

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ –  
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ БИОФИЗИЧЕСКИЙ ЦЕНТР  
ИМЕНИ А.И. БУРНАЗЯНА»  
ФЕДЕРАЛЬНОГО МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОГО АГЕНСТВА РОССИИ

*На правах рукописи*

КРУГЛЯКОВ Николай Михайлович

**Применение пункционно-дилатационной трахеостомии  
по методике Фрова у пациентов высокого периоперационного риска**

3.1.12 Анестезиология и реаниматология

(медицинские науки)

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Научный руководитель:  
Попугаев Константин Александрович,  
доктор медицинских наук, профессор РАН

Москва - 2025

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
ГЛАВА 1. ТРАХЕОСТОМИЯ У ПАЦИЕНТОВ ВЫСОКОГО ПЕРИОПЕРАЦИОННОГО РИСКА .....	12
1.1 История трахеостомии от бронзового века до наших дней.....	12
1.2 Эволюция трахеотомической трубки.....	14
1.3 Эволюция чрескожной трахеостомии.....	15
1.4 Показания, противопоказания, преимущества, сроки проведения трахеостомии .....	26
1.5 Осложнения трахеостомии.....	30
1.6 Методы объективного контроля этапов ПДТ .....	32
1.6.1 Фибробронхоскопический контроль ПДТ .....	32
1.6.2 Ультразвуковой контроль ПДТ .....	34
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	37
2.1 Дизайн исследования .....	37
2.2 Общая характеристика пациентов.....	41
2.3 Характеристика методов обследования и лечения.....	44
2.3.1 Трахеостомия по методики Фрова .....	45
2.3.2 Трахеостомия по методики Григгс .....	57
2.3.3 Интраоперационный мониторинг во время ПДТ .....	58
2.4 Методы статистического анализа.....	60
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	62
3.1 Результаты исследовательского блока I. Анализ безопасности и технических особенностей выполнения ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем у пациентов с избыточной массой тела и ожирением .....	62
3.2 Клиническое наблюдение, иллюстрирующие выполнение ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем у пациента с ожирением и повышенной массой тела.....	70

3.3 Результаты исследовательского блока II. Анализ безопасности и технических особенностей выполнения ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем у нейрореанимационных пациентов с высоким риском развития внутричерепной гипертензии в периоперационном периоде.....	72
3.4 Клинические наблюдения, иллюстрирующие выполнение ПДТ двум группам нейрореанимационным пациентам .....	84
3.5 Результаты исследовательского блока III. Анализ безопасности и технических особенностей выполнения ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем у пациентов с ЭКМО, имеющих высокий риск развития геморрагических осложнений в периоперационном периоде в связи с невозможностью прекращения проведения терапевтической гипокоагуляции гепарином.....	90
3.6 Клинические наблюдения, иллюстрирующие выполнение ПДТ двум группам пациентам с ЭКМО и невозможностью прекращения терапевтической гипокоагуляции в периоперационном периоде .....	96
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	100
ВЫВОДЫ .....	107
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	109
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	110
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	113

## ВВЕДЕНИЕ

### Актуальность исследования

Трахеостомия является одной из самых старых операций в истории медицины [52]. Несмотря на это, и сегодня существуют актуальные вопросы, касающиеся хирургической техники, показаний, сроков выполнения трахеостомии, а также профилактики и коррекции различных периоперационных осложнений [90].

Существует два способа выполнения трахеостомии – классическая открытая и пункционно-дилатационная трахеостомия (ПДТ). В реанимационной практике в настоящее время отдают предпочтение выполнению ПДТ [34]. Описано несколько методик ПДТ, из которых следует выделить три основные: Сигли, Григгса и Фрова [81]. Наиболее хорошо изученными, часто используемыми и широко цитируемыми в литературе, как в нашей стране, так и за рубежом являются методики Григгса и Сигли [1, 7, 9].

