

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ВСЕРОССИЙСКИЙ ЦЕНТР ЭКСТРЕННОЙ И РАДИАЦИОННОЙ  
МЕДИЦИНЫ ИМЕНИ А.М. НИКИФОРОВА» МИНИСТЕРСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ,  
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ  
СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ

На правах рукописи

ОЙБОЛАТОВ

Уллубий Ирасханович

АНЕСТЕЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
ЭНДОСКОПИЧЕСКИХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ ПО ПОВОДУ  
КАМНЕЙ ПОЧЕК И МОЧЕТОЧНИКОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ  
ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ СТРУЙНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ЛЕГКИХ

14.01.20 – анестезиология и реаниматология

Диссертация

на соискание ученой степени кандидата медицинских наук

Научный руководитель:  
доктор медицинских наук, доцент  
Колотилов Леонид Вадимович

Санкт-Петербург

2020

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1.    СОВРЕМЕННЫЕ    МЕТОДЫ    АНЕСТЕЗИОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ    ЭНДСКОПИЧЕСКОГО    ЛЕЧЕНИЯ    КАМНЕЙ    ПОЧЕК И МОЧЕТОЧНИКОВ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ).....	13
1.1 Характеристика трансуретральных и перкутанных методов лечения камней почек и мочеточников.....	14
1.2 Особенности анестезиологического обеспечения трансуретральных и перкутанных вмешательств по поводу камней верхних мочевых путей .....	16
1.3 Методы уменьшения дыхательной подвижности органов при различных неинвазивных и малоинвазивных вмешательствах .....	23
1.3.1 Высокочастотная струйная вентиляция легких .....	24
1.3.2 Общая характеристика методик апноэ.....	28
1.3.3 Резюме .....	30
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	31
2.1 Анестезиологическое обеспечение уретерореноскопии с литотрипсией и литоэкстракцией.....	35
2.1.1 Техника проведения уретерореноскопии .....	36
2.1.2 Методика анестезиологического обеспечения уретерореноскопии с применением высокочастотной струйной вентиляции легких на этапе литотрипсии и литоэкстракции .....	37
2.1.3 Методика анестезиологического обеспечения уретерореноскопии с применением периодического апноэ на этапе литотрипсии и литоэкстракции ..	40
2.2 Анестезиологическое обеспечение перкутанной нефролитотомии .....	43
2.2.1 Техника проведения перкутанной нефролитотомии.....	43
2.2.2 Применение различных анестезиологических методик на этапе пункционного доступа при перкутанной нефролитотомии.....	44
2.3 Методы статистической обработки.....	45

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	46
3.1 Анализ анестезиологических и хирургических показателей при сочетанной искусственной вентиляции легких с различными параметрами .....	46
3.1.1 Оценка анестезиологических показателей при сочетанной искусственной вентиляции легких с различными параметрами .....	47
3.1.2 Оценка хирургических условий при сочетанной искусственной вентиляции легких с различными параметрами .....	57
3.2 Оценка анестезиологических показателей методики периодического апноэ ..	59
3.3 Результаты уретерореноскопии с литотрипсией и литоэкстракцией в условиях применения различных анестезиологических методик .....	62
3.4 Результаты перкутанной нефролитотомии в условиях применения различных анестезиологических методик.....	68
ГЛАВА 4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	74
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	86
ВЫВОДЫ .....	88
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	89
ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ .....	91
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	92
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	94

## ВВЕДЕНИЕ

### **Актуальность темы исследования**

Анестезиологическое обеспечение высокотехнологичных методов хирургического лечения мочекаменной болезни (МКБ) представляет большой интерес как для анестезиологов, так и для урологов. Такое внимание объяснимо неуклонным увеличением частоты МКБ за последние десятилетия в мире [111] и в России [10].

В настоящее время хирургическое лечение камней верхних мочевых путей преимущественно выполняются методом уретерореноскопии (УРС) с литотрипсией и литоэкстракцией, и перкутанной нефролитотомии (ПНЛ). Эти современные методы обеспечили определенный прогресс в лечении МКБ [71].

Однако использование УРС требует исследования интраоперационных сложностей, связанных с факторами, приводящими к увеличению длительности операции, наиболее частыми из которых являются невозможность достижения и миграция камня [25; 120].

Одним из приоритетных направлений является поиск способа сокращения длительности ПНЛ без снижения эффективности операции [7; 128]. Несмотря на совершенствование видеооптических инструментов, ультразвуковой и рентгеноскопической визуализации при данных вмешательствах сохраняется риск операционных осложнений, частота которых при гибкой УРС колеблется в диапазоне от 0,5 до 20% [18], а при ПНЛ может достигать до 15% [124].

Внедрение и развитие таких высокотехнологичных операций как УРС и ПНЛ выявило потребность в усовершенствовании анестезиологического обеспечения, обусловленную анатомо-физиологическими особенностями области вмешательства и необходимыми хирургическими условиями для их выполнения.

Важной задачей анестезиолога на этапах операций, требующих высокой точности, является уменьшение смещений почек, мочеточников и близлежащих органов, обусловленных экскурсиями диафрагмы и грудной клетки как при спонтанной, так и традиционной ИВЛ (ТИВЛ) [96; 106; 113; 127].

На сегодняшний день в арсенале анестезиолога существует не так много методик, позволяющих уменьшить дыхательную подвижность операционного поля, обусловленную ИВЛ при общей анестезии. Не все из них достаточно хорошо изучены. Нам не удалось найти соответствующие работы, посвященные методикам, обеспечивающим уменьшение дыхательной подвижности операционного поля в условиях общей комбинированной анестезии (ОКА) с использованием современных ингаляционных анестетиков.

Актуальность данного исследования определяется поиском оптимальной анестезиологической методики, способной уменьшить дыхательную подвижность операционного поля и тем самым улучшить результаты трансуретральных и перкутанных вмешательств по поводу камней почек и верхней трети мочеточников в условиях ОКА с использованием современных ингаляционных анестетиков.

### **Степень разработанности темы исследования**

Опыт использования при ретроградной интратеральной хирургии методики периодического апноэ (ПА) в условиях общей внутривенной анестезии с ИВЛ представлен в одной доступной статье. По сообщению авторов, ПА позволяет повысить точность хирургических манипуляций, в том числе лазерной нефролитотрипсии [126]. При этом основным критерием продолжительности и безопасности ПА являются показатели пульсоксиметрии. На наш взгляд, для понимания безопасности применения методики ПА на этапах УРС и ПНЛ, а также снижения рисков развития осложнений, связанных с гипоксемией и гиперкапнией, требуется дальнейшее изучение этой методики. Отсутствуют данные об эффективности ПА на основании сравнительного анализа.

Сообщается об улучшении результатов гибкой УРС с литотрипсией и литоэкстракцией в условиях малообъемной ИВЛ (МИВЛ), по сравнению со стандартной ИВЛ [127]. Недостатком этой методики является закономерное развитие гиперкапнии и как следствие ограничение продолжительности применения [105].

Существует возможность повышения точности лазерной фрагментации камней при ретроградной интратенальной хирургии в условиях тотальной внутривенной анестезии (ТВВА) с высокочастотной струйной вентиляцией (ВЧСВ) легких [80], однако отсутствуют данные сравнительного анализа эффективности УРС в условиях ВЧСВ. Известны ограничения использования ингаляционных анестетиков при применении ВЧСВ в условиях открытого дыхательного контура [13; 17; 47; 54].

Недостатками вышеперечисленных методик являются отсутствие данных анализа газообмена и кислотно-основного состояния крови, а также сведений о возможности применения современных ингаляционных анестетиков. Авторы отмечают важность решения проблемы дыхательной подвижности почек и солидарны с необходимостью дальнейшего исследования методов анестезиологического обеспечения прецизионности малоинвазивных вмешательств по поводу камней верхних мочевых путей.

**Цель исследования:** Улучшить результаты трансуретральных и перкутанных вмешательств по поводу камней почек и мочеточников путем совершенствования анестезиологического обеспечения с применением высокочастотной струйной вентиляции легких.

**Задачи исследования:**

1. Оценить показатели вентиляции, газообмена, кислотно-основного состояния и гемодинамики пациентов при сочетании катетерной высокочастотной струйной вентиляции и малообъемной искусственной вентиляции легких с различными параметрами.

2. Установить оптимальные параметры сочетания высокочастотной струйной вентиляции и малообъемной искусственной вентиляции легких, позволяющие уменьшить дыхательную подвижность операционного поля при уретерореноскопии в условиях общей комбинированной анестезии с ингаляцией севофлурана в концентрациях, обеспечивающих достаточную глубину угнетения сознания пациента.

3. Оценить показатели газообмена, кислотно-основного состояния и возможность применения периодического апноэ в условиях общей комбинированной анестезии с использованием севофлурана в концентрациях, поддерживающих достаточную глубину угнетения сознания пациента.

4. Оценить хирургические условия и сравнить качества выполнения литотрипсии и литоэкстракции методом гибкой уретерореноскопии в условиях сочетанной искусственной вентиляции легких и периодического апноэ во время общей комбинированной анестезии.

5. Оценить хирургические условия и сравнить качества выполнения этапа пункции чашечно-лоханочной системы почек при перкутанной нефролитотомии в условиях сочетанной искусственной вентиляции легких и периодического апноэ во время общей комбинированной анестезии.

### **Научная новизна исследования**

Разработана методика анестезиологического обеспечения с применением высокочастотной струйной вентиляции в условиях общей комбинированной анестезии, поддерживающая адекватную вентиляцию легких и позволяющая значительно уменьшить подвижность почек и верхней трети мочеточников, обусловленную традиционной искусственной вентиляцией легких.

Доказана возможность сочетания катетерной высокочастотной струйной вентиляции и малообъемной искусственной вентиляции легких в условиях использования ингаляционного анестетика севофлурана в концентрациях, обеспечивающих достаточную глубину угнетения сознания пациента.

Показана возможность обеспечения кратковременной неподвижности операционного поля применением периодического апноэ с поддержанием достаточной глубины угнетения сознания пациента в условиях общей комбинированной анестезии с ингаляцией севофлурана.

Предложена шкала оценки степени дыхательной подвижности операционного поля и хирургических условий при уретерореноскопии с литотрипсией и перкутанной нефролитотомии.

Научно обоснована эффективность применения высокочастотной струйной вентиляции и периодического апноэ в обеспечении необходимых хирургических условий для прецизионной работы, и тем самым позволяющих значительно улучшить результаты гибкой уретерореноскопии с литотрипсией и перкутанной нефролитотомии в условиях общей комбинированной анестезии.

### **Теоретическая и практическая значимость работы**

Разработана анестезиологическая методика, позволяющая непрерывно мониторировать параметры вентиляции и концентрации севофлурана при сочетании в условиях герметичного дыхательного контура катетерной высокочастотной струйной вентиляции с малообъемной искусственной вентиляцией легких.

Установлены оптимальные параметры сочетанной искусственной вентиляции легких, обеспечивающие адекватную респираторную поддержку и достаточную глубину угнетения сознания пациента в условиях общей комбинированной анестезии с использованием севофлурана.

Внедрена в практику анестезиологическая методика, позволяющая значительно улучшить результаты гибкой уретерореноскопии с литотрипсией и литоэкстракцией в условиях общей комбинированной анестезии. Показана возможность обеспечения достаточной глубины угнетения сознания пациента при применении периодического апноэ в условиях общей комбинированной анестезии с использованием севофлурана.

Подтверждена эффективность применения методики периодического апноэ, позволяющей обеспечить неподвижность операционного поля и тем самым повысить скорость и точность пункции чашечно-лоханочной системы почки при перкутанной нефролитотомии в условиях общей комбинированной анестезии.

Внедрена в практику шкала оценки степени дыхательной подвижности операционного поля и хирургических условий, показавшей соответствие с объективными результатами уретерореноскопии и перкутанной нефролитотомии, что указывает на ценность и валидность разработанной шкалы.



## **Методология и методы исследования**

В методологическую основу диссертационной работы вошло изучение отечественной и зарубежной литературы по теме научного исследования, использование современных клинических, инструментальных, лабораторных и статистических методов исследования.

В исследование были включены взрослые пациенты, которым в период с октября 2016 года по сентябрь 2019 года на базе многопрофильной клиники № 2 ФГБУ «Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины имени А.М. Никифорова» МЧС России (ФГБУ ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова МЧС России) выполнялись плановые уретерореноскопии с литотрипсией и перкутанные нефролитотомии по поводу камней почек и верхней трети мочеточников в условиях общей комбинированной анестезии с инвазивной искусственной вентиляцией легких.

Для реализации поставленной цели научной работы были использованы современные наркозно-дыхательные аппараты и следящие мониторы, высокотехнологичное лабораторное оборудование, современные методы статистической обработки и оценки полученных в ходе исследования данных.

## **Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Сочетание катетерной высокочастотной струйной вентиляции и малообъемной искусственной вентиляции легких в условиях общей комбинированной анестезии с использованием севофлурана позволяет обеспечивать адекватную респираторную поддержку, достаточную глубину угнетения сознания пациента и значительно улучшает хирургические условия для литотрипсии и литоэкстракции методом гибкой уретерореноскопии.

2. Применение периодического апноэ в условиях общей комбинированной анестезии с использованием севофлурана, позволяет поддерживать достаточную глубину угнетения сознания пациента, обеспечивать кратковременную неподвижность операционного поля при уретерореноскопии и сопровождается умеренной гиперкапнией с респираторным ацидозом.

3. Применение сочетанной искусственной вентиляции легких при уретерореноскопии позволяет, значительно повысить скорость литотрипсии и литоэкстракции, по сравнению с методикой периодического апноэ и традиционной искусственной вентиляцией легких, а применение периодического апноэ при перкутанной нефролитотомии значительно повысить точность и скорость пункции чашечно-лоханочной системы почек, по сравнению с традиционной искусственной вентиляцией легких и незначительно, по сравнению с сочетанной искусственной вентиляцией легких.

### **Степень достоверности и апробация результатов исследования**

Достоверность и обоснованность полученных результатов научной работы обеспечена детальным теоретическим анализом проблемы, репрезентативным объемом выборки обследованных пациентов, достаточным количеством проведенных исследований и адекватным статистическим анализом полученных данных. Сформированные группы пациентов сопоставимы по основным антропометрическим и клиническим данным, репрезентативны по количеству.

Научные положения, выводы и практические рекомендации, сформулированные в диссертации, подкреплены статистически и клинически значимыми результатами. Статистический анализ полученных данных выполнен с использованием рекомендованных методов и современных программ обработки информации.

Результаты и основные положения диссертационного исследования доложены на международных, российских и региональных научно-практических мероприятиях:

- II Съезде анестезиологов-реаниматологов Северо-Запада России с участием медицинских сестер-анестезистов (Санкт-Петербург, 4 – 7 октября 2017 г.);
- 606 Заседании научно-практического общества анестезиологов и реаниматологов Санкт-Петербурга (Санкт-Петербург, 29 ноября 2017 г.);
- 614 Заседании научно-практического общества анестезиологов и реаниматологов Санкт-Петербурга (Санкт-Петербург, 28 ноября 2018 г.);

– V Съезде экспертов секции уролитиаза Европейской ассоциации урологов «EUILIS». (Милан, 3 – 5 октября 2019 г.).

Апробация диссертации с положительным заключением состоялась на заседании научно-технического совета № 1 ФГБУ ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова МЧС России 08 октября 2020 года.

### **Внедрение и реализация результатов исследования**

Результаты диссертационного исследования внедрены в учебный процесс института дополнительного профессионального образования «Экстремальная медицина» кафедры хирургии и инновационных технологий, а также в лечебный процесс отдела анестезиологии, реанимации и интенсивной терапии ФГБУ ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова МЧС России и в комплекс анестезиологического обеспечения урологических операций городского центра эндоскопической урологии и новых технологий СПб ГБУЗ Клинической больницы имени Святителя Луки (профессора медицины В.Ф. Войно-Ясенецкого).

### **Личный вклад автора**

Автором проведен обзор литературы по проблеме дыхательной подвижности операционного поля при малоинвазивных вмешательствах по поводу камней почек и мочеточников.

Автором проведены консультации, сбор клинических данных и анестезиологическое обеспечение операций у пациентов, включенных в исследование.

Автор принимал непосредственное участие в разработке методики анестезиологического обеспечения прецизионных этапов гибкой уретерореноскопии с литотрипсией и литоэкстракцией, а также перкутанной нефролитотомии с применением высокочастотной струйной вентиляции легких.

Автором проведена статистическая обработка и научное обоснование полученных результатов исследования, осуществлено написание и оформление диссертационной работы.

### **Публикации по теме диссертации**

По теме диссертации опубликовано 14 научных работ, из них две статьи в журналах, включенных в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации для опубликования основных результатов диссертационных исследований, и одна статья опубликована в зарубежном издании, индексируемом в международной базе данных SCOPUS.

### **Объем и структура диссертации**

Диссертация изложена в виде рукописи и включает введение, четыре главы, заключение, выводы, практические рекомендации и список литературы. Работа изложена на 108 печатных страницах и содержит 28 таблиц и 10 рисунков. Список литературы включает 137 источников литературы, из них 43 отечественных и 94 зарубежных.

## **ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ АНЕСТЕЗИОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭНДОСКОПИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ КАМНЕЙ ПОЧЕК И МОЧЕТОЧНИКОВ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)**

По данным исследований распространенность мочекаменной болезни в мире колеблется в пределах 3,5 – 9,6%. В России заболеваемость в 2005 году составляла 567,6 больных, а в 2016 году 737,5 больных на 100000 населения [12]. Проведенный в 2017 году группой английских ученых анализ мировых тенденций хирургического лечения МКБ показал рост малоинвазивных методов в последние два десятилетия [77]. По данным статистических исследований в России ежегодно по поводу МКБ выполняется около 200 тысяч операций, из которых 17% составляют высокотехнологичные вмешательства [36].

На сегодняшний день наиболее часто применяются трансуретральные, перкутанные и экстракорпоральные методы хирургического лечения МКБ. Согласно клиническим рекомендациям Российского общества урологов эндоскопическое лечение камней почек и мочеточников трансуретральным доступом осуществляются с использованием методов уретероскопии или гибкой УРС с литотрипсией и литоэкстракцией. Эндоскопическое хирургическое лечение камней почек чрескожным доступом выполняется с использованием метода ПНЛ. Экстракорпоральная дезинтеграция камней почек и мочеточников выполняется с применением метода дистанционной ударно-волновой литотрипсии (ДУВЛ) [39].

Современные хирургические вмешательства при МКБ в зависимости от вида доступа и технического оснащения требуют различного положения больного на операционном столе порой при достаточной длительности манипуляций. Возможные движения тела и дыхательные экскурсии диафрагмы при ДУВЛ, УРС и ПНЛ могут привести к миграции камней в труднодоступные отделы мочевых путей, увеличивают риск повреждения почек и мочеточников. Для повышения эффективности и безопасности подобных операций необходимо соблюдение принципов прецизионности, которая во многом связана с особенностями анестезиологического обеспечения [26].

## **1.1 Характеристика трансуретральных и перкутанных методов лечения камней почек и мочеточников**

Выбор в пользу того или иного хирургического метода лечения камней почек и мочеточников осуществляется с учетом характеристик и локализации камней, аномалий развития мочевых путей, деформации скелета, затрудняющие позиционирование на операционном столе [99]. В англоязычной литературе все разновидности трансуретральных вмешательств в ЧЛС почек, как правило, встречается под объединяющим названием «ретроградная интратрениальная хирургия» (англ. retrograde intrarenal surgery, RIRS) [7].

В последние десятилетия в урологическую практику стали активно внедряться трансуретральные вмешательства с использованием новых моделей полуригидных и гибких уретерореноскопов. Появились сообщения о выполнении трансуретральной пиелолитотрипсии, сочетающей применение различных типов уретеропиелоскопов, видов энергий и литоэкстракторов [93]. Наиболее эффективной лазерной системой для дробления камней вне зависимости от локализации и состава считается гольмиевая система, которая признана «золотым стандартом» при ригидной и гибкой УРС [53]. Однако работа с лазером требует высокой точности и минимальной подвижности объекта воздействия [130].

Согласно рекомендациям Европейского руководства по лечению МКБ при камнях верхней трети мочеточников показаны полуригидная УРС и ДУВЛ. При камнях почек менее 20 мм рекомендуются гибкая УРС и ДУВЛ, а при камнях более 20 мм рекомендуется ПНЛ [71].

УРС относится к малоинвазивным и безопасным методам дробления и удаления камней почек и мочеточников, однако, возможны операционные осложнения [70]. По данным мета-анализа частота интраоперационных осложнений при УРС составляет 3,6 – 4,2%. Наиболее частыми являются следующие: повреждение слизистой оболочки 0,1 – 1,5%, перфорация мочеточника 1,1 – 1,7%, значительное кровотечение 0,1% и отрыв мочеточника 0,1% случаев. Наиболее частыми интраоперационными сложностями являются невозможность достичь камень и его миграция [25].

Ретроградная интраренальная хирургия успешно используется для дробления и удаления камней почек различного размера и состава [78]. Активное использование УРС делает необходимым исследование осложнений, связанных с различными факторами. Одним из таковых является длительность операции [120]. Следует также помнить, что длительность выполнения эндоскопического этапа УРС увеличивает вероятность развития таких послеоперационных осложнений как ишемия, инфекция и стриктуры верхних мочевых путей [25; 80].

Результаты систематического обзора литературы в период с 1999 года по 2019 год данных 32283 пациентов показали значительную связь между длительностью операции и частотой осложнений ( $p < 0,001$ ). При этом средняя длительность УРС у пациентов с осложнениями составила 64,9 мин и 48,7 мин у пациентов без осложнений [68].

Исследования показали, что на длительность операции влияют локализация, размер, плотность и состав камня, а также использование мочеточникового кожуха и дооперационное стентирование. В исследовании, проведенном Ito и его коллегами, оценивали все вышеперечисленные показатели. В результате было установлено, что объем камня был самым важным фактором увеличения длительности операции [60].

ПНЛ является высокотехнологичным и эффективным методом лечения нефролитиаза, но при этом сохраняется риск возможных интраоперационных осложнений. Отдельную группу составляют повреждения близлежащих органов: кишечника (0,2 – 0,8%), плевры (до 3,1%), селезенки (до 0,5%) и печени (до 0,4%) [103; 124]. Таким образом, легкие и плевра являются наиболее травмируемыми органами при ПНЛ, которые по данным других источников встречаются в 2 – 8% случаев [104; 108]. ПНЛ обычно выполняют в положении пациента на спине или на животе в различных модификациях [121; 122]. Оперативное лечение пациентов с коралловидными камнями и множественными чашечковыми камнями нередко требует многоэтапного лечения, мультидоступа, а также сочетания различных методов [115]. Отмечена зависимость между числом доступов и частотой необходимых гемотрансфузий [74].

ПНЛ является малоинвазивным методом, однако, из-за вышеизложенных рисков интраоперационных осложнений, наиболее ответственным и трудным является первый этап – чрескожный доступ к ЧЛС почки [7]. Большую проблему при выполнении этапа пункции при ПНЛ создает дыхательная подвижность почки. На важность решения этой проблемы указывает разработка роботизированной системы ультразвуковой визуализации камней почек с автоматической компенсацией помех, обусловленных дыхательной подвижностью операционного поля и непреднамеренных движений хирурга [128].

Идеальная пункция ЧЛС почки подразумевает процедуру с максимальной результативностью освобождения от камней и минимальным риском кровотечения и повреждения близлежащих органов [30].

## **1.2 Особенности анестезиологического обеспечения трансуретральных и перкутанных вмешательств по поводу камней верхних мочевых путей**

Обзор доступных публикаций последних десятилетий показал наличие различных подходов к выбору методов анестезиологического обеспечения УРС и ПНЛ по поводу камней верхних мочевых путей. Использование конкретного метода анестезии во многом зависит от индивидуальных особенностей пациента, предпочтений больного и хирурга, возможностей интраоперационного и послеоперационного обезболивания, навыков анестезиолога и периоперационных экономических затрат [45].

Некоторые отечественные коллеги считают, что УРС с литотрипсией можно выполнять под спинальной анестезией. При этом отмечают возможность миграции камней в верхние отделы мочевых путей, что может потребовать трансформации анестезиологического пособия в общую анестезию [26].

Ретроградные интратенальные вмешательства выполняют с применением различных видов анестезий, но как правило под общей анестезией с ИВЛ. Некоторыми из преимуществ общей анестезии при УРС являются возможность контроля и управления респираторной поддержкой пациента, а также облегчение трансуретрального доступа к камням почки для уролога [50; 63; 70; 90; 110].



Есть сообщения, в которых указывают на риск повреждения верхних мочевых путей при УРС в условиях региональной анестезии, связанный с возможной ажитацией или непреднамеренными движениями пациента находящегося в сознании. Поэтому региональную анестезию рекомендуют сочетать с седацией [63].

Отдельно хочется отметить проблему смещения почек, обусловленных экскурсиями диафрагмы как при регионарной анестезии с сохранением спонтанного дыхания пациента, так и общей анестезии с традиционной ИВЛ, которые затрудняют точность прицеливания и фрагментацию камней с помощью лазера при гибкой УРС [113; 132].

В последние годы возрос интерес к различным методам ИВЛ, позволяющим уменьшить дыхательную подвижность почек при ретроградной интратрениальной хирургии в условиях общей анестезии. Имеется сообщение о повышении точности лазерной фрагментации камней ретроградным доступом при использовании во время ИВЛ методики апноэ [126]. Другие авторы указывают, что использование высокочастотной вентиляции положительным давлением (англ. high frequency positive pressure ventilation, HFPPV) уменьшает подвижность почек, тем самым сокращает время работы и улучшает качество дробления камней [107]. Суть предложенной методики заключается в доставке небольших объемов (обычно до 3 – 4 мл/кг) дыхательной смеси с частотой 60 – 100 циклов в мин, однако недостатком является риск повреждения легких. Поскольку при высокой частоте вентиляции остается мало времени для пассивного выдоха, существует опасность задержки газа с гиперинфляцией и как следствие волюмотравмы легких [6].

В сравнительном исследовании показана повышенная производительность работы уролога и эффективность фрагментации камней ретроградным доступом в условиях малообъемной вентиляции (англ. low ventilation, LV) по сравнению со стандартной вентиляцией легких. Однако сами же авторы указывают на развитие гиперкапнии с  $P_{ET}CO_2$  до 50 мм рт.ст. и выше, что закономерно в условиях уменьшения должного минутного объема вентиляции (МОВ). При этом

ссылаются на отсутствие рисков обусловленной такой гиперкапнией, не представив собственных данных о последствиях этого нарушения газообмена у оперированных пациентов [127]. Хотя умеренная гиперкапния считается достаточно безопасным состоянием, тогда как выраженная гиперкапния может привести к респираторному ацидозу с последующими серьезными осложнениями со стороны сердечно-сосудистой и центральной нервной системы [129].

В одной из последних работ подробно изучены и представлены возможные негативные эффекты гиперкапнии на разные системы организма. Показано, что при уровне парциального давления углекислого газа в артериальной крови ( $P_aCO_2$ ) 50 – 60 мм рт.ст. в условиях достаточной оксигенации сопровождается повышением скорости мозгового кровотока, ударного объема сердца и показателей сократимости правого и левого желудочка, а также сопротивления капиллярного русла легочного кровотока [2]. Справедливы замечания о рисках осложнений, связанных с гиперкапнией, особенно у возрастных пациентов с сопутствующей ишемической болезнью сердца и хроническими заболеваниями легких [105].

В тех случаях, когда дыхательный объем приближается к величине анатомического мертвого пространства, капнограф может показывать нормальную или сниженную величину  $EtCO_2$  даже при выраженной гиперкапнии. Необходимо помнить, что при поверхностном дыхании  $EtCO_2$  отражает концентрацию углекислого газа в переходной зоне между анатомическим мертвым пространством и альвеолами, поэтому показатели, полученные таким образом, могут оказаться недостоверными [43].

В одной из последних публикаций указывается на возможность повышения точности лазерной фрагментации камней почек, сокращения времени операции и снижения риска инфекционных осложнений при ретроградной интратренальной хирургии под общей внутривенной анестезией в условиях ВЧСВ легких (англ. high frequency jet ventilation, HFJV) [80]. Однако авторы данного сообщения, к сожалению, не представили детали используемой методики, что не позволяет дать ей подробную клиническую оценку.

В недавнем исследовании сравнили две группы пациентов, у которых изучали влияние общей анестезии и спинальной анестезии на исход операции и функцию почек при ретроградной интравенальной хирургии камней. Авторы указывают на отсутствие существенных различий в изменениях уровня креатинина в сыворотке крови и скорости клубочковой фильтрации. Производительность работы оператора была лучше в группе общей анестезии, чем в группе, где применяли спинальную анестезию [90].

ПНЛ целесообразнее выполнять под общей анестезией с ИВЛ, так как обеспечивается наилучший контроль функции дыхания и необходимый комфорт для пациентов [64; 96; 100]. Известно о таких противопоказаниях к регионарной анестезии как повышенное внутричерепное давление, инфекции кожи и мягких тканей в предлагаемом месте пункции [109]. Некоторые авторы указывают на риск случайной экстубации и перегиба эндотрахеальной трубки (ЭТТ) при переключении пациента на живот, скручивания шейных вен с последующим отеком лица и глаз, сдавления периферических нервов во время общей анестезии [66]. В одном исследовании контролировали смещения ЭТТ при переводе пациентов в литотомическое положение во время ПНЛ под общей анестезией. Для интубации трахеи использовали ЭТТ с встроенной видеокамерой. В результате было показано, что смещения ЭТТ не превышали 1 см [73].

