и дПНЛ, до и после операции (Таблица 12, Диаграмма 7).

В группе мПНЛ уровень гемоглобина до операции составил медиану 14,3 (IQR 13,4; 15,4), а после операции снизился до 13,5 (IQR 12,5; 14,6). Это

свидетельствует о незначительном снижении уровня гемоглобина, что подтверждается р-значением 0,09.

В группе дПНЛ уровень гемоглобина до операции был на уровне 14,0 (IQR 12,6; 15,0), а после операции снизился до 13,2 (IQR 11,6; 14,3). Здесь также наблюдается незначительное снижение с р-значением 0,08.

Важно отметить, что хотя в обеих группах уровень гемоглобина снижается, статистически значимых различий между группами не обнаружено ($p = 0,276$ до операции и $p = 0,239$ после).

Таблица 12 – Анализ динамики гемоглобина в зависимости от группы: мПНЛ и дПНЛ

Группа	Уровень гемоглобина до операции		Уровень гемоглобина после операции		p
	Me	Q ₁ – Q ₃	Me	Q ₁ – Q ₃	
мПНЛ	14,3 (n=30)	13,4 – 15,4	13,5 (n=30)	12,5 – 14,6	0,09
дПНЛ	14,0 (n=30)	12,6 – 15,0	13,2 (n=30)	11,6 – 14,3	0,08
p	0,276		0,193		–

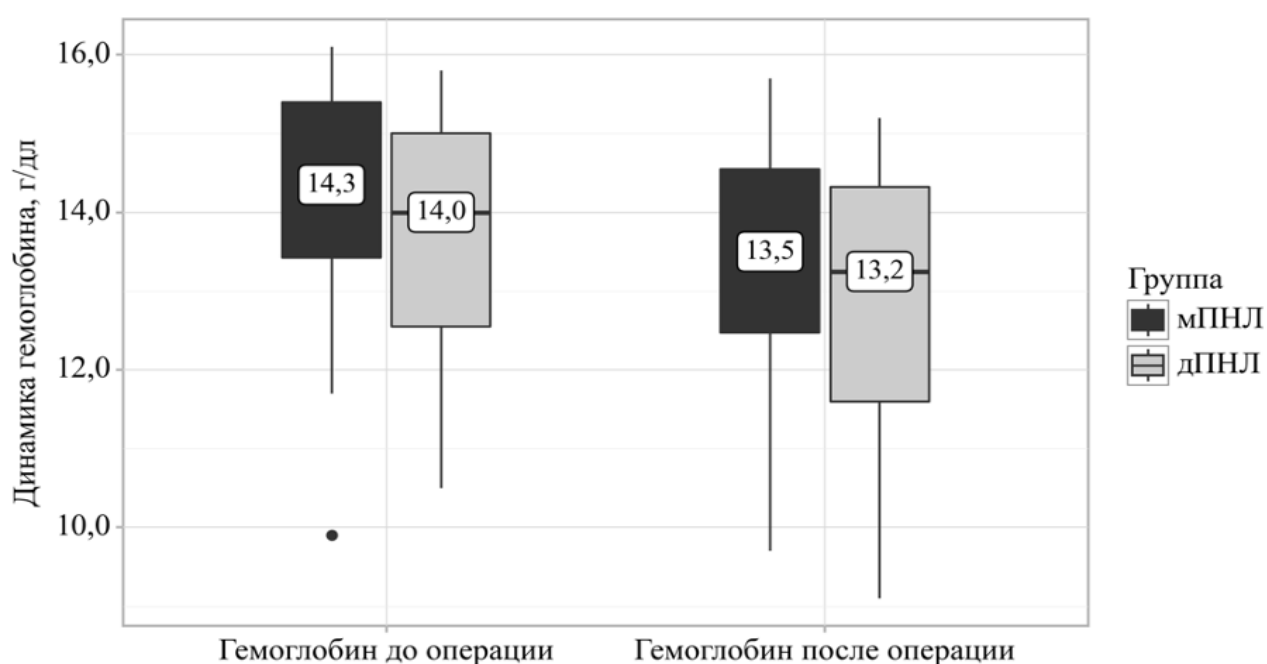


Диаграмма 7 – Анализ динамики концентрации гемоглобина в зависимости от группы

В данном анализе рассматриваются изменения концентрации креатинина у двух групп пациентов: мПНЛ и дПНЛ, до и после операции (Таблица 13, Диаграмма 8).

В группе мПНЛ медианный уровень креатинина до операции составил 89 (IQR 83; 98), а после операции увеличился до 90 (IQR 84; 93). Однако р-значение (0,191) указывает на отсутствие статистически значимых изменений.

В группе дПНЛ медианный уровень креатинина остался неизменным на уровне 91 как до, так и после операции (IQR 85; 97 до операции и 88; 93 после). р-значение в этой группе составило 0,461, что также свидетельствует о незначительности изменений.

Кроме того, сравнение уровней креатинина между группами показало р-значения 0,609 до операции и 0,184 после, что подтверждает отсутствие значительных различий.

Таким образом, можно сделать вывод, что операция не оказала заметного влияния на уровень креатинина в обеих группах, и изменения не являются статистически значимыми.

Таблица 13 – Анализ динамики концентрации креатинина в зависимости от группы: мПНЛ и дПНЛ

Группа	Уровень креатинина до операции		Уровень креатинина после операции		Р
	Ме	Q ₁ – Q ₃	Ме	Q ₁ – Q ₃	
мПНЛ	89 (n=30)	83 – 98	90 (n=30)	84 – 93	0,191
дПНЛ	91 (n=30)	85 – 97	91 (n=30)	88 – 93	0,461
р	0,609		0,184		–

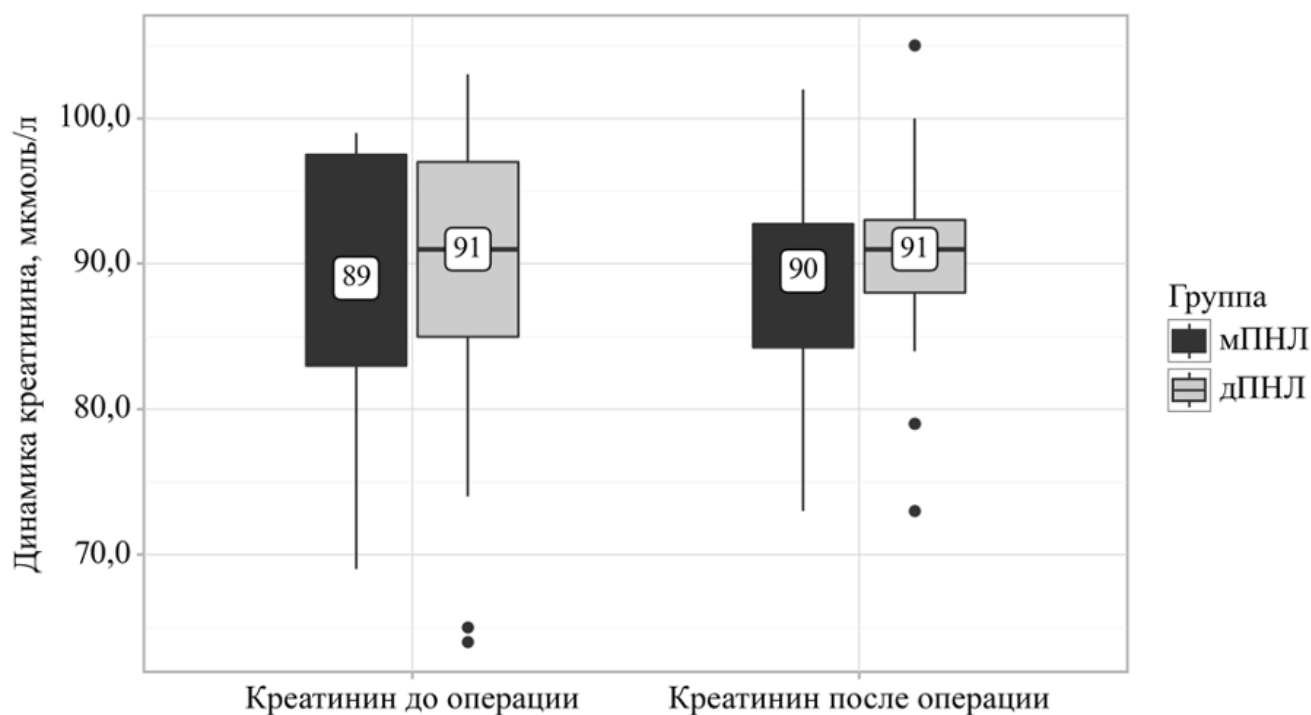


Диаграмма 8 – Анализ динамики концентрации креатинина в зависимости от группы

В результате анализа осложнений по классификации Clavien-Dindo при выполнении мПНЛ и дПНЛ были получены следующие данные (Таблица 14, Диаграмма 9):

1) во-первых, в группе мПНЛ не зарегистрировано осложнений у 29 пациентов (96,7%), что свидетельствует о высокой безопасности метода. В группе дПНЛ также наблюдается высокий процент неосложненных случаев — 27 пациентов (90,0%). Однако статистически значимого различия между группами не обнаружено ($p = 0,495$);

2) во-вторых, осложнения I степени были зафиксированы у 1 пациента в группе мПНЛ (3,3%) и у 2 пациентов в группе дПНЛ (6,7%), что указывает на легкие осложнения, разрешающиеся консервативно;

3) в-третьих, следует отметить, что в группе мПНЛ не было зарегистрировано случаев II степени, тогда как в группе дПНЛ был зафиксирован 1 случай (3,3%).

Таким образом, можно заключить, что оба метода демонстрируют высокий уровень безопасности с небольшим количеством осложнений.

Таблица 14 – Анализ осложнений Clavien-Dindo в зависимости от группы

Показатель	Категории	Группа		p
		мПНЛ	дПНЛ	
Осложнения Clavien-Dindo	Нет	29 (96,7)	27 (90,0)	0,495
	I	1 (3,3)	2 (6,7)	
	II	0 (0,0)	1 (3,3)	

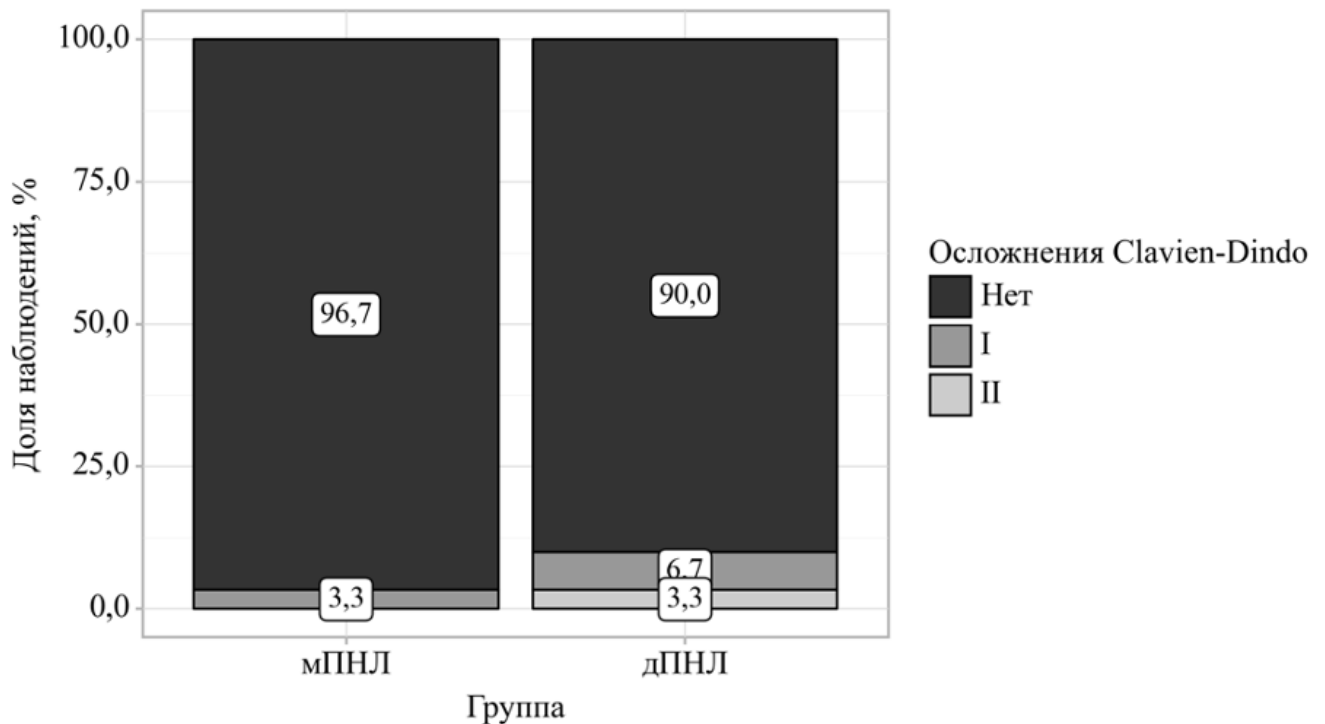


Диаграмма 9 – Анализ осложнения Clavien-Dindo в зависимости от группы

В представленном ниже анализе данных о визуализации в двух группах пациентов — мПНЛ и дПНЛ — можно выделить несколько ключевых моментов (Таблица 15, Диаграмма 10). Во-первых, в категории "отлично" 56,7% пациентов группы мПНЛ получили высокую оценку, тогда как в группе дПНЛ этот показатель составляет 70%. Во-вторых, в категории "удовлетворительно" 26,7% пациентов мПНЛ имеют такую оценку по сравнению с 20% в группе дПНЛ. Наконец, в категории "неудовлетворительно" 16,7% пациентов мПНЛ получили низкую оценку, в то время как в группе дПНЛ этот процент составляет 10%.

Однако стоит отметить, что $p = 0,547$, что указывает на отсутствие статистически значимых различий между двумя группами. Таким образом, несмотря на некоторые различия в процентах оценок, они не являются статистически значимыми, что может свидетельствовать о схожей эффективности методов в обеих группах.