Методика Григгса предполагает применение специального дилатирующего зажима Ховарда-Келли, а методика Сигли – системы дилататоров или одного конусообразного расширителя [16, 33]. Методика Фрова предполагает использование одного винтообразного ротационного дилататора и имеет по этой причине еще одно название – ротационная ПДТ [122]. Особенности выполнения ПДТ методикой Фрова до сих пор остаются неизученными, что стало одной из основных предпосылок для планирования и проведения представленного исследования.

В реанимационной практике трахеостомия является рутинной и достаточно безопасной операцией [20]. Частота периоперационных осложнений во время ПДТ, по данным различных авторов, варьирует от 0,5 % до 19,0 % [21, 69]. В популяции реанимационных пациентов можно выделить группы пациентов, у которых или повышен риск развития периоперационных осложнений при выполнении трахеостомии, или сама по себе операция может приводить к утяжелению состояния вследствие декомпенсации основного заболевания [37]. Такие группы составляют пациенты с избыточной массой тела и ожирением, нейрореанимационные пациенты с высоким риском развития внутричерепной гипертензии в периопера-

ционном периоде, больные с высоким риском развития геморрагических осложнений на фоне проведения терапевтической гипокоагуляции при экстракорпоральной мембранной оксигенации (ЭКМО) [3, 6]. Изучение особенностей проведения ПДТ в этих группах пациентов по-прежнему является актуальной задачей специальности анестезиология и реаниматология.

Обеспечение безопасности проводимых манипуляций и операций является приоритетной задачей специальности анестезиология и реаниматология. Проведение фибробронхоскопического (ФБС) контроля при проведении ПДТ в настоящее время является «золотым стандартом» обеспечения безопасности при выполнении трахеостомии [88, 110]. Вместе с этим существует большое количество факторов, ограничивающих эффективность и безопасность эндоскопии при проведении ПДТ [65, 111, 124]. Стремительно развивающаяся в течение последних десятилетий методика ультразвуковых исследований (УЗИ) может повысить безопасность проведения ПДТ [134]. Однако исследований, посвященных использованию ультразвукового (УЗ) контроля при проведении ПДТ в целом и при помощи методики Фрова, в настоящее время, очевидно, недостаточно.

Учитывая отсутствие в доступной литературе исследований, посвященных изучению безопасности и особенностей использования методики Фрова у реанимационных пациентов с наличием факторов высокого периоперационного риска, было запланировано и проведено представленное исследование.

### **Структура исследования**

Исследование было проспективным. Для достижения цели исследования и решения его задач в дизайне исследования было выделено три исследовательских блока. В каждом из блоков был проведен анализ безопасности и технических особенностей выполнения ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем у различных групп пациентов высокого периоперационного риска. Методику ПДТ Фрова под УЗ-контролем сравнивали с методикой ПДТ Григгса под ФБС-контролем. Таким образом, в представленном исследовании методика ПДТ Григгса с ФБС-

контролем были приняты в качестве «золотого стандарта» выполнения этого оперативного вмешательства.

Исследовательский блок I. Анализ безопасности и технических особенностей выполнения ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем у пациентов с избыточной массой тела и ожирением.

Исследовательский блок II. Анализ безопасности и технических особенностей выполнения ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем у нейрореанимационных пациентов с высоким риском развития внутричерепной гипертензии в периоперационном периоде.

Исследовательский блок III. Анализ безопасности и технических особенностей выполнения ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем у пациентов с ЭКМО, имеющих высокий риск развития геморрагических осложнений в периоперационном периоде в связи с невозможностью прекращения проведения терапевтической гипокоагуляции гепарином.

### **Цель исследования**

Улучшить результаты выполнения пункционно-дилатационной трахеостомии у пациентов высокого периоперационного риска при помощи методики Фрова под ультразвуковым контролем.

### **Задачи исследования**

1. Изучить безопасность и особенности выполнения пункционно-дилатационной трахеостомии по методике Фрова под ультразвуковым контролем у реанимационных пациентов с избыточной массой тела и ожирением.

2. Изучить безопасность и особенности выполнения пункционно-дилатационной трахеостомии по методике Фрова под ультразвуковым контролем у нейрореанимационных пациентов с высоким риском развития внутричерепной гипертензии в периоперационном периоде.