На этапе пункции ЧЛС почки при ПНЛ под регионарной анестезией пациент может выполнять устные команды уролога и задерживать дыхание, что снижает риск непреднамеренной пункции плевральной полости [49]. По мнению других авторов, это требует тесного сотрудничества с пациентом, что является недостатком регионарной анестезии [109]. Кроме того, тревожное состояние и беспокойство пациента в сознании может привести к гипервентиляции, что может быть серьезной проблемой во время выполнения пункции ЧЛС почки. Непреднамеренное повреждение сосудов или перфорация органов может потребовать открытой операции, а необходимость осуществления срочной эндотрахеальной интубации при нарушении дыхания в положении на животе в значительной степени затрудняют проведение экстренных мероприятий [59].

Выбор в пользу регионарной анестезии некоторые авторы аргументируют отсутствием таких побочных эффектов общей анестезии как аллергические реакции на медикаменты, послеоперационная тошнота и рвота [123]. Справедливости ради надо отметить, что вышеуказанные и другие осложнения могут встречаться также при спинальной и эпидуральной анестезии. Частота наиболее тяжёлых осложнений существенно варьирует: гематома позвоночного канала от 0,0008 до 0,03%; инфекция эпидурального пространства от 0,014 до 0,07%; постпункционная головная боль после спинальной анестезии от 0,16 до 6,0%, а при непреднамеренной пункции твёрдой мозговой оболочки во время выполнения эпидуральной анестезии может достигать 50 – 85% [23].

В трех сравнительных исследованиях оценивали удовлетворенность пациентов после ПНЛ под регионарной и общей анестезией. В двух исследованиях из трех показано, что пациенты, которым ПНЛ выполняли под регионарной анестезией, имели более высокий уровень удовлетворенности, чем в группе общей анестезии [119; 123]. В одном из трех исследований разницы в удовлетворенности анестезией между группами пациентов не выявлено [98].

Ещё одним важным аспектом ПНЛ является время рентгеноскопии. По сообщениям одних исследователей время рентгеноскопии в группе пациентов, которых оперировали под регионарной анестезией, было достоверно короче, чем в группе общей анестезии [118]. Однако позднее другими исследователями было установлено, что метод анестезиологического обеспечения не влиял на продолжительность рентгеноскопии [100].

В современных условиях следует учитывать и время восстановления сознания пациента после анестезии. Закономерно, что время, проведенное в палате пробуждения, было достоверно короче в группе регионарной анестезии, чем в группе общей анестезии [119]. По результатам другого исследования было показано, что при использовании современных анестетиков и миорелаксантов не было различий между двумя группами в показателях гемодинамики, длительности операции и пребывании в палате пробуждения [61].

Мета-анализ 14 исследований, включающий 2270 пациентов с оценкой исходов ПНЛ, выполненных под регионарной и общей анестезиями, не выявил существенных различий между этими двумя видами анестезий. Длительность операции зависела от индивидуальных особенностей пациента, опыта хирурга и вида анестезии [109].

Сравнительное исследование с точки зрения анестезиолога, целью которого было выявление различий между двумя методами эндоурологических операций – УРС и ПНЛ, установило, что показатели гемодинамики, нейроэндокринного стрессового ответа и послеоперационной боли имели одинаковые периоперационные результаты [67].

Проведенный анализ вышеуказанных сообщений многих исследователей о преимуществах и недостатках различных видов анестезий показал, что современный подход к анестезиологическому обеспечению трансуретральных и перкутанных методов удаления камней верхних мочевых путей, должен отвечать следующим требованиям:

- полноценное предоперационное обследование пациента;
- адекватная премедикация;
- достаточная глубина седации для устранения эффекта присутствия на операции и предупреждения непреднамеренных движений пациента;
- контроль верхних дыхательных путей (ДП) и поддержание адекватного газообмена во время анестезии;
- эффективная анальгезия во время операции с возможностью пролонгирования без экстренной трансформации вида анестезии;
- миорелаксация для предупреждения движений пациента во время операции;
- современный анестезиологический мониторинг показателей вентиляции легких и гемодинамики;
- быстрое пробуждение, ранняя активизация и выписка пациента после операции (технология Fast Track).

На наш взгляд, для соблюдения всех вышеперечисленных требований при отсутствии абсолютных противопоказаний методом выбора является ОКА в условиях ИВЛ с использованием современных ингаляционных анестетиков (севофлуран и десфлуран).

Севофлуран и десфлуран считаются почти идеальными ингаляционными анестетиками [14]. Хорошая управляемость анестезии и возможность ранней активизации пациентов после операции при использовании современных ингаляционных анестетиков отмечены и другими авторами [33; 37; 42]. Испаряющиеся анестетики 3 поколения севофлуран и десфлуран, являются наиболее надежными, безопасными и удобными средствами общей анестезии. При этом автор данного сообщения, как и многие другие, выделяет севофлуран как практически универсальное средство общей анестезии во всех возрастных группах, при любом физическом статусе пациентов и разнообразных видах хирургических вмешательств и процедур [8].

Смещения операционного поля, обусловленные экскурсиями диафрагмы и грудной клетки при ТИВЛ во время ОКА, ухудшают условия выполнения этапа пункционного доступа к камням ЧЛС почек при ПНЛ. В связи с этим при выполнении этапа пункции ЧЛС почки увеличивается риск повреждения близлежащих органов грудной клетки и брюшной полости [96; 100]. Во время принудительного вдоха, легкое будет на пути иглы у большинства пациентов. Поэтому пункция должна быть выполнена в конце пассивного выдоха. Для того, чтобы обеспечить полное нисходящее смещение почки для легкого доступа к верхнему полюсу и задней чашечке, вход в почечную паренхиму должен быть сделан во время глубокого вдоха [106].

В связи с вышеперечисленными рисками интраоперационных осложнений, связанными с дыхательными помехами, важной задачей анестезиолога на этапах УРС и ПНЛ требующих высокоточных хирургических манипуляций с использованием миниатюрных инструментов является минимизация смещений операционной зоны, обусловленных ТИВЛ [46; 80; 96].

### **1.3 Методы уменьшения дыхательной подвижности органов при различных неинвазивных и малоинвазивных вмешательствах**

Обзор публикаций за период с 1994 по 2013 гг., посвященных проблеме дыхательной подвижности операционного поля, показал неоднозначные результаты. Полученные при МСКТ, МРТ и УЗИ величины смещений почек, обусловленных дыханием, по результатам 15 исследований колебалась в пределах от 0 до 40 мм [52]. В одной из последних публикаций данного обзора указывается на негативное влияние дыхательной подвижности почек на результаты стереотаксической управляемой лучевой терапии опухолей почек. На основании исследований, выполненных методом МСКТ, выявлена корреляция подвижности почек со смещениями диафрагмы и частотой дыхания [44].

Показано, что применение высокочастотной вентиляции легких малыми дыхательными объемами (англ. high frequency low tidal ventilation, HFLTV) позволяет уменьшить подвижность операционного поля, что способствует повышению точности и скорости радиочастотной абляции по поводу фибрилляции предсердий в сравнении с ТИВЛ [87].

С появлением новых медицинских технологий, требующих высокоточного инструментального воздействия, возрос интерес к ВЧСВ как методу ИВЛ, позволяющему уменьшить дыхательную подвижность операционного поля при диагностических исследованиях и малоинвазивных вмешательствах на сердце, органах грудной клетки, брюшной полости и почек [54; 82; 84; 97; 131].

Имеются сообщения о повышении точности и эффективности радиочастотной абляции по поводу различных сердечных аритмий в условиях ВЧСВ по сравнению с ТИВЛ [83; 86].

Представлен положительный результат проведения радиочастотной абляции множественных метастазов печени под КТ-навигацией в условиях общей анестезии с ВЧСВ легких. Авторы указывают на актуальность дальнейшего изучения применения ВЧСВ при данных вмешательствах для определения оптимальных параметров, поддерживающих адекватную вентиляцию легких и обеспечивающих неподвижность целевого органа [57].

В педиатрической практике описан случай радиочастотной абляции метастазов легких при опухоли Вильмса, где указывается на возможность повышение точности и уменьшения риска осложнений данной операции под общей внутривенной анестезией в условиях ВЧСВ легких [75].

Есть сообщение о проведении эмболизации легочных артериовенозных мальформаций в условиях ВЧСВ легких. Использование ВЧСВ позволило уменьшить экскурсии диафрагмы по сравнению с ТИВЛ и тем самым сократить длительность операции и радиационного облучения пациентов [72].

Совсем недавно представлено сравнительное исследование двух групп пациентов, которым проводили криоабляцию опухолей почек с помощью КТ-навигации под общей анестезией с применением различных методов ИВЛ. Показано, что среднее время операции, общей анестезии и доза облучения пациентов были статистически значимо меньше в группе, где применяли ВЧСВ, по сравнению со стандартной ИВЛ. Авторы исследования заявляют, что уменьшение дыхательной подвижности почек при использовании ВЧСВ является важным дополнением для повышения безопасности и улучшения результатов лечения опухолей почек методом криоабляции [81].

### **1.3.1 Высокочастотная струйная вентиляция легких**

*Высокочастотная струйная вентиляция легких* представляет собой метод респираторной поддержки, проводимый с использованием аппаратов ВЧ-ИВЛ с частотой дыхательных циклов (ЧДЦ) от 60 до 600 в мин малыми объемами газа, часто меньшими анатомического мертвого пространства [13; 28]. Различают инъекционный и катетерный способы ВЧСВ легких. Данный метод ИВЛ наиболее часто применяют при анестезиологическом обеспечении хирургических вмешательств на гортани, трахее, бронхах и легких [17; 47; 54].

По результатам исследований показана возможность уменьшения подвижности почек при ДУВЛ в условиях общей анестезии с ВЧСВ по сравнению с ТИВЛ. Смещения камней почек при ТИВЛ достигали 32 – 60 мм, тогда как в условиях ВЧСВ колебались в пределах всего лишь 2 – 4 мм [95; 114; 116; 134].



Сравнивали также подвижность камней почек в четырех группах пациентов, которым выполнялась ДУВЛ в условиях различных методов анестезии: при эпидуральной анестезии; общей анестезии с ТИВЛ, а также с ВЧСВ, несинхронизированной и синхронизированной с частотой сердечных сокращений. Подвижность камней почек была значительно меньше в группах ВЧСВ, и значительно больше пациентов нуждалось в повторной ДУВЛ в группах, где не использовали ВЧСВ. При этом синхронизированная ВЧСВ легких не имела дополнительных преимуществ перед несинхронизированной [135].

В исследовании Olive и Cormack было показано, что смещение камней у пациентов, которым проводилась ДУВЛ в условиях ингаляционной анестезии со спонтанным дыханием через ларингеальную маску, составило 5,4 мм против 1,6 мм при ВЧСВ в условиях общей внутривенной анестезии [65; 102]. Эти и другие авторы указывают, что чрезмерная подвижность камней может привести к потребности увеличения мощности ударных волн, увеличению времени анестезии, повышению воздействия рентгеновского облучения и повреждению паранефральных тканей. Поэтому они считают применение ВЧСВ легких предпочтительным методом при ДУВЛ [85; 102]. Экспериментальное исследование показало, что движение камней при самостоятельном дыхании под рентгеноскопическим контролем составило  $7,7 \pm 2,9$  мм для камней в почках и  $3,6 \pm 2,1$  мм для камней в мочеточнике. При этом авторы указывают на отсутствие существенных различий в эффективности ДУВЛ, проведенных пациентам в сознании и под общей анестезией, но отмечают, что болевой синдром у пациентов в сознании был выше [125].

Несмотря на вышеуказанные преимущества ВЧСВ легких в качестве компонента анестезиологического пособия для минимизации смещений операционной зоны при ДУВЛ и УРС, применение ее в условиях открытого дыхательного контура, а также конструктивные особенности ВЧ-респираторов ограничивают контроль показателей вентиляции обычными методами и не позволяют использовать ингаляционные анестетики [22; 87].

Скоростные характеристики современных капнографов недостаточны для корректного мониторинга высокочастотной ИВЛ. Капнографические кривые при ВЧ-ИВЛ не имеют альвеолярного плато и представляют собой остроконечные пики. Показатели  $\text{EtCO}_2$ , полученные в условиях ВЧ-ИВЛ, ни в коей мере не отражают альвеолярную концентрацию  $\text{CO}_2$  и поэтому не могут применяться при подборе режима. Это связано с малой величиной  $\text{ДО}$ , когда конечная экспираторная проба представлена газовой смесью из бронхов или переходной зоны, а не чистым альвеолярным газом. Если же при ВЧ-ИВЛ возникает необходимость в измерении истинной величины  $\text{EtCO}_2$ , респиратор на несколько секунд выключают, так как вслед за этим происходит сброс избытка альвеолярного газа, накопившегося в легких в результате эффекта ауто-ПДКВ. Показатели  $\text{EtCO}_2$ , зарегистрированные в конце такого маневра, и являются истинными значениями [28; 43]. Методика периодического измерения  $\text{EtCO}_2$  с применением вышеуказанного маневра известна как интермиттирующая капнометрия, которую рекомендуют использовать при ВЧСВ легких [92].

### **Различные модификации искусственной вентиляции легких с использованием высокочастотной струйной вентиляции легких**

Несмотря на многообразие методов ИВЛ и наличие современных аппаратов для их реализации, по сей день актуально применение различных модификаций ИВЛ, адаптированных для решения конкретных задач в анестезиологии и интенсивной терапии.

Сочетанная ИВЛ – способ сочетания двух методов ИВЛ. К примеру, сочетание ВЧСВ с объемной ИВЛ в герметичном дыхательном контуре [4]. Подаваемые аппаратом для объемной ИВЛ исходные параметры минутной вентиляции и концентрации кислорода уменьшали. ВЧСВ с ЧДЦ 100 – 300 в мин осуществляли через введенную в ЭТТ канюлю. Рабочее давление аппарата ВЧ-ИВЛ подбирали так, чтобы пиковое давление в трахее было как при предшествующей ТИВЛ. Отмечено, что при указанных параметрах СИВЛ показатели  $\text{PaCO}_2$  оставались примерно на том же уровне, что и при ТИВЛ, но у

большинства пациентов отмечалось существенное повышение уровня парциального напряжения кислорода в артериальной крови ( $P_{aO_2}$ ). Этим и другими авторами указывается, что использование СИВЛ позволяет улучшить оксигенацию крови у пациентов с респираторным дистресс синдромом, тогда как такая возможность была исчерпана при ТИВЛ [6; 15; 112].

Получены положительные результаты использования СИВЛ, включающей ВЧСВ с ЧДЦ 100 – 110 в мин, РД 0,3 – 0,4 атм у пациентов с морбидным ожирением. У данной категории пациентов данная методика обеспечивала нормализацию артериальной оксигенации, адекватное удаление углекислого газа, снижение давления в ДП на фоне тенденции к увеличению сердечного выброса. Тогда как в условиях ТИВЛ для поддержания адекватного газообмена и вентиляционно-перфузионного отношения не всегда было достаточным повышение  $FiO_2$ , а увеличение дыхательного объема приводило к еще более высокому давлению в ДП [38].

Альтернирующая ИВЛ – подразумевает чередование как состава подаваемой газовой смеси, так и методов вентиляции при анестезиологическом обеспечении видеоторакоскопических операций. Характеризуется она тем, что при введении в общую анестезию проводят ТИВЛ, после визуализации плевральной полости переходят на ВЧСВ с ЧДЦ 130 – 150 в мин и  $FiO_2$  0,7 – 0,8. Далее на этапе операции, требующего неподвижности легкого, в контрлатеральном легком проводят однолегочную ИВЛ, а после окончания этапа операции переходят на ВЧСВ. Завершают операцию в условиях ТИВЛ [27].

Дифференцированная ИВЛ – суть методики заключается в проведении при торакальных операциях респираторной поддержки независимого легкого методом ВЧСВ через один канал двухпросветной эндобронхиальной трубки с ЧДЦ 100 – 400 в мин, РД 0,2 – 0,3 кг/м<sup>2</sup>. Зависимое легкое продолжают вентилировать традиционным способом через второй канал эндобронхиальной трубки. При этом поддерживается адекватный газообмен, а независимое легкое занимает небольшой объем в плевральной полости и слегка расправлено, тем самым обеспечивается хирургический комфорт [35].

### 1.3.2 Общая характеристика методик апноэ

Апно́йная оксигенация – представляет собой методику, при которой через инсuffляционный катетер или эндотрахеальную трубку подается 100%-ный кислород со скоростью потока 5 – 10 л/мин в ДП пациента [3]. Методика апно́йной оксигенации преимущественно применяется при анестезиологическом обеспечении ларинготрахеальных и торакальных вмешательств. Газообмен в легких при этом осуществляется в основном за счет эффекта диффузии кислорода и углекислого газа через альвеолярно-капиллярную мембрану, а также переноса газов между осевым и пристеночными потоками в ДП пациента [101]. При данном виде респираторной поддержки оксигенация крови, как правило, не нарушается. Сдерживающим фактором является повышение содержания  $P_aCO_2$  по одним источникам в среднем на 1 – 3 мм рт.ст. [1], а по другим на 3 – 5 мм рт.ст. за 1 мин [76]. Данная методика респираторной поддержки также встречается под названием «потоковая апно́йная оксигенация». В условиях применения этой методики для контроля безопасности важен мониторинг газового состава и КОС крови. По данным литературы средняя продолжительность эффективного применения потоковой апно́йной оксигенации составляет 5 – 20 мин [2].

Показана возможность поддержания достаточной оксигенации крови в условиях апноэ в течение 30 мин с использованием трансназальной высокопоточной инсuffляции увлажненного кислорода при хирургии гортани у пациентов с умеренными системными заболеваниями и ИМТ < 30. При этом в конце эпизодов апноэ был выявлен респираторный ацидоз с  $pH \geq 7,13$  [51]. Авторы статьи указывают на необходимость транскутанной капнометрии или контроля газового состава и КОС артериальной крови пациентов из-за отсутствия возможности мониторинга  $P_{Et}CO_2$  во время апноэ.

Одним из преимуществ методики потоковой апно́йной оксигенации является возможность обеспечения неподвижности трахеи, бронхов и легких пациента, что обеспечивает комфортные интраоперационные условия для работы хирургов [2; 51].

Периодическое апноэ – суть методики заключается в проведении во время ТИВЛ преоксигенации (ИВЛ с  $\text{FiO}_2$  100%) в течение нескольких минут, после чего создается вентиляционная пауза (апноэ) длительностью 3 – 5 мин. Критерием возобновления ИВЛ является снижение сатурации менее 93% по данным пульсоксиметрии. Методика ПА применяется в условиях ТВВА с ИВЛ.

Методика ПА позволяет обеспечить неподвижность операционного поля и повысить точность эндоларингеальных [91] и эндоурологических [126] вмешательств в условиях ТВВА под контролем пульсоксиметрии. Авторы последнего сообщения отмечают, что в их практике использования ПА нечасто регистрировали показатели  $\text{P}_{\text{ET}}\text{CO}_2$  выше 50 мм рт.ст., и считают такие значения безопасными для пациентов. Однако не представили результаты анализа газового состава и КОС крови, а также ограничения или противопоказания к применению ПА у пациентов с сопутствующими заболеваниями. Другие авторы сообщают, что при длительном апноэ гиперкапния может привести к нежелательным последствиям у пациентов со сниженными резервами дыхательной и сердечно-сосудистой системы, с повышенным внутричерепным давлением, метаболическим ацидозом, гиперкалиемией и легочной гипертензией [137].

Ориентируясь на показатели пульсоксиметрии, необходимо помнить, что возможна задержка от 10 сек до 1,5 мин отображения на дисплее монитора истинных значений  $\text{SpO}_2$  [43]. Степень толерантности к гипоксемии зависит от индивидуальных особенностей и физиологических резервов пациента. Снижение сатурации обычно сопровождается компенсаторным напряжением системы кровообращения, что требует сокращения длительности апноэ у возрастных пациентов, в то время как у молодых они могут достигать 6 мин и более [21].

Завершая обзор имеющихся сообщений, можно говорить о том, что в настоящее время существуют различные методики ИВЛ, позволяющие уменьшить дыхательную подвижность почек, органов грудной и брюшной полости. Очевидны преимущества этих методик по сравнению с ТИВЛ в обеспечении хирургических условий для выполнения прецизионных вмешательств, и как следствие улучшение результатов хирургического лечения.

### 1.3.3 Резюме

Анализ существующих публикаций, отражающих вопросы анестезиологического обеспечения и респираторной поддержки при высокотехнологичных вмешательствах в верхних отделах мочевых путей, свидетельствует, что не все проблемы решены.

Несмотря на то, что в сообщениях приводятся положительные результаты ретроградной интратеренальной хирургии с использованием различных методов респираторной поддержки, авторами не конкретизированы оптимальные параметры вентиляции. Заключение о безопасности применения описанных анестезиологических методик базируются на результатах неинвазивных методов оценки газообмена, хотя при этом почти все авторы рекомендуют лабораторный контроль показателей газов и кислотно-основного состояния крови, что не всегда возможно в условиях операционной.

Существуют сложности в проведении мониторинга показателей вентиляции с использованием универсальных методов при сочетании ВЧСВ с объемной ИВЛ. В доступных нам публикациях имеются единичные сообщения о возможности применения ВЧСВ легких и методики ПА в условиях общей анестезии с использованием современных ингаляционных анестетиков.

Мы не обнаружили сведений об исследованиях, дающих объективную оценку эффективности выполнения прецизионных этапов УРС и ПНЛ с применением ВЧСВ, в сравнении с другими анестезиологическими методами.

Все вышеизложенное свидетельствует об актуальности настоящего исследования, определяет его содержательное наполнение и формирует цель и задачи – разработать безопасную для пациента и удобную для анестезиолога методику, позволяющую улучшить результаты трансуретральных и перкутанных вмешательств по поводу камней верхних мочевых путей.

Необходимость решения вышеуказанной проблемы отражает высказывание: «Не только каждому больному свой метод анестезии и ИВЛ, но и каждому этапу операции своя методика респираторной поддержки и анестезиологической защиты» [15].

## ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследование включили 140 пациентов, оперированных по поводу камней почек и верхней трети мочеточников методом уретерореноскопии и перкутанной нефролитотомии под общей комбинированной анестезией в период с октября 2016 года по сентябрь 2019 года на базе многопрофильной клиники № 2 ФГБУ ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова МЧС России.

Исследование соответствует международным и этическим нормам, изложенным в Хельсинской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Рекомендации для врачей, занимающихся биомедицинскими исследованиями с участием людей», одобрено локальным этическим комитетом ВЦЭРМ и проведено с информированного добровольного согласия пациентов.

Учитывая сведения о рисках, связанных с применением ВЧСВ легких и методик апноэ, в исследование не включили пациентов, имеющих в анамнезе бронхиальную астму, хроническую обструктивную болезнь легких, ишемическую болезнь сердца и заболевания центральной нервной системы, а также пациентов, относящихся к классу IV по шкале ASA.

После консультации уролога и определения показаний к операции все пациенты, пролеченные в нашей клинике, амбулаторно или стационарно проходили стандартное предоперационное обследование, включающее следующие исследования:

- клинический анализ крови и мочи;
- определение группы крови и резус-фактора;
- биохимическое исследование крови: билирубин, АЛТ, АСТ, глюкоза, мочевины, креатинин, общий белок, К, Na, Ca;
- скрининговая коагулограмма: АЧТВ, ПТИ, МНО, фибриноген;
- анализ крови на HBsAg, AntiHCV, RW;
- электрокардиограмма;
- рентгенография органов грудной клетки;
- консультация терапевта.

После осмотра анестезиолога и готовности пациента к общей анестезии и операции, проводили подробную разъяснительную беседу о предстоящем исследовании и после письменного согласия пациента, по выбранным критериям включали в исследование.

Выполнили одноцентровое рандомизированное контролируемое исследование. Распределение пациентов на первом этапе осуществляли в зависимости от хирургических показаний и выбранного метода эндоскопического вмешательства. Основные характеристики пациентов представлены в Таблице 1.

Таблица 1 – Антропометрические, клинические данные и характеристики камней пациентов

Показатели		УРС	ПНЛ
Количество пациентов		75	65
Возраст, лет		22 – 85	26 – 77
Количество пациентов мужского пола		52	36
Количество пациентов женского пола		23	29
ИМТ, кг/м <sup>2</sup>		16 – 47	20 – 39
Количество пациентов в соответствии со шкалой ASA	I класса	2	1
	II класса	58	47
	III класса	15	17
	IV класса	0	0
Размер камней, мм		4 – 15	6 – 27
Плотность камней, HU		200 – 1750	500 – 2000

Из общего количества оперированных в условиях ОКА с инвазивной ИВЛ по поводу камней верхних отделов мочевых путей в исследование включили 75 пациентов, которым выполнили УРС и 65 пациентов, которым выполнили ПНЛ.

Для решения поставленных задач пациенты в зависимости от применяемой методики анестезиологического обеспечения на этапе лазерной литотрипсии и литоэкстракции при УРС были разделены на три группы:



- группа 1А – Г.1А (СИВЛ);
- группа 2А – Г.2А (ПА);
- группа 3А – Г.3А (ТИВЛ).

Случайность распределения пациентов (Рисунок 1) при УРС на три группы проводили методом закрытых конвертов. Для получения большего опыта от применения новой методики соотношение числа пациентов Г.1А (СИВЛ) к числу пациентов в Г.2А (ПА) и Г.3А (ТИВЛ) при рандомизации составило 3:1. Таким образом Г.1А была сформирована из 45 пациентов, Г.2А из 15 пациентов и Г.3А из 15 пациентов.

Для определения оптимальных параметров СИВЛ, обеспечивающих адекватную вентиляцию легких и достаточную глубину угнетения сознания пациента, а также уменьшение подвижности операционного поля, Г.1А была разделена на 3 подгруппы (П1.1; П1.2; П1.3) по 15 пациентов, в которых использовали различные параметры ВЧСВ и МИВЛ.

Для определения эффективности применения СИВЛ и ПА в условиях ОКА с использованием севофлурана на этапе пункции ЧЛС почек при ПНЛ пациенты также были разделены на три группы:

- группа 1Б – Г.1Б (СИВЛ);
- группа 2Б – Г.2Б (ПА);
- группа 3Б – Г.3Б (ТИВЛ).

Случайность распределения пациентов (Рисунок 1) при ПНЛ на три группы также проводили методом закрытых конвертов. Для получения большего опыта от применения методики ПА соотношение числа пациентов группы ПА к числу пациентов в группах СИВЛ и ТИВЛ при рандомизации составило 2:1 и 1,5:1, соответственно. Таким образом, Г.1Б была сформирована из 15 пациентов, Г.2Б из 30 пациентов и Г.3Б из 20 пациентов.

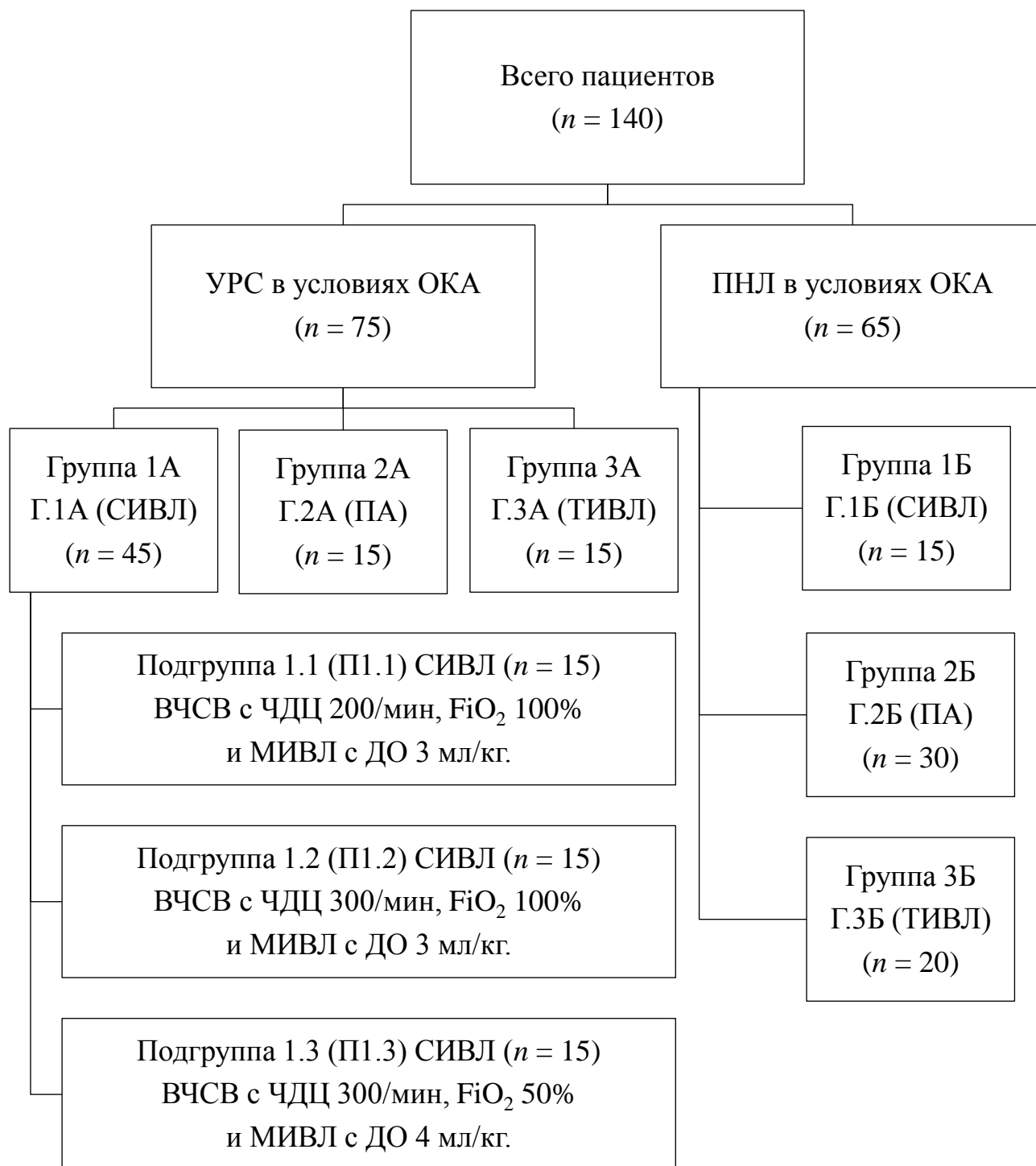


Рисунок 1 – Распределение пациентов в зависимости от метода хирургического вмешательства, методики анестезиологического обеспечения и параметров сочетанной искусственной вентиляции легких, применяемых на прецизионных этапах операций (разработан автором)

## **2.1 Анестезиологическое обеспечение уретерореноскопии с литотрипсией и литоэкстракцией**

В экспериментальных группах пациентов при УРС до и после этапа литотрипсии и литоэкстракции, а в контрольной группе в течение всей операции проводили ОКА с ТИВЛ.