Таблица 15 – Анализ качества визуализации в зависимости от группы

Показатель	Категории	Группа		p
		мПНЛ	дПНЛ	
Визуализация	Отлично	17 (56,7)	21 (70,0)	0,547
	Удовлетворительно	8 (26,7)	6 (20,0)	
	Неудовлетворительно	5 (16,7)	3 (10,0)	

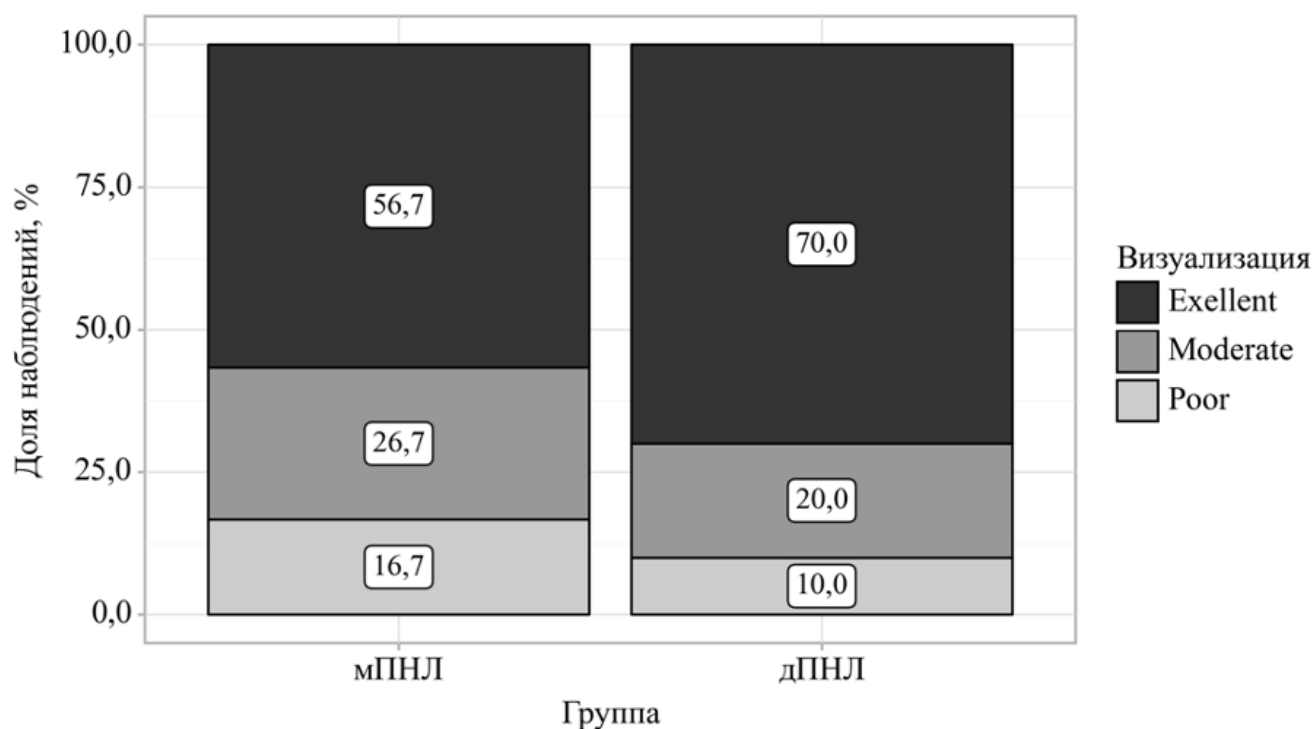


Диаграмма 10 – Анализ визуализации в зависимости от группы

Клинический пример № 1

Пациент 42 года. Диагноз: Камень ЛМС, камень чашечки, дилатация ЧЛС.

Жалобы: на боли в поясничной области слева.

Анамнез заболевания: в связи с болями в поясничной области слева госпитализирован в урологическое отделение по месту жительства с подозрением на почечную колику. При обследовании выявлены дилатация ЧЛС слева и конкременты чашечки и ЛМС левой почки. Анальгетическая терапия с эффектом. В плановом порядке подготовлен к оперативному лечению в объеме: дПНЛ.

При УЗИ мочевыделительной системы (Рисунок 11): дилатация ЧЛС слева - лоханка до 1,5 см, чашки до 1 см, в проекции средней и нижней чашечек левой почки визуализируются гиперэхогенные структуры размером до 8 и 6 мм, в проекции ЛМС слева до 1,5 см. (поставить рисунок 11)

При КТ органов брюшной полости (Рисунок 12): 2 конкремента средней и нижней групп чашечек левой почки размерами до 0,8 и 0,6 см соответственно, конкремент ЛМС левой почки размером до 1,6 см. Пиелокаликоектазия слева. (поставить рисунок 12)

- **Общий анализ крови:** гемоглобин 147 г/л; эритроциты $5,01 \times 10^{12}/л$; лейкоциты $6,6 \times 10^9/л$; тромбоциты - $252 \times 10^9/л$.

- **Биохимический анализ крови:** креатинин 115 мкмоль/л

- **Общий анализ мочи:** лейкоциты 4-6 в п/з.; эритроциты – 2-4 в п/з.

Посев мочи с определением чувствительности к антибиотикам: роста микрофлоры не выявлено.



Рисунок 11 – УЗИ левой почки



Рисунок 12 – КТ органов брюшной полости

Клинический пример № 2

Пациент 39 лет. Диагноз: МКБ. Камни почек. Жалобы: на периодические тянущие боли в поясничной области справа

Анамнез заболевания: со слов пациента страдает МКБ с 2017 года, когда впервые возникли боли по типу почечной колики, при УЗИ выявлен конкремент правой почки. На момент обращения отметил усиление вышеописанных жалоб.

При УЗИ мочевыделительной системы отмечается дилатация ЧЛС справа: лоханка до 2,7 см, чашечки до 1,4 см, в проекции ЛМС справа определяется гиперэхогенная структура размером до 2,1 см.

При КТ органов брюшной полости с в/в контрастированием (Рисунок 13): КТ-признаки МКБ - конкремент правой лоханки с переходом на ЛМС размером 20*19*20 мм, средней плотностью +1270 НУ. ЧЛС справа расширена: чашечки до 14 мм, лоханка до 39 мм. В средней чашечке левой почки мелкий конкремент размером до 2*3 мм, средней плотностью +285 НУ.

- **Общий анализ крови:** гемоглобин 166 г/л; эритроциты $5,53 \times 10^{12}/л$; лейкоциты $5,7 \times 10^9/л$; тромбоциты - $267 \times 10^9/л$.
- **Биохимический анализ крови:** креатинин 110 мкмоль/л

- **Общий анализ мочи:** лейкоциты 2-3 в п/з.; эритроциты – 5 в п/з.
- **Посев мочи с определением чувствительности к антибиотикам:** роста микрофлоры не выявлено.

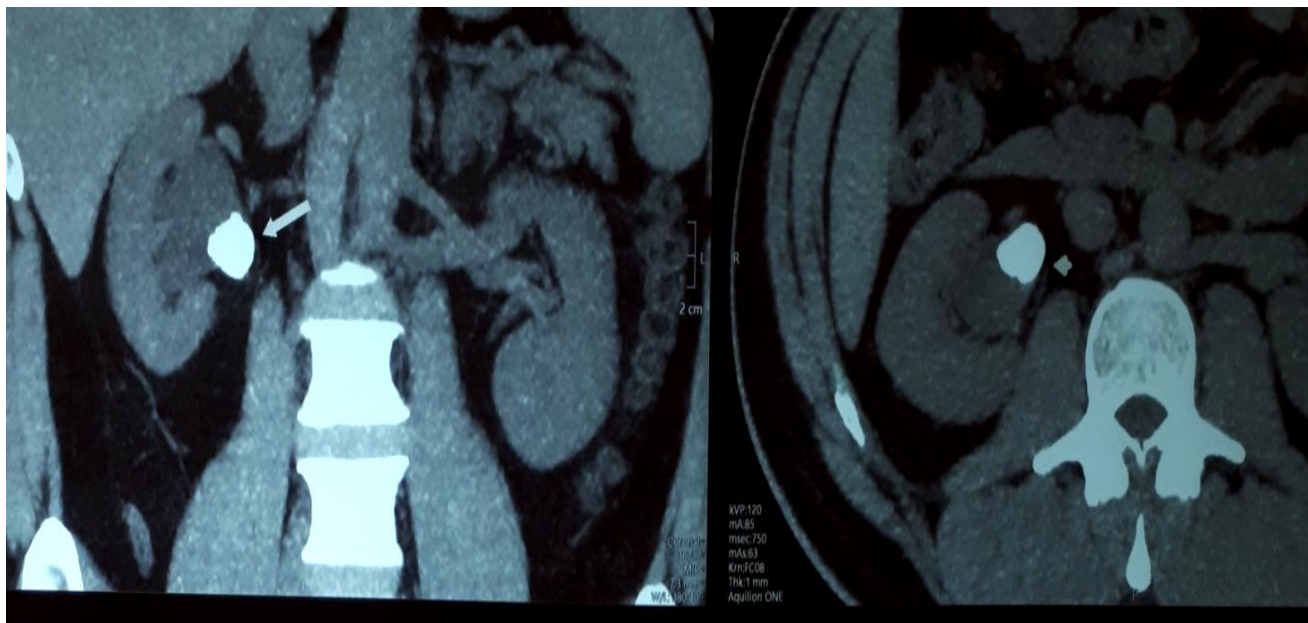


Рисунок 13 – КТ органов брюшной полости

Выполнена дПНЛ, установка нефростомического дренажа справа. Длительность пункции составила 1 мин, длительность операции - 63 мин. Нефростомический дренаж удален на следующие сутки после операции. При КТ на следующий день после операции резидуальных фрагментов не выявлено.

3.2. Результаты оперативного лечения в группе суперминиперкутанной нефролитотомии

При оценке эффективности операции в соответствии с данными из таблицы 17, выявлено, что по показателям статуса SFR, в группе мПНЛ 28 участников (93,3%) имеют положительный статус, в то время как в группе СМП этот показатель немного выше — 29 участников (96,7%).

Различия между группами не являются статистически значимыми ($p = 1,000$). Таким образом, можно заключить, что статус SFR не зависит от группы участников (Таблица 16, Диаграмма 11).

Таблица 16 – Анализ SFR статус в зависимости от группы

Показатель	Категории	Группа		p
		мПНЛ	СМП	
SFR статус	SFR	28 (93,3)	29 (96,7)	1,000
	Резидуальные конкременты	2 (6,7)	1 (3,3)	

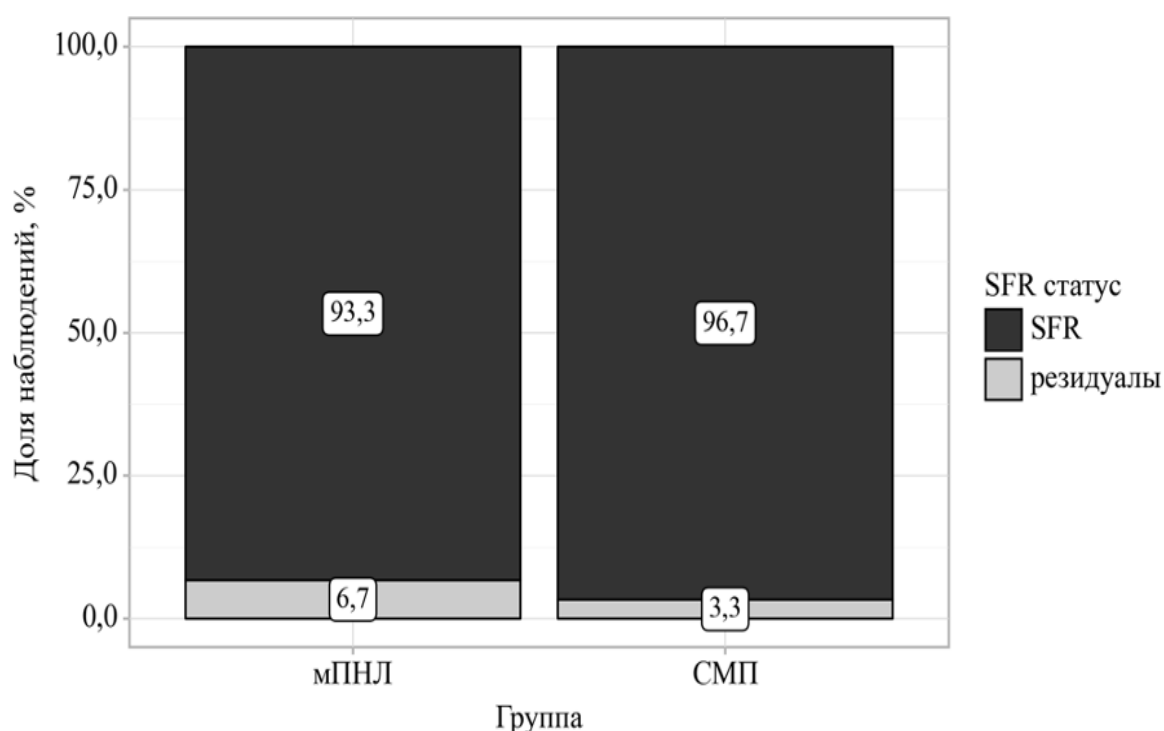


Диаграмма 11 – Анализ SFR статуса в зависимости от группы

При анализе длительности операции в группе мПНЛ время операции составляет в среднем 60 минут (SD 10 минут), тогда как в группе СМП она равна 45 минут (SD 9 минут) (Таблица 17, Диаграмма 12). Во-вторых, статистическая значимость различий между группами подтверждается значением $p < 0,001$, что указывает на высокую вероятность того, что эти различия не случайны. Таким образом, выводы подчеркивают, что группа мПНЛ требует значительно больше времени для выполнения операций, что может свидетельствовать о большей сложности процедур в этой группе.