3. Изучить безопасность и особенности выполнения пункционно-дилатационной трахеостомии по методике Фрова под ультразвуковым контролем

у реанимационных пациентов с терапевтической гипокоагуляцией при проведении экстракорпоральной мембранной оксигенацией, имеющих высокий риск развития геморрагических осложнений в периоперационном периоде.

### **Научная новизна исследования**

Убедительно продемонстрирована эффективность УЗ-контроля в обеспечении безопасности выполнения ПДТ методикой Фрова у реанимационных пациентов высокого периоперационного риска.

Определены ограничения ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем у реанимационных пациентов высокого периоперационного риска.

Доказана эффективность и безопасность выполнения ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем у реанимационных пациентов с избыточной массой тела и ожирением, а также у нейрореанимационных пациентов с высоким риском развития ВЧГ в периоперационном периоде.

Доказана безопасность выполнения ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем при высоком риске развития геморрагических осложнений в связи с необходимостью терапевтической гипокоагуляции при проведении ЭКМО.

### **Теоретическая и практическая значимость**

Практическая значимость проведенного исследования состоит в обосновании включения методов УЗИ в «золотой стандарт» контроля за безопасностью ПДТ методикой Фрова.

Определены ограничения для проведения ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем у реанимационных пациентов высокого периоперационного риска с индексом массы тела более 41.7 кг/м<sup>2</sup> и толщиной мягких тканей от кожи до II трахеального кольца более 40 мм.

Практическая значимость проведенного исследования состоит в возможности включения выполнения ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем у следующих групп реанимационных пациентов с высоким периоперационным риском: (1)

пациенты с избыточной массой тела и ожирением; (2) нейрореанимационные пациенты с высоким риском развития ВЧГ в периоперационном периоде; (3) пациенты с терапевтической гипокоагуляцией при проведении ЭКМО.

Применение разработанного алгоритма использования ПДТ по методике Фрова под УЗ-контролем у реанимационных пациентов высокого периоперационного риска позволяет достоверно ускорить оперативное вмешательство, повысить частоту успешности первой пункции трахеи, уменьшить частоту и длительность интраоперационных эпизодов десатурации, выраженность гиперкапнии, выраженность внутричерепной гипертензии, частоту интраоперационных кровотечений III степени.

Результаты выполненного проспективного исследования внедрены в практическую работу отделений анестезиологии-реанимации ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России. Результаты работы включены в учебный процесс МБУ ИНО ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России при изучении дисциплины «Анестезиология и реаниматология» для врачей-ординаторов, а также для повышения квалификации врачей анестезиологов-реаниматологов по специальности 3.1.12 «Анестезиология и реаниматология».

### **Методология и методы исследования**

Методологической и теоретической основой диссертационного исследования послужили труды отечественных и зарубежных исследований в области реаниматологии. При проведении исследования и изложения материала были применены общенаучные подходы. При изучении особенностей ПДТ, выполняемой по методике Фрова под УЗ-контролем, у пациентов высокого периоперационного риска применяли системно-структурные, описательные, статические методы. Использование указанных методов, а также анализ клинического и статистического материала обеспечили объективность полученных результатов и выводов.



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

1. Ограничениями для безопасного выполнения пунктионно-дилатационной трахеостомии методикой Фрова под ультразвуковым контролем у реанимационных пациентов с избыточной массой тела и ожирением являются индекс массы тела более  $41.7 \text{ кг/м}^2$  и толщина мягких тканей от кожи до II трахеального кольца более 40 мм являются.

2. Трахеостомия методикой Фрова с ультразвуковым контролем у нейро-реанимационных пациентов предпочтительнее по сравнению с методикой Григгса с фибробронхоскопическим контролем, поскольку использование последней достоверно ассоциировано с развитием внутричерепной гипертензии и со снижением церебрального перфузионного давления в интраоперационном периоде.

3. Выполнение трахеостомии методикой Фрова с ультразвуковым контролем у реанимационных пациентов с терапевтической гипокоагуляцией при проведении экстракорпоральной мембранной оксигенации по сравнению с трахеостомией методикой Григгса с фибробронхоскопическим контролем может привести к уменьшению частоты развития тяжелых интраоперационных геморрагических осложнений.