Индукцию анестезии осуществляли внутривенным введением пропофола 2 – 2,5 мг/кг и фентанила 0,1 – 0,3 мг, миорелаксацию – рокурония бромидом 0,6 – 1,0 мг/кг. Интубацию трахеи выполняли ЭТТ Curity (Covidien, Llc, США) соответствующего размера. ИВЛ проводили с помощью наркозно-дыхательного аппарата (НДА) WATO EX-65 (Mindray, Китай) с параметрами: дыхательный объем (ДО) из расчета 8 мл/кг на должную массу тела (ДМТ), частота дыхания (ЧД) 8 – 14 в мин, фракция кислорода в инспираторном газе ( $FiO_2$ ) 40%, соотношение вдоха к выдоху (I:E) 1:2, положительное давление в конце выдоха (РЕЕР) 5 – 6 см. вод. ст. Анестезию поддерживали ингаляцией севофлурана в концентрациях 1,6 – 3,0 об% в потоке свежего газа (ПСГ) 1,0 л/мин и дробным в/в введением фентанила по 0,05 – 0,1 мг. Миорелаксацию при необходимости пролонгировали внутривенным введением рокурония бромидом по 0,15 – 0,2 мг/кг. Нормотермию обеспечивали с помощью системы обогрева пациента WarmTouch (Medtronic, Ирландия).

Контроль частоты сердечных сокращений (ЧСС) с оценкой сердечных комплексов в двух стандартных отведениях, неинвазивного артериального давления (АД), пульсоксиметрии ( $SpO_2$ ), термометрии ( $T^{\circ}C$ ) проводили с помощью монитора пациента IMEC 12 (Mindray, Китай). После проведения теста Алена под ультразвуковой визуализацией с помощью аппарата УЗИ Pro Focus 2202 (BK Medical, Дания) в одну из лучевых артерий вводили артериальный катетер 20 G с замком Floswitch (Becton Dickinson, США). Газовый состав ( $PaO_2$ ,  $PaCO_2$ ) и кислотно-основное состояние (pH, BE) артериальной (а) крови оценивали с помощью газоанализатора ABL 800 FLEX (Radiometer, Дания).

С помощью монитора НДА контролировали показатели пикового и среднего давления в дыхательных путях ( $P_{peak}$ ,  $P_{mean}$ ), положительное давление

в конце выдоха (PEEP), минутный объем вентиляции ( $V_E$ ), концентрации севофлурана в инспираторном и конечном экспираторном газе ( $FiSev$ ,  $EtSev$ ), минимальную альвеолярную концентрацию (MAC) анестетика, парциальное давление углекислого газа в конце выдоха ( $P_{ET}CO_2$ ). Контроль глубины угнетения сознания пациента проводили с помощью монитора биспектрального индекса (BIS) (Covidien, Швейцария). Дыхательную подвижность операционного поля и хирургические условия оценивали три врача-уролога, являющиеся экспертами (с опытом более 1000 операций) в эндоскопическом лечении уrolитиаза. Оценку осуществляли согласно разработанной пятибалльной шкалы (Таблица 2) с помощью эндовидеоскопической визуализации.

Таблица 2 – Шкала оценки степени дыхательной подвижности операционного поля и хирургических условий на этапах вмешательств

Степень подвижности	Хирургические условия	Баллы
Выраженная	Плохие	1
Значительная	Неудовлетворительные	2
Частичная	Удовлетворительные	3
Незначительная	Хорошие	4
Неподвижная	Отличные	5

### 2.1.1 Техника проведения уретерореноскопии

Всем пациентам УРС проводили в литотомическом положении с помощью гибкого уретерореноскопа 7.5 Flex X2 (Karl Storz, Germany) или одноразового гибкого уретероскопа LithoVue 7,7 Ch (Boston Scientific, USA). Дробление камней проводили гольмиевым лазером с использованием волокон 270 мкм при 0,3 – 0,5 Дж и 20-40 Гц (VersaPulse PowerSuite 100W, Lumenis, Israel) или с использованием волокон 272 мкм при 0,2 – 0,4 Дж и 20 Гц (Medilas Solvo 30W, Dornier MedTech, Germany). Остаточные фрагменты камней были извлечены с использованием нитинолового экстрактора NGage 1,7 Ch (Cook Medical, USA).

### 2.1.2 Методика анестезиологического обеспечения уретерореноскопии с применением высокочастотной струйной вентиляции легких на этапе литотрипсии и литоэкстракции

Во всех трех подгруппах пациентов, входящих в Г.1А, анестезиологические показатели и хирургические условия на этапе литотрипсии оценивали до и после СИВЛ с различными параметрами ВЧСВ и МИВЛ (Рисунок 1).

В условиях ТИВЛ увеличивали  $FiSev$  до 8 об% и переходили на МИВЛ, то есть уменьшали ЧД до 4 в мин, увеличивали I:E до 1:3, снижали  $FiO_2$  до 21%, ПСГ оставляли 1,0 л/мин, отключали РЕЕР, выставляли  $P_{limit}$  30 см. вод. ст.

В зависимости от подгруппы пациентов (Рисунок 2) при МИВЛ ДО – уменьшали до 3 или 4 мл/кг и подключали ВЧСВ с ЧДЦ 200 или 300 в мин,  $FiO_2$  50 или 100%, I:E 1:3, которую проводили с использованием аппарата ВЧ-ИВЛ (ZisLine JV-100, Россия) через катетер диаметром 2,0 мм (МедСил, Россия), введенный через герметичный адаптер дыхательного контура пациента выше на 1 – 2 см от дистального конца ЭТТ.

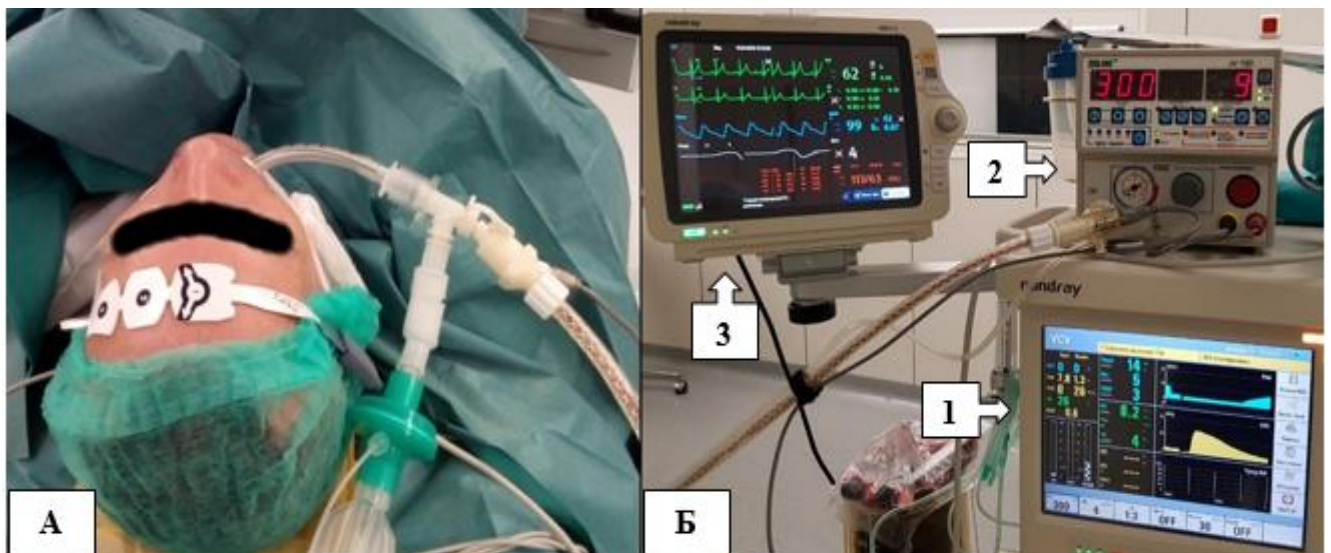


Рисунок 2 – А) Способ сочетания катетерной высокочастотной струйной вентиляции и малообъемной искусственной вентиляции легких в дыхательном контуре пациента; Б) Используемое анестезиологическое оснащение: 1) наочно-дыхательный аппарат, 2) аппарат ВЧ-ИВЛ, 3) монитор пациента

Регулировку  $\text{FiO}_2$  подаваемого газа при ВЧСВ в П1.3 осуществляли с использованием кислородно-воздушного миксера 961 Siemens-Elema (Швеция), подключенного к аппарату ВЧ-ИВЛ. Рабочее давление аппарата ВЧ-ИВЛ регулировали в пределах 0,3 – 1,0 атм таким образом, чтобы  $P_{\text{peak}}$  соответствовало исходным показателям при ТИВЛ после позиционной укладки пациента на операционном столе.

Критериями прекращения ВЧСВ с переходом на ТИВЛ (Рисунок 3) были следующие: завершение этапа литотрипсии по команде уролога,  $\text{SpO}_2 \leq 94\%$ ,  $P_{\text{peak}} \geq 30$  см  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{BIS} \geq 60$ , повышение или снижение систолического АД на 20% от исходных нормальных значений, или среднее АД  $< 65$  мм рт.ст., гемодинамически значимые нарушения сердечного ритма, а также отклонение сегмента ST на 2 мм и более от изолинии. С учетом возможных минимальных колебаний и погрешностей измерения, допустимыми значениями BIS считали диапазон от 60 до 65 не более 1 мин.

Степень дыхательной подвижности операционного поля и хирургические условия при ТИВЛ и СИВЛ оценивали по пятибалльной шкале.

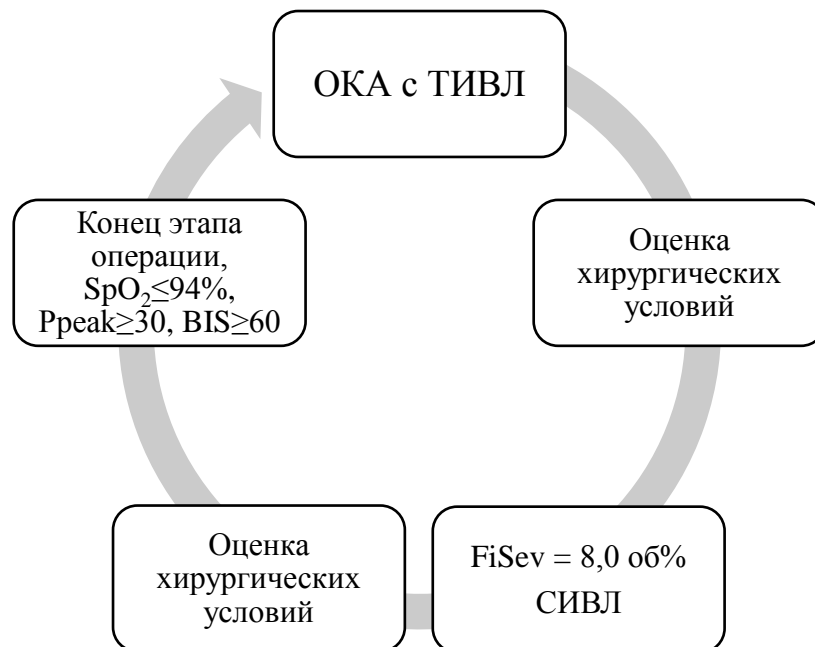


Рисунок 3 – Схема применения СИВЛ – сочетанной искусственной вентиляции легких при ОКА – общей комбинированной анестезии с ТИВЛ – традиционной искусственной вентиляцией легких (разработан автором)

Повторное применение цикла СИВЛ предполагали запускать только после восстановления исходных показателей газообмена, гемодинамики и глубины угнетения сознания пациента.

После завершения этапа литотрипсии уменьшали подачу севофлурана до исходных концентраций и отключали ВЧСВ, возобновляли ТИВЛ с прежними параметрами и оценивали показатели  $P_{ET}CO_2$ . Регистрировали продолжительность литотрипсии и литоэкстракции.

Контроль основных анестезиологических показателей при сочетании ВЧСВ и МИВЛ в условиях герметичного дыхательного контура (Рисунок 4) осуществляли с помощью монитора НДА. Кроме того регистрировали МОВ по показателям аппарата ВЧ-ИВЛ.

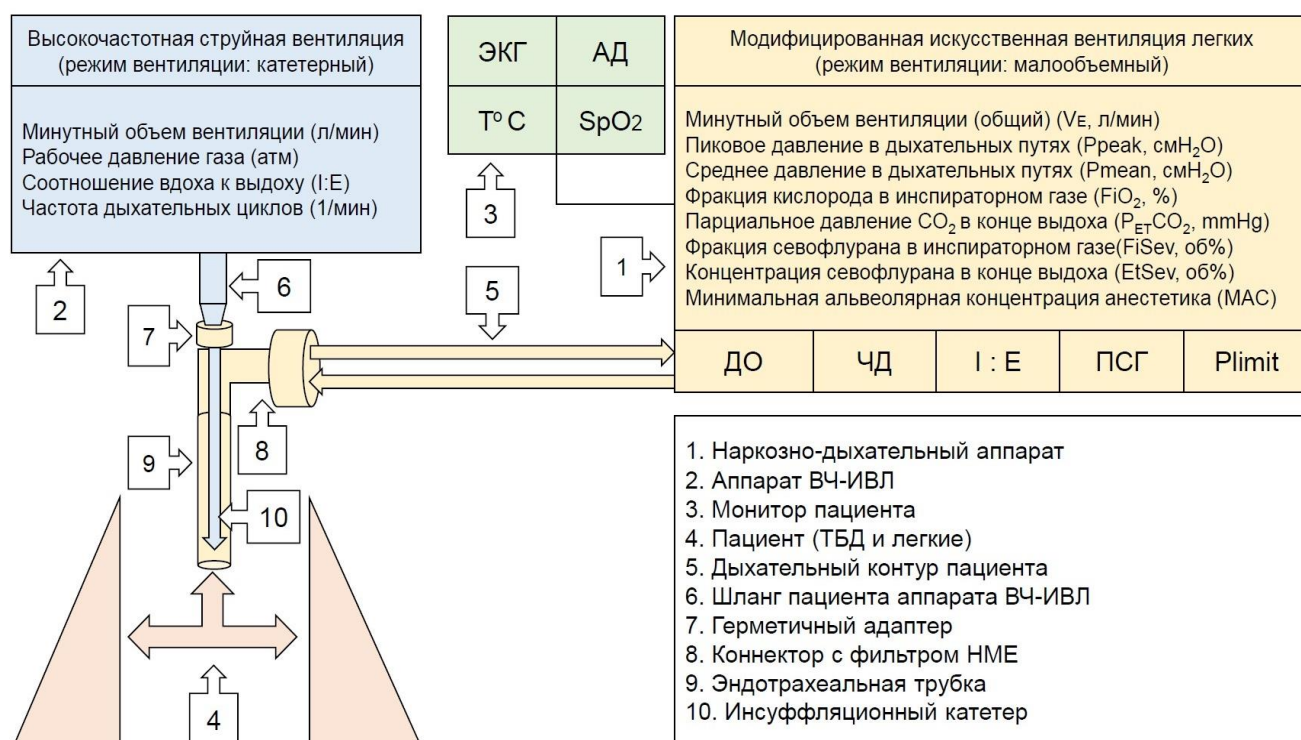


Рисунок 4 – Схема сочетания катетерной высокочастотной струйной вентиляции и малообъемной искусственной вентиляции легких под контролем анестезиологических показателей по данным наркозно-дыхательного аппарата (разработан автором)

### 2.1.3 Методика анестезиологического обеспечения уретерореноскопии с применением периодического апноэ на этапе литотрипсии и литоэкстракции

Индукцию и поддержание анестезии при УРС до этапа литотрипсии и литоэкстракции осуществляли по вышеуказанному протоколу с ТИВЛ. Непосредственно перед этапом литотрипсии и литоэкстракции не меняя других параметров проводили ИВЛ с  $\text{FiO}_2$  100% в течение 5 мин. Далее переводом на ручной режим при установленном на нулевой отметке регулятора клапана давления в дыхательном контуре (APL) НДА, останавливали ИВЛ. При этом подачу севофлурана с исходно подобранными концентрациями не отключали.

Критериями прекращения апноэ были завершение этапа литотрипсии,  $\text{SpO}_2 \leq 94\%$ ,  $\text{BIS} \geq 60$  (Рисунок 5), а также возможные значимые изменения ЭКГ или гемодинамики. После возобновления ТИВЛ с исходными параметрами регистрировали  $\text{P}_{\text{ETCO}_2}$ ,  $\text{FiSev}$ ,  $\text{EtSev}$ ,  $\text{MAC}$ . Отмечали продолжительность эпизодов апноэ и время, необходимое для восстановления исходных показателей  $\text{SpO}_2$  и  $\text{P}_{\text{ETCO}_2}$  после возобновления ТИВЛ.

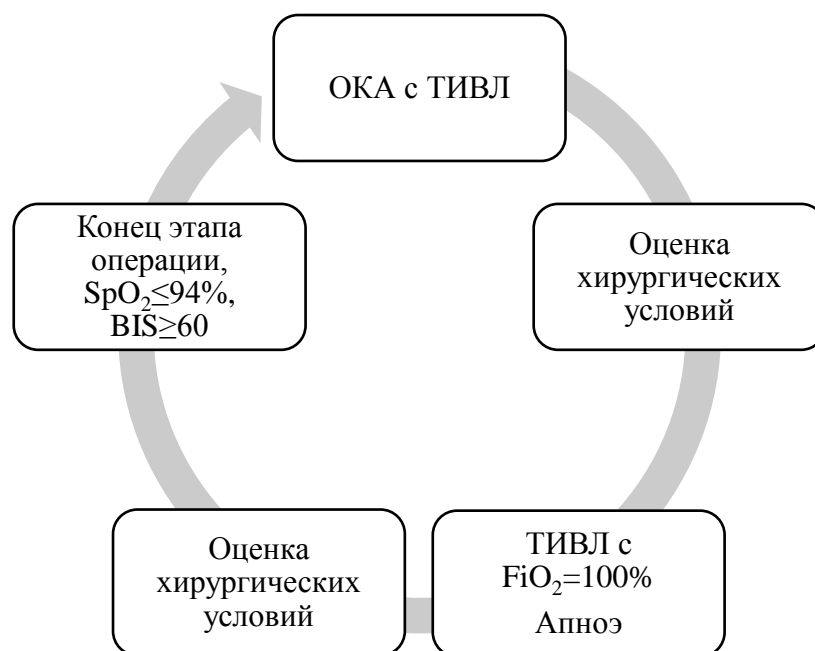


Рисунок 5 – Схема применения методики периодического апноэ в условиях ОКА – общей комбинированной анестезии с ТИВЛ – традиционной искусственной вентиляцией легких (разработан автором)



Степень подвижности операционного поля и хирургические условия при ТИВЛ и в условиях применения ПА на этапе лазерного дробления камней оценивалась урологами также согласно разработанной пятибалльной шкалы.

Повторное применение цикла апноэ допускали только после предварительной преоксигенации в течение 5 мин, а в случаях, когда этого времени было недостаточно, то до восстановления исходных показателей газообмена, гемодинамики и глубины угнетения сознания пациента. После проведения первого цикла апноэ по данным неинвазивного мониторинга и параллельного лабораторного контроля показателей газообмена при необходимости уменьшали продолжительность следующего эпизода апноэ. Последующие циклы апноэ проводили под контролем неинвазивного мониторинга газообмена и гемодинамики.

В Г.3А проводили ТИВЛ со стандартным анестезиологическим мониторингом и оценивали хирургические условия.

Во всех трех группах регистрировали продолжительность этапа лазерного дробления и удаления камней почек и верхней трети мочеточников, а также длительность всей операции.

### **Контроль концентрации севофлурана «тест с мешком Амбу»**

В ходе исследования возможности применения ВЧСВ и ПА при использовании севофлурана провели дополнительный контроль соответствия показателей EtSev и МАС по данным монитора НДА истинным концентрациям. Такая потребность была вызвана необходимостью исключить погрешность измерений газоанализатора НДА в условиях применения ВЧСВ и ПА.

Значения, полученные сразу после возобновления ТИВЛ, не годились для сравнения, так как в условиях применения ВЧСВ и ПА продолжались подача и депонирование севофлурана во внутреннем контуре НДА. Несмотря на отключение подачи, доставленный из контура первым вдохом насыщенный севофлураном объем газа в ДП пациента, искажал бы истинные концентрации альвеолярного газа, полученные в конце выдоха.

Решением этой задачи стал названный нами «тест с мешком Амбу» (Рисунок 6). В Г.1А выборочно у нескольких пациентов (5 пациентов из каждой подгруппы) регистрировали показания EtSev и MAC, отображаемые на мониторе НДА в условиях СИВЛ, включающей ВЧСВ и МИВЛ.

После завершения этапа литотрипсии отключали подачу севофлурана и выключали ВЧСВ. В условиях продолжающего анестезиологического мониторинга, в том числе показателей BIS, аппаратную ИВЛ переключали на ручной режим. Отсоединяли шланг вдоха дыхательного контура от НДА и подключали к нему мешок Амбу. Дыхательный контур отсоединяли от ЭТТ и мешком Амбу продували остатки газов из шланга вдоха. Таким образом, исключив подачу севофлурана в ДП пациента, делали несколько вдохов мешком Амбу и регистрировали показатели EtSev и MAC.

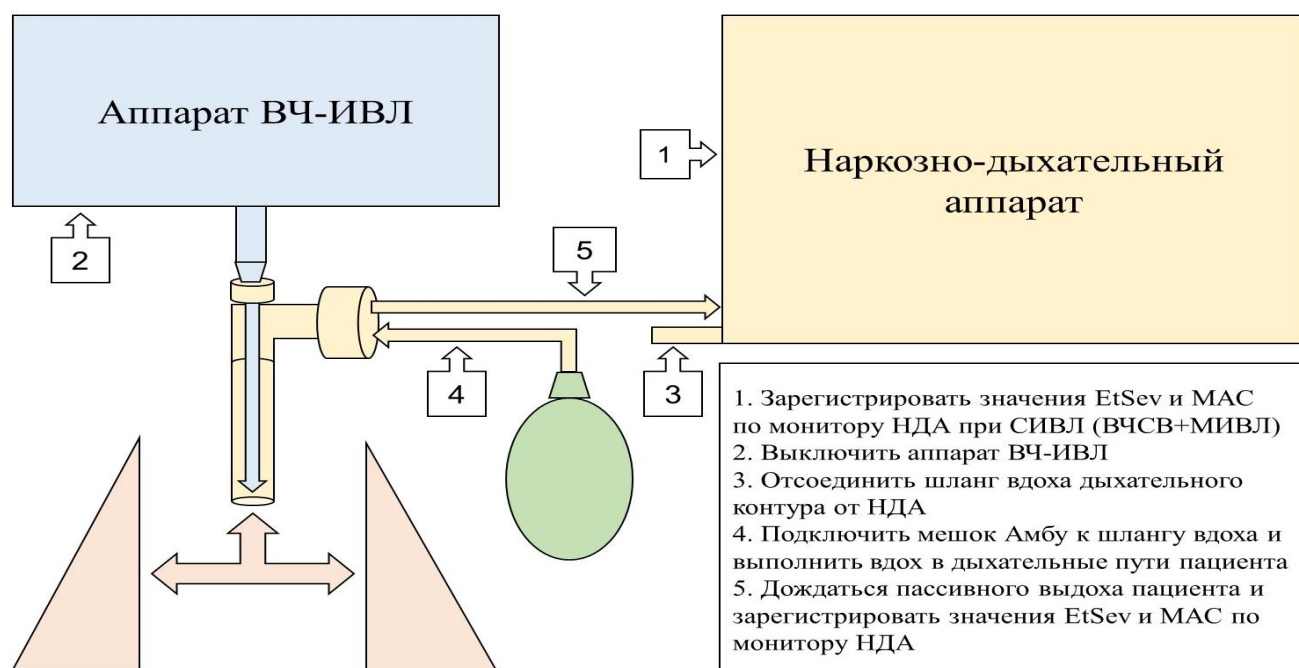


Рисунок 6 – Схема проведения «теста с мешком Амбу» (разработан автором)

Сразу после регистрации изучаемых показателей возобновляли ТИВЛ и подачу севофлурана с исходно выбранными концентрациями. В Г.2А также выборочно у 5 пациентов провели аналогичный тест после эпизодов апноэ в условиях применения методики ПА.

## **2.2 Анестезиологическое обеспечение перкутанной нефролитотомии**

В экспериментальных группах пациентов при ПНЛ до и после этапа пункции ЧЛС почек, а в контрольной группе в течение всей операции проводили ОКА с ТИВЛ.

Индукцию анестезии осуществляли внутривенным введением пропофола 2 – 2,5 мг/кг и фентанила 0,1 – 0,3 мг, миорелаксацию – рокурония бромидом 0,6 – 1,0 мг/кг. Интубацию трахеи осуществляли ЭТТ Curity (Covidien, Llc, США) соответствующего размера. ИВЛ проводили с помощью НДА WATO EX-65 (Mindray, Китай) с параметрами: ДО из расчета 8 мл/кг, ЧД 8 – 14 в мин, FiO<sub>2</sub> 40%, I:E 1:2, РЕЕР 5 – 6 см. вод. ст.

Анестезию поддерживали ингаляцией севофлурана в ПСГ 1,0 л/мин в концентрациях 1,4 – 2,5 об% и дробным внутривенным введением фентанила по 0,05 – 0,1 мг. Миорелаксацию по необходимости пролонгировали внутривенным введением рокурония бромидом по 0,15 – 0,2 мг/кг.

### **2.2.1 Техника проведения перкутанной нефролитотомии**

В зависимости от стороны вмешательства и локализации камня чрескожный доступ осуществляли на боку, животе или в положении Valdivia-Galdakao под рентгенологическим и ультразвуковым контролем. После пункции чашечки 0.035" гидрофильную струну Roadrunner (Cook Medical, USA) проводили в полостную систему почки. Следующим этапом выполняли бужирование фасциальным бужом 11 Ch. После этого на проводник надевали ангиокатетер 8 Ch, на котором выполняли бужирование с установкой кожуха Амплатц 30 Ch. Нефроскопию выполняли ригидным нефроскопом 26 Ch (Karl Storz, Germany). Фрагментацию камня осуществляли ультразвуковым или пневматическим литотриптором (Swiss LithoClast Master, Switzerland).

В том случае, если нефроскопию выполняли ригидным нефроскопом MIP M 12 Ch (Karl Storz, Germany), на этапе бужирования использовали фасциальный буж 11 Ch, а затем металлический буж с последующей установкой металлического кожуха 16 Ch.

Фрагментацию камня осуществляли пневматическим литотриптором (Swiss LithoClast Master, Switzerland) или гольмиевым лазером с использованием волокон 270 мкм при 0,3 – 0,5 Дж и 20-40 Гц (VersaPulse PowerSuite 100W, Lumenis, Israel) либо с волокон 272 мкм при 0,2 – 0,4 Дж и 20 Гц (Medilas Solvo 30W, Dornier MedTech, Germany).

Для экстракции камней использовали двузубцовые щипцы (Karl Storz, Germany) и/или нитиноловый экстрактор камней Perc NCircle 1,7 Ch (Cook Medical, USA). При необходимости выполняли дополнительные доступы. Дренирование ЧЛС осуществляли с помощью нефростомы Ultrathane Macloc 10,2 Ch (Cook Medical, USA) или с помощью мочеточникового стента 6 Ch (Cook Medical, USA или Coloplast, Denmark).