Таблица 17 – Анализ длительности операции в зависимости от группы

Показатель	Категории	Длительность операции (мин)			p
		M ± SD	95% ДИ	n	
Группа	мПНЛ	60 ± 10	56 – 63	30	< 0,001*
	СМП	45 ± 9	42 – 49	30	

* Статистически значимая разница (p < 0,05)

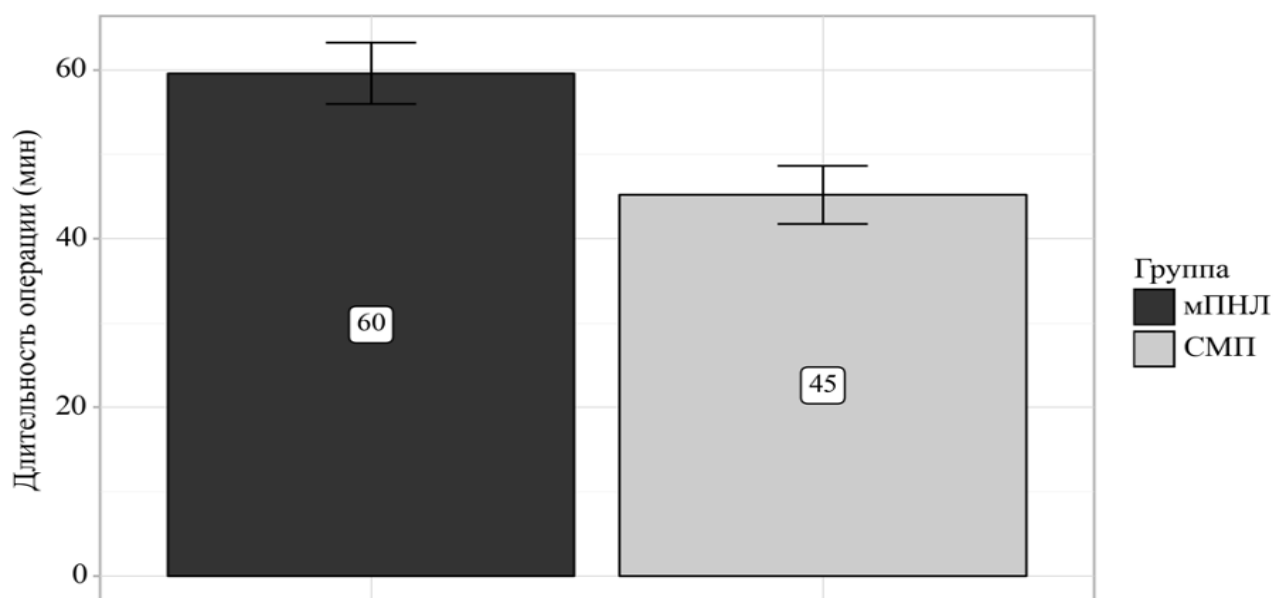


Диаграмма 12 – Анализ длительности операции в зависимости от группы

Анализ динамики гемоглобина (Таблица 18, Диаграмма 13) выявил статистически незначимое снижение в обеих группах: в среднем на -0,8 г/дл (межквартильный размах: от -1,0 до -0,4 г/дл) при мПНЛ и на -0,6 г/дл (межквартильный размах: от -0,8 до -0,4 г/дл) при СМП.

Таблица 18 – Анализ снижения концентрации гемоглобина в зависимости от группы

Показатель	Категории	Снижение гемоглобина (г/дл)			p
		Me	Q ₁ – Q ₃	n	
Группа	мПНЛ	-0,8	-1,0 – -0,4	30	0,330
	СМП	-0,6	-0,8 – -0,4	30	

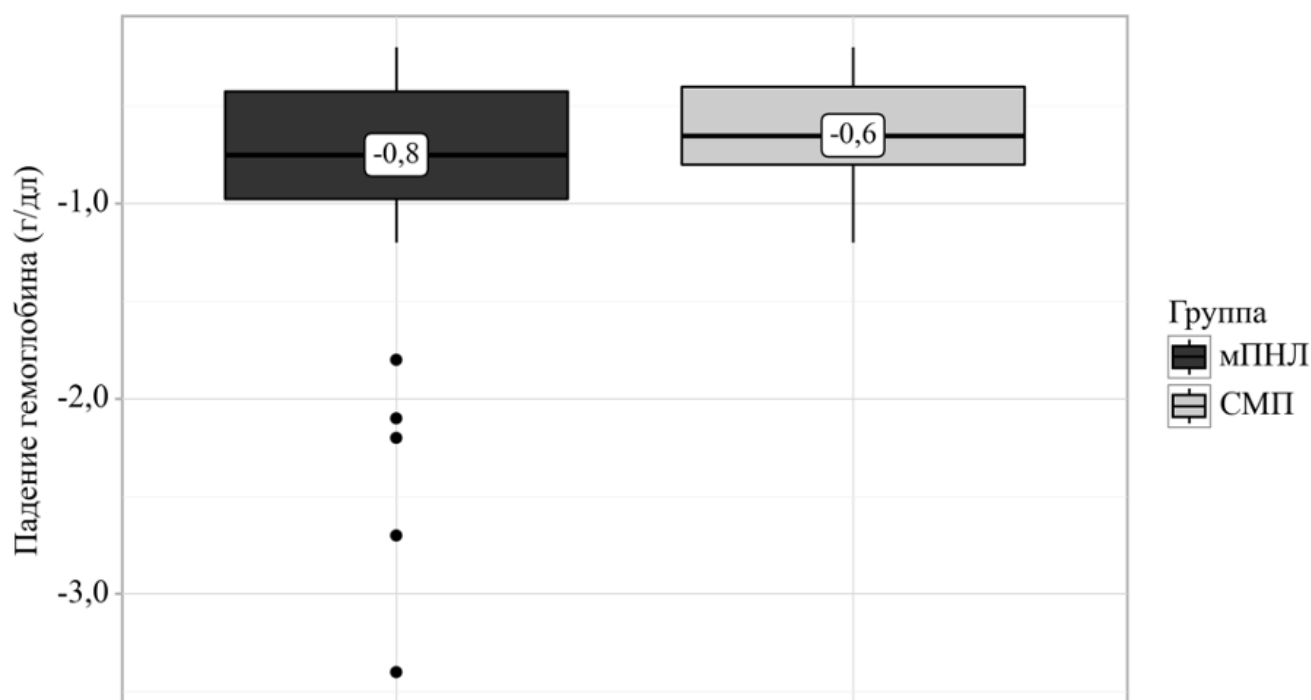


Диаграмма 13 – Анализ снижения гемоглобина в зависимости от группы

В результате анализа данных из Таблицы 19 и Диаграммы 14 можно сделать следующие выводы о динамике уровня гемоглобина в группах мПНЛ и СМП до и после операции:

1) во-первых, в группе мПНЛ уровень гемоглобина до операции составил медиану 14,4 г/дл, а после операции снизился до 13,2 г/дл с $p = 0,136$, что указывает на статистически незначимое снижение;

2) во-вторых, в группе СМП уровень гемоглобина до операции был 14,0 г/дл, а после — 13,4 г/дл, также с $p < 0,091$, что свидетельствует о незначимом снижении.

Кроме того, при сравнении гемоглобина до операции между группами не было обнаружено статистически значимых различий ($p = 0,619$), как и после операции ($p = 0,615$).

Таким образом, можно заключить, что операция приводит к незначительному снижению уровня гемоглобина в обеих группах, и глубина снижения одинакова для мПНЛ и СМП.

Таблица 19 – Анализ динамики концентрации гемоглобина в зависимости от группы: мПНЛ и СМП

Группа	Уровень гемоглобина до операции		Уровень гемоглобина после операции		p
	Me	Q ₁ – Q ₃	Me	Q ₁ – Q ₃	
мПНЛ	14,3 (n=30)	13,4 – 15,4	13,2 (n=30)	12,3 – 14,4	< 0,136
СМП	14,0 (n=30)	13,1 – 15,0	13,4 (n=30)	12,3 – 14,6	< 0,091
p	0,619		0,615		–

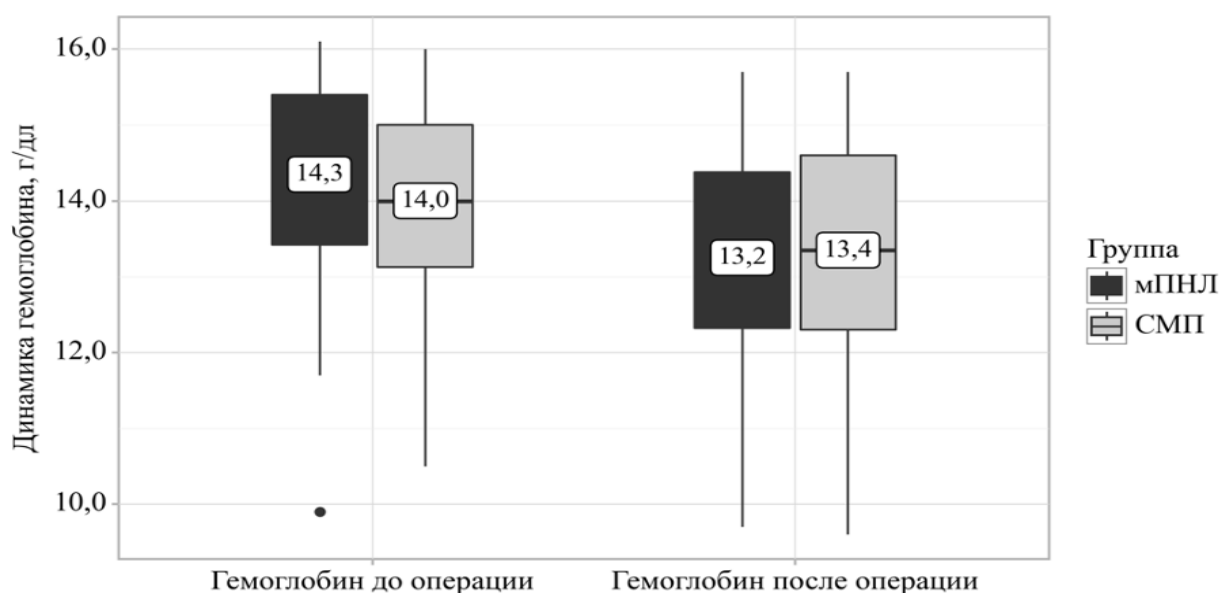


Диаграмма 14 – Анализ динамики концентрации гемоглобина в зависимости от группы

В данном разделе мы рассмотрим концентрацию креатинина до и после операции в двух группах: мПНЛ и СМП (Таблица 20).

В группе мПНЛ медиана концентрации креатинина составила 89 мкмоль/л (интерквартильный диапазон 83-98 мкмоль/л), тогда как в группе СМП она была чуть выше — 90 мкмоль/л (интерквартильный диапазон 86-98 мкмоль/л). При этом,

значение p (0,542) указывает на отсутствие статистически значимых различий между группами.

После вмешательства в группе мПНЛ медиана составила 90 мкмоль/л (интерквартильный диапазон 84-93 мкмоль/л), а в группе СМП осталась на уровне 91 мкмоль/л (интерквартильный диапазон 88-93 мкмоль/л). Значение p (0,271) также свидетельствует о незначительных различиях.

В группе мПНЛ изменения уровня креатинина показали значение p (0,191), что указывает на незначительность изменений. В группе СМП аналогично не было обнаружено значительных изменений с $p = 0,163$.

Таким образом, можно сделать вывод, что операция не оказала существенного влияния на уровень креатинина в обеих группах.

Таблица 20 – Анализ динамики креатинина в зависимости от группы: мПНЛ и СМП

Группа	Уровень креатинина до операции		Уровень креатинина после операции		P
	Me	Q ₁ – Q ₃	Me	Q ₁ – Q ₃	
мПНЛ	89 (n=30)	83 – 98	90 (n=30)	84 – 93	0,191
СМП	90 (n=30)	86 – 98	91 (n=30)	88 – 93	0,271
p	0,542		0,163		–

В таблице 21 представлены данные о наличии осложнений по шкале Clavien-Dindo в двух группах: мПНЛ и СМП.

При анализе осложнений I степени, в группе мПНЛ было зафиксировано одно осложнение (3,3%), а в группе СМП — два случая (6,7%), эти данные также не продемонстрировали статистически значимых различий.

Таким образом, можно сделать вывод, что обе процедуры характеризуются высоким процентом пациентов без осложнений и являются безопасными с точки зрения развития осложнений по шкале Clavien-Dindo.

Таблица 21 – Анализ осложнений Clavien-Dindo в зависимости от группы

Показатель	Категории	Группа		p
		мПНЛ	СМП	
Осложнения Clavien-Dindo	Нет	29 (96,7)	28 (93,3)	1,000
	I	1 (3,3)	2 (6,7)	

Далее проанализирована интраоперационная визуализация хирургом по шкале Ликерта.

При анализе данных по категориям визуализации для групп мПНЛ и СМП можно выделить несколько ключевых моментов (Таблица 22, Диаграмма 15).

Во-первых, в группе СМП 70,0% участников показали отличные результаты визуализации («отлично»), что выше, чем 56,7% в группе мПНЛ, что указывает на более высокую эффективность визуализации в группе СМП.

Во-вторых, результаты в категории «удовлетворительно» близки для обеих групп: 26,7% для мПНЛ и 23,3% для СМП. Однако в категории «неудовлетворительно» наблюдается значительная разница — 16,7% участников группы мПНЛ имеют плохие результаты по сравнению с 6,7% в группе СМП.

Тем не менее, важно отметить, что значение $p = 0,412$ свидетельствует о том, что различия между группами не являются статистически значительными, так как $p > 0,05$. Таким образом, можно заключить, что обе методики обеспечивают сопоставимое качество визуализации.

Таблица 22 – Анализ визуализации в зависимости от группы

Показатель	Категории	Группа		p
		мПНЛ	СМП	
Визуализация	Отлично	17 (56,7)	21 (70,0)	0,412
	Удовлетворительно	8 (26,7)	7 (23,3)	
	Неудовлетворительно	5 (16,7)	2 (6,7)	

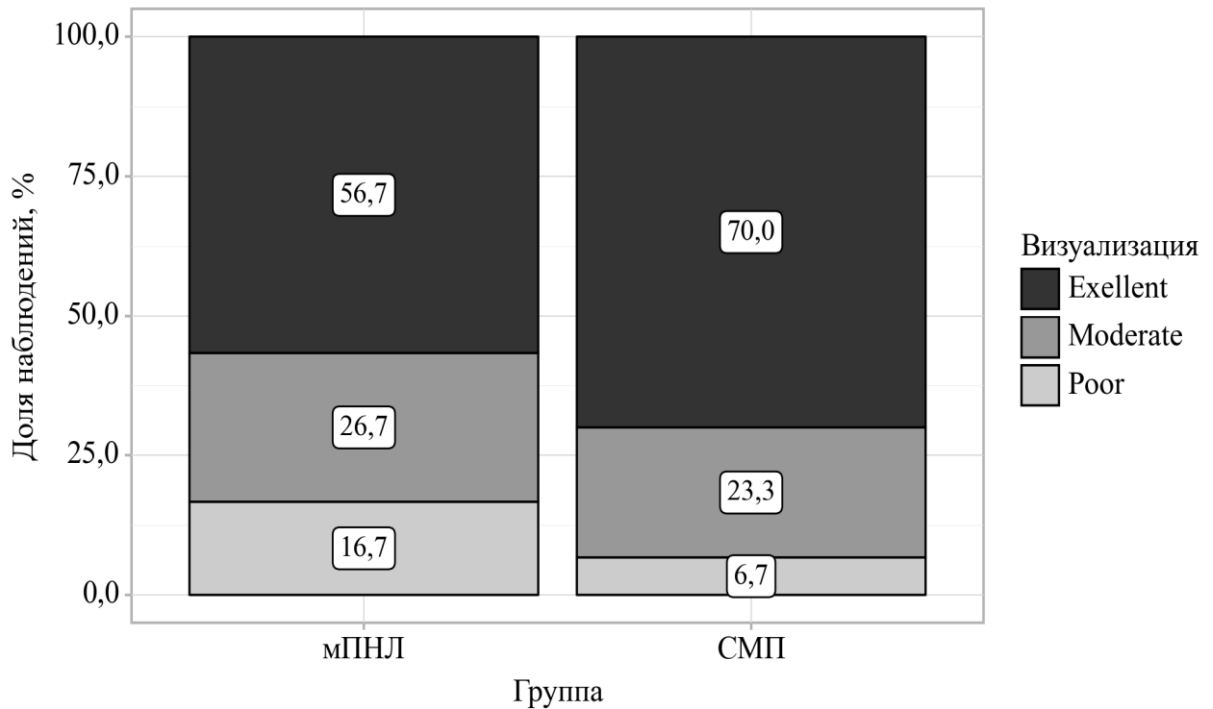


Диаграмма 15 – Анализ визуализации в зависимости от группы

Клинический пример № 3.