### **Внедрение результатов работы в практику**

На основании полученных результатов был создан алгоритм применения ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем у реанимационных пациентов с наличием факторов риска развития периоперационных осложнений. Созданный алгоритм был внедрен в рутинную клиническую практику работы отделений анестезиологии и реанимации ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России и включен в учебный процесс МБУ ИНО ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России при изучении дисциплины «Анестезиология и реаниматология» для врачей-ординаторов, а также для повышения квалификации врачей анестезиологов-реаниматологов по специальности 3.1.12 «Анестезиология и реаниматология».

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

Достоверность полученных результатов определяется достаточным объемом выборки пациентов, четкой постановкой цели и задач, использованием современных клинических, инструментальных и лабораторных методов исследования, применением корректных методов статистической обработки данных, соответствующих поставленным задачам. Материалы диссертационной работы были представлены в виде научных статей, опубликованных в ведущих отечественных и зарубежных научных журналах, а также доложены на XIX Всероссийской конференции с международным участием «Жизнеобеспечение при критических состояниях» 19.10.17 - 20.10.17гг.

### **Публикации**

По результатам исследования автором опубликовано 4 научные работы, в том числе, 4 статьи в издании, индексируемом в международной базе Scopus, рекомендованного ВАК.

### **Личный вклад соискателя**

Соискатель разработал дизайн исследования, определил критерии включения и исключения в исследование, самостоятельно осуществил набор клинического материала. Автор выполнил работу по систематизации и статистической обработке полученных данных, анализу и интерпретации полученных результатов, а также по подготовке материалов к публикациям. На основании полученных результатов исследования были сформулированы выводы и даны практические рекомендации.

### **Соответствие диссертации паспорту научной специальности**

По теме, методам научного исследования, а также предложенным научным положениям, представленная научно-исследовательская работа соответствует паспорту научной специальности 3.1.12. «Анестезиология и реаниматология».

### **Объем и структура диссертации**

Диссертация изложена на 128 страницах машинописного текста и включает следующие разделы: оглавление, введение, обзор литературы, материалы и методы исследования, главу результатов собственного исследования, заключение, выводы, практические рекомендации, список сокращений и литературы. Работа проиллюстрирована 39 рисунками, 20 таблицами и 5 клиническими наблюдениями. Список литературы содержит 140 источников, из них 10-отечественных и 130-зарубежных авторов.

## ГЛАВА 1. ТРАХЕОСТОМИЯ У ПАЦИЕНТОВ ВЫСОКОГО ПЕРИОПЕРАЦИОННОГО РИСКА

### 1.1 История трахеостомии от бронзового века до наших дней

Трахеотомия (от греч. *tracheia* – дыхательное горло и *tome* – разрез, рассечение) – это хирургическая операция, заключающаяся в рассечении передней стенки трахеи с целью устранения острой асфиксии, выполнение проведения диагностических и лечебных эндотрахеальных вмешательств с последующим ушиванием операционной раны. Трахеостомия (лат. *tracheostomia*, от др.-греч. *τραχεῖα* – дыхательное горло и *στόμα* – отверстие, проход) – хирургическая операция образования временного или постоянного соустья полости трахеи с окружающей средой (стома – свищ), осуществляемого путём подшивания стенки трахеи к коже и введения в трахею канюли. В результате обеспечивается поступление воздуха в дыхательные пути.

В истории медицины многие идеи открывались и забывались на протяжении веков, и история применения трахеостомии может являть изящной иллюстрацией этого феномена. В настоящее время невозможно определить изобретателя отдельно взятого метода обеспечения проходимости дыхательных путей или устройства, методы и инструментарий сами по себе периодически возвращались в течение 4000 лет. Таким образом, трахеостомия является одной из старейших хирургических процедур, описанных в литературе, и выполнялась как экстренная процедура для восстановления проходимости дыхательных путей. Первые упоминания о трахеостомии находят в одном из древнейших индоарийских религиозных текстов священной индуистской книге Риг Веда (*Rig Veda*), которая датируется между 3000–2000 гг. до н. э. [52].