### **2.2.2 Применение различных анестезиологических методик на этапе пункционного доступа при перкутанной нефролитотомии**

В Г.1Б на этапе пункции ЧЛС почки применяли СИВЛ. В условиях ТИВЛ увеличивали FiSev до 8 об% и переходили на МИВЛ с ДО 4 мл/кг, ЧД 4 в мин, I:E 1:3, FiO<sub>2</sub> 21%, ПСГ 1,0 л/мин, РЕЕР отключали. После чего сочетали с ВЧСВ с ЧДЦ 300 в мин, I:E 1:3, FiO<sub>2</sub> 100%, которую проводили с использованием аппарата ВЧ-ИВЛ (ZisLine JV-100, Россия) через катетер Ø 2,0 мм (МедСил, Россия), введенный через герметичный адаптер дыхательного контура пациента выше на 1 – 2 см от дистального конца ЭТТ.

В Г.2Б на этапе пункции ЧЛС почки по вышеизложенной схеме применяли методику ПА.

В Г.3Б проводили ТИВЛ с исходно выбранными параметрами.

Во всех трех группах регистрировали продолжительность и количество попыток пункции ЧЛС почки. Дыхательную подвижность операционного поля и хирургические условия перед и после применения соответствующей анестезиологической методики оценивали согласно разработанной пятибалльной шкалы с помощью ультразвуковой и рентгеноскопической визуализации.

### 2.3 Методы статистической обработки

По результатам обследования была сформирована база данных в формате электронных таблиц Microsoft Excel 2013. Статистические вычисления провели с использованием программ: PAST, v. 4.03; 06.2020, JASP, v. 0.13.1; 16.07.2020 и jamovi, v. 1.6.4; 23.10.2020.

Для статистических оценок показателей и/или параметров вычисляли доверительные интервалы (ДИ), то есть оценки всех показателей (средних, долей, коэффициентов корреляции) представлены в виде трех чисел: точечная оценка и значения границ 95%-ных ДИ. Нижние и верхние границы 95%-ных ДИ указаны в виде подстрочников. Для сравнения пары средних значений использовали стандартизированный размер эффекта по Коуэну ( $SES$ ). Результаты, в которых 95%-ный ДИ  $SES \geq 1$  рассматривали как практически (клинически) важные.

Для проверки согласия данных с нормальным распределением, использовали критерий Шапиро-Уилка, Андерсона-Дарлинга, Лиллиефорса и Харка-Бера.

В случаях, когда число сравниваемых выборок было больше двух, использовали двухэтапную процедуру. На первом этапе проверяли статистическую однородность всех групп посредством однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA). Только когда выявляли статистически значимую неоднородность между всеми группами, приступали к отдельным попарным сравнениям между группами. В данном исследовании использовали критерий post hoc HSD (honestly significant difference) – Тьюки и критерий Манна-Уитни с поправкой на множественность сравнений по Бонферрони. Статистически значимыми считали эффекты, для которых  $p$ -значения не превышали уровень значимости  $\alpha = 0,005$ .

Визуализацию исходных данных и результатов их статического анализа осуществляли посредством таких средств, как: гистограммы, коробки с декольте и с усами, вероятностные графики для нормального распределения, корреляционные графики рассеяния, графики Гарднера-Альтмана. Для этого использовали программы PAST, BoxPlotR и Estimation Statistics.

## ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 3.1 Анализ анестезиологических и хирургических показателей при сочетанной искусственной вентиляции легких с различными параметрами

Сравнительный анализ основных антропометрических и клинических данных пациентов трех сформированных подгрупп из Г.1А, показал (Таблица 3) статистическую однородность ( $p > 0,005$ ) по всем выбранным показателям.

Таблица 3 – Результаты анализа межгрупповой статистической однородности антропометрических и клинических данных пациентов трех подгрупп

Показатели	Среднее с 95%-ным ДИ			<i>p</i> -значение
	П1.1	П1.2	П1.3	
Объем выборки, <i>n</i>	15	15	15	—
Возраст, годы	43 52 60	41 49 58	38 47 55	0,71
Пол, М/Ж	11/4	11/4	13/2	0,73
Доля мужчин, %	48 73 89	48 73 89	62 87 96	
Индекс массы тела, кг/м <sup>2</sup>	23 25 27	26 29 31	24 26 29	0,07
Должная масса тела, кг	61 66 71	62 67 71	67 70 74	0,33
Класс по шкале ASA	1,7 2,1 2,4	2,0 2,3 3,4	2,0 2,1 2,3	0,66

Результат сравнительного анализа основных характеристик камней пациентов, полученных по данным МСКТ почек перед операцией, также показал (Таблица 4) статистическую однородность ( $p > 0,005$ ) во всех подгруппах. Размер камней в диаметре представлен в миллиметрах (мм), а плотность в единицах Хаунсфилда (HU). Объем камня вычислили по формуле:

$$V = 4/3 * \pi * R^3 = 4/3 * \pi * (D/2)^3 = (\pi D^3)/6,$$

где *V* – объем камня, мм<sup>3</sup>;

$\pi$  – число пи = 3,14;

*R* – радиус камня, мм;

*D* – диаметр камня, мм.

Таблица 4 – Результаты проверки межгрупповой статистической однородности характеристик камней пациентов трех подгрупп

Показатели	Среднее с 95%-ным ДИ			<i>p</i> -значение
	П1.1	П1.2	П1.3	
Объем выборки, <i>n</i>	15	15	15	—
Размер камней, мм	7,2 8,1 9,0	6,8 7,9 9,1	7,0 8,1 9,2	0,97
Плотность камней, НУ	870 1000 1140	870 1010 1150	850 1030 1200	0,91
Объем камней, мм <sup>3</sup>	240 320 410	230 360 510	210 380 580	0,83

### 3.1.1 Оценка анестезиологических показателей при сочетанной искусственной вентиляции легких с различными параметрами

Показатели МОВ и давления в ДП пациента оценивали до и после перехода на СИВЛ, включающей ВЧСВ и МИВЛ с различными параметрами (Таблица 5). Остальные параметры СИВЛ, то есть ВЧСВ и МИВЛ во всех подгруппах пациентов были одинаковыми.

Таблица 5 – Параметры СИВЛ по данным аппарата ВЧ-ИВЛ и НДА

Подгруппы	Параметры ВЧСВ				Параметры МИВЛ		
	ЧДЦ в 1 мин	РД атм	FiO <sub>2</sub> %	МОВ л/мин	ДО мл/кг	ЧД в 1 мин	МОВ л/мин
П1.1	200	0,6 0,7 0,8	100	11 11 11	3	4	0,8 0,8 0,9
П1.2	300	0,5 0,5 0,5	100	10 11 11	3	4	0,8 0,8 0,9
П1.3	300	0,4 0,4 0,5	50	9 9,5 10	4	4	1,1 1,1 1,2

### Анализ минутного объема вентиляции и давления в дыхательных путях пациентов при сочетанной искусственной вентиляции легких

Проведение СИВЛ с различными параметрами ВЧСВ и МИВЛ сопровождалось статистически значимым ( $p < 0,005$ ) увеличением, соответственно подаваемому при ВЧСВ МОВ (Таблица 5) показателей  $V_E$  по данным НДА во всех трех подгруппах (Таблица 6).

Таблица 6 – Результаты сравнений данных минутного объема вентиляции и давления в дыхательных путях пациентов до и после применения СИВЛ с различными параметрами

Показатели	Подгруппы	Среднее с 95%-ным ДИ		Разность средних с 95%- ным ДИ	Стандар- тизиро- ванный размер эффекта с 95%-ным ДИ	<i>p</i> -зна- чение
		ТИВЛ	СИВЛ			
		$*M_b$	$*M_a$	$M_b - M_a$	$*SES$	$p$
$V_E$ (л/мин)	1.1	5,6 6,0 6,5	9,5 10 11	-4,8 -4,0 -3,1	-3,7 -2,6 -1,5	< 0,005
	1.2	5,5 6,1 6,7	9,0 9,5 10	-4,2 -3,4 -2,6	-3,5 -2,4 -1,4	< 0,005
	1.3	6,1 6,6 7,1	8,1 8,6 9,1	-2,6 -2,0 -1,4	-2,7 -1,9 -1,0	< 0,005
$P_{peak}$ (см. вод. ст.)	1.1	17 18 18	17 18 18	-0,3 -0,1 0,2	-0,7 -0,2 0,4	0,58
	1.2	18 19 20	18 19 20	-1,1 -0,7 -0,2	-1,4 -0,8 -0,2	0,01
	1.3	17 18 19	17 18 19	-1,2 -0,4 0,4	-0,8 -0,3 0,2	0,29
$P_{mean}$ (см. вод. ст.)	1.1	7 7 8	7 7 7	0,1 0,4 0,8	0,1 0,6 1,2	0,03
	1.2	7 8 8	7 7 8	0,4 0,8 1,2	0,4 1,0 1,7	< 0,005
	1.3	8 8 8	7 7 7	0,4 0,9 1,3	0,4 1,0 1,7	< 0,005
*Примечание: здесь и далее $M_b$ – среднее с 95%-м ДИ до «before», $M_a$ – среднее с 95%-м ДИ после «after», $SES$ – стандартизированный размер эффекта по Коуэну с 95%-ным ДИ «standardized effect size to Cohen's»						

В результате, средние значения  $V_E$  при СИВЛ были больше на 2,0 – 4,0 л/мин по сравнению со значениями при ТИВЛ. При этом средние значения МОВ в каждой подгруппе по показателям аппарата ВЧ-ИВЛ были больше на 1,0 л/мин, чем суммарные  $V_E$  при СИВЛ по данным монитора НДА.

Показатели  $P_{peak}$  и  $P_{mean}$  при СИВЛ с различными параметрами ВЧСВ и МИВЛ во всех подгруппах клинически значимо (95%-ный ДИ  $SES < 1,0$ ) не отличались от таковых при ТИВЛ (Таблица 6) оставались в пределах безопасных значений.



### **Анализ показателей пульсоксиметрии, капнометрии, газового состава и кислотно-основного состояния артериальной крови пациентов при сочетанной искусственной вентиляции легких**

Сравнительный анализ данных неинвазивного и инвазивного мониторинга показателей газообмена и КОС артериальной крови пациентов, полученных в условиях ТИВЛ и СИВЛ во всех трех подгруппах, выявил статистически значимые ( $p < 0,005$ ) различия почти всех представленных (Таблица 7) результатов. При этом показатели  $SpO_2$ ,  $P_{ET}CO_2$ , КОС и газов артериальной крови кроме  $PaO_2$  при ТИВЛ и СИВЛ были в пределах референсных значений и не имели существенной клинической значимости (95%-ный ДИ  $SES < 1,0$ ).

Несмотря на уменьшение  $FiO_2$  до 21% при МИВЛ, сочетание с ВЧСВ 100%-ным  $O_2$  в П1.1 и П1.2 привело к выраженной гипероксемии с повышением  $PaO_2$  в 2 раза (Таблица 7) относительно уже имевшихся высоких значений при ТИВЛ с  $FiO_2$  40%. Однако сочетание МИВЛ с  $FiO_2$  21% и ВЧСВ газовой смесью, содержащей 50%-ный  $O_2$  в П1.3 с использованием кислородно-воздушного миксера, подключенного к аппарату ВЧ-ИВЛ, позволило значительно уменьшить гипероксемию при СИВЛ.

Проведение СИВЛ, включающей катетерную ВЧСВ и МИВЛ, обеспечивает адекватную респираторную поддержку с нормокапнией в пределах значений  $P_{ET}CO_2$  40 – 41 мм рт.ст. и  $PaCO_2$  42,2 – 43,8 мм рт.ст.

Попарный сравнительный анализ трех подгрупп показал (Таблица 8) статистически ( $p < 0,005$ ) и клинически (95%-ный ДИ  $SES \geq 1,0$ ) значимое снижение до приемлемого уровня гипероксемии в П1.3, в которой сочетали ВЧСВ газовой смесью, содержащей 50%-ный  $O_2$ , по сравнению с П1.1 и П1.2 в которых сочетали ВЧСВ с 100%-ным  $O_2$ .

Таблица 7 – Результаты анализа данных пульсоксиметрии, капнометрии, газового состава и кислотно-основного состояния артериальной крови пациентов трех подгрупп до и после применения СИВЛ с различными параметрами

Показатели	Подгруппы	Среднее с 95%-ным ДИ		Разность средних с 95%-ным ДИ	Стандар- тизиро- ванный размер эффекта с 95%- ным ДИ	<i>p</i> -значе- ние
		ТИВЛ	СИВЛ			
		$M_b$	$M_a$	$M_b - M_a$	$SES$	$p$
SpO <sub>2</sub> (%)	1.1	97 98 98	99 100 100	-2,7 -2,0 -1,3	-2,4 -1,6 -0,8	< 0,005
	1.2	97 98 99	99 100 100	-2,3 -1,6 -0,9	-2,1 -1,4 -0,6	< 0,005
	1.3	97 98 98	98 99 99	-1,8 -0,9 -0,1	-1,2 -0,6 -0,1	0,03
P <sub>ET</sub> CO <sub>2</sub> (мм рт.ст.)	1.1	36 37 37	39 40 40	-3,7 -2,9 -2,2	-3,0 -2,1 -1,2	< 0,005
	1.2	35 36 37	39 40 41	-5,0 -3,7 -2,4	-2,3 -1,6 -0,8	< 0,005
	1.3	36 36 37	39 41 42	-6,3 -4,2 -2,1	-1,7 -1,1 -0,4	< 0,005
PaO <sub>2</sub> (мм рт.ст.)	1.1	154 163 172	289 310 330	-171 -147 -124	-4,8 -3,5 -2,1	< 0,005
	1.2	160 168 176	331 341 351	-184 -174 -163	-12 -9,0 -5,7	< 0,005
	1.3	154 166 179	231 251 270	-94 -85 -75	-8,9 -6,2 -3,5	< 0,005
PaCO <sub>2</sub> (мм рт.ст.)	1.1	38,8 39,6 40,4	41,2 42,2 43,1	-3,6 -2,6 -1,6	-2,2 -1,5 -0,7	< 0,005
	1.2	38,4 39,2 40,0	42,2 44,0 45,8	-6,9 -4,9 -2,9	-2,0 -1,3 -0,6	< 0,005
	1.3	38,6 39,4 40,2	41,9 43,8 45,6	-6,5 -4,4 -2,2	-2,2 -1,4 -0,5	< 0,005
pH	1.1	7,35 7,37 7,39	7,32 7,34 7,36	0,02 0,03 0,05	0,4 1,1 1,7	< 0,005
	1.2	7,36 7,38 7,40	7,34 7,35 7,37	0,02 0,03 0,03	1,5 2,5 3,6	< 0,005
	1.3	7,35 7,38 7,40	7,33 7,35 7,37	0,02 0,03 0,03	1,4 2,7 4,0	< 0,005
BE (ммоль/л)	1.1	-2,5 -1,8 -1,0	-2,3 -1,6 -0,9	-0,2 -0,2 -0,1	-1,6 -1,0 -0,3	< 0,005
	1.2	-2,4 -1,7 -1,0	-2,2 -1,5 -0,7	-0,3 -0,2 -0,1	-1,7 -1,0 -0,4	< 0,005
	1.3	-2,7 -2,1 -1,4	-2,4 -1,8 -1,2	-0,4 -0,3 -0,1	-2,0 -1,2 -0,4	< 0,005

Таблица 8 – Результаты попарных сравнений данных  $\text{PaO}_2$  пациентов трех подгрупп до и после применения СИВЛ с различными параметрами

Подгруппы	Разность средних с 95%-ным ДИ	Стандар-тизирован-ный размер эффекта	$p$ -значе-ние	Графическое изображение различий PaO <sub>2</sub>
ТИВЛ	$MD$	$SES$	$p$	
П1.1 – П1.2	$-19 -5_8$	$-1,0 -0,3_{0,5}$	$0,75$	
П1.1 – П1.3	$-20 -3_{15}$	$-1,0 -0,2_{0,6}$	$0,89$	
П1.2 – П1.3	$-14 2_{20}$	$-0,7 0,1_{0,9}$	$0,98$	
СИВЛ	$MD$	$SES$	$p$	Графическое изображение различий PaO <sub>2</sub>
П1.1 – П1.2	$-56 -31_{-8}$	$-1,7 -0,9_{-0,2}$	$0,04$	
П1.1 – П1.3	$22 60_{84}$	$1,0 1,8_{2,7}$	$< 0,005$	
П1.2 – П1.3	$65 90_{113}$	$1,7 2,7_{3,7}$	$< 0,005$	

### Анализ показателей концентраций севофлурана и глубины угнетения сознания пациентов при сочетанной искусственной вентиляции легких

Проведение общей комбинированной анестезии, включающей ингаляцию севофлурана с  $\text{FiSev } 2,2 - 2,3 \text{ об\%}$ , в условиях ТИВЛ и последующее увеличение подаваемой концентрации до  $8 \text{ об\%}$  в течение нескольких дыхательных циклов с переходом на СИВЛ позволило поддерживать  $\text{FiSev}$  на уровне  $7,2 - 7,6 \text{ об\%}$ . Показатели  $\text{EtSev}$  и  $\text{MAC}$  пациентов трех подгрупп были статистически значимо ниже, а показатели  $\text{BIS}$  соответственно выше, чем при ТИВЛ (Таблица 9).

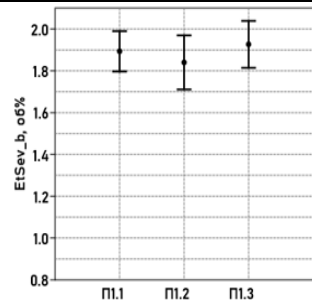
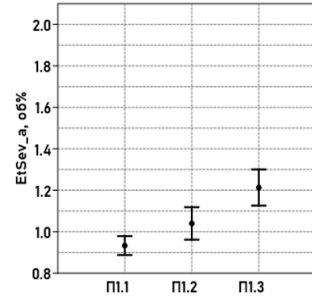
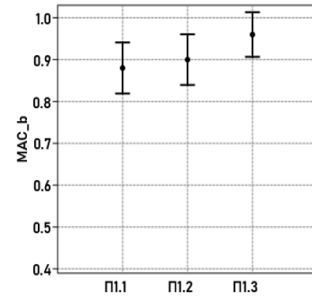
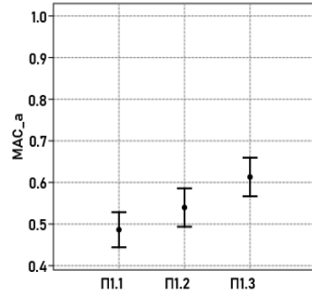
В условиях СИВЛ показатели  $\text{EtSev}$  в П1.1 были в пределах  $0,9 - 1,0 \text{ об\%}$ , в П1.2 в диапазоне  $1,0 - 1,1 \text{ об\%}$ , а в П1.3 составили  $1,1 - 1,3 \text{ об\%}$ . Показатели  $\text{MAC}$  в П1.1 были в пределах  $0,4 - 0,5$ , в П1.2 на уровне  $0,5$ , а в П1.3 составили  $0,6 - 0,7$ . Показатели  $\text{BIS}$  в П1.1 составили  $56 - 61$ , в П1.2 были на уровне  $54 - 60$ , а в П1.3 составили  $46 - 50$  условных единиц.

Таблица 9 – Результаты сравнений данных концентраций севофлурана и BIS пациентов трех подгрупп до и после СИВЛ с различными параметрами

Показатели	Подгруппы	Среднее с 95%-ным ДИ		Разность средних с 95%- ным ДИ	Стандар- тизиро- ванный размер эффекта с 95%- ным ДИ	<i>p</i> -значе- ние
		ТИВЛ	СИВЛ			
		$M_b$	$M_a$	$M_b - M_a$	$SES$	$p$
FiSev (об%)	1.1	2,0 2,2 2,3	7,3 7,3 7,4	-5,3 -5,2 -5,1	-34 -25 -16	< 0,005
	1.2	2,0 2,2 2,3	7,1 7,2 7,4	-5,3 -5,1 -4,9	-20 -15 -9,2	< 0,005
	1.3	2,2 2,3 2,4	7,5 7,6 7,6	-5,3 -5,2 -5,1	-32 -24 -15	< 0,005
EtSev (об%)	1.1	1,8 1,9 2,0	0,9 0,9 1,0	0,9 1,0 1,1	2,9 4,7 6,4	< 0,005
	1.2	1,7 1,8 2,0	1,0 1,0 1,1	0,7 0,8 1,0	1,8 3,1 4,3	< 0,005
	1.3	1,8 1,9 2,0	1,1 1,2 1,3	0,6 0,7 0,8	2,0 3,3 4,6	< 0,005
MAC	1.1	0,8 0,9 0,9	0,4 0,5 0,5	0,3 0,4 0,5	2,3 3,8 5,3	< 0,005
	1.2	0,8 0,9 1,0	0,5 0,5 0,5	0,3 0,4 0,4	2,3 2,8 5,3	< 0,005
	1.3	0,9 1,0 1,0	0,6 0,6 0,7	0,3 0,4 0,4	2,0 3,3 4,6	< 0,005
BIS	1.1	42 44 46	56 58 61	-19 -15 -10	-4,0 -2,6 -1,2	< 0,005
	1.2	42 43 45	54 57 60	-17 -14 -10	-2,9 -2,0 -1,1	< 0,005
	1.3	42 44 46	46 48 50	-6,5 -4,3 -2,1	-1,7 -1,1 -0,4	< 0,005

В П1.3 сочетание ВЧСВ с ЧДЦ 300 в мин, с уменьшением РД до 0,4 атм и МИВЛ с ДО 4,0 мл/кг, ЧД 4 в мин обеспечило статистически значимое ( $p < 0,005$ ) повышение средних показателей EtSev до 1,2 об% и MAC до 0,6, в сравнении с П1.1 и П1.2 (Таблица 10). Клинически наиболее значимые (95%-ный ДИ  $SES \geq 1,0$ ) более высокие показатели EtSev и MAC получили в П1.3, по сравнению с П.1.1, в которой сочетали ВЧСВ с ЧДЦ 200 в мин, РД 0,7 атм и МИВЛ с ДО 3,0 мл/кг, ЧД 4 в мин. Таким образом, от общего  $V_E$  при СИВЛ доля МОВ подаваемого при МИВЛ насыщенного севофлураном газа в П1.1 составила 8,2 – 8,4%, в П1.2 составила 8,9 – 9,0%, а в П1.3 составила 13,2 – 13,6%.

Таблица 10 – Результаты попарных сравнений данных EtSev и MAC пациентов трех подгрупп до и после применения СИВЛ с различными параметрами

Подгруппы	Разность средних с 95%-ным ДИ	Стандарти- зованный размер эффекта	<i>p</i> -значе- ние	Графическое изображение различий EtSev и MAC
ТИВЛ	<i>MD</i>	<i>SES</i>	<i>p</i>	
П1.1 – П1.2	–0,2 0,05 0,3	–0,5 0,2 1,0	0,79	
П1.1 – П1.3	–0,2 –0,03 0,2	–0,9 –0,2 0,6	0,91	
П1.2 – П1.3	–0,3 –0,09 0,1	–1,1 –0,4 0,4	0,55	
СИВЛ	<i>MD</i>	<i>SES</i>	<i>p</i>	
П1.1 – П1.2	–0,2 –0,1 0,02	–1,5 –0,8 0,01	0,12	
П1.1 – П1.3	–0,4 –0,3 –0,2	–2,6 –2,0 –1,1	< 0,005	
П1.2 – П1.3	–0,3 –0,2 –0,1	–2,0 –1,1 –0,5	< 0,005	
ТИВЛ	<i>MD</i>	<i>SES</i>	<i>p</i>	
П1.1 – П1.2	–0,1 –0,02 0,1	–0,1 –0,2 0,6	0,89	
П1.1 – П1.3	–0,2 –0,08 0,002	–1,4 –0,7 0,1	0,16	
П1.2 – П1.3	–0,2 –0,06 0,02	–1,3 –0,5 0,2	0,33	
СИВЛ	<i>MD</i>	<i>SES</i>	<i>p</i>	
П1.1 – П1.2	–0,1 –0,02 0,04	–1,4 –0,6 0,1	0,80	
П1.1 – П1.3	–0,2 –0,13 –0,07	–2,2 –1,5 –1,0	< 0,005	
П1.2 – П1.3	–0,2 –0,11 –0,04	–1,6 –0,8 0,1	< 0,005	

Наглядный пример возможности мониторинга показателей МОВ, давления в ДП пациента и концентраций севофлурана в условиях СИВЛ, включающей ВЧСВ и МИВЛ по данным монитора НДА представлен на Рисунке 7.

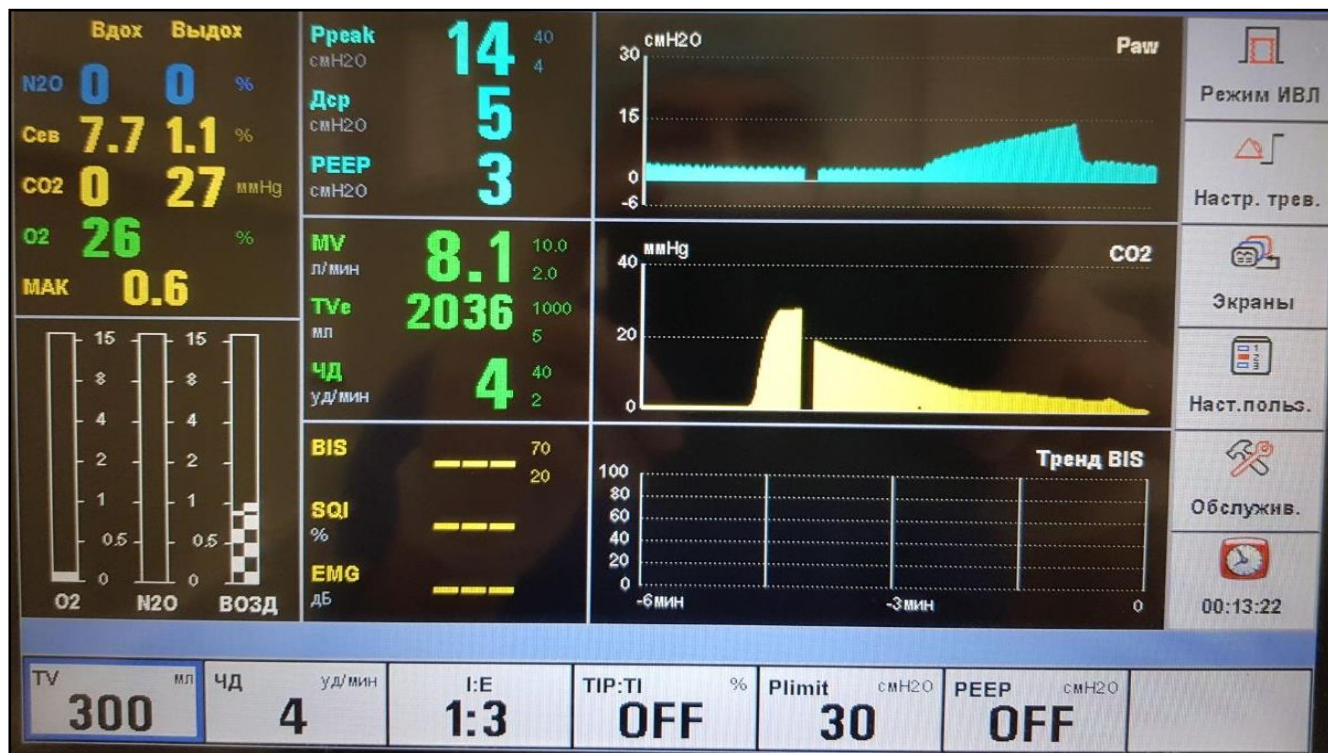


Рисунок 7 – Анестезиологические показатели при СИВЛ по данным НДА

В П1.1 и П1.2 в условиях СИВЛ показатели BIS составили 58 – 57, что статистически ( $p < 0,005$ ) и клинически (95%-ный ДИ  $SES \geq 1,0$ ) значимо выше, чем при ТИВЛ (Таблица 10). Из общего количества испытуемых двух первых подгрупп у 4 пациентов П1.1 и 5 пациентов П1.2 регистрировали показатели BIS, в пределах принятого нами в протоколе исследования, допустимого не более 1 мин диапазона 60 – 65. В П1.3 в условиях СИВЛ средние показатели BIS составили 48, что статистически значимо ( $p < 0,005$ ), но клинически не значимо (95%-ный ДИ  $SES < 1,0$ ) выше, чем при ТИВЛ (Таблица 10).

Попарный сравнительный анализ показателей BIS пациентов трех подгрупп показал (Таблица 11) статистически и клинически значимые различия между П1.1. и П1.3, а также П1.2 и П1.3 ( $p < 0,005$ ; 95%-ный ДИ  $SES > 1,0$ ), но не между П1.1 и П1.2 ( $p = 0,61$ ; 95%-ный ДИ  $SES < 1,0$ ).