Пациент 58 лет. Диагноз: МКБ. Камни левой почки. Жалобы: на периодические тянущие боли в поясничной области слева.

Анамнез заболевания: со слов пациента при обследовании в связи с вышеописанными жалобами при УЗИ выявлен камень левой почки.

При УЗИ мочевыделительной системы (Рисунок 14): дилатация ЧЛС слева - чашечки до 15 мм, в проекции лоханки левой почки определяется гиперэхогенное образование размером до 16 мм.

При КТ органов брюшной полости и органов малого таза (Рисунок 15): в лоханке левой почки определяется крупный камень, размерами 24×14×19 мм, плотностью до 749 НУ. В средней и нижней группах чашечек определяются конкременты линейной формы, протяженностью от 3.4 мм до 12 мм, плотностью до 789 НУ. Определяется расширение чашечек левой почки до 19 мм и лоханки около 28×19 мм, повторяющей форму камня. Консультирован в Институте урологии ПМГМУ им И.М. Сеченова. Госпитализирован в плановом порядке для выполнения оперативного пособия.

- **Общий анализ крови:** гемоглобин 136 г/л; эритроциты $4,83 \times 10^{12}/л$; лейкоциты $10,72 \times 10^9/л$; тромбоциты $322 \times 10^9/л$.
- **Биохимический анализ крови:** креатинин 140 мкмоль/л
- **Общий анализ мочи:** лейкоциты ед. п/з.; эритроциты – ед. в п/з.
- **Посев мочи с определением чувствительности к антибиотикам:** роста микрофлоры не выявлено.

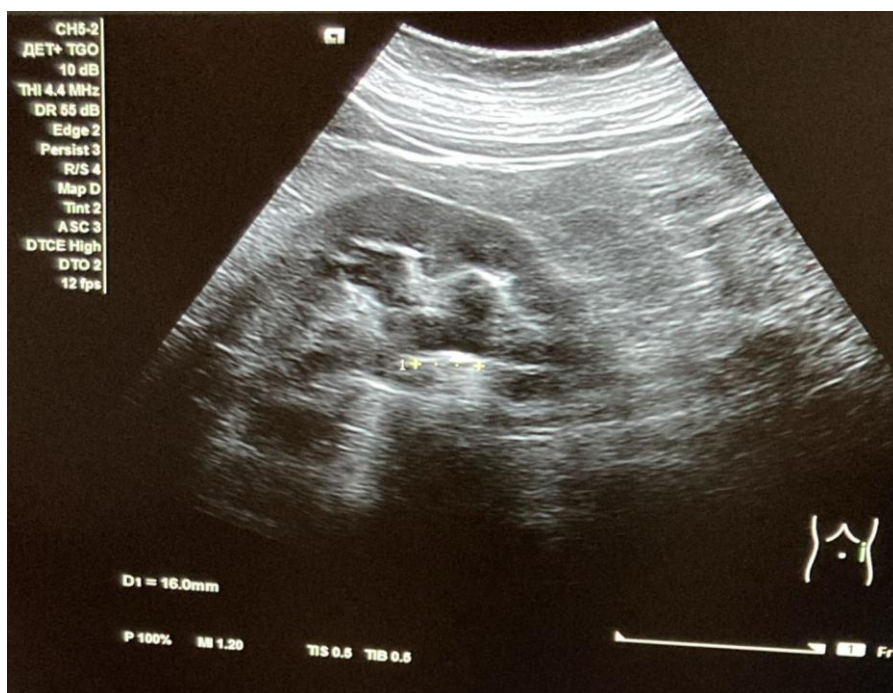


Рисунок 14 – УЗИ левой почки



Рисунок 15 – КТ органов брюшной полости перед операцией

Выполнена перкутанная нефролитотомия слева с использованием инновационных техник – дПНЛ и СМП, а также антеградное стентирование мочеточника и установка нефростомы слева. Длительность пункции составила 2 мин, длительность операции - 40 мин. Нефростомический дренаж удален на первые сутки, катетер-стент на 7 суток. При КТ на следующий день после операции резидуальных фрагментов не выявлено (Рисунок 16).



Рисунок 16 – КТ органов брюшной полости на следующие сутки после выполнения операции

3.3. Результаты оперативного лечения в группе смешанной реальности

При оценке первичной конечной точки – частоты избавления от камней, стоит отметить, что в обеих группах 28 пациентов (93,3%) достигли успешного исхода, что свидетельствует о высокой эффективности обеих процедур, и только 2 пациента (6,7%) в каждой группе имели резидуальные камни (Таблица 23, Диаграмма 16).

Группы между собой статистически не различались ($p = 1,000$). Таким образом, можно сделать вывод о сопоставимой эффективности мПНЛ и СР в достижении статуса SFR.

Таблица 23 – Анализ SFR статуса в зависимости от группы

Показатель	Категории	Группа		p
		мПНЛ	СР	
SFR статус	SFR	28 (93,3)	28 (93,3)	1,00 0
	Резидуальные конкременты	2 (6,7)	2 (6,7)	

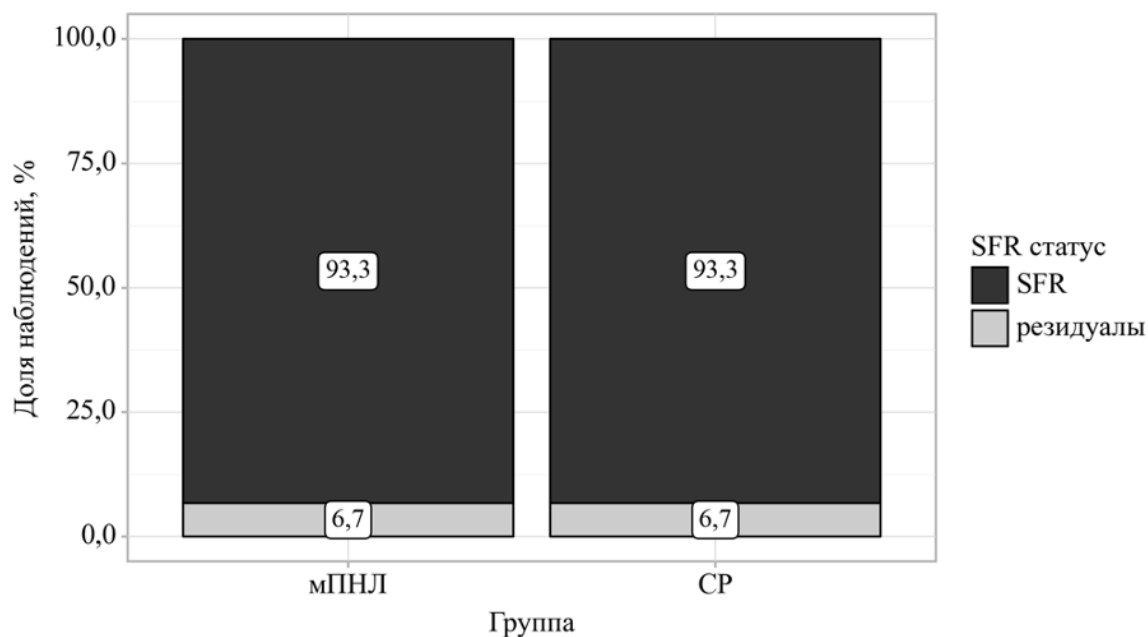


Диаграмма 16 – Анализ SFR статуса в зависимости от группы

Далее приведен анализ сравнения длительности операции между группами.

Во-первых, медиана длительности операции в группе мПНЛ составляет 60 минут, тогда как в группе СР – 50 минут. Во-вторых, интерквартильный размах для мПНЛ составляет 50 – 68 минут, что указывает на большую вариабельность по сравнению с группой СР (39 – 60 минут) (Таблица 24, Диаграмма 17).

Наконец, статистическая значимость различий подтверждается р-значением 0,014 ($p < 0,05$), что свидетельствует о том, что результаты не являются случайными.

Таким образом, можно сделать вывод, что длительность операции в группе мПНЛ значительно выше, чем в группе СР, что имеет клиническое значение при выборе метода лечения.

Таблица 24 – Анализ длительности операции в зависимости от группы

Показатель	Категории	Длительность операции (мин)			p
		Me	Q ₁ – Q ₃	n	
Группа	мПНЛ	60	50 – 68	30	0,014*
	СР	50	39 – 60	30	

* Статистически значимая разница ($p < 0,05$)

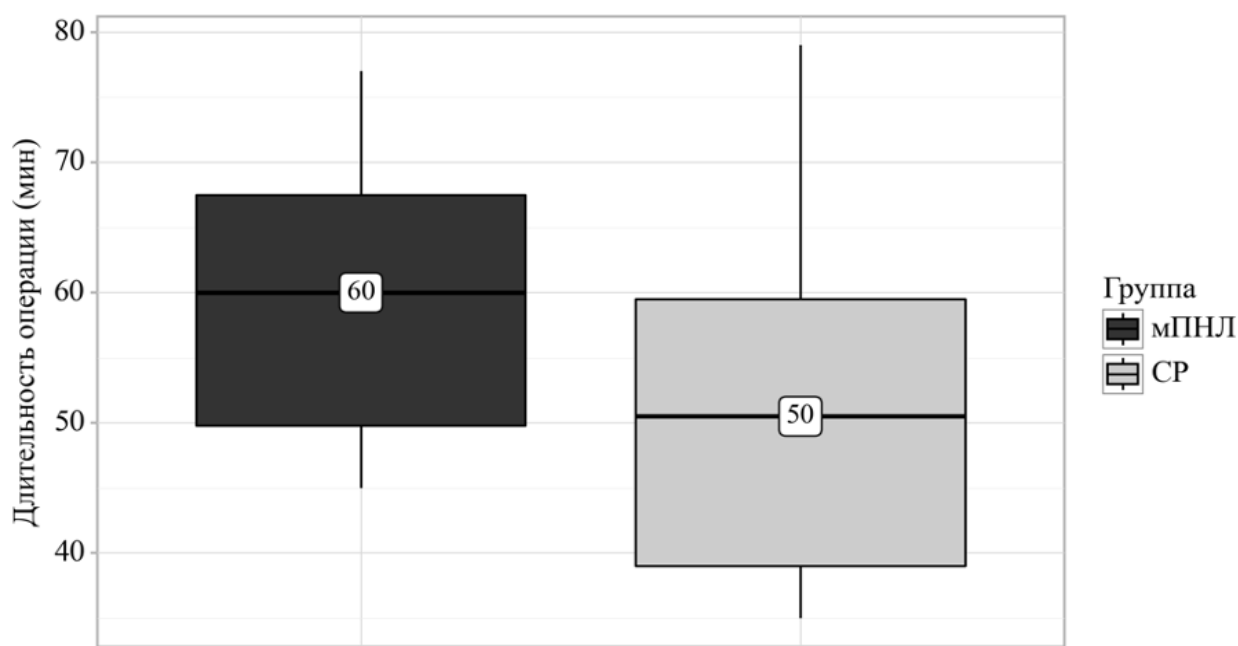


Диаграмма 17 – Анализ длительности операции в зависимости от группы

В Таблице 25, Диаграмме 18 представлен анализ снижения гемоглобина в зависимости от группы пациентов. Рассмотрим основные показатели:

В группе мПНЛ медиана снижения гемоглобина составила $-0,8$ г/дл, с интерквартильным размахом от $-1,0$ до $-0,4$ г/дл, при числе пациентов $n = 30$.

В группе СР медиана составила $-0,7$ г/дл, интерквартильный размах — от $-0,9$ до $-0,5$ г/дл, также с $n = 30$.

Важно отметить, что $p = 0,87$ указывает на отсутствие статистически значимых различий между двумя группами.

Таким образом, можно сделать вывод, что снижение гемоглобина у пациентов в группах мПНЛ и СР не отличается существенно, что свидетельствует о схожем влиянии методов лечения на уровень гемоглобина.