Пятью веками позже датируется египетская табличка начала первой династии фараона Хор Ага, на которой изображен сидящий человек, направляющий заостренный инструмент к горлу другого человека.

Большинство экспертов считают, что табличка изображает формирование трахеостомии, поскольку человеческие жертвоприношения не практиковались в Древнем Египте [85]. Известно, что Александр Македонский (356–323 гг. до н. э.) использовал свой меч, чтобы разрезать трахею солдата, задыхающегося от аспирированной кости [35]. Греческие врачи Эскулап и Аретей и римский анатом Галлен документально подтвердили подобные операции. Примерно к 100 г. до н. э. трахеостомия, возможно, была рутинной [52].

В последующие столетия средневековья история по большей части умалчивает о процедуре дыхательных путей. Хирургический доступ к дыхательным путям в большинстве случаев осуждался, и в редких упоминаниях XIII века трахеостомия называлась «полу-убийством и скандалом хирургии» [137]. Это описание, безусловно, объясняет практический отказ от использования трахеостомии. Поэтому на протяжении большей части своей истории к трахеотомии прибегали только в крайних случаях, так как летальность при этой процедуре была очень высокой. Только в середине прошлого века трахеостомия превратилась в безопасную и рутинную медицинскую процедуру.

Однако в значительной степени спасение пациентов при безнадежных случаях дифтерии все-таки обеспечило ее место в хирургическом арсенале. Итальянский анатом и хирург Иероним Фабрициус (1562–1565) писал в XVI веке: «Эта операция возлагается на честь врача и ставит его на ноги с богами». McClelland RM (Макклелланд) разделил эволюцию трахеостомии на пять периодов:

- период легенды – с 2000 г. до н. э. до 1546 г.;
- период страха – с 1546 по 1833 гг., в течение которого операция выполнялась лишь немногими храбрыми, часто рискуя своей репутацией хирургами;
- период драмы – с 1833 по 1932 гг., в течение которого процедура обычно выполнялась только в чрезвычайных ситуациях в качестве спасительной меры у пациентов с обструкцией верхних дыхательных путей;
- период энтузиазма – с 1932 по 1965 гг., когда стала популярной поговорка «если вы думаете, что трахеостомия может быть полезна, сделай это»;

– период рационализации – с 1965 года по настоящее время, в течение которого обсуждались относительные преимущества интубации по сравнению с трахеостомией [14].

## 1.2 Эволюция трахеотомической трубки

С середины 1800-х до 1970-х годов металлические трахеотомические трубки были в клинической практике (рисунок 1).

Эти трубки были связаны с высокой частотой осложнений трахеи и аспирационной пневмонии. Треденленбург в 1969 году впервые предложил включить манжету в трахеотомическую трубку. Однако только после развития вентиляции с положительным давлением (Intermittent positive pressure ventilation) потребовалась трахеотомическая трубка с манжетами. До середины 1970-х годов манжеты эндотрахеальных, а также трахеотомических трубок были малообъемными, высокого давления и были показаны для кратковременного применения во время оперативных процедур под общим наркозом.



Рисунок 1 – Металлическая трахеотомическая трубка с силиконовой прокладкой и металлической петлей для обеспечения проходимости канала трахеотомической трубки (фото автора)

В 1960-х годах сообщалось о ряде повреждений слизистой оболочки трахеи с помощью этих трубок, если они использовались в течение более длительного времени. Это привело к разработке манжет большого объема низкого давления в поливинилхлоридных или силиконовых трубках (рисунок 2).



Рисунок 2 – Различные типы трахеостомических трубок с манжетами (фото автора)

Эти манжеты при надувании обеспечивают большую площадь поверхности для контакта с трахеей, тем самым сводя к минимуму ишемию и разрушение слизистой оболочки трахеи.