Таблица 11 – Результаты попарных сравнений показателей BIS пациентов трех подгрупп до и после применения СИВЛ с различными параметрами

Подгруппы	Разность средних с 95%-ным ДИ	Стандартизированный размер эффекта	<i>p</i> -значение	Графическое изображение различий BIS
ТИВЛ	<i>MD</i>	<i>SES</i>	<i>p</i>	
П1.1 – П1.2	–2,8 0,5 3,7	–0,5 0,2 1,0	0,79	
П1.1 – П1.3	–3,5 –0,2 3,1	–0,7 –0,02 0,8	0,99	
П1.2 – П1.3	–3,5 –0,7 2,2	–1,0 0,2 0,5	0,83	
СИВЛ	<i>MD</i>	<i>SES</i>	<i>p</i>	
П1.1 – П1.2	–3,3 1,6 6,5	–0,4 0,3 1,1	0,61	
П1.1 – П1.3	5,4 10 15	–1,4 2,5 3,2	<0,005	
П1.2 – П1.3	4,5 8,7 13	–1,1 1,8 2,8	<0,005	

Из 15 исследуемых в П1.3 ни у одного пациента не регистрировались показатели BIS выше 55, что соответствует оптимальному диапазону (45 – 60) обеспечения гарантированного уровня угнетения сознания пациента во время общей анестезии.

Наглядный пример (Рисунок 8) показателей и формы кривой BIS-мониторинга в условиях ТИВЛ и после перехода на СИВЛ на этапе литотрипсии и литоэкстракции при УРС. Предшествующий интервал кривой от 14:40 до 15:05, соответствует ОКА с МАС 0,9 севофлурана в условиях ТИВЛ. Сразу после отмечается некоторое снижение показателей соответствующей отрезку насыщения увеличением в инспираторном газе концентрации севофлурана до 8 об%. После перехода на СИВЛ с МАС 0,5 севофлурана, наблюдается подъем кривой с выходом на плато в отрезке времени от 15:10 до 15:35 с показателями BIS не выше 60 условных единиц.

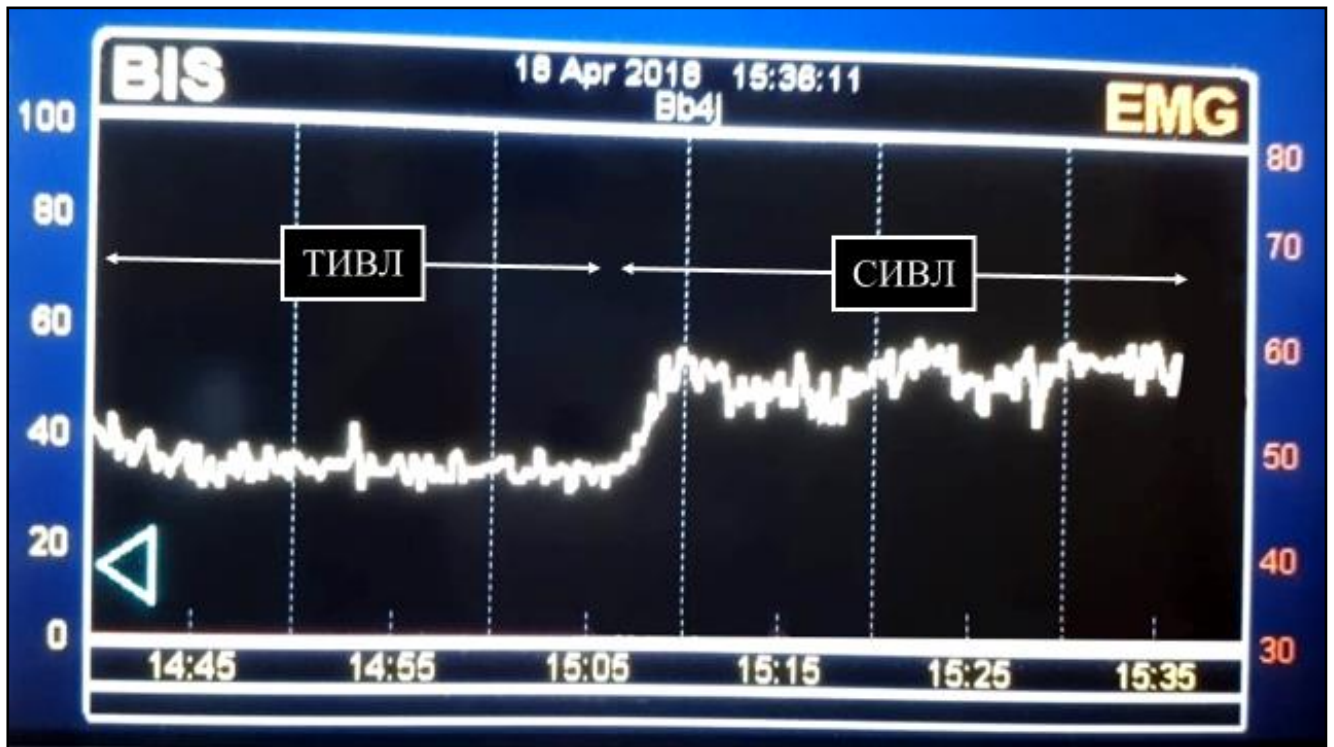


Рисунок 8 – Динамика показателей BIS-мониторинга при ТИВЛ и СИВЛ

Результаты выборочного «теста с мешком Амбу» соответствия концентраций EtSev и MAC данным НДА у нескольких пациентов всех подгрупп показали идентичные концентрации и не потребовали статистического анализа. Ни у одного пациента не отмечалось интраоперационного пробуждения.

#### **Анализ показателей электрокардиограммы и гемодинамики пациентов при сочетанной искусственной вентиляции легких**

Проведение СИВЛ сопровождалось некоторым повышением ЧСС и АД во всех трех подгруппах пациентов, в П1.1 и П1.3 статистически значимым ( $p < 0,005$ ) повышением ДАД, чем в условиях ТИВЛ. Однако выявленные колебания гемодинамики не имели существенного клинического значения (95%-ный ДИ  $SES < 1,0$ ), а показатели АД при ТИВЛ и СИВЛ соответствовали диапазону нормотензии (Таблица 12). По данным мониторинга ЭКГ показатели ЧСС оставались в пределах нормальных значений, ни у одного пациента не было зафиксировано гемодинамически значимых нарушений ритма сердца, а также отклонений сегмента ST на 2 мм и более от изолинии.



Таблица 12 – Результаты сравнений данных гемодинамики пациентов трех подгрупп до и после применения СИВЛ с различными параметрами

Показатели	Подгруппы	Среднее с 95%-ным ДИ		Разность средних с 95%-ным ДИ	Стандар- тизиро- ванный размер эффекта с 95%-ным ДИ	<i>p</i> -значе- ние
		ТИВЛ	СИВЛ			
		$M_b$	$M_a$	$M_b - M_a$	$SES$	$p$
ЧСС (в мин)	1.1	63 66 68	65 68 71	-4,6 -2,2 0,2	-1,0 -0,5 0,04	0,07
	1.2	65 67 70	67 70 72	-4,2 -2,1 -0,1	-1,1 -0,6 -0,01	0,04
	1.3	64 67 70	65 68 70	-1,9 -0,6 0,7	-0,8 -0,3 0,3	0,35
САД (мм рт.ст.)	1.1	101 105 110	103 108 112	-5,1 -2,1 0,8	-0,9 -0,4 0,1	0,14
	1.2	105 111 116	110 115 119	-7,8 -3,8 0,2	-1,1 -0,5 0,02	0,06
	1.3	104 110 114	107 112 117	-7,1 -2,5 2,0	-0,8 -0,3 0,2	0,25
ДАД (мм рт.ст.)	1.1	59 61 63	62 64 66	-3,9 -2,7 -1,6	-2,1 -1,4 -0,6	< 0,005
	1.2	61 65 68	64 67 69	-4,3 -1,7 0,9	-0,9 -0,4 0,2	0,18
	1.3	61 63 65	63 66 68	-3,3 -2,2 -1,1	-1,2 -1,1 -0,5	< 0,005

### 3.1.2 Оценка хирургических условий при сочетанной искусственной вентиляции легких с различными параметрами

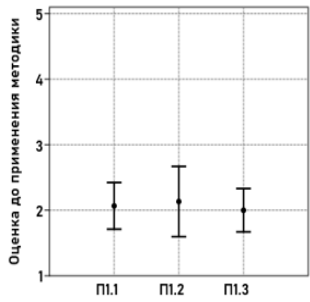
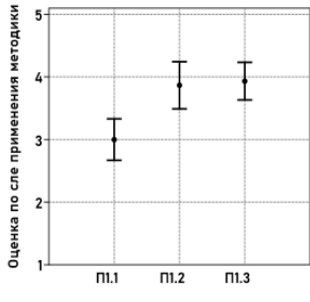
Во всех трех подгруппах пациентов операционные условия выполнения УРС с лазерной литотрипсией и литоэкстракцией при СИВЛ с различными параметрами ВЧСВ и МИВЛ получили статистически ( $p < 0,005$ ) и клинически (95%-ный ДИ  $SES \geq 1,0$ ) значимую более высокую хирургическую оценку, чем при ТИВЛ (Таблица 13).

В П1.2 и П1.3, получили статистически значимую ( $p < 0,005$ ) более высокую (Таблица 14) хирургическую оценку, по сравнению с П1.1. При сочетании нами в П1.1 ВЧСВ с ЧДЦ 200 в мин, РД 0,6 – 0,8 атм, хирурги отмечали бóльшую передаточную дыхательную подвижность камней почек и верхней трети мочеточников, чем в П1.2 и П1.3 при ВЧСВ с ЧДЦ 300 в мин, РД 0,4 – 0,5 атм.

Таблица 13 – Результаты сравнений хирургической оценки при УРС до и после применения СИВЛ с различными параметрами

Показатели	Подгруппы	Среднее с 95%-ным ДИ		Разность средних с 95%- ным ДИ	Стандар- тизиро- ванный размер эффекта с 95%- ным ДИ	<i>p</i> -значе- ние
		ТИВЛ	СИВЛ			
		$M_b$	$M_a$	$M_b - M_a$	$SES$	$p$
Оценка (баллы)	1.1	1,7 2,1 2,3	2,6 3,0 3,3	-1,1 -0,9 -0,8	-5,0 -3,6 -2,2	< 0,005
	1.2	1,5 2,1 2,6	3,5 3,9 4,1	-2,0 -1,7 1,5	-5,3 -3,8 -2,3	< 0,005
	1.3	1,6 2,0 2,3	3,6 3,9 4,1	-2,1 -1,9 -1,8	-10 -7,5 -4,7	< 0,005

Таблица 14 – Результаты попарных сравнений хирургической оценки при УРС в трех подгруппах до и после применения СИВЛ с различными параметрами

Подгруппы	Разность средних с 95%-ным ДИ	Стандарти- зованный размер эффекта	<i>p</i> -значе- ние	Графическое изображение различий хирургической оценки
				
ТИВЛ	$MD$	$SES$	$p$	
П1.1 – П1.2	-0,8 -0,1 0,7	-0,8 -0,1 0,7	0,97	
П1.1 – П1.3	-0,7 0,1 0,8	-0,7 0,1 0,8	0,97	
П1.2 – П1.3	-0,6 0,1 0,9	-0,6 0,2 0,9	0,90	
СИВЛ	$MD$	$SES$	$p$	
П1.1 – П1.2	-1,5 -0,9 -0,3	-2,1 -1,3 -0,5	< 0,005	
П1.1 – П1.3	-1,5 -0,9 -0,3	-2,2 -1,4 -0,6	< 0,005	
П1.2 – П1.3	-0,7 -0,1 0,5	-0,8 -0,1 0,6	0,960	

Средняя оценка степени подвижности камней в условиях ТИВЛ во всех подгруппах составила 2 балла, что соответствовало неудовлетворительным хирургическим условиям. Средняя оценка в условиях СИВЛ с ВЧСВ 200 в мин составила 3 балла, что соответствовало удовлетворительным хирургическим условиям. Средняя оценка в условиях СИВЛ с ВЧСВ 300 в мин составила 4 балла, что свидетельствовало хорошим хирургическим условиям для прецизионной литотрипсии и литоэкстракции методом гибкой УРС.

### **3.2 Оценка анестезиологических показателей методики периодического апноэ**

В группе 2А, в которую входили 15 пациентов, на этапе литотрипсии и литоэкстракции при УРС в условиях ОКА с использованием севофлурана применялась методика периодического апноэ. Основные характеристики пациентов представлены в Таблице 15.

Таблица 15 – Основные характеристики пациентов Г.2А (ПА)

Показатели	Среднее с 95%-ным ДИ
Объем выборки, <i>n</i>	15
Возраст, годы	47 51 56
Доля мужчин, %	35 59 80
Доля женщин, %	20 41 65
Индекс массы тела, кг/м <sup>2</sup>	28 30 33
Должная масса тела, кг	61 65 69
Класс по шкале ASA	2,0 2,2 2,3

**Анализ показателей пульсоксиметрии, капнометрии, газового состава и кислотно-основного состояния артериальной крови пациентов в условиях применения методики периодического апноэ**

Сравнительный анализ показателей SpO<sub>2</sub>, P<sub>ЕТ</sub>CO<sub>2</sub> и КОС газов артериальной крови, полученных при ТИВЛ с FiO<sub>2</sub> 100% в течение 5 мин с данными

полученными в конце эпизодов апноэ, показал (Таблица 16) статистически ( $p < 0,005$ ) и клинически (95%-ный ДИ  $SES > 1,0$ ) значимые различия всех представленных показателей.

В конце первых эпизодов апноэ при снижении  $SpO_2$  до 94% и возобновлении ТИВЛ с  $FiO_2$  100%, у 4 из 15 пациентов показатели  $SpO_2$  снизились до 93%, а еще у 4 до 92%.

Таблица 16 – Результаты анализа данных пульсоксиметрии, капнометрии, газового состава и КОС(а) крови пациентов до и в конце апноэ

Показатели	Среднее с 95%-ным ДИ		Разность средних с 95%- ным ДИ	Стандар- тизиро- ванный размер эффекта с 95%- ным ДИ	<i>p</i> -значе- ние
	ТИВЛ	ПА			
	$M_b$	$M_a$	$M_b - M_a$	$SES$	$p$
$SpO_2$ (%)	99 99 100	93 94 95	4,0 5,2 6,4	1,3 2,4 3,3	$< 0,005$
$P_{ET}CO_2$ (мм рт.ст.)	36 37 37	49 51 53	-17 -15 -12	-4,4 -3,2 -1,9	$< 0,005$
$PaO_2$ (мм рт.ст.)	177 187 197	84 96 108	79 91 103	2,5 4,1 5,6	$< 0,005$
$PaCO_2$ (мм рт.ст.)	38,6 39,2 39,9	53,2 55,4 57,6	-19 -16 -14	-4,7 -3,4 -2,0	$< 0,005$
pH	7,36 7,37 7,39	7,26 7,28 7,30	0,1 0,1 0,1	1,1 2,1 2,9	$< 0,005$
BE (ммоль/л)	-2,0 -1,5 -1,0	-1,6 -1,0 -0,4	-0,6 -0,5 -0,4	-3,5 -2,5 -1,4	$< 0,005$

В конце первых эпизодов апноэ показатели  $PaO_2$  составили 84 96 108 мм рт.ст., что в два раза меньше значений  $PaO_2$  177 187 197 мм рт.ст., полученных до апноэ в условиях ТИВЛ с  $FiO_2$  100% (Таблица 16). При этом у 3 пациентов из 15 показатели  $PaO_2$  в конце первых эпизодов апноэ снизились до 62,3 – 78,9 мм рт.ст. В тех случаях, когда значения  $SpO_2$  и  $PaO_2$  после первых апноэ были ниже нормальных значений, продолжительность последующих эпизодов апноэ уменьшали на 1 мин. Такой подход позволил избежать снижения показателей  $SpO_2$  менее 94%.

Проведение ПА сопровождалось статистически ( $p < 0,005$ ) и клинически (95%-ный ДИ  $SES \geq$ ) значимым повышением показателей  $P_{ET}CO_2$  до  $49,51_{53}$  мм рт.ст. и  $P_aCO_2$  до  $53,2_{55,4_{57,6}}$  мм рт.ст., по сравнению с нормальными значениями, полученными при ТИВЛ (Таблица 16). Результатом такой гиперкапнии явился респираторный ацидоз с  $pH_{7,26} 7,28_{7,30}$  и статистически значимое увеличение показателей ВЕ, но в пределах референсного диапазона.

### **Анализ показателей концентраций севофлурана и глубины угнетения сознания пациента при методике периодического апноэ**

Сравнительный анализ концентраций севофлурана в конце эпизодов апноэ при ПА выявил статистически значимое ( $p < 0,005$ ) снижение средних показателей  $FiSev$  на 0,1 об% и  $EtSev$  на 0,1 об%, в сравнении с таковыми при ТИВЛ. При этом показатели  $FiSev$ ,  $EtSev$ ,  $MAC$  и  $BIS$ , регистрируемые в конце эпизодов апноэ при ПА, не имели клинически значимых различий (95%-ный ДИ  $SES < 1,0$ ) по сравнению с показателями при ТИВЛ (Таблица 17).

Таблица 17 – Результаты анализа данных концентраций севофлурана и  $BIS$  до и в конце эпизодов апноэ у пациентов при методике ПА

Показатели	Среднее с 95%-ным ДИ		Разность средних с 95%-ным ДИ	Стандар- тизиро- ванный размер эффекта с 95%-ным ДИ	$p$ -значе- ние
	ТИВЛ	ПА			
	$M_b$	$M_a$	$M_b - M_a$	$SES$	$p$
$FiSev$ (об%)	2,0 2,2 2,3	2,0 2,1 2,2	0,05 0,1 0,15	0,5 1,2 1,8	$< 0,005$
$EtSev$ (об%)	1,7 1,8 1,9	1,6 1,8 1,9	0,03 0,07 0,1	0,4 1,1 1,7	$< 0,005$
$MAC$	0,8 0,9 0,9	0,8 0,9 0,9	0,01 0,03 0,06	0,1 0,7 1,2	0,020
$BIS$	41 43 44	43 45 46	-3,3 -2,0 -0,7	-1,7 -1,0 -0,3	0,006

В условиях прекращения ингаляции севофлурана при апноэ и соответственно выведения анестетика в конце эпизодов апноэ показатели EtSev составили  $1,6 \pm 1,8$  об%, а MAC  $0,8 \pm 0,9$ , которые обеспечивали достаточную глубину угнетения сознания пациента с показателями BIS в пределах 43–45 условных единиц. Результаты выборочного «теста с мешком Амбу» соответствия концентраций EtSev и MAC данным НДА у 5 пациентов из 15, показали идентичные концентрации и не потребовали статистического анализа.

Применение ПА согласно протоколу исследования, то есть прекращение апноэ при  $SpO_2 \leq 94\%$ ,  $BIS \geq 60$ , значимых изменениях ЭКГ и АД, позволило обеспечить продолжительность апноэ, соответственно неподвижность операционного поля в пределах  $3,1 \pm 3,7$  мин. При этом время восстановления исходных показателей газообмена было почти в 2 раза дольше самих эпизодов апноэ и заняло  $5,9 \pm 6,7$  мин.

В основном время апноэ ограничивали по причине снижения показателей  $SpO_2$  менее 94%. Ни у одного пациента не было показателей BIS более 50 и не отмечалось интраоперационного пробуждения. Таким образом, для уменьшения дыхательной подвижности операционного поля на этапе литотрипсии и литоэкстракции при гибкой УРС потребовалось от  $3,4 \pm 4,3$  полных циклов ПА.

### **3.3 Результаты уретерореноскопии с литотрипсией и литоэкстракцией в условиях применения различных анестезиологических методик**

Сравнительный анализ основных антропометрических и клинических данных пациентов трех групп, которым провели литотрипсию и литоэкстракцию методом УРС в условиях СИВЛ, ПА и ТИВЛ показал (Таблица 18) статистическую однородность ( $p > 0,005$ ) по всем выбранным показателям.

Сравнительный анализ данных характеристик камней пациентов трех групп также показал (Таблица 19) статистическую однородность ( $p > 0,005$ ) по всем выбранным показателям. Из общего числа 60 пациентов трех групп превалировала доля камней почек 67–82%, а доля камней верхней трети мочеточников составила 18–33%.

Таблица 18 – Результаты межгруппового сравнительного анализа антропометрических и клинических данных пациентов трех групп

Показатели	Среднее с 95%-ным ДИ			<i>p</i> -значение
	Г.1А	Г.2А	Г.3А	
Объем выборки, <i>n</i>	30	15	15	—
Возраст, годы	43 48 53	47 51 56	25 42 38	0,14
Пол, М/Ж	24/6	9/6	8/7	0,14
Доля мужчин, %	63 79 90	30 59 75	30 53 75	
Индекс массы тела, кг/м <sup>2</sup>	26 28 29	28 30 33	23 25 28	0,07
Должная масса тела, кг	66 68 71	61 65 69	58 65 71	0,36
Шкала ASA	2,0 2,2 2,3	2,0 2,2 2,3	1,8 2,1 2,2	0,63

Таблица 19 – Характеристики камней пациентов трех групп и результаты проверки их межгрупповой статистической однородности

Показатели	Среднее с 95%-ным ДИ			<i>p</i> -значение
	Г.1А	Г.2А	Г.3А	
Объем выборки, <i>n</i>	30	15	15	—
Среднее число камней	0,9 1,5 2,3	0,6 1,2 2,4	0,6 1,3 2,5	0,87
Локализация камей, почка/мочеточник	33/11	13/6	16/3	0,52
Доля в почках, %	60 74 85	46 67 85	62 82 94	
Доля в мочеточниках, %	15 26 40	15 33 54	6 18 38	
Размер камней, мм	7,2 8,0 8,8	6,9 7,9 8,8	6,4 7,5 8,6	0,76
Плотность камней, НУ	900 1020 1130	830 990 1150	810 990 1160	0,69
Объем камней, мм <sup>3</sup>	260 370 490	220 310 390	170 300 430	0,93

Проведенный анализ трех групп показал (Рисунок 9) высокую корреляцию ( $r = 0,75 - 0,82$ ) между продолжительностью литотрипсии и литоэкстракции (Т, мин) с объемом камней (V, мм<sup>3</sup>).

Учитывая результаты корреляционного анализа, скорость литотрипсии и литоэкстракции выразили отношением объема камней каждого пациента к продолжительности данного этапа ( $V/T$ ,  $\text{мм}^3/\text{мин}$ ) УРС. В случаях наличия у пациента более одного камня для анализа  $V/T$ , объемы камней суммировали.

В Г.1А (СИВЛ) –  $V/T$  составила  $17 \text{ мм}^3/\text{мин}$ , в Г.2А (ПА) –  $V/T$  составила  $9 \text{ мм}^3/\text{мин}$ , а в контрольной Г.3А (ТИВЛ) –  $V/T$  составила всего лишь  $7 \text{ мм}^3/\text{мин}$ .

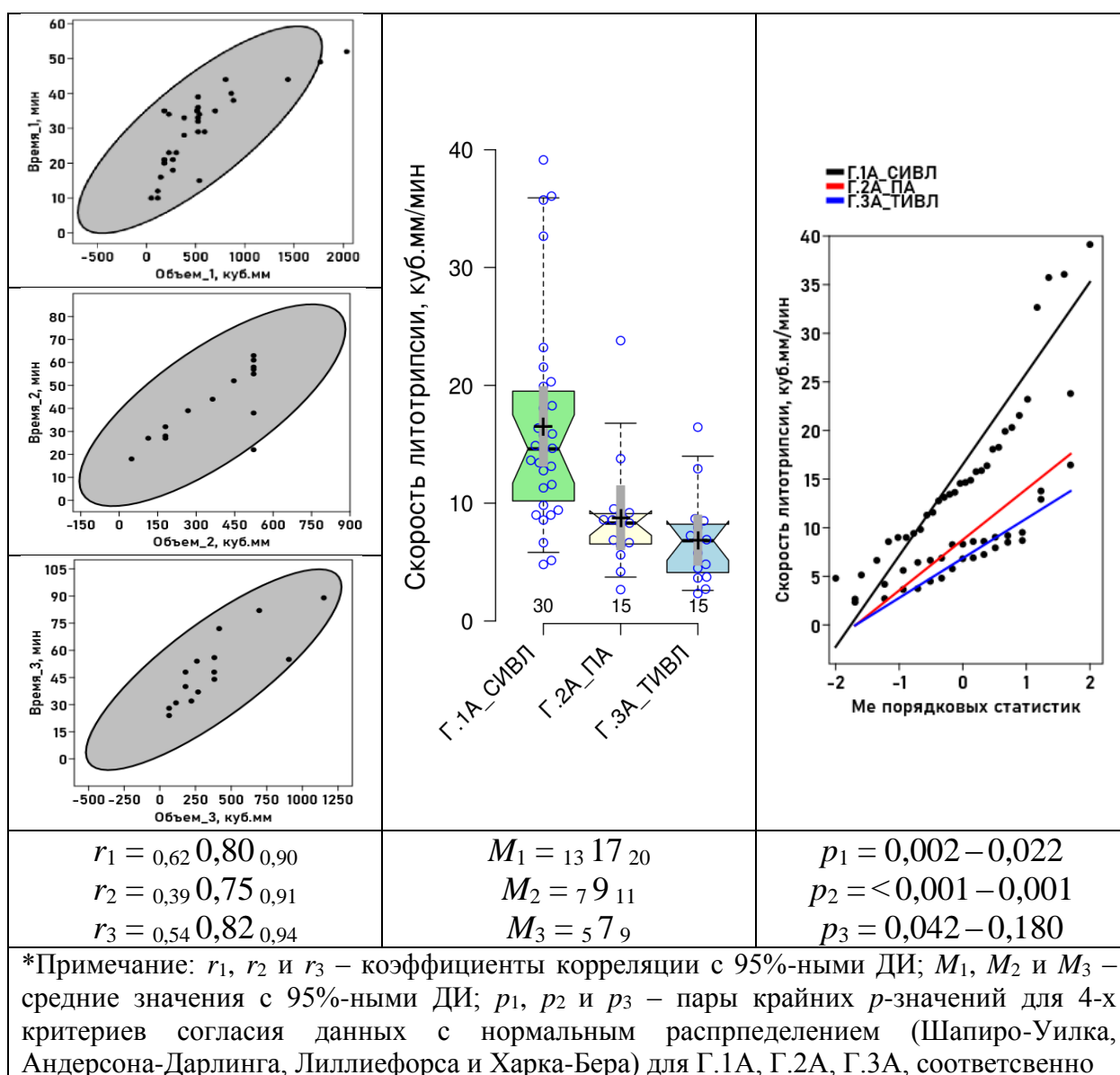


Рисунок 9 – Сравнительный анализ скорости литотрипсии и литоэкстракции трех групп пациентов при УРС в условиях применения различных анестезиологических методик



### Описания графиков и фигур в рисунке

Левый столбец – корреляционные графики рассеяния. Эллипсы вокруг экспериментальных точек – суть 95%-ные доверительные зоны. Ширина эллипсов отражает силу корреляционной связи: чем уже эллипс, тем сильнее корреляция, тем больше значение коэффициента корреляции.

Средний столбец – вертикальные пунктирные отрезки («усы») под и над коробами – 95%-ные предсказательные интервалы для индивидуальных значений; нижняя и верхняя границы цветных коробов суть первый ( $Q_1$ ) и третий ( $Q_3$ ) квартили; кресты – средние значения; светло-серые прямоугольники – 95%-ные ДИ для средних; перетяжки на коробах – медианы (вторые квартили –  $Q_2$ ); ширина «декольти» (вырезов на коробах) отражает границу 95%-ных ДИ для медиан. Неперекрывание ДИ (для средних и/или медиан) наглядно демонстрирует статистически значимые различия (на уровне значимости  $\alpha = 0,05$ ).

Правый столбец – прямые на вероятностных графиках представляют собой теоретически ожидаемые спрямленные кумулятивные функции для нормальных распределений. Чем теснее экспериментальные точки группируются вокруг этих прямых, тем лучше согласие данных с нормальным распределением (Рисунок 10).

Попарный сравнительный анализ V/T показал (Таблица 20) статистически значимые различия ( $p < 0,005$ ) между Г.1А (СИВЛ) и Г.2А (ПА), а также СИВЛ и ТИВЛ ( $p < 0,005$ ), но не между группами ПА и ТИВЛ ( $p = 0,47$ ;  $SES = 0,4$ ). Клинически наиболее значимая более высокая скорость литотрипсии и литоэкстракции была в Г.1А (СИВЛ), по сравнению с контрольной Г.3А (ТИВЛ) ( $MD = 5 \cdot 10^{-15} \text{ мм}^3/\text{мм}$  и  $SES = 0,6 \cdot 1,2 \cdot 1,9$ ).

Таблица 20 – Результаты попарных сравнений скорости литотрипсии и литоэкстракции в условиях применения различных анестезиологических методик

Сравниваемые группы		Разность средних с 95%-ным ДИ	Стандартизированный размер эффекта	<i>p</i> -значение
		<i>MD</i>	<i>SES</i>	<i>p</i>
Г.1А (СИВЛ)	Г.2А (ПА)	3 8 13	0,3 1,0 1,6	< 0,005
Г.1А (СИВЛ)	Г.3А (ТИВЛ)	5 10 14	0,6 1,2 1,9	< 0,005
Г.2А (ПА)	Г.3А (ТИВЛ)	-2 2 6	-0,3 0,4 1,2	0,47

Сравнительный анализ данных степени подвижности камней почек и верхней трети мочеточников и хирургических условий для литотрипсии и литоэкстракции при УРС в Г.1А (СИВЛ) и в Г.2А (ПА) показал (Таблица 21) статистически значимую ( $p < 0,005$ ) более высокую оценку, чем при ТИВЛ.