Таблица 25 – Анализ снижения гемоглобина в зависимости от группы

Показатель	Категории	Снижение гемоглобина (г/дл)			p
		Me	Q ₁ – Q ₃	n	
Группа	мПНЛ	-0,8	-1,0 – -0,4	30	0,870
	СР	-0,7	-0,9 – -0,5	30	

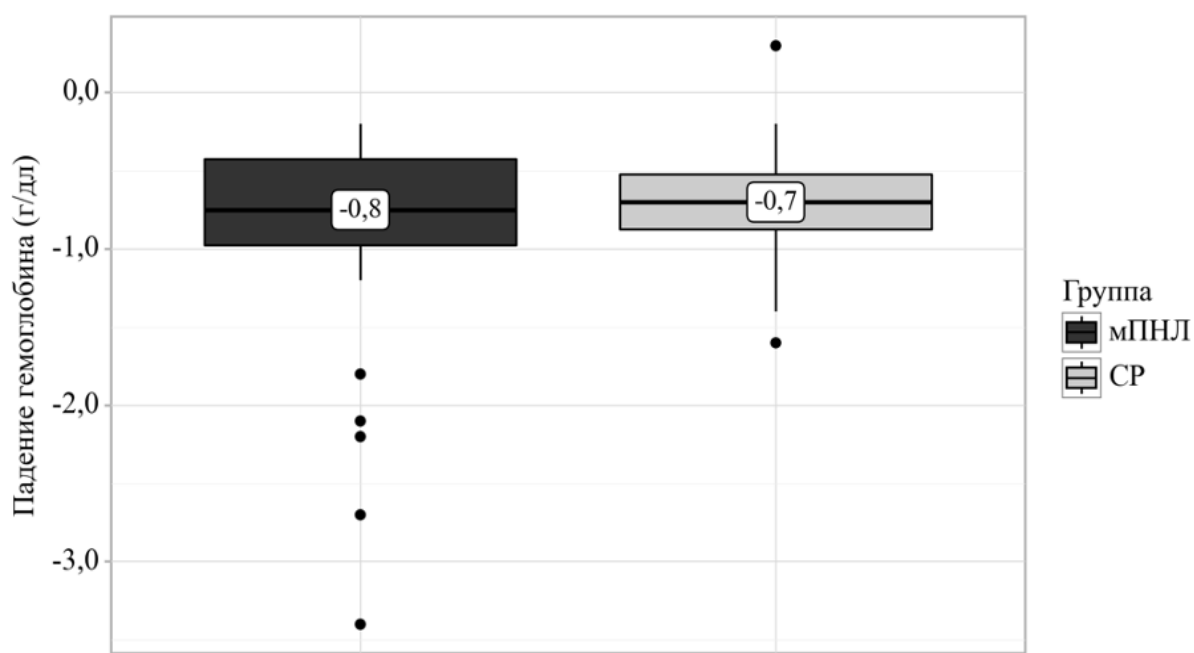


Диаграмма 18 – Анализ снижения гемоглобина в зависимости от группы

В Таблице 26, Диаграмме 19 представлена информация о динамике уровня гемоглобина у пациентов с мПНЛ и СР на различных этапах наблюдения: до и после операции.

Во-первых, уровень гемоглобина до операции в группе мПНЛ составил медиану 14,3 г/дл (Q₁ – Q₃: 13,4 – 15,4 г/дл), тогда как в группе СР — 14,0 г/дл (Q₁ – Q₃: 12,8 – 15,0 г/дл). При этом, $p = 0,339$ указывает на отсутствие статистически значимых различий между группами до операции.

Во-вторых, после операции медиана концентрации гемоглобина в обеих группах составила 13,2 г/дл (мПНЛ и СР), с интерквартильным размахом для обеих групп. Значение $p = 0,813$ также подтверждает отсутствие значимых различий после операции.

В обеих группах наблюдается снижение уровня гемоглобина после операции, однако это снижение одинаково для обеих групп, так как медианы одинаковы (13,2 г/дл).

Различия в уровнях гемоглобина до и после операции внутри каждой группы являются статистически незначимыми ($p = 0,115$ и $0,138$ соответственно), что указывает на то, что операция не влияет на уровень гемоглобина.

Следовательно, можно сделать вывод, что операция не приводит к значимому снижению уровня гемоглобина в обеих группах, что свидетельствует о схожем влиянии методов лечения на его уровень.

Таблица 26 – Анализ динамики гемоглобина в зависимости от группы: мПНЛ и СР

Группа	Уровень гемоглобина до операции		Уровень гемоглобина после операции		p
	Me	Q ₁ – Q ₃	Me	Q ₁ – Q ₃	
мПНЛ	14,3 (n=30)	13,4 – 15,4	13,2 (n=30)	12,3 – 14,4	0,115
СР	14,0 (n=30)	12,8 – 15,0	13,2 (n=30)	12,0 – 14,2	0,138
p	0,339		0,813		–

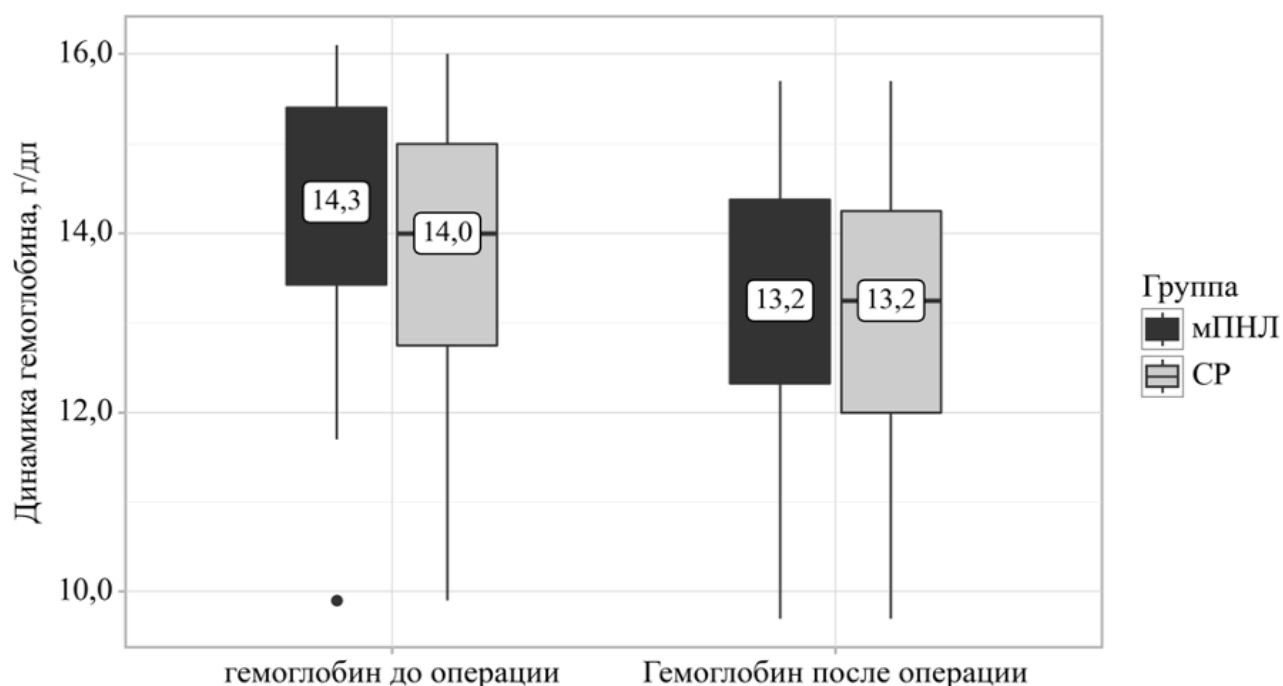


Диаграмма 19 – Анализ динамики гемоглобина в зависимости от группы

В Таблице 27 представлена информация о динамике уровня креатинина у пациентов с мПНЛ и СР на различных этапах наблюдения.

Креатинин до операции: в группе мПНЛ медиана составила 89 мкмоль/л ($Q_1 - Q_3$: 83-98 мкмоль/л), а в группе СР — 90 мкмоль/л ($Q_1 - Q_3$: 84-97 мкмоль/л). Значение $p = 0,191$ указывает на отсутствие статистически значимых различий между группами.

Креатинин после операции: медиана осталась на уровне 90 мкмоль/л в обеих группах, с интерквартильным размахом от 84 до 93 мкмоль/л для мПНЛ и от 84 до 92 мкмоль/л для СР. Значение $p = 0,095$ также подтверждает отсутствие значимых различий.

При сравнении изменений значения p для изменений уровня креатинина до и после операции составили 0,982 для мПНЛ и 0,953 для СР, что свидетельствует о статистически незначительных изменениях.

Таким образом, можно заключить, что уровень креатинина остается стабильным как до, так и после операции в обеих группах, без статистически значимых различий.

Таблица 27 – Анализ динамики креатинина в зависимости от группы: мПНЛ и СР

Группа	Уровень креатинина до операции		Уровень креатинина после операции		p
	Me	$Q_1 - Q_3$	Me	$Q_1 - Q_3$	
мПНЛ	89 (n=30)	83 – 98	90 (n=30)	84 – 93	0,191
СР	90 (n=30)	84 – 97	90 (n=30)	84 – 92	0,095
p	0,982		0,953		–

В таблице 28 представлена информация об анализе осложнений по классификации Clavien-Dindo в зависимости от группы пациентов: мПНЛ и СР.

Следует отметить, что в группе мПНЛ 29 пациентов (96,7%) не имели осложнений, в то время как в группе СР этот показатель составил 28 пациентов

(93,3%). Во-вторых, зафиксирован 1 случай осложнений I степени в группе мПНЛ (3,3%) и 2 случая в группе СР (6,7%).

Кроме того, значение $p = 1,000$ указывает на отсутствие статистически значимых различий между группами по количеству осложнений. Таким образом, можно заключить, что риск осложнений по классификации Clavien-Dindo сопоставим в обеих группах, что свидетельствует о высоком уровне безопасности для пациентов с мПНЛ и СР.

Таблица 28 – Анализ осложнения Clavien-Dindo в зависимости от группы

Показатель	Категории	Группа		p
		мПНЛ	СР	
Осложнения Clavien-Dindo	Нет	29 (96,7)	28 (93,3)	1,000
	I	1 (3,3)	2 (6,7)	

В Таблице 29 представлен анализ визуализации в зависимости от группы пациентов: мПНЛ и СР.

Во-первых, в группе мПНЛ 56,7% пациентов продемонстрировали отличную визуализацию, тогда как в группе СР этот показатель значительно выше — 86,7%.

Во-вторых, 26,7% пациентов из группы мПНЛ имели удовлетворительную визуализацию, в то время как в группе СР этот показатель составил только 10%.

Наконец, неудовлетворительная визуализация наблюдается у 16,7% пациентов из группы мПНЛ и лишь у 3,3% из группы СР.

Важно отметить, что значение $p = 0,033$ указывает на статистическую значимость различий между группами, что свидетельствует о том, что пациенты из группы СР имеют значительно более высокие показатели визуализации по сравнению с пациентами из группы мПНЛ.

Таким образом, результаты анализа показывают, что при мПНЛ с применением смешанной реальности, интраоперационная визуализация лучше по сравнению со стандартной мПНЛ.

Таблица 29 – Анализ визуализации в зависимости от группы

Показатель	Категории	Группа		p
		МПНЛ	СР	
Визуализация	Отлично	17 (56,7)	26 (86,7)	0,033*
	Удовлетворительно	8 (26,7)	3 (10,0)	
	Неудовлетворительно	5 (16,7)	1 (3,3)	
Примечание: * – различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$)				

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мочекаменная болезнь (МКБ) остается одной из наиболее распространенных урологических патологий, характеризующейся высокой распространенностью и тенденцией к неуклонному росту заболеваемости. Согласно проведенному анализу статистических данных, в Российской Федерации за период с 2005 по 2020 годы отмечен рост заболеваемости МКБ на 34,45%, что подчеркивает актуальность разработки новых эффективных методов лечения.

В первой главе представлен обзор истории развития перкутанной нефролитотомии (ПНЛ) от первых экспериментальных попыток до современных высокотехнологичных методик. Ключевые этапы эволюции включают:

- 1970-е годы: Первые успешные чрескожные вмешательства Fernstrom и Johansson, которые продемонстрировали принципиальную возможность удаления камней через малый доступ.
- 1980-е годы: Внедрение рентгеноскопического и ультразвукового контроля, позволившее значительно повысить точность пункции и безопасность вмешательства.
- 1990-е годы: Совершенствование эндоскопической техники, появление гибких нефроскопов и современных литотрипторов.
- 2000-е годы: Разработка миниперкутанной нефролитотомии (мПНЛ) с использованием инструментов меньшего диаметра, что позволило снизить травматичность вмешательства.

Проведенный анализ научной литературы выявил ряд ключевых тенденций в развитии перкутанной нефролитотомии (ПНЛ) и необходимость дальнейшего совершенствования методики. Несмотря на значительный прогресс в эндоурологии, существует потребность в разработке инновационных подходов, направленных на повышение эффективности и безопасности оперативного лечения мочекаменной болезни.

Актуальность наших инновационных подходов обусловлена следующими обстоятельствами:

1) Директивная пункция (дПНЛ):

- существующие методики требуют обязательной установки мочеточникового катетера, что увеличивает риск ятрогенных осложнений;
- отсутствует единый протокол выполнения пункции без предварительного дренирования;
- необходимо научное обоснование безопасности и эффективности методики.

2) Супермини-ПНЛ с аспирацией (СМП):

- миниатюризация инструментов создает сложности с эвакуацией фрагментов конкрементов;
- существующие аспирационные системы имеют технические ограничения;
- требуется комплексная оценка эффективности нового аспирационного кожуха

3) Смешанная реальность при мини-ПНЛ (СР):

- технология находится на стадии предварительного исследования;
- отсутствуют стандартизированные протоколы применения;
- необходимо научное подтверждение преимуществ технологии.

Ключевые проблемы, решаемые нашими инновациями:

- 1) сокращение времени операции;
- 2) минимизация травматичности;
- 3) улучшение визуализации;
- 4) повышение эффективности удаления конкрементов;
- 5) снижение риска осложнений.

В исследовании впервые проведен анализ эффективности и безопасности трех инновационных методик (дПНЛ, СП и СР) по сравнению со стандартной мПНЛ:дПНЛ без этапа предварительной установки мочеточникового катетера:

- СПН с применением модифицированного тубуса с боковым ответвлением для аспирации.

- Применение технологии смешанной реальности для интраоперационной навигации (СР).

Проведенный литературный обзор убедительно демонстрирует, что предложенные нами инновационные подходы являются перспективными направлениями развития перкутанной нефролитотомии. Однако существует острая необходимость в проведении комплексных исследований для научного обоснования их эффективности и безопасности.

Целью нашего исследования было улучшение качества лечения больных нефролитиазом путем внедрения инновационных методик выполнения ПНЛ, позволяющих:

- уменьшить количество этапов оперативного вмешательства – дПНЛ;
- ускорить эвакуацию фрагментов конкремента – СМП;
- улучшить предоперационную визуализацию и интраоперационную навигацию путем использования смешанной реальности - СР.

С этой целью проведено проспективное клиническое исследование с последовательным набором 120 пациентов, которым выполнена стандартная мПНЛ (контрольная группа – 30 пациентов) и мПНЛ с применением 3-х инноваций: группа дПНЛ – 30 пациентов, СМП – 30 пациентов, мПНЛ с применением смешанной реальности – 30 пациентов.

Задачи исследования – оценить эффективность и безопасность применения каждой инновационной группы по сравнению с группой контроля. Для этого каждая инновационная группа сравнивалась с группой контроля по нижеописанным показателям.