### **1.3 Эволюция чрескожной трахеостомии**

С течением времени обширные хирургические процедуры заменяются минимально инвазивной или замочной хирургической процедурой, и трахеостомия не осталась исключением. Исторически сложилось так, что для быстрого формирования трахеостомии создавались технические устройства, напоминающие сегодняшние пункционно-дилатационные наборы, однако они по своей природе были небезопасны из-за их конструкции и никогда не получали широкого распростра-

нения. С конца 1980-х годов в клиническую практику был внедрен ряд аппаратов чрескожной трахеостомии с отличными результатами и хорошим профилем безопасности. Обзор исторических аспектов чрескожной трахеостомии представлен ниже.

Seldinger S. в 1953 году представил технику замены направляющей проводочной иглы при чрескожной артериальной катетеризации; и вскоре после этого техника стала популярной как техника Сельдингера [102]. Эта техника была адаптирована к различным процедурам, включая чрескожную трахеостомию.

Shelden C. Hanter был первым, кто ввел чрескожную трахеотомию в попытке уменьшить частоту осложнений, которые следовали за открытой хирургической трахеостомией, и устранить необходимость перемещения потенциально нестабильных пациентов интенсивной терапии в операционную. Шелден и его коллеги получили доступ к дыхательным путям с помощью щелевой иглы, которая затем использовалась для направления режущего троакара в трахею (рисунок 3) [14].

К сожалению, метод вызвал множественные осложнения; и сообщалось о смертельных случаях, обусловленных разрывом троакаром жизненно важных структур, прилегающих к дыхательным путям.

Toye F. и Weinstein J. в 1969 году использовали конический прямой расширитель, который был, выдвинут в трахеальные дыхательные пути над направляющим катетером. Этот конический расширитель имел утопленное лезвие, которое было предназначено для разрезания ткани, когда расширитель достигал трахеи через направляющий катетер [113] Однако это устройство также было связано с такими осложнениями, как перетрахеальное введение, травмы трахеи, перфорация пищевода и повреждение крупных сосудов. В настоящее время эта методика не применяется.





Рисунок 3 – Режущий троакар и канюля (Анатомическая библиотека Грайфсвальдского университета, Германия)

В 1985 году Ciaglia P. с соавторами, описали метод, который опирается на прогрессивную тупую дилатацию небольшого начального отверстия трахеи, созданного иглой с использованием серии градуированных расширителей по направляющему металлическому проводнику, заведенного в трахею [33].

Трахеостомическая трубка пропускается в трахею через расширитель соответствующего размера. Фактически авторы модифицировали набор чрескожной нефростомии и успешно выполнили этой методикой чрескожную ПДТ у 26 пациентов. Поскольку ранние результаты чрескожной ПДТ были выгодно сопоставимы с хирургической трахеостомией, к 1990 году методика стала довольно популярной.

В 1999 Ciaglia P. модифицировал свою собственную методику, создав один конический расширитель с гидрофильным покрытием, который выглядит как рог носорога и поэтому соответствующим образом было названо – Blue Rhino (рисунок 4).

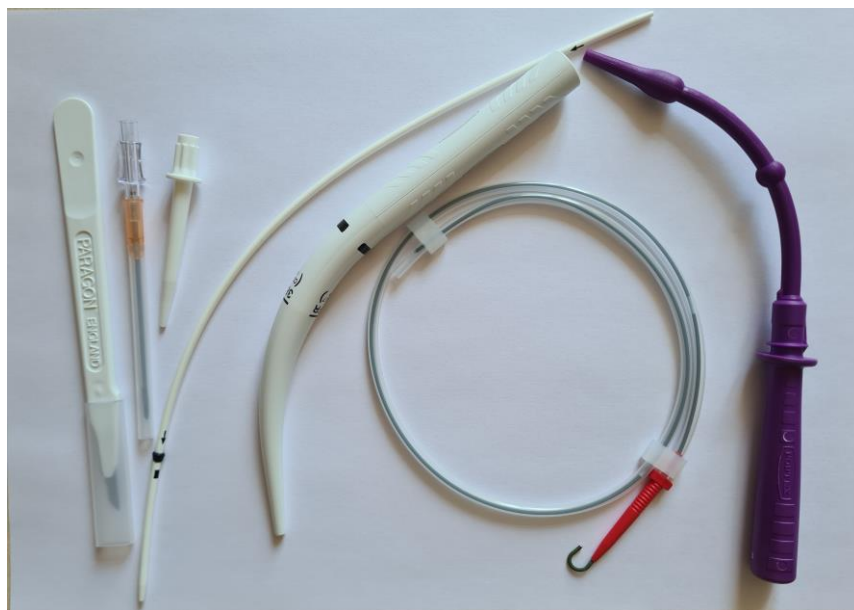


Рисунок 4 – Набор для чрескожной дилатационной трахеостомии Blue Rhino от Ciaglia (фото автора)