В контрольной Г.3А, в которой проводилась ТИВЛ, оценка хирургических условий перед этапом литотрипсии и во время лазерного дробления камней почек и верхней трети мочеточников статистически значимо не различалась.

Таблица 21 – Результаты сравнений данных хирургической оценки при УРС до и после применения анестезиологических методик у пациентов трех групп

Показатели	Группы	Среднее с 95%-ным ДИ		Разность средних с 95%-ным ДИ	Стандартизированный размер эффекта с 95%-ным ДИ	<i>p</i> -значение
		<i>M<sub>b</sub></i>	<i>M<sub>a</sub></i>	<i>M<sub>b</sub> – M<sub>a</sub></i>	<i>SES</i>	<i>p</i>
Оценка (баллы)	1А	1,7 2,0 2,3	3,6 3,9 4,1	1,6 1,8 1,9	1,4 2,1 2,7	< 0,005
	2А	1,6 2,1 2,4	2,8 3,1 3,3	0,6 1,1 1,5	0,6 1,3 0,0	< 0,005
	3А	1,9 2,3 2,5	1,8 2,2 2,5	-0,2 0,1 0,3	-0,7 0,2 0,4	1,0

Попарный сравнительный анализ результатов хирургической оценки степени дыхательной подвижности камней почек и мочеточников при УРС в условиях ТИВЛ, не выявил (Таблица 22) статистически значимых ( $p > 0,005$ ) различий между всеми тремя группами пациентов.

Попарный сравнительный анализ результатов хирургической оценки в условиях применения соответствующей анестезиологической методики при УРС показал (Таблица 22) статистически значимую ( $p < 0,005$ ) более высокую хирургическую оценку в Г.1А (СИВЛ), чем в Г.2А (ПА) и Г.3А (ТИВЛ). В Г.2А также получили статистически значимые более высокие оценки, чем в Г.3А.

Клинически наиболее значимую (95%-ный ДИ  $SES \geq 1,0$ ) более высокую хирургическую оценку получили в Г.1А (СИВЛ), по сравнению с Г.3А (ТИВЛ).

Таблица 22 – Результаты попарных сравнений данных хирургической оценки до и после применения различных анестезиологических методик на этапе литотрипсии при УРС

Группы		Разность средних с 95%-ным ДИ	Стандар-тизированный размер эффекта	$p$ -значение	Графическое изображение различий хирургической оценки
До		$MD$	$SES$	$p$	
Г.1А	Г.2А	-0,6 -0,0 -0,6	-0,6 -0,0 0,6	1,0	
Г.1А	Г.3А	-0,8 -0,2 0,4	-0,9 -0,2 0,4	0,72	
Г.2А	Г.3А	-0,9 -0,2 0,5	-1,0 -0,3 0,5	0,78	
После		$MD$	$SES$	$p$	
Г.1А	Г.2А	0,3 0,8 1,3	0,5 1,2 1,9	$< 0,005$	
Г.1А	Г.3А	1,2 1,7 2,2	1,9 2,6 3,5	$< 0,005$	
Г.2А	Г.3А	0,4 0,9 1,5	0,7 1,6 2,3	$< 0,005$	

В результате средняя оценка в Г.1А (СИБЛ) составила 4 балла, что соответствует незначительной дыхательной подвижности операционного поля и хорошим хирургическим условиям для прецизионного лазерного дробления и удаления камней почек и верхней трети мочеточников методом гибкой УРС.

Средняя оценка в Г.2А (ПА) составила 3 балла, что соответствует частичной дыхательной подвижности операционного поля и удовлетворительным условиям для лазерной литотрипсии и литоэкстракции при гибкой УРС.

Средняя хирургическая оценка в контрольной Г.3А (ТИВЛ) перед началом литотрипсии и в конце данного этапа гибкой УРС значимо не изменилась и составила 2 балла, что соответствует значительной дыхательной подвижности операционного поля и неудовлетворительным хирургическим условиям.

### **3.4 Результаты перкутанной нефролитотомии в условиях применения различных анестезиологических методик**

Сравнительный анализ основных антропометрических и клинических данных пациентов трех групп, которым выполнили этап пункционного доступа к камням ЧЛС почек при ПНЛ в условиях СИБЛ, ПА и ТИВЛ показал (Таблица 23) статистическую однородность ( $p > 0,005$ ) по всем выбранным показателям.

Таблица 23 – Результаты проверки межгрупповой статистической однородности антропометрических и клинических данных пациентов трех групп

Показатели	Среднее с 95%-м ДИ			<i>p</i> -значение
	Г.1Б	Г.2Б	Г.3Б	
Объем выборки, <i>n</i>	15	30	20	—
Возраст, годы	<sup>44</sup> 50 <sub>57</sub>	<sup>47</sup> 51 <sub>56</sub>	<sup>46</sup> 52 <sub>57</sub>	0,94
Пол, М/Ж	10/5	17/13	9/11	0,46
Доля мужчин, %	<sup>41</sup> 65 <sub>85</sub>	<sup>39</sup> 56 <sub>73</sub>	<sup>26</sup> 45 <sub>66</sub>	
Индекс массы тела, кг/м <sup>2</sup>	<sup>24</sup> 25 <sub>27</sub>	<sup>25</sup> 27 <sub>28</sub>	<sup>25</sup> 27 <sub>29</sub>	0,44
Должная масса тела, кг	<sup>60</sup> 65 <sub>70</sub>	<sup>62</sup> 64 <sub>67</sub>	<sup>57</sup> 62 <sub>66</sub>	0,46
Класс по шкале ASA	<sup>2,0</sup> 2,1 <sub>2,1</sub>	<sup>2,1</sup> 2,3 <sub>2,4</sub>	<sup>2,1</sup> 2,4 <sub>2,5</sub>	0,22

Сравнительный анализ данных основных характеристик камней пациентов трех групп также показал (Таблица 24) статистическую однородность ( $p > 0,005$ ) по всем выбранным показателям. Анализ данных позиционной укладки пациентов на операционном столе и стороны оперативного вмешательства соответственно пункции ЧЛС почек при ПНЛ также не выявил статистически значимых ( $p > 0,005$ ) различий между сравниваемыми группами.

Таблица 24 – Результаты проверки межгрупповой статистической однородности характеристик камней и условий выполнения ПНЛ у пациентов трех групп

Показатели		Среднее с 95%-ным ДИ			<i>p</i> -значение
		Г.1Б	Г.2Б	Г.3Б	
Объем выборки, <i>n</i>		15	30	20	—
Среднее число камней		1,0 1,3 1,6	1,0 1,2 1,4	1,0 1,3 01,4	0,96
Размер камней, мм		11 15 19	13 16 18	11 14 17	0,75
Плотность камней, НУ		890 1080 1260	1000 1130 1260	890 1090 1280	0,91
Сторона пункции	правая	5 15 35 59%	14 30 47 64%	12 38 59 78%	0,21
	левая	10 41 65 85%	16 36 53 70%	8 22 41 62%	
Позиционная укладка пациента	на боку	7 20 47 75%	10 15 33 55%	2 1,0 10 36%	0,02
	на животе	2 1,3 13 46%	4 3,3 13 34%	0 0,0 0,0 19%	
	*Valdivia-Galdakao	6 15 40 72%	16 32 54 75%	18 64 90 99%	
*Примечание: Позиция Valdivia-Galdakao является промежуточной дорсальной укладкой пациента на операционном столе с растяжением гомолатеральной нижней конечности и подгибанием контралатеральной.					

В Г.1Б, в которой при ПНЛ на этапе чрескожного доступа применяли СИВЛ, средняя продолжительность пункции ЧЛС почек составила 4 мин. Количество попыток составило от 1 до 2 раз. В Г.2Б, в которой применяли методику ПА, средняя продолжительность пункции составила 3 мин и преимущественно осуществляли с 1 попытки. В контрольной Г.3Б, в которой проводили ТИВЛ, средняя продолжительность пункции составила 5 мин. При этом выполнить пункцию в намеченной точке, как правило, удавалось с 2 или 3 попытки (Рисунок 10).

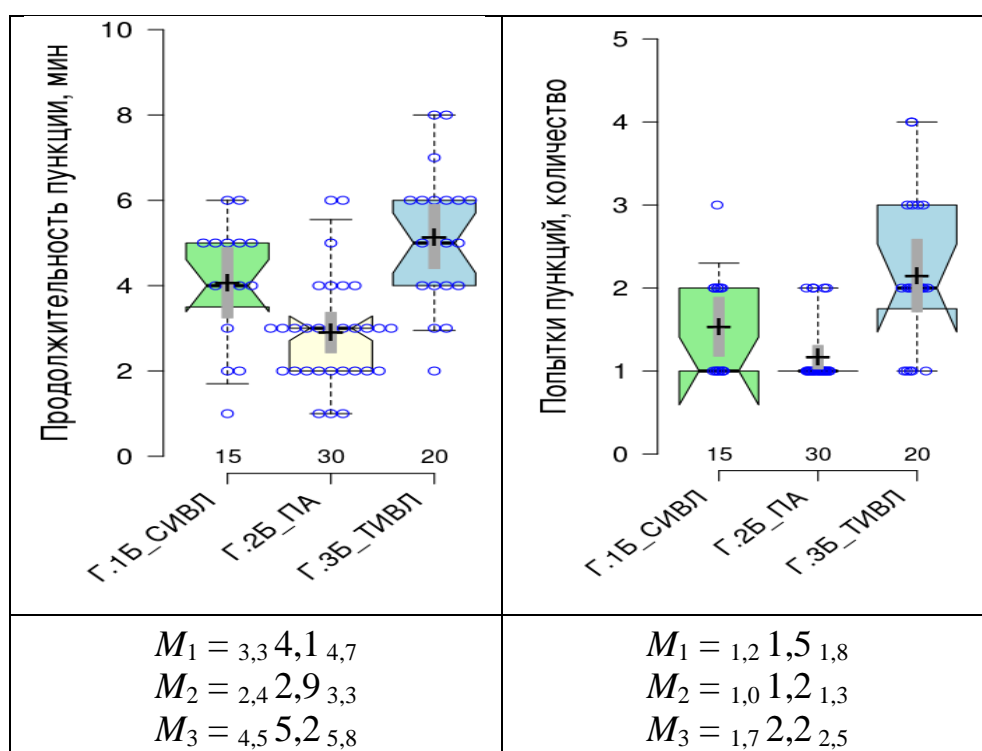


Рисунок 10 – Сравнение продолжительности и попыток пункции ЧЛС почек при ПНЛ в условиях применения различных анестезиологических методик

Попарный сравнительный анализ показал (Таблица 25) статистически значимую ( $p < 0,005$ ) меньшую продолжительность пункции ЧЛС почек в Г.2Б (ПА), по сравнению с Г.3Б (ТИВЛ). Сравнение продолжительности пункции в Г.1Б (СИВЛ) с Г.2Б (ПА) не выявило статистически значимого различия ( $p = 0,032$ ). Сравнение продолжительности пункции в Г.1Б (СИВЛ) с Г.3Б (ТИВЛ) также не выявило статистически значимого различия ( $p = 0,075$ ).

Таблица 25 – Результаты попарных сравнений продолжительности пункции ЧЛС почек в условиях применения различных анестезиологических методик

Сравниваемые группы		Разность средних с 95%-ным ДИ	Стандартизированный размер эффекта	<i>p</i> -значение
		<i>MD</i>	<i>SES</i>	<i>p</i>
Г.1Б (СИВЛ)	Г.2Б (ПА)	0,1 1,2 2,3	0,2 0,9 1,5	0,032
Г.1Б (СИВЛ)	Г.3Б (ТИВЛ)	-2,2 -1,1 0,1	-1,5 -0,7 -0,1	0,075
Г.2Б (ПА)	Г.3Б (ТИВЛ)	-3,2 -2,3 -1,3	-2,2 -1,6 -1,0	< 0,005

Попарные сравнения количества попыток пункции в Г.1Б (СИВЛ) с Г.2Б (ПА) не выявили (Таблица 26) статистически значимых различий ( $p = 0,19$ ). Сравнение количества попыток пункции в Г.1Б (СИВЛ) с контрольной Г.3Б (ТИВЛ) также не выявило статистически значимых различий ( $p = 0,02$ ).

Однако в Г.2Б (ПА) потребовалось статистически и клинически значимое ( $p < 0,005$ ; 95%-ный ДИ  $SES \geq 1,0$ ) меньшее количество попыток пункции ЧЛС почек, по сравнению с контрольной Г.3Б (ТИВЛ).

Таблица 26 – Результаты попарных сравнений попыток пункции ЧЛС почек в условиях применения различных анестезиологических методик

Сравниваемые группы		Разность средних с 95%-ным ДИ	Стандартизированный размер эффекта	<i>p</i> -значение
		<i>MD</i>	<i>SES</i>	<i>p</i>
Г.1Б (СИВЛ)	Г.2Б (ПА)	-0,1 0,4 0,9	-0,1 0,8 1,2	0,19
Г.1Б (СИВЛ)	Г.3Б (ТИВЛ)	-1,2 0,6 -0,1	-1,6 0,8 -0,2	0,02
Г.2Б (ПА)	Г.3Б (ТИВЛ)	-1,4 -1,0 -0,5	-2,1 1,5 -1,0	< 0,005

Сравнительный анализ степени дыхательной подвижности операционного поля и хирургических условий на этапе пункции ЧЛС почек после применения в Г.1Б СИВЛ и в Г.2Б ПА показал (Таблица 27) статистически ( $p < 0,005$ ) и клинически (ДИ  $SES \geq 1,0$ ) значимую более высокую хирургическую оценку, чем при ТИВЛ.

В контрольной Г.3Б, в которой на всем протяжении ПНЛ проводилась ТИВЛ оценка дыхательной подвижности операционного поля и хирургических условий перед пункцией и на этапе пункции ЧЛС почек статистически значимо ( $p > 0,005$ ) не различалась.

Таблица 27 – Результаты сравнения дыхательной подвижности операционного поля и хирургической оценки трех групп при пункции ЧЛС почек

Показатели	Группы	Среднее с 95%-м ДИ		Разность средних с 95%-м ДИ	Стандар- тизиро- ванный размер эффекта с 95%-м ДИ	$p$ -зна- чение
		$M_b$	$M_a$	$M_b - M_a$	$SES$	$p$
Оценка (баллы)	1Б	1,8 2,3 2,6	3,3 3,7 3,9	0,9 1,4 1,9	1,0 1,8 2,7	$< 0,005$
	2Б	1,8 2,1 2,4	4,7 4,8 4,9	2,4 2,7 3,0	2,3 3,5 4,7	$< 0,005$
	3Б	1,7 2,1 2,3	1,8 2,1 2,3	-0,05 0,05 0,15	-0, 0,2 0,7	1,0

Попарный сравнительный анализ степени дыхательной подвижности операционного поля и хирургических условий на этапе пункции ЧЛС почек при ПНЛ в условиях ТИВЛ показал (Таблица 28) отсутствие статистически значимых ( $p > 0,005$ ) различий между оценками в трех группах пациентов.

Попарный сравнительный анализ результатов степени дыхательной подвижности операционного поля и хирургических условий после применения соответствующей анестезиологической методики на этапе пункции ЧЛС почек при ПНЛ показал (Таблица 28) статистически ( $p < 0,005$ ) и клинически (95%-ный



ДИ  $SES \geq 1,0$ ) значимую более высокую оценку в Г.2Б (ПА), по сравнению с Г.1Б (СИВЛ) и Г.3Б (ТИВЛ). В Г.1Б (СИВЛ) получили статистически ( $p < 0,005$ ) и клинически (95%-ный ДИ  $SES \geq 1,0$ ) значимую более высокую хирургическую оценку, по сравнению с контрольной Г.3Б (ТИВЛ).

Таблица 28 – Результаты попарного сравнения хирургической оценки на этапе пункции при ПНЛ до и после применения различных анестезиологических методик

Группы		Разность средних с 95%-ным ДИ	Стандартизированный размер эффекта	$p$ -значение	Графическое изображение различий хирургической оценки
До		$MD$	$SES$	$p$	
Г.1Б	Г.2Б	-0,5 -0,0 -0,5	-0,5 -0,2 0,8	0,83	
Г.1Б	Г.3Б	-0,4 0,1 0,6	-0,4 0,3 1,0	0,66	
Г.2Б	Г.3Б	-0,3 0,1 0,4	-0,5 0,1 0,7	0,92	
После		$MD$	$SES$	$p$	
Г.1Б	Г.2Б	-1,5 -1,2 -0,9	-3,1 -2,4 -1,6	$< 0,005$	
Г.1Б	Г.3Б	1,2 1,6 1,9	2,3 3,2 4,0	$< 0,005$	
Г.2Б	Г.3Б	2,4 2,7 3,0	4,5 5,5 6,7	$< 0,005$	

Средняя оценка в Г.1Б (СИВЛ) составила 4 балла, что означает незначительную подвижность операционного поля и хорошие хирургические условия для пункции ЧЛС почек. Средняя оценка в Г.2Б (ПА) составила 5 баллов, что означает полную неподвижность операционного поля и отличные хирургические условия для пункции ЧЛС почек. В Г.3Б (ТИВЛ) перед пункцией и во время пункции ЧЛС почек при ПНЛ оценка значимо не различалась и составила 2 балла, что означает значительную подвижность операционного поля и неудовлетворительные хирургические условия.

## ГЛАВА 4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Выполненная научно-исследовательская работа позволила понять особенности респираторной механики, газообмена, гемодинамики, а также возможность использования современного ингаляционного анестетика севофлурана у пациентов в условиях разработанной СИВЛ, включающей катетерную ВЧСВ легких. Она дала ответы на вопросы о возможности и безопасности применения методики ПА в условиях ОКА.

Увеличение МОВ при переходе с ТИВЛ на СИВЛ обусловлено объемом подаваемого газа при ВЧСВ, необходимого для поддержания адекватной вентиляции легких в условиях сочетания с МИВЛ. Данное наблюдение согласуется с мнением других авторов, которые для поддержания адекватного газообмена и безопасного давления в ДП при анестезиологическом обеспечении пациентов с морбидным ожирением сочетали ТИВЛ и ВЧСВ с ЧДЦ 100 – 110 в мин, РД 0,3 – 0,4 атм через специальную интубационную трубку с дополнительным каналом для струйной вентиляции [38].

В ранее выполненных работах было доказано, что результирующие показатели МОВ зависят не только от выбора режима ВЧСВ и конкретной модели аппарата ВЧ-ИВЛ, но и от размеров присоединительного инсуффлирующего устройства [17; 28]. Этим и можно объяснить полученную нами меньшую на 1,0 л/мин разницу средних значений  $V_E$  при СИВЛ по данным НДА, по сравнению с показателями МОВ подаваемого аппаратом ВЧ-ИВЛ.

Известно, что показатели давления в ДП путях при ВЧСВ зависят от ЧДЦ, I:E и РД подаваемого газа [11]. Также на давление влияют такие факторы как размер и форма инсуффляционного катетера, а также геометрия ДП [55]. Так как при ВЧСВ легких непосредственно высокое давление несет риск баротравмы, требуется непрерывное измерение давления в ДП и выставление тревог лимита давления. При соблюдении этих рекомендаций ВЧСВ является вполне безопасным методом в контексте предотвращения повреждения легкого.

Следует признать, что показатели давления в трахее, измеренные с помощью датчиков вентилятора не являются идентичными давлению в различных участках ДП. Измерение давления в ДП через дополнительный катетер или специальный порт ЭТТ также может давать погрешности. Тем не менее, полученные этими методами показатели давления в ДП могут быть приняты как хорошее приближение к истинным значениям [55].

В условиях СИВЛ на значения давления в ДП влияют совокупность характеристик параметров ВЧСВ и МИВЛ в фазу вдоха НДА с закрытым клапаном выдоха, а также продолжающаяся ВЧСВ в фазу выдоха с открытым клапаном выдоха. Предложенная модификация СИВЛ по сути соответствует режиму вентиляции управляемому по давлению, то есть регулировки РД аппарата ВЧ-ИВЛ, чтобы показатели давления в ДП пациента соответствовали таковым при предшествующей ТИВЛ.

В результате нашего исследования, показатели давления в ДП в условиях ТИВЛ и СИВЛ у всех пациентов были значительно ниже пределов, рекомендованных в концепции осуществления безопасной ИВЛ [9; 34].

Сочетание ВЧСВ и МИВЛ в условиях герметичного дыхательного контура с вышеуказанными параметрами позволяет непрерывно контролировать показатели МОВ и давления в ДП с помощью монитора НДА. Использование в работе аппарата ВЧ-ИВЛ с возможностью увлажнения и согревания подаваемого газа, а также тепловлагообменного фильтра в дыхательном контуре НДА позволяет обеспечивать адекватное кондиционирование инспираторного газа при СИВЛ.

Ни у одного пациента, у которого в нашем исследовании применялась СИВЛ, включающая ВЧСВ, не было клинических признаков баротравмы или волюмотравмы легких.

Использования гипероксических газовых смесей при СИВЛ в нашем исследовании и как следствие гипероксемия требует детального обсуждения возможных рисков осложнений. Полученные нами при сочетании МИВЛ с  $\text{FiO}_2$  21% и ВЧСВ газом, содержащим 50%-ный и 100%-ный  $\text{O}_2$  средние значения  $\text{PaO}_2$  250 и 340 мм рт.ст., соответственно, отличаются от ранее представленных в

литературе результатов – при сочетании ТИВЛ с  $\text{FiO}_2$  100% и ВЧСВ с 100%-ным  $\text{O}_2$  средние значения  $\text{PaO}_2$  составили 120 мм рт.ст.

Расхождение результатов объясняется исходно полученными при ТИВЛ низкими средними значениями  $\text{PaO}_2$  74 мм рт.ст. в том исследовании [38], по сравнению с нашими результатами  $\text{PaO}_2$  163 – 168 мм рт.ст., а также отличием используемых параметров СИВЛ. При этом после перехода с ТИВЛ на СИВЛ тоже отмечен прирост значений  $\text{PaO}_2$  в 1,5 – 2 раза.

Имеются сообщения о том, что чрезмерная гипероксия оказывает токсическое воздействие на различные органы и системы [24]. Одни авторы указывают на повреждение эндотелиальных клеток капилляров легких в результате продукции активных форм кислорода в количествах, превышающих физиологические возможности антиоксидантных систем организма [88]. Другие авторы описывают, что гипероксия провоцирует воспалительную реакцию в легких и способствует вазоконстрикции в результате снижения уровня оксида азота [89; 117]. Известно, что у взрослых острый трахеобронхит является самым ранним клиническим симптомом токсического воздействия кислорода на органы дыхания, развивающийся после латентного периода от 4 до 22 часов [94].

Однако по настоящее время нет однозначного мнения касательно допустимых значений гипероксемии и относительно безопасной продолжительности вдыхания газов с высокой концентрацией кислорода. Некоторые авторы трактуют показатели  $\text{PaO}_2$  в пределах 100 – 300 мм рт.ст. как пермиссивную гипероксемию [16], другие же считают приемлемыми показатели  $\text{PaO}_2$  в диапазоне 110 – 487 мм рт.ст. [69].

В одной из недавних работ исследовали функцию внешнего дыхания (ФВД) здоровых добровольцев, проживающих в условиях Европейского Севера после ингаляции кислородно-воздушной смеси с содержанием 75 – 85% кислорода. Ингаляцию проводили через лицевую маску в течение 60 мин, после чего регистрировали параметры ФВД. По результатам исследования было показано, что непродолжительная ингаляция гипероксических газов не приводят к существенным изменениям ФВД [29].

Регулировку  $\text{FiO}_2$  при ВЧСВ можно осуществлять с использованием современных моделей струйных респираторов, но подобные аппараты ВЧ-ИВЛ выпускаются малыми партиями и чрезвычайно дороги. Добиться реализации принципа разбавления струи кислорода струей сжатого воздуха можно в рамках упрощенной концепции «двойного сопла» [5]. В нашей работе данную проблему мы решали использованием кислородно-воздушного миксера, подключенного к аппарату ВЧ-ИВЛ.

Опираясь на имеющиеся литературные данные, значения гипероксемии, полученные в нашем исследовании в конце непродолжительной СИВЛ, можно считать допустимыми и достаточно безопасными. Ни у одного пациента в послеоперационном периоде не было клинических проявлений трахеобронхита.

Сочетание ВЧСВ и МИВЛ в герметичном дыхательном контуре позволило в реальном времени контролировать основные показатели СИВЛ, кроме  $\text{P}_{\text{ET}}\text{CO}_2$ . Однако возможен интермиттирующий контроль  $\text{P}_{\text{ET}}\text{CO}_2$ , который нами проводился в конце каждого этапа литотрипсии после приостановки ВЧСВ и сразу после возобновления ТИВЛ с исходными параметрами.

По сравнению с ТИВЛ, полученные в конце СИВЛ повышенные значения показателей  $\text{P}_{\text{ET}}\text{CO}_2$  и  $\text{PaCO}_2$  оставались в пределах нормокапнии. При этом изменения показателей pH и BE, но не выходящие за референсный диапазон КОС артериальной крови, можно охарактеризовать как компенсаторный сдвиг и реакцию в ответ на увеличение  $\text{PaCO}_2$  относительно исходных значений [20].

Возможность проведения интермиттирующей капнометрии привычным методом с помощью газоанализатора и монитора НДА, по нашему мнению, является существенным преимуществом предлагаемой нами методики СИВЛ, в сравнении с использованием только ВЧСВ. Поэтому при ВЧСВ в условиях открытого дыхательного контура настоятельно рекомендуется контроль газов крови или проведение транскутанной капнометрии [13; 21; 80]. Однако эти методы контроля адекватности вентиляции являются экономически затратными, по сравнению с мониторингом  $\text{P}_{\text{ET}}\text{CO}_2$  [43; 92]. Есть сообщение о возможной погрешности и несоответствии данных транскутанной оксиметрии в зависимости

от расположения датчика на теле пациента с показателями  $PaO_2$  [133]. Альтернативой может быть использование дорогостоящих моделей аппаратов ВЧ-ИВЛ с наличием опции капнометрии [22].

Возможность применения СИВЛ на необходимое время для литотрипсии и литоэкстракции методом гибкой УРС является бóльшим преимуществом, чем проведение МИВЛ. Проведение же только МИВЛ на этапе литотрипсии и литоэкстракции при УРС, по сообщениям авторов, сопровождалось развитием гиперкапнии со средним показателем  $P_{ET}CO_2$  равным 50 мм рт.ст. [127]. Важно знать, что в случае значительного уменьшения ДО при МИВЛ и существенного увеличения альвеолярного мертвого пространства, корреляция показателей  $P_{ET}CO_2$  и  $PaCO_2$ , соответственно точность и ценность капнометрии для контроля адекватности вентиляции снижаются [43]. Полученные нами результаты показателей газообмена подтверждают литературные данные о повышении артериальной оксигенации и возможности обеспечения нормокапнии при СИВЛ, включающей ВЧСВ и МИВЛ [15; 38].

В одном сообщении указывается на возможность ингаляции севофлурана в сочетании с ВЧСВ через Т-образный коннектор, присоединенный к жесткому бронхоскопу при удалении инородных тел верхних ДП у 586 детей [48]. Данная методика использовалась для предупреждения гипоксии у детей и отличается от нашей, тем что ВЧСВ применялась в условиях сохранения самостоятельного дыхания. Однако недостатками являются утечка севофлурана вокруг жесткого бронхоскопа, вызывающее загрязнение окружающей среды и высокий расход газа, необходимого для адекватной оксигенации и поддержания соответствующей глубины наркоза. Также не проводился анализ газов артериальной крови.

Еще одним преимуществом разработанной нами методики является возможность ингаляции севофлурана при СИВЛ с поддержанием достаточной глубины угнетения сознания пациента, в то время как проведение ВЧСВ легких в условиях открытого дыхательного контура диктует выбор тотальной внутривенной анестезии [87]. При этом до прецизионных этапов УРС и ПНЛ неизвестна степень подвижности операционного поля, и соответственно

необходимость применения той или иной анестезиологической методики. Методика сочетания ВЧСВ с МИВЛ в условиях ОКА с использованием севофлурана может быть использована по показаниям в зависимости от интраоперационных условий.

В условиях СИВЛ для поддержания МАК севофлурана, обеспечивающей достаточную глубину угнетения сознания пациента, подаваемые при МИВЛ с ЧД 4 в мин, ДО не должны быть менее 4 мл/кг на ДМТ, то есть половины от исходного при ТИВЛ (8 мл/кг ДМТ). При этом доля МОВ, обеспечиваемая за счет ВЧСВ, должна быть минимально достаточной для поддержания адекватной респираторной поддержки. Нами было установлено, что оптимальными параметрами сочетания ВЧСВ являются ЧДЦ 300 в мин с РД 0,4 – 0,5 атм. Таким образом, от общего  $V_E$  при СИВЛ доля МОВ, подаваемого при МИВЛ насыщенного севофлураном газа, не должна быть менее 13%.

Соблюдение этих условий при СИВЛ позволяет подавать из НДА при скорости потока 1,0 л/мин необходимый объем насыщенного севофлураном газа, который при смешивании с объемом газа, подаваемым из аппарата ВЧ-ИВЛ, обеспечивает достаточную глубину угнетения сознания пациента.

В результате нашего исследования было установлено, что при вышеуказанных параметрах СИВЛ показатели BIS соответствуют оптимальному диапазону 45 – 60 обеспечения гарантированного уровня угнетения сознания пациента во время общей анестезии [19; 58].