В качестве показателей эффективности мы рассматривали частоту избавления от камней (SFR) и длительность операции. Дополнительно в группе дПНЛ оценивались длительность пункции и количество пункций.

В качестве показателей безопасности оценивались динамика уровня гемоглобина и креатинина, частота осложнений по Clavien-Dindo. Также дополнительно оценивалось качество визуализации по шкале Ликерта.

Группы были статистически однородными по общим демографическим показателям (пол, возраст, ИМТ) и предоперационным характеристикам (локализация камня по стороне и по расположению в ЧЛС, размер, плотность камня, наличие гидронефроза).

Далее приведены результаты сравнения в каждой группе:

1) **дПНЛ**

- Частота избавления от камней не отличалась между группами и составила 28 (93,3%) в контрольной группе (мПНЛ) и 28 (93,3%) в группе дПНЛ ($p = 1,000$). В то же время длительность операции статистически отличалась между группами и составила в среднем 60 (10) минут в группе мПНЛ и 46 (9) минут в группе дПНЛ ($p < 0,001$).

- Длительность этапа пункции составила 2,00 [1,00; 2,75] минуты в контрольной группе и 2,00 [2,00; 3,00] минуты в дПНЛ. При этом количество пункций не отличалось между группами — $p = 0,535$ и $p = 0,944$ соответственно.

- При анализе количества пункций ($p = 0,944$), снижения гемоглобина ($p = 0,175$), изменения креатинина ($p = 0,486$), осложнений по шкале Clavien-Dindo ($p = 0,495$) и визуализации по шкале Ликерта ($p = 0,547$) не удалось выявить статистически значимых различий между группами.

2) **СМП**

- Частота избавления от камней не отличалась между группами и составила 28 (93,3%) в контрольной группе (мПНЛ) и 29 (96,7%) в группе СМП ($p = 1,000$). При этом, длительность операции статистически отличалась между группами и составила в среднем 60 ± 10 минут в группе мПНЛ и 45 ± 9 минут в группе СМП ($p < 0,001$).

- При оценке снижения уровня гемоглобина ($p = 0,330$), изменения креатинина ($p = 0,749$), осложнений по шкале Clavien-Dindo ($p = 1,000$) и визуализации по шкале Ликерта ($p = 0,412$) в зависимости от группы не удалось выявить статистически значимых различий.

3) СР

- Частота избавления от камней не отличалась между группами и составила 28 (93,3%) в контрольной группе (мПНЛ) и 28 (93,3%) в группе с применением смешанной реальности ($p = 1,000$). Длительность операции статистически отличалась между группами и составила в среднем 60 [50; 68] в группе мПНЛ и 50 [39; 60] в основной группе ($p < 0,001$).

- При анализе различий между группами не было выявлено статистически значимых различий в снижении гемоглобина ($p = 0,870$), изменении креатинина ($p = 0,458$) и осложнениях по шкале Clavien-Dindo ($p = 1,000$), однако визуализация по шкале Ликерта показала статистически значимые различия между группой мПНЛ и группой с применением смешанной реальности ($p = 0,033$).

ВЫВОДЫ

1) дПНЛ демонстрирует значительное повышение эффективности вмешательства при сохранении высокой результативности – идентичная эффективность удаления камней подтверждается показателем SFR, составившим 93,3% как при дПНЛ, так и при стандартной мПНЛ ($p = 1,000$). Наблюдается существенное сокращение времени операции на 23,3% - 46 ± 9 минут при дПНЛ против 60 ± 10 минут при стандартной методике ($p < 0,001$). Методика обеспечивает сопоставимый профиль безопасности, поскольку частота осложнений статистически не различалась между группами.

2) Применение инновационного кожуха с системой аспирации (СМП) обеспечивает оптимизацию временных параметров операции при улучшении клинических результатов. Наблюдается тенденция к повышению эффективности удаления конкрементов - SFR 96,7% в группе СМП против 93,3% при стандартной мПНЛ ($p = 1,000$). Важно подчеркнуть значимое сокращение длительности вмешательства на 25% - 45 ± 9 минут в группе СМП по сравнению с 60 ± 10 минутами при стандартной методике ($p < 0,001$). Следует отметить эквивалентный уровень безопасности, что подтверждается отсутствием статистически значимых различий в частоте осложнений.

3) С точки зрения клинической эффективности, интеграция смешанной реальности обеспечивает комплексное повышение эффективности операционного процесса: отмечается статистически значимое улучшение качества интраоперационной визуализации по шкале Ликерта ($p = 0,033$), более того, зафиксировано достоверное сокращение продолжительности операции на 16,7% - 50 [39; 60] минут против 60 [50; 68] минут в контрольной группе ($p < 0,001$). Вероятно, это связано с повышением точности хирургической навигации при сохранении высокого профиля безопасности.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

- 1) Выполнение дПНЛ у пациентов с камнями почек целесообразно, так как это позволяет значительно сократить время операции по сравнению со стандартной методикой мПНЛ, снизить риск ятрогенной травмы уретры, мочеточника, отека устья, снизить амортизационную нагрузку на эндоскопическое оборудование (цистоскоп), снизить нагрузку на медицинский персонал (за счет отсутствия этапа переворота пациента), оптимизировать экономические затраты (расходные материалы на операцию) и повысить эффективность использования операционного времени. Выполнение пункции под комбинированным ультразвуковым и рентгеноскопическим контролем позволяет точно визуализировать ЧЛС и обеспечивает безопасный доступ к камню. Применять дПНЛ целесообразно при коралловидных камнях, дилатации ЧЛС, камне ЛМС. Преимуществом директивной пункции является возможность проведения операция у пациентов с затрудненным ретроградным доступом. Не целесообразно выполнение дПНЛ при отсутствии дилатации ЧЛС.
- 2) С целью уменьшения длительности операции рекомендуется применение инновационного кобуха с аспирацией (СМП). Применение аспирации ирригационной жидкости обеспечивает лучшую визуализацию, позволяет поддерживать оптимальное давление в ЧЛС, и вследствие уменьшить частоту инфекционных осложнений, а также уменьшить вероятность резидуальных фрагментов. Уменьшение длительности операции, позволяет уменьшить в том числе время анестезиологического пособия и воздействия лучевой нагрузки на пациента и медицинский персонал.
- 3) Использование технологии смешанной реальности при мПНЛ обеспечивает прецизионную трехмерную визуализацию анатомических структур ЧЛС и точность и безопасность выполнения пункционного доступа, уменьшить риск травматизации паренхимы почки а также снизить длительность операции.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ВМП – верхние мочевые пути

ДИ – доверительный интервал

ДЛТ – дистанционная литотрипсия

дПНЛ – миниперкутанная нефролитотомия с применением директивной пункции

ИМП – инфекция мочевыводящих путей

КТ – компьютерная томография

ЛМС – лоханочно-мочеточниковый сегмент

МКБ – мочекаменная болезнь

микро-ПНЛ – микроперкутанная нефролитотомия

мини-микро-ПНЛ – минимикроперкутанная нефролитотомия

мПНЛ – миниперкутанная нефролитотомия

ПНЛ – перкутанная нефролитотомия

РИРХ – ретроградная интратрениальная хирургия

СМП – суперминиперкутанная нефролитотомия

СР – миниперкутанная нефролитотомия с использованием смешанной реальности

УЗИ – ультразвуковое исследование

ультрамини-ПНЛ - ультраминиперкутанная нефролитотомия

ЧЛС – чашечно-лоханочная система

Ch – Шарьер (единица измерения диаметра катетеров)

Fr – Френч (единица измерения диаметра катетеров)

HU – шкала Хаунсфилда

IQR – интерквартильный размах

M - среднее арифметическое

Me – медиана

MR - mixed reality, смешанная реальность

SD – стандартное отклонение

SFR – stone-free rate, частота избавления от камней

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акопян, Г. Н. Выбор метода оперативного лечения больных с камнями почек от 2 до 3 см : [Сборник тезисов. Материалы XXII Конгресса российского общества урологов сборник тезисов. 14-17 сентября 2022 г.] / Г.Н. Акопян. – Текст: электронный // Российское общество урологов : сборник тезисов. – URL: https://congress-rou.ru/theses_archive. –2022.
2. Акопян, Г. Н. Директивная пункция по сравнению с установкой мочеточникового катетера при перкутанной нефролитотомии : [Сборник тезисов. Материалы XXII Конгресса российского общества урологов сборник тезисов. 14-17 сентября 2022 г.] / Г. Н. Акопян. – Текст: электронный // Российское общество урологов : сборник тезисов. – URL: https://congress-rou.ru/theses_archive. – 2022.
3. Акопян, Г. Н. Сравнение мини-перкутанной нефролитотомии с супермини-перкутанной нефролитотомией: проспективное рандомизированное контролируемое исследование : [Сборник абстрактов. Материалы XXIII Конгресса Российского общества урологов сборник тезисов. 14-16 сентября 2023 г.] / Г.Н. Акопян. – Текст: электронный // Российское общество урологов : сборник абстрактов. – URL: https://congress-rou.ru/theses_archive. - 2023.
4. Акопян, Г.Н. Малоинвазивная рентген-эндоскопическая хирургия заболеваний почек и верхних мочевых путей : специальность 14.01.23. «Урология» : диссертация на соискание ученой степени доктора медицинских наук / Акопян Гагик Нерсесович ; ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). – Москва. – 2017. – С. 47.
5. Али, С.Х. Критерии выбора методики чрескожной нефролитотрипсии : специальность 14.01.23. «Урология» : диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Али Станислав Хусейнович ; ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). – Москва. – 2017. – 22 с.

6. Выбор метода оперативного лечения больных с камнями почек от 2 до 3 сантиметров / Г. Н. Акопян, Х. Х. Давронбеков, Ф. И. Турсунова [и др.] // Вопросы урологии и андрологии. – 2023. – Т. 11. – № 4. – С. 24-29.
7. Гидродинамическое удаление почечных конкрементов при чрескожной нефролитотрипсии / Х. М. Али, С. Х. Али, Ю. Г. Аляев [и др.] // Медицинская техника. – 2017. – Т. 2. – С. 19-22.
8. Горелов, Д. С. Директивная пункция ЧЛС при миниперкутанной нефролитотрипсии : [онлайн-доклад : материалы III Конгресса Урологов ФМБА России «Союз теории и практики», Владивосток, 21-23 сентября 2023г.] / Д. С. Горелов. – Текст : электронный // Урологический информационный портал UroWeb.ru. – URL: https://uro.tv/video/gorelov_ds_-_direktivnaya_punktsiya_chls_pri_miniperkutannoy_nefrolitotripsii.
9. Дорожная карта перкутанного доступа в почку под ультразвуковым контролем / И. Э. Мамаев, К. К. Ахмедов, К. А. Долманов [и др.] // Урология. – 2022. – № 5. – С. 77-83.
10. Заболеваемость мочекаменной болезнью в Российской Федерации с 2005 по 2020 гг. / А. Д. Каприн, О. И. Аполихин, А. В. Сивков [и др.] // Экспериментальная и клиническая урология. – 2022. – Т. 15. – № 2. – С. 10-17.
11. Калинин, Н. Е. Минимизация интратенальных осложнений перкутанной нефролитотрипсии : специальность 3.1.13. Урология и андрология : диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Калинин Никита Евгеньевич ; ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). – Москва, 2024. – 119 с.
12. Клинические рекомендации. Мочекаменная болезнь / А. Г. Мартов, Р. Р. Харчилава, Г. Н. Акопян [и др.] // Вопросы урологии и андрологии. – 2020. – Т. 8. – № 3. – С. 4-36.
13. Мазуренко, Д. А. Оптимизация доступов к почке при хирургическом лечении МКБ / Д. А. Мазуренко // Дайджест урологии. – 2020. – № 2. – С. 47-48.
14. Мартов, А.Г. Рентген-эндоскопические методы диагностики и лечения заболеваний почек и верхних мочевых путей : специальность 14.00.40 «Урология»

: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора медицинских наук / Мартов Алексей Георгиевич ; НИИ Урологии. – Москва, 1993. – 60с.

15. Мартов, А. Г. Миниперкутанная хирургия в лечении камней нижних чашечек почки / [Материалы V Российского Конгресса по эндоурологии и новым технологиям. 8-10 сентября 2016г.] А.Г. Мартов. – Текст: электронный // Урологический информационный портал. – URL: <https://uroweb.ru/article/miniperkutannaya-khirurgiya-v-lechenii-kamnei-nizhnikh-chashechek-pochki>. – Дата публикации: 09.12.2016.

16. Мартов, А. Г. Ультраминиперкутанная нефролитотрипсия в лечении камней почек / А. Г. Мартов, С. В. Дутов, А. С. Андронов // Урология. – 2016. – № 2. – С. 82-89.

17. Минимально инвазивная перкутанная лазерная нефролитотрипсия в лечении коралловидного нефролитиаза / О. В. Теодорович, С. А. Нарышкин, Г. Г. Борисенко [и др.]. // Медицинский вестник Башкортостана. 2015. – Т. 10. – №3. – С. 68-72.

18. Минимально-инвазивная перкутанная нефролитотрипсия: деликатный и эффективный инструмент в лечении крупных камней почек / Д. С. Меринов, Д. А. Павлов, Р. Р. Фатихов [и др.] // Экспериментальная и клиническая урология. – 2013. – № 3. – С. 94-98.

19. Миниперкутанная нефролитотомия без катетеризации мочеточника. Сравнение со стандартной методикой / И. Э. Мамаев, К. К. Ахмедов, К. А. Доломанов [и др.] // Экспериментальная и клиническая урология. – 2021. – Т. 14. – № 2. – С. 58-63.

20. Морозов, А. В. Удаление камней почек и мочеточников через нефростомический свищ / А. В. Морозов, А. Г. Мартов // Урология и нефрология. – 1985. – № 4. – С. 30-32.

21. Мочекаменная болезнь / В. И. Руденко, И. В. Семенякин, В. А. Малхасян, Н. К. Гаджиев. – 2017. – № 2. – С. 30-63.

22. Мочекаменная болезнь : современные методы диагностики и лечения: [руководство] / Ю. Г. Аляев, М. А. Газимиев, В. И. Руденко [и др.]; ред. Ю. Г. Аляев. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 216 с.
23. Мочекаменная болезнь: этиология и диагностика (обзор литературы) / И. А. Крючков, М. Л. Чехонацкая, А. Н. Россоловский, Д. А. Бобылев // Бюллетень медицинских Интернет-конференций. – 2017. – С. 517-522.
24. Новая малотравматичная пункционная игла MG. Результаты сравнительного морфологического исследования / Н. Е. Калинин, Ю. В. Лернер, В. Ю. Михайлов, М. А. Газимиев // Урология. – 2021. – Т. 6. – 2021. – С. 40-46.
25. Обзор осложнений перкутанной нефролитотомии и методов их лечения / В. А. Малхасян, И. В. Семенякин, В. Ю. Иванов [и др.] // Урология. – 2018. – № 4. – С. 147-153.
26. Патент № RU 201910 U1 Российская Федерация, МПК А61В 17/00 (2006.01). Устройство для чрескожной пункции и дренирования полостных образований : № 2020118891 : заявл. 01.06.2020 : опубл. 21.01.2021 / Газимиев М. С. А., Андреев Ю. Г., Рафф Л. С. // Научная электронная библиотека : официальный сайт. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44698678> (дата обращения: 25.10.2022)
27. Патент № RU 2621532 C1 Российская Федерация, МПК А61В 18/26 (2006.01). Способ эвакуации фрагментов камней при ультраминиперкутанной нефролитотрипсии : № 2016114087 : заявл. 13.04.2016 : опубл. 06.06.2017 / Ю. Г. Аляев, Н. А. Григорьев, Х. М. Али, С. Х. Али. // Научная электронная библиотека : официальный сайт. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38265419> (дата обращения: 25.10.2022)
28. Патент № RU 2637820 C2 Российская Федерация, МПК А61В 17/22 (2006.01). Устройство для чрескожного удаления фрагментов камней из полости почки (варианты) : № 2016113688 : заявл. 11.04.2016 : опубл. 07.12.2017 / Ю. Г. Аляев, Х. М. Али, С. Х. Али [и др.] // Научная электронная библиотека : официальный сайт. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38290493> (дата обращения: 25.10.2022)

29. Попов, С.В. Анализ эффективности микроперкутанной нефролитотрипсии / [Материалы V Российского Конгресса по эндоурологии и новым технологиям. 8-10 сентября 2016г.] С.В. Попов. – Текст: электронный // Урологический информационный портал. – URL: <https://www.uroweb.ru/article/analiz-effektivnosti-mikroperkutannoi-nefrolitotripsii>
30. Проспективное рандомизированное сравнительное исследование эффективности и безопасности мини-ПНЛ и гибкой УРС при камнях почек / Г. Н. Акопян, Х. Х. Давронбеков, Ф. И. Турсунова [и др.] // Урология. – 2024. – Т. 4. – 2024. – С. 11-15.
31. Ретроградная гибкая уретероскопия с тулиевой волоконной нефролитотрипсией в лечении пациентов с камнем нижней полярной чашечки / Л. М. Рапопорт, М. А. Газимиев, Д. О. Королев [и др.] // Урология. – 2020. – Т. 6. – 2020. – С. 89-92.
32. Рубрикатор клинических рекомендаций : офиц. сайт. Клинические рекомендации: Мочекаменная болезнь. [Электронный ресурс]. – Министерство здравоохранения Российской Федерации, 2024. – URL. – https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/7_2 (дата обращения: 17.12.2024)
33. Сравнение директивной пункции с традиционной методикой перкутанной нефролитотомии / Г. Н. Акопян, Ф. И. Турсунова, Х. Х. Давронбеков [и др.] // Вестник урологии. – 2025. – Т. 13. – № 1. – С. 5-12.
34. Сравнение мини-перкутанной нефролитотомии с супер-мини-перкутанной нефролитотомией: когортное исследование / Г. Н. Акопян, Ф. И. Турсунова, Н. К. Гаджиев [и др.] // Андрология и генитальная хирургия. – 2024. – Т. 26. – № 3. – С. 105-111.
35. A novel double-sheath negative-pressure versus conventional minimally invasive percutaneous nephrolithotomy for large kidney stone / К.-В. Tuoheti, Х.-Н. Wang, Т. Wang [et al.] // Scientific Reports. – 2023. – Vol. 13. – № 1. – P. 22972.
36. A Novel Technique of Ultra-Mini-Percutaneous Nephrolithotomy: Introduction and an Initial Experience for Treatment of Upper Urinary Calculi Less Than 2 cm / J.

Desai, G. Zeng, Z. Zhao [et al.] // *BioMed Research International*. – 2013. – Vol. 2013. – P. 1-6.

37. A prospective comparative study of haemodynamic, electrolyte, and metabolic changes during percutaneous nephrolithotomy and minimally invasive percutaneous nephrolithotomy / S. Xu, H. Shi, J. Zhu [et al.] // *World Journal of Urology*. – 2014. – Vol. 32. – № 5. – P. 1275-1280.

38. A prospective comparative study of mini-PCNL using Trilogy™ or thulium fibre laser with suction / A. Patil, R. Sharma, D. Shah [et al.] // *World Journal of Urology*. – 2022. – Vol. 40. – № 2. – P. 539-543.

39. A Prospective Multivariate Analysis of Factors Predicting Stone Disintegration by Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy: The Value of High-Resolution Noncontrast Computed Tomography / A. R. El-Nahas, A. M. El-Assmy, O. Mansour, K. Z. Sheir // *European Urology*. – 2007. – Vol. 51. – № 6. – P. 1688-1694.

40. A randomized controlled trial comparing infectious complications using mini perc with and without suction for renal stones less than 3 cm in size / N. Pathak, S. Agrawal, A. Parikh [et al.] // *Urolithiasis*. – 2023. – Vol. 52. – № 1. – P. 6.

41. A Randomized Study of Minimally Invasive Percutaneous Nephrolithotomy (MPCNL) with the aid of a patented suctioning sheath in the treatment of renal calculus complicated by pyonephrosis by one surgery / J. Huang, L. Song, D. Xie [et al.] // *BMC Urology*. – 2016. – Vol. 16. – № 1. – P. 71.

42. Absorption of Irrigating Fluid During Percutaneous Transrenal Lithotripsy / M. Dimberg, H. Norlén, N. Höglund, L.-G. Allgén // *Scandinavian Journal of Urology and Nephrology*. – 1993. – Vol. 27. – № 4. – P. 463-467.

43. Agrawal, M. S. Experience with 'ULTRA-MINI' PCNL. Scientific program for 31 st world congress of endourology and SWL program book / M. S. Agrawal, K. Agrawal // *Journal of Endourology*. – 2013. – № 27. – P. 87-88.

44. Akopyan, G. Comparison of Mini PCNL versus Super-Mini PCNL: A Prospective Randomised Controlled Study : [Abstract book. 43rd Congress of the Société Internationale d'Urologie (SIU) 11–14 October 2023] / G. Akopyan. – Text: electronic //

Société Internationale d'Urologie (SIU) : abstract book. – URL: <https://www.siu-urology.org/congress-2023/abstracts>. - 2023.

45. Application of simulated puncture in percutaneous nephrolithotomy / Y. S. Huang, X. S. Zhu, G. Y. Wan [et al.] // *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*. – 2021. – Vol. 25. – № 1. – P. 190-197.
46. Assessment of Effectiveness and Safety of Aspiration-Assisted Nephrostomic Access Sheaths in PCNL and Intrarenal Pressures Evaluation: A Systematic Review of the Literature / M. Nizzardo, G. Albo, F. Ripa [et al.] // *Journal of Clinical Medicine*. – 2024. – Vol. 13. – № 9. – P. 2558.
47. Assessment of Three-Dimensional Reconstruction in Percutaneous Nephrolithotomy for Complex Renal Calculi Treatment / H. Tan, Y. Xie, X. Zhang [et al.] // *Frontiers in Surgery*. – 2021. – Vol. 8. – № October. – P. 1-7.
48. 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.] // *Journal of Endourology*. – 2021. – Vol. 35. – № 5. – P. 601-608.
49. Comparison of antegrade percutaneous versus retrograde ureteroscopic lithotripsy for upper ureteric calculus for stone clearance, morbidity, and complications / A. Bhat, V. Singh, M. Bhat [et al.] // *Indian Journal of Urology*. – 2019. – Vol. 35. – № 1. – P. 48-53.
50. Comparison of results and morbidity of percutaneous nephrostolithotomy and extracorporeal shock wave lithotripsy / J. E. Lingeman, T. A. Coury, D. M. Newman [et al.] // *Journal of Urology*. – 1987. – Vol. 138. – № 3. – P. 485-490.
51. Comparison of two different minimally invasive percutaneous nephrostomy sheaths for the treatment of staghorn stones / G. Xu, J. Liang, Y. He [et al.] // *BJU International*. – 2020. – Vol. 125. – № 6. – P. 898-904.
52. Complications and surgical results of stone-directed antegrade pyelography compared to the retrograde pyelographic access method in percutaneous nephrolithotomy using ‘bull’s eye’ technique: A randomized clinical trial / D. Irani, A. Haghpanah, M. M. Hosseini [et al.] // *Journal of Clinical Urology*. – 2022. – Vol. 15. – № 1. – P. 6-12.

53. Congenital Unilateral Hydronephrosis in a Rat Model: Continuous Renal Pelvic and Bladder Pressures / J. Fichtner, F. G. Boineau, J. E. Lewy [et al.] // *Journal of Urology*. – 1994. – Vol. 152. – № 2 Part 2. – P. 652-657.
54. Derisavifard, S. Percutaneous Nephrolithotomy / S. Derisavifard, A. D. Smith // *Smith's Textbook of Endourology*. – Wiley, 2019. – P. 322-331.
55. Desai, J. Ultra-mini percutaneous nephrolithotomy (UMP): One more armamentarium / J. Desai, R. Solanki // *BJU International*. – 2013. – Vol. 112. – № 7. – P. 1046-1049.
56. Destruction of Renal Concretions with Electrolytic Glow Discharge Plasma / S. K. Ali, K. M. Ali, E. A. Bezrukov [et al.] // *Biomedical Engineering*. – 2021. – Vol. 54. – № 5. – P. 317-322.
57. Developments in technique and technology: The effect on the results of percutaneous nephrolithotomy for staghorn calculi / M. Desai, P. Jain, A. Ganpule [et al.] // *BJU International*. – 2009. – Vol. 104. – № 4. – P. 542-548.
58. Dindo, D. Classification of surgical complications: A new proposal with evaluation in a cohort of 6336 patients and results of a survey / D. Dindo, N. Demartines, P. A. Clavien // *Annals of Surgery*. – 2004. – Vol. 240. – № 2. – P. 205-213.
59. Does a Smaller Tract in Percutaneous Nephrolithotomy Contribute to High Renal Pelvic Pressure and Postoperative Fever? / W. Zhong, G. Zeng, K. Wu [et al.] // *Journal of Endourology*. – 2008. – Vol. 22. – № 9. – P. 2147-2152.
60. Double-Sheath Vacuum Suction Minimally Invasive Percutaneous Nephrolithotomy for Management of Large Renal Stones / Z.-H. Wu, Y.-Z. Wang, T.-Z. Liu [et al.] // *Urologia Internationalis*. – 2022. – Vol. 106. – № 12. – P. 1241-1245.
61. Double-sheath vacuum suction versus vacuum-assisted sheath minimally invasive percutaneous nephrolithotomy for management of large renal stones: single-center experience / Z.-H. Wu, T.-Z. Liu, X.-H. Wang [et al.] // *World Journal of Urology*. – 2021. – Vol. 39. – № 11. – P. 4255-4260.
62. EAU Guidelines on Interventional Treatment for Urolithiasis / C. Türk, A. Petřík, K. Sarica [et al.] // *European Urology*. – 2016. – Vol. 69. – № 3. – P. 475-482.

63. EAU Guidelines on Urolithiasis / A. Skolarikos, H. Jung, A. Neisius [et al.] // European Association of Urology 2023. – 2023. – P. 1-120.
64. Efficacy and safety of 3D printing-assisted percutaneous nephrolithotomy in complex renal calculi / D. Cui, F. Yan, J. P. Yi [et al.] // Scientific Reports. – 2022. – Vol. 12. – № 1. – P. 1-8.
65. Emergency versus elective ureteroscopy for the management of ureteral stones / N. K. Gadzhiev, G. N. Akopyan, F. I. Tursunova [et al.] // Urologia Journal. – 2022. – Vol. 89. – № 1. – P. 79-84.
66. Epidemiology of stone disease across the world / I. Sorokin, C. Mamoulakis, K. Miyazawa [et al.] // World Journal of Urology. – 2017. – Vol. 35. – № 9. – P. 1301-1320.
67. European Association of Urology : official website. Guidelines (2024) [Electronic resource] – URL. – <https://uroweb.org/guidelines> (дата обращения: 11.12.2024).
68. Factors affecting blood loss during percutaneous nephrolithotomy: Prospective study / R. Kukreja, M. Desai, S. Patel [et al.] // Journal of Endourology. – 2004. – Vol. 18. – № 8. – P. 715-722.
69. Feasibility and relevance of urine culture during stone fragmentation in patients undergoing percutaneous nephrolithotomy and retrograde intrarenal surgery: a prospective study / E. De Lorenzis, L. Boeri, A. Gallioli [et al.] // World Journal of Urology. – 2020. – № 0123456789.
70. Fernstrom, I. Percutaneous pyelolithotomy / I. Fernstrom, B. Johansson // Scandinavian Journal of Urology and Nephrology. – 1976. – Vol. 10. – № 3. – P. 257-259.
71. Fluid absorption during percutaneous nephrolithotomy: Does it matter? / R. A. Kukreja, M. R. Desai, R. B. Sabnis, S. H. Patel // Journal of Endourology. – 2002. – Vol. 16. – № 4. – P. 221-224.
72. Ganpule, A. P. PCNL in the twenty-first century: role of Microperc, Miniperc, and Ultraminiperc / A. P. Ganpule, A. S. Bhattu, M. Desai // World Journal of Urology. – 2015. – Vol. 33. – № 2. – P. 235-240.
73. Greenleaf, S. The modern history and evolution of percutaneous nephrolithotomy / S. Greenleaf, J. Suite. // Journal of Endourology – 2015. – Vol. 29. – № 2. – P. 1-14.