Известно, что показатели BIS-мониторинга в большей степени отражает седативный компонент анестезии. Однако в условиях недостаточной аналгезии его изменения могут сигнализировать о поступлении и обработке ноцицептивной импульсации в центральной нервной системе пациента [19]. В нашем исследовании мы не проводили детального анализа влияния фентанила на показатели BIS, однако при СИВЛ расходы фентанила и рокурония в поддержании анестезии и миорелаксации не отличались от таковых при ТИВЛ.

Проведение ОКА в условиях СИВЛ с указанными параметрами ВЧСВ и МИВЛ на этапе литотрипсии и литоэкстракции при УРС у пациентов сопровождалось стабильной гемодинамикой.

Используемые в настоящее время для улучшения результатов гибкой УРС под общей анестезией методы ВЧСВ и МИВЛ [80; 127] имеют некоторые сходства с компонентами предлагаемой нами методики СИВЛ. Однако, учитывая недостатки данных методов и неясность выбора параметров вентиляции, нами и был проведен сравнительный анализ результатов гибкой УРС в зависимости от различных установочных параметров ВЧСВ и МИВЛ при их сочетании в одном дыхательном контуре. Преимущество сочетания ВЧСВ с ЧДЦ 300 в мин, РД 0,4 – 0,5 атм, полученное в результате нашего исследования обусловлено за счет меньших объемов подаваемого газа из аппарата ВЧ-ИВЛ, соответственно передаточной дыхательной подвижности камней почек и верхней трети мочеточников, чем при использовании ВЧСВ с ЧДЦ 200 в мин, РД 0,6 – 0,7 атм.

Наши результаты согласуются с мнением экспертов, представленным в материалах заседания Европейского общества струйной вентиляции от 2010 года, что более высокие значения ЧДЦ позволяют обеспечить меньшую подвижность операционного поля. Это является основной причиной предпочтения ВЧСВ при некоторых прецизионных вмешательствах [55]. Недавнее сравнительное исследование на животных, проведенное международной группой ученых подтвердило преимущества ВЧСВ с ЧДЦ 300 и 400 в мин для обеспечения неподвижности легких. Однако авторы отмечают, что ВЧСВ с ЧДЦ 200 в мин может быть лучшим компромиссом между обеспечением неподвижности мишени воздействия и адекватной вентиляцией для прецизионной лучевой терапии опухолей легких под общей анестезией [62].

Отсутствие значимого различия результатов УРС при увеличении ЧДЦ более 100 в мин, возможно было обусловлено самим методом высокочастотной вентиляции положительным давлением (ВЧВПД), использованным авторами сообщения [107], которая отличается от ВЧСВ применяемой нами в качестве компонента разработанной анестезиологической методики.



В другом сравнительном исследовании показано, что выполнение УРС в условиях МИВЛ со средним ДО 419 мл и ЧД 6,2 в мин, сопровождается лучшими операционными результатами, чем при ТИВЛ с ДО 515 мл и ЧД 11,2 в мин [127].

Однако проведение МИВЛ сопровождается нарастающей гиперкапнией, что ограничивает продолжительность применения её у возрастных пациентов с сопутствующей сердечной и легочной патологией [105]. Умеренная гиперкапния считается достаточно безопасным состоянием, тогда как выраженная может привести к респираторному ацидозу с последующими серьезными осложнениями со стороны сердечно-сосудистой и центральной нервной системы [129].

Возможность применения СИВЛ на необходимое время для высокоточного выполнения этапов гибкой УРС является несомненным преимуществом, чем использование только МИВЛ. Уменьшение дыхательной подвижности камней почек и верхней трети мочеточников при СИВЛ обеспечивается за счет плавных и редких дыхательных экскурсий с частотой 4 в мин. Продолжающаяся в это время ВЧСВ с ЧДЦ 300 в мин малыми объемами газа практически не мешает выполнению лазерной литотрипсии в непрерывном режиме с высокой скоростью.

Известно, что на продолжительность операции влияют локализация, размер, плотность и состав камня, а также опыт хирурга, использование мочеточникового кожуха и дооперационное стентирование. Однако наши результаты согласуются с результатами исследований, в которых оценивали все вышеперечисленные факторы. Было установлено, что именно объем камня был самым важным параметром, влияющим на продолжительность операции [60; 120]. Полученный нами результат может помочь на этапе планирования УРС для определения продолжительности дробления и удаления камней верхних мочевых путей.

Имеются сведения, что при сокращении эндоскопического этапа УРС до 40 мин частота послеоперационных осложнений минимальная. Если по истечении 60 мин хирург осознает, что оставшиеся конкременты потребуют длительного вмешательства, то целесообразно прекратить операцию с целью профилактики грозных осложнений и в случае гладкого послеоперационного периода вернуться к вопросу об избавлении пациента от резидуальных камней [25].

В результате нашего исследования средняя продолжительность этапа литотрипсии и литоэкстракции в условиях СИВЛ составила 30 мин, средняя длительность всей операции 62 мин. Применение ПА позволило выполнить аналогичный этап в среднем за 41 мин при средней длительности операции 69 мин; а в условиях ТИВЛ средняя продолжительность литотрипсии и литоэкстракции заняла 49 мин при средней длительности операции 74 мин. Таким образом, применение СИВЛ, включающей ВЧСВ, при УРС позволило значительно сократить продолжительность литотрипсии и литоэкстракции, а также длительность операции до рекомендованных временных ограничений.

В используемой нами модели аппарата ВЧ-ИВЛ максимальная установочная ЧДЦ составляла 300 в мин. Применение других моделей ВЧ-респираторов с более высокой ЧДЦ возможно будет обеспечивать еще меньшую подвижность операционного поля. Однако сложно представить, какими будут респираторные показатели и концентрации ингаляционных анестетиков в условиях использования других параметров СИВЛ.

В конце эпизодов апноэ при методике ПА средний показатель  $SpO_2$  составил 94%, так как по протоколу исследования основным критерием безопасной продолжительности апноэ был выбран предел  $SpO_2 \leq 94\%$ . Данное значение было выбрано исходя из рекомендаций Всемирной организации здравоохранения, согласно которым показатели  $SpO_2$  во время анестезии должны поддерживаться в пределах 95 – 100% [32]. Даже при строгом соблюдении протокола исследования продолжающееся снижение сатурации до 92 – 93% после возобновления ТИВЛ с  $FiO_2$  100% и гипоксемия с  $PaO_2$  62,3 – 78,9 мм рт.ст. у части пациентов в конце первых эпизодов апноэ вероятно были связаны с задержкой отображения на дисплее монитора истинных значений  $SpO_2$ , которая, по мнению некоторых авторов, может достигать до 1,5 мин [43].

Применение методики ПА сопровождалось гиперкапнией с респираторным ацидозом, а статистически значимое увеличение показателей ВЕ, но в пределах референсного диапазона, можно расценивать как компенсаторную реакцию на гиперкапнию [20].

Необходимо помнить, что в условиях применения ПА под контролем только показателей пульсоксиметрии сохраняются риски гипоксемии и гиперкапнии. Еще одним недостатком методики ПА является необходимость преоксигенации (вентиляции с  $\text{FiO}_2$  100%) перед каждым эпизодом апноэ и проведения ИВЛ после апноэ до восстановления исходных показателей газообмена.

Проведение ПА от 3 до 4 мин в условиях ОКА с ТИВЛ позволило поддерживать концентрации севофлурана, обеспечивающие достаточную глубину угнетения сознания пациента с показателями BIS, соответствующими оптимальному диапазону 45 – 60 условных единиц [19; 58].

В результате нашего исследования проведение ПА в условиях ОКА позволило обеспечить периодическую кратковременную неподвижность операционного поля, тем самым создать урологам удовлетворительные условия для прицельной фрагментации и удаления камней методом гибкой УРС. Другие авторы вместо ПА предлагают протокол регулирования времени активации и прекращения лазерной литотрипсии с учетом дыхательных смещений операционного поля для предупреждения повреждения тканей почек, однако указывают на важную роль этой методики в эндоскопическом лечении уротелиального рака верхних мочевых путей [50].

Применение методики ПА при ПНЛ позволило обеспечить полную неподвижность операционного поля и отличные условия для пункции ЧЛС почки. Полученные нами результаты свидетельствуют об очевидных преимуществах выполнения этапа пункционного доступа к камням почки при ПНЛ с более высокой скоростью и точностью в условиях применения методики ПА, по сравнению с ТИВЛ. При этом мы не получили статистически значимого различия результатов выполнения данного этапа ПНЛ в условиях ПА и СИВЛ. На наш взгляд методика ПА является более простой и доступной в использовании при ПНЛ, по сравнению с разработанной и предлагаемой роботизированной системой ультразвуковой навигации на этапе пункционного доступа к камням почки с автоматической компенсацией помех, обусловленных дыханием [128].

До нашего исследования в доступных публикациях не было представлено шкалы оценки дыхательной подвижности операционного поля как при эндоурологических, так и при других малоинвазивных вмешательствах.

Пожалуй, самыми популярными шкалами, используемыми для оценки эффективности анестезиологического пособия и операционных осложнений при эндоурологических вмешательствах, являются визуальная аналоговая шкала боли (ВАШБ) и модифицированная шкала Clavien-Dindo [7; 59; 109; 118; 119].

Однако эти шкалы не охватывают все имеющиеся причины, оказывающие влияние на результаты анестезии и операции, а именно проблемы дыхательной подвижности операционного поля. В результате исследования мы показали значимость решения этой проблемы в обеспечении необходимых хирургических условий для высокоточной работы урологов, которые могут способствовать снижению рисков операционных осложнений при УРС и ПНЛ.

Внутригрупповой сравнительный анализ результатов инструментально-визуальной оценки с использованием разработанной шкалы тремя врачами-урологами, являющимися экспертами (с опытом более 1000 операций) в эндоскопическом лечении уrolитиаза, хирургических условий до и после применения соответствующей методики, а также межгрупповой сравнительный анализ, показали соответствие с объективными результатами этапов УРС и ПНЛ.

На наш взгляд внедрение разработанной шкалы будет полезным не только для сравнения методов анестезий, но и оценки хирургических осложнений.

Использованные нами для статистических вычислений активно разрабатываемые некоммерческие (свободно доступные) программы PAST, v. 4.03; 06.2020 [79], JASP, v. 0.13.1; 16.07.2020 [31] и jamovi, v.1.6.4; 23.10.2020 по функциональности не уступают, а в некоторых аспектах и превосходят известные коммерческие пакеты (SAS, STATISTICA, IBM SPSS и др.) [41]. В них реализованы вычисления статистических оценок и критериев на основе алгоритмов ресемплинга – бутстреп и Монте-Карло. Основанные на них методы описательной и индуктивной статистики являются непараметрическими и обеспечивают надежность статистических оценок и выводов.

Известно, что  $p$ -значение является всего лишь свидетельством наличия эффекта (с той или иной степенью убедительности), но не оценивает его «размер» (силу). Уже довольно давно признано, что размер эффекта является наиболее важным результатом и целью эмпирических исследований [40] и что указание в публикациях размера эффекта с доверительными интервалами обеспечивает более полную, надежную и полезную интерпретацию научных результатов [136].

В соответствии с современными рекомендациями для статистических оценок, полученных в ходе диссертационного исследования данных нами вычислены и представлены 95%-ные доверительные интервалы результатов.

Для сравнения пары средних значений наиболее часто используется стандартизированный размер эффекта по Коуэну. Стандартизация – распространенный и удобный прием в статистике, который заключается в том, что разность сравниваемых средних ( $\Delta = M_1 - M_2$ ) делят на ее стандартное отклонение ( $SD_{\Delta}$ ). Это позволяет унифицировать измерения, приведя их к единой безразмерной шкале, в которой единицей измерения является  $SD_{\Delta}$ , и «сопоставлять несопоставимое», то есть эффекты, которые исходно могут измеряться различными единицам измерения. Эффекты со значением  $SES \geq 1$  рекомендуется рассматривать как практически (клинически) важные, заслуживающие внимания. Строго говоря, этому условию должны удовлетворять нижние границы интервальной оценки величины  $SES$  [136].

Поскольку не существует единого универсального метода проверки согласия данных с нормальным распределением, использовали 4 наиболее приемлемых критерия, реализованных в программе PAST: критерий Шапиро-Уилка, Андерсона-Дарлинга, Лиллиефорса и Харка-Бера.

В соответствии с новейшими международными рекомендациями статистически значимыми считали эффекты, для которых  $p$ -значения не превышали уровень значимости  $\alpha = 0,005$ , а не традиционное излишне снисходительное значение  $\alpha = 0,05$  [31; 56].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Научно-исследовательская работа посвящена проблеме дыхательной подвижности операционного поля и направлена на улучшение результатов малоинвазивных вмешательств по поводу камней почек и мочеточников путем выбора оптимальной анестезиологической методики.

Проведен обзор отечественной и мировой литературы посвященной проблеме дыхательной подвижности операционного поля и анестезиологическим методам, используемым для ее решения. Необходимо отметить возрождение интереса к высокочастотной вентиляции легких в различных её модификациях как компоненту общей анестезии, позволяющей обеспечить необходимые условия для высокоточной работы хирургов.

Отдельно хочется выделить популярность высокочастотной струйной вентиляции легких, которая благодаря возможности адекватной респираторной поддержки за счет подачи с высокой частотой малых объемов газа, минимизирует дыхательную подвижность операционного поля и тем самым обеспечивает благоприятные условия для высокоточной работы хирургов при различных малоинвазивных вмешательствах.

Проведенные исследования и возможности хорошего анестезиологического мониторинга позволили подобрать оптимальные параметры высокочастотной струйной вентиляции и малообъемной ИВЛ при их сочетании в герметичном дыхательном контуре, обеспечивающие пермиссивную гипероксемию и нормокапнию, а также позволяющие подавать севофлуран в концентрациях поддерживающих достаточную глубину угнетения сознания пациента. Решение этих задач исследования позволило обеспечить хорошие условия для высокоточной работы урологов с сохранением преимуществ ингаляционной анестезии.

Нам удалось показать возможность обеспечения необходимых хирургических условий и тем самым улучшить результаты прецизионных этапов трансуретральных и перкутанных вмешательств по поводу камней почек и

мочеточников под общей комбинированной анестезией путем сочетания высокочастотной струйной вентиляции и малообъемной ИВЛ.

Важно отметить ценность разработанной в рамках данного исследования оценочной шкалы дыхательной подвижности операционного поля. Результаты двухуровневого сравнительного анализа данных инструментально-визуальной хирургической оценки показали соответствие с объективными результатами уретерореноскопии и перкутанной нефролитотомии, что указывает на валидность разработанной шкалы.

Принятый на основании анализа литературы, а также собственного опыта использования высокочастотной струйной вентиляции легких протокол, позволил получить ответы на промежуточные и конечные точки нашего исследования.

При всей сложности проделанной научной работы остается большое удовлетворение от того, что получилось осуществить основную идею автора – разработать и внедрить доступную для применения анестезиологическую методику, позволяющую улучшить результаты трансуретральных и перкутанных уретеро- нефролитотрипсий.

Учитывая потребность по сей день в сочетании высокочастотных и объемных режимов ИВЛ для решения различных анестезиологических и хирургических задач, хочется предложить инженерам разработчикам наркозных и дыхательных аппаратов идею интеграции этих режимов в одной наркозной системе с совершенствованием возможностей регулировки параметров и мониторинга сочетанной ИВЛ.

## ВЫВОДЫ

1. Сочетание катетерной высокочастотной струйной вентиляции и малообъемной искусственной вентиляции легких в условиях герметичного дыхательного контура обеспечивает адекватную респираторную поддержку, сопровождается пермиссивной гипероксемией и стабильной гемодинамикой.

2. Сочетание высокочастотной струйной вентиляции с частотой дыхательных циклов 300 в мин, рабочим давлением 0,4 – 0,5 атм и малообъемной искусственной вентиляции легких с дыхательным объемом 4 мл/кг, частотой дыхания 4 в мин позволяет осуществлять ингаляцию севофлурана в концентрациях поддерживающих достаточную глубину угнетения сознания пациента и улучшает хирургические условия при уретерореноскопии в большей степени, чем при использовании частоты дыхательных циклов 200 в мин и значительно больше чем при традиционной искусственной вентиляции легких.

3. Применение периодического апноэ в условиях общей комбинированной анестезии с использованием севофлурана позволяет поддерживать достаточную глубину угнетения сознания пациента, сопровождается умеренной гиперкапнией с респираторным ацидозом.

4. Применение сочетанной искусственной вентиляции легких, позволяет значительно улучшить хирургические условия и тем самым сократить продолжительность дробления и удаления камней почек и верхней трети мочеточников при уретерореноскопии в условиях общей комбинированной анестезии, по сравнению с методикой периодического апноэ и традиционной искусственной вентиляцией легких.

5. Применение периодического апноэ при перкутанной нефролитотомии в условиях общей комбинированной анестезии обеспечивает полную неподвижность операционного поля и тем самым значительно повышает точность и скорость пункционного доступа к камням почек, по сравнению с традиционной искусственной вентиляцией легких и незначительно по сравнению с сочетанной искусственной вентиляцией легких.



## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Сочетанную ИВЛ, включающую высокочастотную струйную вентиляцию и малообъемную ИВЛ, рекомендуется применять на этапе дробления и удаления камней почек и верхней трети мочеточников методом гибкой уретерореноскопии в условиях общей комбинированной анестезии с ИВЛ в случае значительной дыхательной подвижности операционного поля.

2. На аппарате ВЧ-ИВЛ заблаговременно следует выставить катетерный режим и настроить параметры высокочастотной струйной вентиляции с частотой дыхательных циклов 300 в мин, I:E 1:3, FiO<sub>2</sub> 50%, РД 0 атм и перевести в режим ожидания (выключить). Заранее подготовленный по длине эндотрахеальной трубки инсuffляционный катетер диаметром 2,0 мм следует ввести через герметичный адаптер коннектора дыхательного контура на 1 – 2 см выше дистального конца эндотрахеальной трубки.

3. Методику анестезиологического обеспечения с сочетанной ИВЛ рекомендуется применять согласно нижеописанной инструкции:

- в условиях традиционной ИВЛ зарегистрировать уровень P<sub>reak</sub>, увеличить на испарителе подачу севофлурана до 8,0 об% и дождаться достижения показателей FiSev не менее 7,0 об%;

- трансформировать традиционную ИВЛ в малообъемную ИВЛ путем уменьшения дыхательного объема до 4,0 мл/кг ДМТ и частоты дыхания до 4 в мин, увеличения I:E до 1:3, снизить FiO<sub>2</sub> до 21%, ПСГ оставить на уровне 1,0 л/мин и отключить РЕЕР;

- включить аппарат ВЧ-ИВЛ с установленными параметрами и отрегулировать рабочее давление (0,4 – 0,5 атм) таким образом, чтобы P<sub>reak</sub> при сочетанной ИВЛ соответствовало исходным показателям при традиционной ИВЛ;

- после выполнения прецизионного этапа операции уменьшить подачу севофлурана на испарителе до исходных концентраций;

- при возобновлении традиционной ИВЛ регистрировать показатели P<sub>ET</sub>CO<sub>2</sub>.

4. Периодическое апноэ следует применять на этапе пункционного доступа к камням чашечно-лоханочной системы почек при перкутанной нефролитотомии в случае неудовлетворительных хирургических условий по следующей методике:

- в условиях традиционной ИВЛ увеличить  $FiO_2$  до 100% и вентилировать пациента в течение 5 мин, не меняя других параметров с исходно подобранными концентрациями севофлурана;
- регулятор предохранительного клапана давления в дыхательном контуре (APL) наркозно-дыхательного аппарата установить на нулевую отметку и остановить ИВЛ путем переключения на ручной режим вентиляции;
- при необходимости указанным способом осуществлять повторные периоды апноэ.

5. Критериями прекращения сочетанной ИВЛ и периодического апноэ являются завершение этапа операции,  $SpO_2 \leq 94\%$ ,  $BIS \geq 60$ ,  $P_{peak} \geq 30$  см. вод. ст., а также значимые электрокардиографические или гемодинамические нарушения. Повторное применение цикла сочетанной ИВЛ и периодического апноэ рекомендуется только после восстановления исходных показателей газообмена, гемодинамики и глубины наркоза.

6. На этапе освоения анестезиологических методик с сочетанной ИВЛ и периодического апноэ рекомендуется контроль глубины угнетения сознания пациента с помощью BIS-мониторинга, а также контроль газового состава и кислотно-основного состояния артериальной крови.

7. У пациентов с риском развития гипоксемии и осложнений, связанных с гиперкапнией и респираторным ацидозом, при использовании периодического апноэ на этапе пункционного доступа к камням почек при перкутанной нефролитотомии рекомендуется применение сочетанной ИВЛ, включающей высокочастотную струйную вентиляцию, по вышеуказанной инструкции.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

С целью совершенствования анестезиологического обеспечения прецизионности и безопасности малоинвазивных диагностических и лечебных вмешательств на органах грудной клетки, верхнего этажа брюшной полости и забрюшинного пространства целесообразным представляется:

- изучение эффективности применения сочетанной искусственной вентиляции легких и методики периодического апноэ при малоинвазивных вмешательствах по поводу кист, абсцессов, опухолей легких, печени, поджелудочной железы, почек;
- апробация разработанной оценочной шкалы дыхательной подвижности операционного поля при вышеуказанных малоинвазивных хирургических вмешательствах, в том числе в условиях других медицинских центров;
- исследование возможности применения сочетанной искусственной вентиляции легких и методики периодического апноэ в условиях общей комбинированной анестезии с использованием современного ингаляционного анестетика десфлурана;
- оценка осуществления сочетанной искусственной вентиляции легких с использованием других моделей современных наркозно-дыхательных аппаратов и высокочастотных струйных респираторов.

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ВЧСВ	высокочастотная струйная вентиляция легких
ДАД	диастолическое артериальное давление
ДМТ	должная масса тела
ДП	дыхательные пути
ДО	дыхательный объем
КОС	кислотно-основное состояние
САД	систолическое артериальное давление
ИВЛ	искусственная вентиляция легких
ИМТ	индекс массы тела
МИВЛ	малообъемная искусственная вентиляция легких
МОВ	минутный объем вентиляции
НДА	наркозно-дыхательный аппарат
ОКА	общая комбинированная анестезия
ПА	периодическое апноэ
ПНЛ	перкутанная нефролитотомия
ПСГ	поток свежего газа
РД	рабочее давление аппарата для струйной вентиляции легких
СИВЛ	сочетанная искусственная вентиляция легких
ТИВЛ	традиционная искусственная вентиляция легких
УРС	уретерореноскопия с литотрипсией и литоэкстракцией
ЧД	частота дыхания в 1 мин
ЧДЦ	частота дыхательных циклов в 1 мин
ЧСС	частота сердечных сокращений в 1 мин
ЭКГ	электрокардиограмма
ЭТТ	эндотрахеальная трубка
APL	регулируемый предохранительный клапан
ASA	американское общество анестезиологов
BE	избыток/дефицит оснований

BIS	биспектральный индекс
EtSev	концентрация севофлурана в конце выдоха
FiO <sub>2</sub>	фракция кислорода в инспираторном газе
FiSev	фракция севофлурана в инспираторном газе
I:E	отношение времени вдоха к времени выдоха
MAC	минимальная альвеолярная концентрация анестетика
PaCO <sub>2</sub>	парциальное давление углекислого газа в артериальной крови
PaO <sub>2</sub>	парциальное давление кислорода в артериальной крови
PEEP	положительное давление в конце выдоха
P <sub>ET</sub> CO <sub>2</sub>	парциальное давление углекислого газа в конце выдоха
pH	условное обозначение концентрации водородных ионов
Pmean	среднее давление в дыхательных путях
Ppeak	пиковое давление в дыхательных путях
SpO <sub>2</sub>	насыщение оксигемоглобина кислородом измеренное пульсоксиметром
V <sub>E</sub>	выдыхаемый минутный объем вентиляции

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Актуальные респираторные технологии для торакальной хирургии: традиционные проблемы и инновационные решения / М.А. Выжигина, В.Д. Паршин, В.А. Титов [и др.] // Хирургия. — 2015. — Т. 8, № 2. — С. 20–32.
2. Алексеев, А.В. Сравнительная характеристика методов респираторной поддержки в хирургии трахеи : автореф. ... дис. ... канд. мед. наук: 14.01.20 / Алексеев Александр Владиславович. — М., 2017. — 22 с.
3. Апно́йная оксигенация / А.В. Алексеев, М.А. Выжигина, В.Д. Паршин [и др.] // Анестезиология и реаниматология. — 2013. — № 5. — С. 69–74.
4. Атаханов, Ш.Э. Способ сочетанной традиционной и высокочастотной вентиляции легких / Ш.Э. Атаханов // Анестезиология и реаниматология. — 1985. — № 4. — С. 27–29.
5. Веденин, Я.О. Оптимизация струйной высокочастотной искусственной вентиляции легких при эндотрахеобронхиальных операциях по поводу опухолей трахеи и центральных бронхов / Я.О. Веденин, А.И. Арсеньев, А.С. Барчук // Вопросы онкологии. — 2009. — Т. 55, № 5. — С. 566–571.
6. Высокочастотная вентиляция легких: новое — это хорошо забытое старое / Р.Н. Акалаев, Д.М. Сабиров, В.Х. Шарипова, А.Л. Росстальная // Вестник экстренной медицины. — 2013. — № 4. — С. 100–106.
7. Гаджиев, Н.К. Инновационные технологии лечения и метафилактики нефролитиаза : дис. ... док. мед. наук: 14.01.23 / Гаджиев Нариман Казиханович. — СПб, 2017. — 243 с.
8. Горобец, Е.С. Анестезия испаряющимися анестетиками третьего поколения [Электронный ресурс]: презентация. V Образовательная школа анестезиологов и реаниматологов Казань, 2017. — Режим доступа: <http://www.str.i-docx.ru/38meditsina/167658-1-im-nnblohina-mzrf-otdel-anesteziologii-reanimatologii-esgorobec-anesteziya-isparyayuschimisya-anestetikami-treteg.php>

9. Диагностика и интенсивная терапия острого респираторного дистресс-синдрома. Клинические рекомендации ФАР / А.И. Грицан, А.И. Ярошецкий, А.В. Власенко [и др.] // Анестезиология и реаниматология. — 2016. — Т. 61, № 1. — С. 62–70.
10. Дутов, В.В. Мочекаменная болезнь единственной почки: современные аспекты лечения : Учебное пособие / В.В. Дутов, Э.А. Мамедов, И.Г. Паршенкова. — М. : МОНИКИ, 2015. — 23 с.
11. Дыхательное мертвое пространство и реализация физиологических эффектов высокочастотной струйной вентиляции легких / М.Б. Конторович, Б.Д. Зислин, А.В. Чистяков, А.В. Марков // Казанский медицинский журнал. — 2009. — Т. 90, № 3. — С. 313–319.
12. Заболеваемость мочекаменной болезнью в Российской Федерации (2005–2016 годы) / О.И. Аполихин, А.В. Сивков, В.А. Комарова [и др.] // Экспериментальная и клиническая урология. — 2018. — № 4. — С. 4–14.
13. Зислин, Б.Д. Высокочастотная струйная искусственная вентиляция легких / Б.Д. Зислин, М.Б. Конторович, А.В. Чистяков. — 2-е изд., расшир. и доп. — Екатеринбург: АМБ, 2010. — 312 с. : ил.
14. Ингаляционные анестетики десфлуран и севофлуран гиперполяризуют нейроны, подавляют ионные токи и неэффективны изнутри клетки / А.И. Вислобоков, Э.Э. Звартау, Ю.С. Полушин, В.В. Алферова // Российский журнал боли. — 2015. — Т. 46, № 1. — С. 26–27.
15. Кассиль, В.Л. Искусственная и вспомогательная вентиляция легких / В.Л. Кассиль, М.А. Выжигина, Г.С. Лескин. — М. : Медицина, 2004. — 480 с.
16. Кислород в интенсивной терапии и анестезиологии — друг или враг? / М.М. Соколова, В.В. Кузьков, Л.Н. Родионова, М.Ю. Киров // Вестник анестезиологии и реаниматологии. — 2015. — Т. 12, № 3. — С. 56–64.
17. Колотилев, Л.В. Респираторная поддержка в анестезиологическом обеспечении эндоскопических вмешательств на гортани : дис. ... док. мед. наук: 14.01.20 / Колотилев Леонид Вадимович. — СПб, 2013. — 338 с.