74. Hinman, F. Pyelovenous back flow / F. Hinman // JAMA: The Journal of the American Medical Association. – 1926. – Vol. 87. – № 16. – P. 1287.
75. Hydrodynamic Elimination of Renal Concretions in Transcutaneous Nephrolithotripsy / S. K. Ali, K. M. Ali, Y. G. Aliaev [et al.] // Biomedical Engineering. – 2017. – Vol. 51. – № 2. – P. 102-105.
76. Iatrogenic ureteral injuries: a case series analysis with an emphasis on the predictors of late ureteral strictures and unfavorable outcome in different surgical specialties / M. M. Elawdy, Y. Osman, B. Awad [et al.] // International Urogynecology Journal. – 2021. – Vol. 32. – № 11. – P. 3031-3036.
77. Incidence, prevention, and management of complications following percutaneous nephrolitholapaxy / C. Seitz, M. Desai, A. Häcker [et al.] // European Urology. – 2012. – Vol. 61. – № 1. – P. 146-158.
78. Initial experience of micro-percutaneous nephrolithotomy in the treatment of renal calculi in 140 renal units / N. K. Hatipoglu, A. Tepeler, I. Buldu [et al.] // Urolithiasis. – 2014. – Vol. 42. – № 2. – P. 159-164.
79. Introduction of the Gibbons Ureteral Stent Facilitated by Antecedent Percutaneous Nephrostomy / A. D. Smith, P. H. Lange, R. P. Miller, D. B. Reinke // Journal of Urology. – 1978. – Vol. 120. – № 5. – P. 543-544.
80. iPad-Assisted Percutaneous Access to the Kidney Using Marker-Based Navigation: Initial Clinical Experience / J. J. Rassweiler, M. Müller, M. Fangerau [et al.] // European Urology. – 2012. – Vol. 61. – № 3. – P. 628-631.
81. iPad-assisted percutaneous nephrolithotomy (PCNL): a matched pair analysis compared to standard PCNL / M.-C. Rassweiler-Seyfried, J. J. Rassweiler, C. Weiss [et al.] // World Journal of Urology. – 2020. – Vol. 38. – № 2. – P. 447-453.
82. Kiil, F. Pressure recordings in the upper urinary tract / F. Kiil // Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation. – 1953. – Vol. 5. – № 4. – P. 383-384.
83. Kreydin, E. I. Risk factors for sepsis after percutaneous renal stone surgery / E. I. Kreydin, B. H. Eisner // Nature Reviews Urology. – 2013. – Vol. 10. – № 10. – P. 598-605.

84. LeRoy, A. Percutaneous ultrasonic lithotripsy / A. LeRoy, J. Segura // American Journal of Roentgenology. – 1984. – Vol. 143. – № 4. – P. 785-788.
85. Micro-percutaneous nephrolithotomy for the treatment of moderate sized kidney stones; our clinical experiences in first 100 cases from a single center / T. Karatag, I. Buldu, R. Inan, M. O. Istanbuluoglu // Journal of Urology. – 2015. – Vol. 193. – № 4S.
86. Micro-percutaneous nephrolithotomy in the treatment of pediatric nephrolithiasis: A single-center experience / M. Dağgüllü, M. M. Utanğaç, O. Dede [et al.] // Journal of Pediatric Surgery. – 2016. – Vol. 51. – № 4. – P. 626-629.
87. 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.] // Urology Journal. – 2020. – Vol. 17. – № 5. – P. 474-479.
88. Mobile augmented reality for computer-assisted percutaneous nephrolithotomy / M. Müller, M.-C. Rassweiler, J. Klein [et al.] // International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery. – 2013. – Vol. 8. – № 4. – P. 663-675.
89. Monitoring of irrigation fluid absorption during percutaneous nephrolithotripsy: the use of 1% ethanol as a marker / S. K. Malhotra, A. Khaitan, A. K. Goswami [et al.] // Anaesthesia. – 2001. – Vol. 56. – № 11. – P. 1090-1115.
90. Monográfico: urolitiasis / Z. Zhao, A. Tuerxu, Y. Liu [et al.]. – 2017. – Vol. 70. – № 1. – P. 211-216.
91. Patel, S. R. The Modern History and Evolution of Percutaneous Nephrolithotomy / S. R. Patel, S. Y. Nakada // Journal of Endourology. – 2015. – Vol. 29. – № 2. – P. 153-157.
92. PCNL Combined with 3D Printing Technology for the Treatment of Complex Staghorn Kidney Stones / Y. Liu, H. Song, B. Xiao [et al.] // Journal of Healthcare Engineering. – 2022. – Vol. 2022.
93. Percutaneous Kidney Puncture with Three-dimensional Mixed-reality Hologram Guidance: From Preoperative Planning to Intraoperative Navigation / F. Porpiglia, E. Checcucci, D. Amparore [et al.] // European Urology. – 2022. – Vol. 81. – № 6. – P. 588-597.

94. Percutaneous nephrolithotomy with and without retrograde pyelography: preliminary results of a randomized controlled trial / A. Tabibi, H. Akhavizadegan, K. Nouri Mahdavi [et al.] // *Urology Journal*. – 2005. – Vol. 2. – № 3. – P. 132-5; discussion 135-6.
95. Percutaneous nephrolithotomy: Current concepts / F. Vicentini, C. Gomes, A. Danilovic [et al.] // *Indian Journal of Urology*. – 2009. – Vol. 25. – № 1. – P. 4-10.
96. Percutaneous puncture during PCNL: new perspective for the future with virtual imaging guidance / E. Checcucci, D. Amparore, G. Volpi [et al.] // *World Journal of Urology*. – 2022. – Vol. 40. – № 3. – P. 639-650.
97. Prospective comparative study of Miniperc and standard PNL for treatment of 1 to 2 cm size renal stone / S. Mishra, R. Sharma, C. Garg [et al.] // *BJU International*. – 2011. – Vol. 108. – № 6. – P. 896-900.
98. Renal access in PNL under sonographic guidance: Do we really need to insert an open end ureteral catheter in dilated renal systems? A prospective randomized study / B. Eryildirim, M. Tuncer, E. Camur [et al.] // *Archivio Italiano di Urologia e Andrologia*. – 2017. – Vol. 89. – № 3. – P. 226-231.
99. Role and Utility of Mixed Reality Technology in Laparoscopic Partial Nephrectomy: Outcomes of a Prospective RCT Using an Indigenously Developed Software / N. Gadzhiev, I. Semeniakin, A. Morshnev [et al.] // *Advances in Urology*. – 2022. – Vol. 2022.
100. Semi-closed-circuit vacuum-assisted mini percutaneous nephrolithotomy in the pediatric population: the initial experience of two tertiary referral centers / A. Gallioli, A. Berrettini, G. Sampogna [et al.] // *Minerva Urology and Nephrology*. – 2022. – Vol. 74. – № 1. – P. 93-101.
101. Shah, K. Superperc: A new technique in minimally-invasive percutaneous nephrolithotomy / K. Shah, M. Agrawal, D. Mishra // *Indian Journal of Urology*. – 2017. – Vol. 33. – № 1. – P. 48-52.
102. Single-Step Percutaneous Nephrolithotomy (Microperc): The Initial Clinical Report / M. R. Desai, R. Sharma, S. Mishra [et al.] // *Journal of Urology*. – 2011. – Vol. 186. – № 1. – P. 140-145.

103. Suctioning Minimally Invasive Percutaneous Nephrolithotomy with a Patented System Is Effective to Treat Renal Staghorn Calculi: A Prospective Multicenter Study / C. Du, L. Song, X. Wu [et al.] // *Urologia Internationalis*. – 2018. – Vol. 101. – № 2. – P. 143-149.
104. Super-mini PCNL (SMP): Material, indications, technique, advantages and results. / Z. Zhao, A. Tuerxu, Y. Liu [et al.] // *Archivos espanoles de urologia*. – 2017. – Vol. 70. – № 1. – P. 211-216.
105. Super-mini percutaneous nephrolithotomy (SMP): a new concept in technique and instrumentation / G. Zeng, S. Wan, Z. Zhao [et al.] // *BJU International*. – 2016. – Vol. 117. – № 4. – P. 655-661.
106. Super-Mini Percutaneous Nephrolithotomy for Nephrolithiasis: A Systematic Review and Meta-Analysis / M. Zeid, H. Sayedin, N. Sridharan [et al.] // *Cureus*. – 2022. – Vol. 14. – №12. – P. e3225.
107. Systemic Inflammatory Response Syndrome After Flexible Ureteroscopic Lithotripsy: A Study of Risk Factors / W. Zhong, G. Leto, L. Wang, G. Zeng // *Journal of Endourology*. – 2015. – Vol. 29. – № 1. – P. 25-28.
108. Tailly, T. Innovations in percutaneous nephrolithotomy / T. Tailly, J. Denstedt // *International Journal of Surgery*. – 2016. – Vol. 36. – № PD. – P. 665-672.
109. Technical aspects to maximize the hyperaccuracy three-dimensional (HA3D™) computed tomography reconstruction for kidney stones surgery: a pilot study / A. Tsaturyan, A. Bellin, S. Barbuto [et al.] // *Urolithiasis*. – 2021. – Vol. 49. – № 6. – P. 559-566.
110. 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.] // *European Urology*. – 2011. – Vol. 59. – № 6. – P. 1054-1059.
111. The «mini-perc» technique: A less invasive alternative to percutaneous nephrolithotomy / S. V. Jackman, S. G. Docimo, J. A. Cadeddu [et al.] // *World Journal of Urology*. – 1998. – Vol. 16. – № 6. – P. 371-374.

112. The Application of a Patented System to Minimally Invasive Percutaneous Nephrolithotomy / L. Song, Z. Chen, T. Liu [et al.] // Journal of Endourology. – 2011. – Vol. 25. – № 8. – P. 1281-1286.
113. The Clinical Application of New Generation Super-Mini Percutaneous Nephrolithotomy in the Treatment of ≥ 20 mm Renal Stones / C. Cai, Y. Liu, W. Zhong [et al.] // Journal of Endourology. – 2019. – Vol. 33. – № 8. – P. 634-638.
114. The Comparison Study of Flexible Ureteroscopic Suctioning Lithotripsy With Intelligent Pressure Control Versus Minimally Invasive Percutaneous Suctioning Nephrolithotomy in Treating Renal Calculi of 2 to 3 cm in Size / H. Chen, X. Qiu, C. Du [et al.] // Surgical Innovation. – 2019. – Vol. 26. – № 5. – P. 528-535.
115. The Hickman peel-away sheath: Alternative for pediatric percutaneous nephrolithotomy / M. Helal, T. Black, J. Lockhart, T. E. Figueroa // Journal of Endourology. – 1997. – Vol. 11. – № 3. – P. 171-172.
116. The Influence of Super-Mini Percutaneous Nephrolithotomy on Renal Pelvic Pressure in Vivo / J. Alsmadi, J. Fan, W. Zhu [et al.] // Journal of Endourology. – 2018. – Vol. 32. – № 9. – P. 819-823.
117. The Lithovac: New Suction Device for the Swiss Lithoclast / G. HAUPT, J. PANNEK, T. HERDE [et al.] // Journal of Endourology. – 1995. – Vol. 9. – № 5. – P. 375-377.
118. The New Generation Mini-PCNL System - Monitoring and Controlling of Renal Pelvic Pressure by Suctioning Device for Efficient and Safe PCNL in Managing Renal Staghorn Calculi / Z. Yang, L. Song, D. Xie [et al.] // Urologia Internationalis. – 2016. – Vol. 97. – № 1. – P. 61-66.
119. The new generation super-mini percutaneous nephrolithotomy (SMP) system: a step-by-step guide / G. Zeng, W. Zhu, Y. Liu [et al.] // BJU International. – 2017. – Vol. 120. – № 5. – P. 735-738.
120. The Role of Microperc in the Treatment of Symptomatic Lower Pole Renal Calculi / A. Tepeler, A. Armagan, A. A. Sancaktutar [et al.] // Journal of Endourology. – 2013. – Vol. 27. – № 1. – P. 13-18.

121. The role of ultra-mini percutaneous nephrolithotomy in the treatment of kidney stones / A. Tepeler, I. Basibuyuk, M. Tosun, A. Armagan // Turkish Journal of Urology. – 2016. – Vol. 42. – № 4. – P. 261-266.
122. Total tubeless versus standard percutaneous nephrolithotomy: A meta-analysis / Q. Zhong, C. Zheng, J. Mo [et al.] // Journal of Endourology. – 2013. – Vol. 27. – № 4. – P. 420-426.
123. Training in percutaneous nephrolithotomy / S. Mishra, J. Jagtap, R. B. Sabnis, M. R. Desai // Current Opinion in Urology. – 2013. – Vol. 23. – № 2. – P. 147-151.
124. Tzelves, L. Suction Use During Endourological Procedures / L. Tzelves, A. Skolarikos // Current Urology Reports. – 2020. – Vol. 21. – № 11. – P. 46.
125. Ultra-mini-percutaneous nephrolithotomy: A minimally-invasive option for percutaneous stone removal / M. Agrawal, K. Agarwal, T. Jindal, M. Sharma // Indian Journal of Urology. – 2016. – Vol. 32. – № 2. – P. 132.
126. Ultrasonographic percutaneous nephrolithotomy, with or without ureteral catheter / T. Z. Moghadam, H. M. Rad, A. H. Khani, A. Ghazi // Journal of Renal Injury Prevention. – 2022. – Vol. 11. – № 1. – P. 1-5.
127. Use of a Novel Vacuum-Assisted Access Sheath in Minimally Invasive Percutaneous Nephrolithotomy: A Feasibility Study / D. Lai, M. Chen, M. Sheng [et al.] // Journal of Endourology. – 2020. – Vol. 34. – № 3. – P. 339-344.
128. Vacuum-assisted access sheath in supine mini-percutaneous nephrolithotomy (mini-PCNL) / J. J. Szczesniewski, J. Boronat Catalá, A. M. García-Cano Fernández [et al.] // Actas Urológicas Españolas (English Edition). – 2023. – Vol. 47. – № 10. – P. 681-687.
129. Vacuum-assisted mini-percutaneous nephrolithotomy: a new perspective in fragments clearance and intrarenal pressure control / S. P. Zanetti, E. Lievore, M. Fontana [et al.] // World Journal of Urology. – 2021. – Vol. 39. – № 6. – P. 1717-1723.
130. Validation of the Trifecta Scoring Metric in Vacuum-Assisted Mini-Percutaneous Nephrolithotomy: A Single-Center Experience / E. Pozzi, M. Malfatto, M. Turetti [et al.] // Journal of Clinical Medicine. – 2022. – Vol. 11. – № 22. – P. 6788.

131. Whether retrograde pyelography mandatory for percutaneous nephrolithotomy: a randomized clinical trial / M. Biswas, A. Mittal, R. Sarpal [et al.] // International Journal of Research in Medical Sciences. – 2016. – Vol. 4. – № 10. – P. 4477-4480.
132. Wickham, J. E. Percutaneous nephrolithotomy. / J. E. Wickham, M. J. Kellet // BMJ. – 1981. – Vol. 283. – № 6306. – P. 1571-1572.