18. Королев, Д.О. Гибкая уретеропиелоскопия и нефроскопия при заболеваниях верхних мочевых путей : дис. ... канд. мед. наук: 14.01.23 / Королев Дмитрий Олегович. — М., 2017. — 174 с.
19. Ларионов, И.Ю. Биспектральный индекс электроэнцефалограммы как метод контроля глубины общей анестезии у больных с термическими поражениями : автореф. ... дис. ... канд. мед. наук : 14.00.37 / Ларионов Игорь Юрьевич. — М., 2004. — 25 с.
20. Литвицкий, П.Ф. Клиническая патофизиология : учебник / П.Ф. Литвицкий. — М.: . Практическая медицина, 2017. — 776 с.
21. Мизиков, В.М. Современное анестезиологическое обеспечение в эндоскопической хирургии : автореф. дис. ... док. мед. наук: 14.00.37 / Мизиков Виктор Михайлович. — М., 2002. — 53 с.
22. Новые технологии в реализации мониторинга респираторной механики при высокочастотной струйной вентиляции легких / А.В. Чистяков, Б.Д. Зислин, М.Б. Конторович, А.В. Марков // Вестник новых медицинских технологий. — 2008. — Т. 15, № 2. — С. 208–210.
23. Овечкин, А.М. Проблемы безопасности регионарной анестезии на современном этапе / А.М. Овечкин, М.Е. Политов // Анестезиология и реаниматология. — 2018. — Т. 63, № 1. — С. 9–16.
24. Орлов, Ю.П. Гипоксия и гипероксия в практике анестезиолога-реаниматолога. Роль сукцинатов при критических состояниях / Ю.П. Орлов, В.В. Афанасьев // Новости хирургии. — 2018. — Т. 26, № 2. — С. 226–237.
25. Осложнения уретерореноскопии / Г.Н. Акопян, Л.М. Рапопорт, М.А. Газимиев [и др.] // Вопросы урологии и андрологии. — 2018. — Т. 6, № 4. — С. 34–42.
26. Особенности анестезиологического пособия у больных мочекаменной болезнью / П.В. Глыбочко, Ю.Г. Аляев, В.А. Григорян [и др.] // Саратовский научно-медицинский журнал. — 2011. — Т. 7, № 2. — С. 141.



27. Особенности общей анестезии при видеоторакоскопических операциях у детей / В.В. Макушкин, А.А. Гумеров, П.И. Миронов, И.А. Мамлеев // Анестезиология и реаниматология. — 2000. — № 1. — С. 14–17.
28. Павлов, В.Е. Респираторная поддержка при анестезиологическом обеспечении эндоскопических микрохирургических вмешательств по поводу стенозов гортани : дис. ... канд. мед. наук: 14.01.20; 14.01.03 / Павлов Владимир Евгеньевич. — СПб, 2011. — 139 с.
29. Пантелеева, Н.И. Функция внешнего дыхания жителей Европейского севера при остром воздействии гипоксической и гипероксической газовых смесей / Н.И. Пантелеева, А.А. Фокин, И.М. Рощевская // Вестник Оренбургского Государственного университета. — 2016. — Т. 197, № 9. — С. 60–64.
30. Перкутанная нефролитолапаксия: прошлое, настоящее, будущее... / В.В. Рогачиков, С.Н. Нестеров, Д.Н. Ильченко [и др.] // Экспериментальная и клиническая урология. — 2016. — № 2. — С. 58–66.
31. Рубанович, А.В. Пересмотр критического уровня значимости (0.005 вместо 0.05). Байесовский след / А.В. Рубанович // Радиационная биология. Радиоэкология. — 2018. — Т. 58, № 5. — С. 453–462.
32. Руководство ВОЗ по пульсоксиметрии [Электронный ресурс]. — Всемирная Организация Здравоохранения, 2009. — 23 с. — Режим доступа: <http://www.lifebox.org.WHO-PulseOximetry-Training-Manual-Final-Russian.pdf>.
33. Руководство по эндовидеохирургии / В.П. Акимов, В.А. Кащенко, К.Г. Кубачев [и др.]; под ред. проф. В.П. Акимова. — СПб: Издательство СЗГМУ им. И.И. Мечникова, 2016. — 411 с.
34. Сатишур, О.Е. Механическая вентиляция легких / О.Е. Сатишур. — М. : Мед. лит., 2011. — 352 с.
35. Современные особенности респираторного обеспечения в торакальной хирургии. Традиционные проблемы и инновационные решения (опыт более 2 тыс. анестезий) / М.А. Выжигина, В.М. Мизиков, В.А. Сандриков [и др.] // Анестезиология и реаниматология. — 2013. — № 2. — С. 34–41.

36. Состояние, проблемы и перспективы развития Российской урологической службы / О.В. Кривонос, Е.И. Скачкова, В.А. Малхасян, Д.Ю. Пушкарь // Урология. — 2012. — № 5. — С. 5–12.

37. Стамов, В.И. Тотальная внутривенная и комбинированная общая анестезия / В.И. Стамов, А.А. Бунятян // Анестезиология и реаниматология. — 2012. — № 2. — С. 4–7.

38. Толмачев, К.М. Современные аспекты анестезиологического обеспечения больных с избыточной массой тела : автореф. дис. ... канд. мед. наук : 14.00.37 / Толмачев Константин Михайлович. — М., 2004. — 26 с.

39. Урология. Российские клинические рекомендации / под ред. Ю.Г. Аляева, П.В. Глыбочко, Д.Ю. Пушкаря. — М. : ГЭОТАР-Медиа, 2016. — 496 с.

40. Хартия качественной редакционной практики [Электронный ресурс]. — М., 2017. — Режим доступа: [https://scardio.ru/content/publication/Buklet\\_150x150\\_v3.pdf](https://scardio.ru/content/publication/Buklet_150x150_v3.pdf).

41. Хромов-Борисов, Н.Н. Биостатистические программы свободного доступа / Н.Н. Хромов-Борисов // Травматология и ортопедия России. — 2015. — Т. 78, № 4. — С. 154–159.

42. Шадус, В.С. Ингаляционная анестезия — преимущества и недостатки / В.С. Шадус, М.В. Доброносова, Е.В. Григорьев // Сибирский медицинский журнал. — 2014. — Т. 128, № 5. — С. 5–9.

43. Шурыгин, И.А. Мониторинг дыхания: пульсоксиметрия, капнография, оксиметрия / И.А. Шурыгин. — СПб : Невский Диалект, 2000. — 301 с.

44. An analysis of respiratory induced kidney motion on four-dimensional computed tomography and its implications for stereotactic kidney radiotherapy / S. Siva, D. Pham, S. Gill [et al.] // Radiat Oncol. — 2013. — Vol. 8. — P. 248.

45. A comparison of the effects of epidural anesthesia, lumbar paravertebral block and general anesthesia in percutaneous nephrolithotomy / E. Elbealy, D. Rashwan, S.A. Kassim [et al.] // J Med Sci. — 2008. — Vol. 8. — P. 170–176.

46. Anesthetic considerations during percutaneous nephrolithotomy / V. Rozentsveig, E. Neulander, E. Roussabrov [et al.] // J Clin Anesth. — 2007. — Vol. 19, № 5. — P. 351–355.

47. Anesthetic considerations for automated high-frequency jet ventilation during electromagnetic navigation bronchoscopy / R. Masters, R. Bechara, N.R. Seeley [et al.] // AANA J. — 2020. — Vol. 88, № 2. — P. 101–106.

48. Anesthesia with sevoflurane and remifentanyl under spontaneous respiration assisted with high-frequency jet ventilation for tracheobronchial foreign body removal in 586 children / S. Hu, H. Dong, Y. Sun [et al.] // Paediatr Anaesth. — 2012. — Vol. 22, № 11. — P. 1100–1104.

49. A prospective randomized study comparing percutaneous nephrolithotomy under combined spinal-epidural anesthesia with percutaneous nephrolithotomy under general anesthesia // V. Singh, R.J. Sinha, S.N. Sankhwar [et al.] // Urol Int. — 2011. — Vol. 87. — P. 293–298.

50. Apnoea is not necessary for flexible ureteroscopy and lasertripsy of renal stones: prospective study over 6 years / H.C. Ho, T. Hughes, A. Pietropaolo [et al.] // Cent European J Urol. — 2020. — Vol. 73, № 2. — P. 193–198.

51. Apnoeic oxygenation in adults under general anaesthesia using transnasal humidified rapid-insufflation ventilatory exchange (THRIVE) – a physiological study / I.M. Gustafsson, A. Lodenius, J. Tunelli1 [et al.] // British Journal of Anaesthesia. — 2017. — Vol. 118, № 4. — P. 610–617.

52. A review of kidney motion under free, deep and forced-shallow breathing conditions: implications for stereotactic ablative body radiotherapy treatment / D. Pham, T. Kron, F. Foroudi [et al.] // Technology in Cancer Research and Treatment. — 2014. — Vol. 13, № 4. — P. 315–323.

53. Bader, M.J. Efficacy of retrograde ureteropyeloscopic holmium laser lithotripsy for intrarenal calculi >2 cm / M.J. Bader, C. Gratzke, S. Walther // Urol Res. — 2010. — Vol. 38, № 5. — P. 397–402.

54. Bailey, A. Ventilation strategies including high frequency jet ventilation / A. Bailey, M. Duggan // *Out of Operating Room Anesthesia* / B.G. Goudra, P.M. Singh eds. — 2017. — P. 191–201.
55. Baer G.A. Joint papers on jet ventilation: paper collection initiated by the European society for jet ventilation, 2010 / G.A. Baer // *Press corps. Gerhard A. Baer, Tampere University.* — 2011. — P. 5–17.
56. Benjamin D.J. Three recommendations for improving the use of p-values / D.J. Benjamin, J.O. Berger // *The American Statistician.* — 2019. — Vol. 73, № 1. — P. 186–191.
57. Biro, P. High-frequency jet ventilation for minimizing breathing-related liver motion during percutaneous radiofrequency ablation of multiple hepatic tumours / P. Biro, D.R. Spahn, T. Pfammatter // *British Journal of Anaesthesia.* — 2009. — Vol. 102, № 5. — P. 650–653.
58. Bispectral index monitoring to prevent awareness during anaesthesia: the B-Aware randomized controlled trial / P. Myles, K. Leslie, J. McNeil [et al.] // *Lancet.* — 2004. — Vol. 363, № 9423. — P. 1757–1763.
59. Cevik, B. Anesthesia view in percutaneous nephrolithotomy: a 3-year experience of a referral hospital / B. Cevik, B. Eryildirim // *South. Clin. Ist. Euras.* — 2018. — Vol. 29, № 1. — P. 24–29.
60. Clinical factors prolonging the operative time of flexible ureteroscopy for renal stones: a singlecenter analysis / H. Ito, S. Kuroda, T. Kawahara [et al.] // *Urolithiasis.* — 2015. — Vol. 43, № 5. — P. 467–475.
61. Comparison between spinal and general anesthesia in percutaneous nephrolithotomy / G. Movasseghehi, V. Hassani, M.R. Mohaghegh [et al.] // *Anesth Pain Med.* — 2014. — Vol. 4, № 1. — P. e13871.
62. Comparison of different methods for lung immobilization in an animal model / A. LoMauro, A. Aliverti, O. Joensen [et al.] // *Radiotherapy and Oncology.* — 2020. — Vol. 150. — P. 151–158.
63. Comparison of general anesthesia and combined spinal-epidural anesthesia for retrograde intrarenal surgery: a prospective randomized trial in one center /

M. Cakici, H.U. Ozok, D. Erol [et al.] // *Minerva Urol Nefrol.* — 2019. — Vol. 71, № 6. — P. 636–643.

64. Comparison of percutaneous nephrolithotomy under regional versus general anesthesia: a meta-analysis of randomized controlled trials / X. Liu, G. Huang, R. Zhong [et al.] // *Urol Int.* — 2018. — Vol. 101. — P. 132–142.

65. Comparison of two ventilation techniques during general anesthesia for extracorporeal shock wave lithotripsy: high-frequency jet ventilation versus spontaneous ventilation with a laryngeal mask airway / J.R. Cormack, R. Hui, D. Olive, S. Said // *Urology.* — 2007. — Vol. 70, № 1. — P. 7–10.

66. Comparison of percutaneous nephrolithotomy under spinal versus general anesthesia: a randomized clinical trial / A. Nouralizadeh, S.A.M. Ziaee, S.H.H. Hosseini Sharifi [et al.] // *J Endourol.* — 2013. — Vol. 27. — P. 974–978.

67. Comparison of retrograde intrarenal surgery and percutaneous nephrolithotomy: from the view of an anesthesiologist / E. Ozayar, H. Gulec, M. Bayraktaroglu [et al.] // *J. Endourol.* — 2016. — Vol. 30, № 2. — P. 184–188.

68. Correlation of operative time with outcomes of ureteroscopy and stone treatment: a systematic review of literature / J. Lane, L. Whitehurst, B.M. Zeeshan [et al.] // *Current Urology Reports.* — 2020. — Vol. 21. — P. 17.

69. Davis, D.P. Both hypoxemia and extreme hyperoxemia may be detrimental in patients with severe traumatic brain injury / D.P. Davis, W. Meade, M.J. Sise // *Journal of neurotrauma.* — 2009. — Vol. 26. — P. 2217–2223.

70. Do anesthesia methods in retrograde intrarenal surgery make difference regarding the success of ureteral access and surgical outcomes? / U. Oztekin, M. Caniklioglu, V. Selmi [et al.] // *J Laparoendosc Adv Surg Tech A.* — 2020. — Vol. 30, № 3. — P. 273–277.

71. EAU Guidelines on interventional treatment for urolithiasis / C. Turk, A. Petrik, K. Sarica [et al.] // *Eur Urol.* — 2016. — Vol. 69, № 3. — P. 475–482.

72. Embolisation of pulmonary arteriovenous malformations using high-frequency jet ventilation: benefits of minimising respiratory motion / E. Boatta, R.L. Cazzato, P. Marini [et al.] // *Eur Radiol Exp.* — 2019. — Vol. 3, № 1. — P. 26.

73. ETVIEWtracheoscopic ventilation tube for surveillance after tube position in patients undergoing percutaneous nephrolithotomy / M. Barak, V. Putilov, S. Meretyk, S. Halachmi // *British Journal of Anaesthesia*. — 2010. — Vol. 104, № 4. — P. 501–504.
74. Factors affecting bleeding during percutaneous nephrolithotomy: single surgeon experience / T. Akman, M. Binbay, E. Sari [et al.] // *J. Endourol*. — 2011. — Vol. 25, № 2. — P. 327–333.
75. Freedman, J. Navigated percutaneous lung ablation under high-frequency jet ventilation of a metastasis from a Wilms' tumour: a paediatric case report / J. Freedman, P. Harbut // *Case Rep Oncol*. — 2016. — Vol. 9, № 2. — P. 400–404.
76. Frumin, H.J. Apneic oxygenation in man / H.J. Frumin, R.M. Epstein, G. Cohen // *Anesthesiology*. — 1959. — Vol. 20, № 6. — P. 789–798.
77. Geraghty, R.M. Worldwide trends of urinary stone disease treatment over the last two decades: a systematic review / R.M. Geraghty, P. Jones, B.K. Somani // *J. Endourol*. — 2017. — Vol. 31, № 6. — P. 547–556.
78. Guideline for the management of ureteral calculi / G.M. Preminger, H.G. Tiselius, D.G. Assimos [et al.] // *Eur. Urol*. — 2007. — Vol. 52. — P. 1610–1631.
79. Hammer, Ø. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis / Ø. Hammer, D.A.T. Harper, P.D. Ryan // *Palaeontologia Electronica*. — 2001. — Vol. 4, № 1. — P. 9.
80. Hasan, M.N. Preliminary evaluation of high-frequency jet ventilation in RIRS from a tertiary center / M.N. Hasan, M. Brehmer, P. Harbut // *J Endolum Endourol*. — 2019. — Vol. 2, № 1. — P. 1–4.
81. High-frequency jet ventilation during cryoablation of small renal tumours / T. Buchan, M. Walkden, K. Jenkins [et al.] // *Cardiovasc Intervent Radiol*. — 2018. — Vol. 41. — P. 1067–1073.
82. High-frequency jet ventilation for HIFU / C. Courbon, P. Bize, M. Chollet Rivier, A. Denys // *Cardiovasc Intervent Radiol*. — 2014. — Vol. 37. — P. 1397–1398.
83. High frequency jet ventilation during ablation of supraventricular and ventricular arrhythmias: efficacy, patient tolerance and safety / J.L. Williams,

V. Valencia, D. Lugg [et al.] // The Journal of Innovations in Cardiac Rhythm Management. — 2011. — № 2. — P. 528–535.

84. High frequency jet ventilation for motion management during ablation procedures, a narrative review / K. Galmen, P. Harbut, J. Freedman [et al.] // *Acta Anaesthesiol Scand.* — 2017. — Vol. 61, № 9. — P. 1066–1074.

85. High-frequency jet ventilation is beneficial during shock wave lithotripsy utilizing a newer unit with a narrower focal zone / P. Muckavage, W. A. Mayer, J. E. Mandel [et al.] // *Can Urol Assoc J.* — 2010. — Vol. 4, № 5. — P. 333–335.

86. High-frequency jet ventilation: utility in posterior left atrial catheter ablation / J.S. Goode, R.L. Taylor, C.W. Buffington [et al.] // *Heart Rhythm.* — 2006. — Vol. 3, № 1. — P. 13–19.

87. High-frequency, low tidal volume ventilation to improve catheter stability during atrial fibrillation ablation / J. Gabriels, J. Donnelly, M. Khan [et al.] // *JACC Clin Electrophysiol.* — 2019. — Vol. 5, № 10. — P. 1224–1226.

88. Hyperoxia-induced reactive oxygen species formation in pulmonary capillary endothelial cells in situ / C. Brueckl, S. Kaestle, A. Kerem [et al.] // *Am J Respir Cell Mol Biol.* — 2006. — Vol. 34. — P. 453–463.

89. Hyperoxia-induced signal transduction pathways in pulmonary epithelial cells / T.E. Zaher, E.J. Miller, D.M.P. Morrow [et al.] // *Free Radical Biology & Medicine.* — 2007. — Vol. 42, № 7. — P. 897–908.

90. Influence of anesthesia methods on surgical outcomes and renal function in retrograde intrarenal stone surgery: a prospective, randomized controlled study / O. Kwon, J.M. Lee, J. Park [et al.] // *BMC Anesthesiology.* — 2019. — Vol. 19. — P. 239.

91. Intermittent apnea and total intravenous anesthesia for microscopic laryngeal surgery / T. Werawatganon, P. Supiyaphun, V. Kerekhanjanarong [et al.] // *J Med Assoc Thai.* — 2004. — Vol. 87, № 5. — P. 547–550.

92. Intermittent capnography during high-frequency jet ventilation for prolonged rigid bronchoscopy / T. Frietsch, P. Krafft, H. Becker [et al.] // *Acta Anaesthesiol Scand.* — 2000. — Vol. 44. — P. 391–397.

93. Knudsen, B. Durability of the next-generation flexible fiberoptic ureteroscopes: a randomized prospective multi-institutional clinical trial / B. Knudsen, R. Miyaoka, K. Shah // *Urology*. — 2010. — Vol. 75, № 3. — P. 534–538.
94. Le Roux, P. Normoxia and hyperoxia in neuroprotection / P. Le Roux // *Annual Update in Intensive Care and Emergency Medicine* / ed. Vincent J.L. — 2014. — Vol. 2014. — P. 93–104.
95. Lucas, S.D. Extracorporeal shock wave therapy and percutaneous nephrolithotripsy / S.D. Lucas, G. Zheng, D. Gravenstein // *Anesthesia for urologic surgery* / D.M. Gainsburg, O.B. Ethan, A.M. Elizabeth eds. — 2014. — P. 75–91.
96. Malik, I. Percutaneous nephrolithotomy: current clinical options and anesthesiologist perspective [Электронный ресурс] / I. Malik, R. Wadhwa // *Anesthesiol Res Pract*. — 2016. — Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4826713/>.
97. Management of respiratory motion in extracorporeal high-intensity focused ultrasound treatment in upper abdominal organs: current status and perspectives / A. Muller, L. Petrusca, V. Auboiroux [et al.] // *Cardiovasc Intervent Radiol*. — 2013. — Vol. 36, № 6. — P. 1464–1476.
98. Mehrabi, S. Results and complications of spinal anesthesia in percutaneous nephrolithotomy / S. Mehrabi, K.K. Shirazi // *Urology Journal*. — 2010. — Vol. 7, № 1. — P. 22–25.
99. Mendez Probst, C.E. Preoperative indications for percutaneous nephrolithotripsy in 2009 / C.E. Mendez Probst, J.D. Denstedt, H. Razvi // *J. Endourol*. — 2009. — Vol. 23, № 10. — P. 1557–1561.
100. Moawad, H.S. Spinal vs general anesthesia for percutaneous nephrolithotomy: a prospective randomized trial / H.S. Moawad, A.S. Hefnawy // *Egyptian Journal of Anaesthesia*. — 2015. — Vol. 31, № 1. — P. 71–75.
101. Nelson, R.A. Apneic anesthesia for microlaryngeal surgery / R.A. Nelson, T. Miller // *Laryngoscope*. — 1973. — Vol. 83. — Issue. 8. — P. 1228–1233.



102. Olive, D.J. Kidney stone movement during lithotripsy under general anaesthesia: high frequency jet ventilation versus spontaneous ventilation / D.J. Olive, J.R. Cormack // *Anaesth. and Intensive Care*. — 2006. — Vol. 34, № 6. — P. 232–233.

103. Outcome of percutaneous nephrolithotomy: effect of body mass index / A.A. El-Assmy, A.R. Shokeir, A.R. El-Nahas [et al.] // *Eur. Urol.* — 2007. — Vol. 52. — P. 199–205.

104. Palnizky, G. Pulmonary complications following percutaneous nephrolithotomy: a prospective study / G. Palnizky, S. Halachmi, M. Barak // *Current Urology*. — 2013. — Vol. 7. — P. 113–116.

105. Peng, L. Re: “Toward respiratory-gated retrograde intrarenal surgery: a prospective controlled randomized study” by Kourmpetis et al. / L. Peng, W. Zhong // *Journal of Endourology*. — 2020. — Vol. 34, № 7. — P. 788–789.

106. Ponnambala Namasivayam, S. Perioperative respiratory compromise in patients undergoing PCNL- a case series / S. Ponnambala Namasivayam, G. Indu // *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. — 2013. — Vol. 7, № 10. — P. 2310–2312.

107. Popiolek, M. The impact of high-frequency positive-pressure ventilation (HFPPV) on operation time in retrograde intrarenal surgery for stones >1cm / M. Popiolek, D. Al-Rammahi, R. Swartz // *Journal of Endourology*. — 2017. — Vol. 31, № 2. — MP. 3–17.

108. Reddy, S.V.K. Outcome and complications of percutaneous nephrolithotomy as primary versus secondary procedure for renal calculi / S.V.K. Reddy, A.B. Shaik // *IntBraz J Urol*. — 2016. — Vol. 42. — P. 262–269.

109. Regional versus general anesthesia for percutaneous nephrolithotomy: a meta-analysis / H. Hu, B. Qin, D. He [et al.] // *PLoSOne*. — 2015. — Vol. 10, № 5. — P. e0126587.

110. Retrograde intrarenal surgery with combined spinal-epidural vs general anesthesia: a prospective randomized controlled trial / G. Zeng, Z. Zhao, F. Yang [et al.] // *J. Endourol.* — 2015. — Vol. 29, № 4. — P. 401–405.

111. Romero, V. Kidney stones: a global picture of prevalence, incidence, and associated risk factors / V. Romero, H. Akpınar, D.G. Assimos // *Rev. Urol.* — 2010. — Vol. 12, № 2–3. — P. 86–96.

112. Roustan, J.P. High frequency jet ventilation combined with conventional mechanical ventilation in the treatment of adult respiratory distress syndrome / J.P. Roustan // *Ann Fr Anesth Reanim.* — 1995. — Vol. 14, № 3. — P. 276–88.

113. Sanguedolce, F. Editorial comment on: towards respiratory gated retrograde intrarenal surgery: a prospective controlled randomized study by Kourmpetis et al. / F. Sanguedolce, E. Emiliani // *Journal of Endourology.* — 2018. — Vol. 32, № 9. — P. 818.

114. Schulte, E.J. Use of high frequency jet ventilation in extracorporeal shockwave lithotripsy / E.J. Schulte, E. Kochs, W.H. Meyer // *Anaesthesist.* — 1985. — Vol. 34, № 6. — P. 294–298.

115. Sculpturing in urology, or how to make percutaneous nephrolithotomy easier / N. Gadzhiev, S. Brovkin, V. Grigoryev [et al.] // *J. Endourology.* — 2015. — Vol. 29, № 5. — P. 512–517.

116. Simulation of ventilatory-induced stone movement and its effect on stone fracture during extracorporeal shock wave lithotripsy / J.P. Whelan, N. Gravenstein, J.L. Welch [et al.] // *J. Urol.* — 1988. — Vol. 140, № 2. — P. 405–407.

117. Sjöberg, F. The medical use of oxygen: a time for critical reappraisal / F. Sjöberg, M. Singer // *J Intern Med.* — 2013. — Vol. 274, № 6. — P. 505–528.

118. Spinal anesthesia is an efficient and safe anesthetic method for percutaneous nephrolithotomy / T. Cicek, U. Gonulalan, R. Dogan [et al.] // *Urology.* — 2014. — Vol. 83, № 1. — P. 50–55.

119. Spinal-epidural anesthesia versus general anesthesia in the management of percutaneous nephrolithotripsy / S. Karacalar, C.Y. Bilen, B. Sarihasan [et al.] // *Journal of Endourology.* — 2009. — Vol. 23, № 10. — P. 1591–1597.

120. Stone volume is best predictor of operative time required in retrograde intrarenal surgery for renal calculi: implications for surgical planning and quality

improvement / I. Sorokin, D.K. Cardona-Grau, A. Rehfuss [et al.] // Urolithiasis. — 2016. — Vol. 44, № 6. — P. 545–550.

121. Supine vs prone percutaneous nephrolithotomy: an anaesthetist's view / C.J. Atkinson, B.W. Turney, J.G. Noble [et al.] // B.J.U. International. — 2011. — Vol. 108. — P. 306–308.

122. Supine versus prone position during percutaneous nephrolithotomy: a report from the clinical research office of the endourological society percutaneous nephrolithotomy global study / J.G. Valdivia, R.M. Scarpa, M. Duvdevani [et al.] // J Endourol. — 2011. — Vol. 25, № 10. — P. 1619–1625.

123. Tangpaitoon, T. Efficacy and safety of percutaneous nephrolithotomy (PCNL): a prospective and randomized study comparing regional epidural anesthesia with general anesthesia / T. Tangpaitoon, C. Nisoog, B. Lojanapiwat // IntBraz J Urol. — 2012. — Vol. 38, № 4. — P. 504–511.

124. The clinical research office of the endourological society percutaneous nephrolithotomy global study: indications, complications, and outcomes in 5803 patients / J. de la Rosette, D. Assimos, M. Desai [et al.] // J. Endourol. — 2011. — Vol. 25, № 1. — P. 11–17.

125. The respiratory induced kidney motion: does it really effect the shock wave lithotripsy? / M.O. Yucel, S. Ozcan, T. Gokhan [et al.] // Urol J. — 2017. — Vol. 15, № 1. — P. 11–15.

126. The use of apnea during ureteroscopy / E. Emiliani, M. Talso, M. Baghdadi [et al.] // Urology. — 2016. — Vol. 97. — P. 266–268.

127. Toward respiratory-gated retrograde intrarenal surgery: a prospective controlled randomized study / V. Kourmpetis, S. Dekalo, N. Levy [et al.] // J Endourol. — 2018. — Vol. 32, № 9. — P. 812–817.

128. Ultrasound-Guided involuntary motion compensation of kidney stones in percutaneous nephrolithotomy surgery / I. Paranawithana, H. Li, L. Yang [et al.] // Proceedings 14th International Conference on Automation Science and Engineering (CASE). — 2018. — P. 1123–1129.

129. Update: acute hypercapnic respiratory failure / F. Seiler, F.C. Trudzinski, M. Kredel [et al.] // *Med Klin Intensivmed Notfmed.* — 2019. — Vol. 114, Issue 3. — P. 234–239.

130. Ureteroscopic laser lithotripsy: a review of dusting vs fragmentation with extraction / B.R. Matlaga, B. Chew, B. Eisner [et al.] // *J Endourol.* — 2018. — Vol. 32, № 1. — P. 1–6.

131. Use of high-frequency jet ventilation for respiratory immobilization during coronary artery CT angiography / J.E. Mandel, I. Perry, W.W. Boonn, H. Litt // *Journal of clinical anesthesia.* — 2009. — Vol. 21. — P. 599–601.

132. Van Cleynenbreugel B. Retrograde intrarenal surgery for renal stones — Part 1 / B. Van Cleynenbreugel, Ö. Kiliç, M. Akand // *Turk J Urol.* — 2017. — Vol. 43, № 2. — P. 112–121.

133. Variability of transcutaneous oxygen and carbon dioxide pressure measurements associated with sensor location / K. Górka, P. Korczyński, M. Maskey-Warzęchowska [et al.] // *Adv Exp Med Biol.* — 2015. — Vol. 858. — P. 39–46.

134. Warner, M.A. Clinical efficacy of high frequency jet ventilation during extracorporeal shock wave lithotripsy of renal and ureteral calculi: a comparison with conventional mechanical ventilation / M.A. Warner, M.E. Warner, C.F. Buck // *J. Urol.* — 1988. — Vol. 139, № 3. — P. 486–487.

135. War-Lick, K. Synchronized high frequency jet ventilation during extracorporeal shock wave lithotripsy / K. War-lick, R.C. Cork, K. Brock // *Anesthesiology.* — 1988. — Vol. 69, № 9. — P. 248.

136. Why a p-value is not enough / F. Solla, A. Tran, D. Bertoncelli [et al.] // *Clin. Spine Surg.* — 2018. — Vol. 31, № 9. — P. 385–388.

137. Wong, D.T. The effectiveness of apneic oxygenation during tracheal intubation in various clinical settings: a narrative review / D.T. Wong, A.J. Yee, S.M. Leong // *J Can Anesth.* — 2017. — Vol. 64, № 4. — P. 416–427.