Набор дилататоров различного диаметра позволяет за несколько последовательных бужирований сформировать трахеостому, с последующей установкой трахеостомической трубки в просвет трахеи по направляющему проводнику методом Селдингера. Наборы до настоящего времени производятся компанией Cook Critical Care, Bloomington, IN, США (рисунок 5).



Рисунок 5 – Набор для чрескожной дилатационной трахеостомии Ciaglia  
(Cook Inc, Блумингтон, США)

В 2000 году Ciaglia P. незадолго до своей смерти в возрасте 88 лет придумал идею баллонной чрескожной трахеостомии. Его предварительное видение было реализовано позднее Майклом Згодой, пульмонологом из Университета Кентукки (США) и опубликовал свой опыт использования этого набора в 2003 году (рисунок 6) [140].

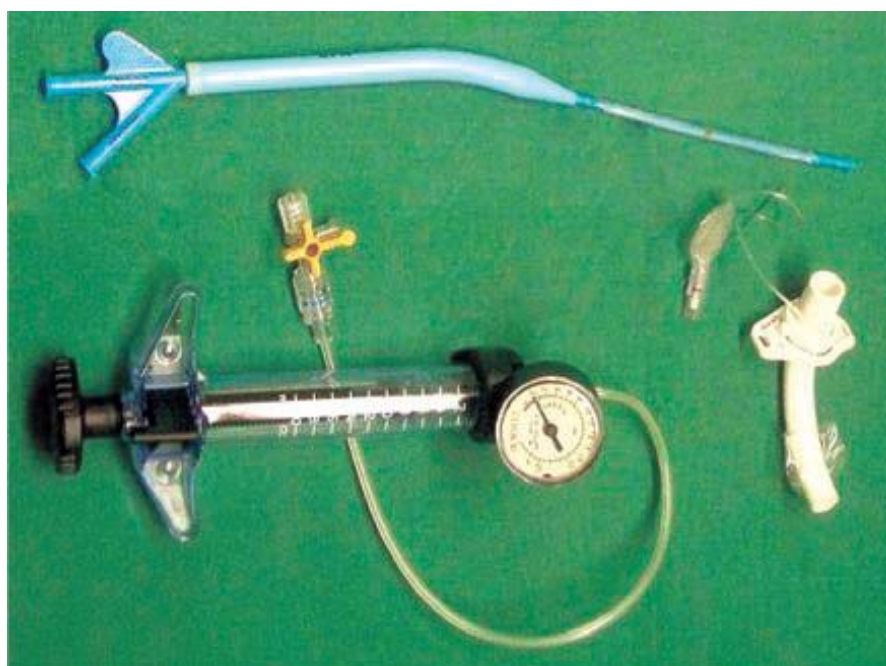


Рисунок 6 – Чрескожная трахеодилатация с помощью баллона Blue Dolphin от Ciaglia, Блумингтон, штат Индиана США)

Этот метод не получил широкого распространения, главным образом, по фармакоэкономическим причинам. Ciaglia P. по праву считается отцом современной чрескожной ПДТ.

Schachner A. (1989) разработал набор (Rapitrach, Fresenius), который состоял из режущих расширяющих щипцов (рисунок 7) со скошенным металлическим конусом, предназначенным для принудительного продвижения по направляющей проволоке, что позволяет вставлять трахеостомическую трубку между открытыми браншами устройства [91].

Набор Rapitrach, как следует из названия, первоначально был разработан для экстренного использования для получения доступа к просвету трахеи через

чрескожный подход. Однако использование этого устройство было ассоциировано с высокой частотой травм задней стенки трахеи и летального исхода [76].

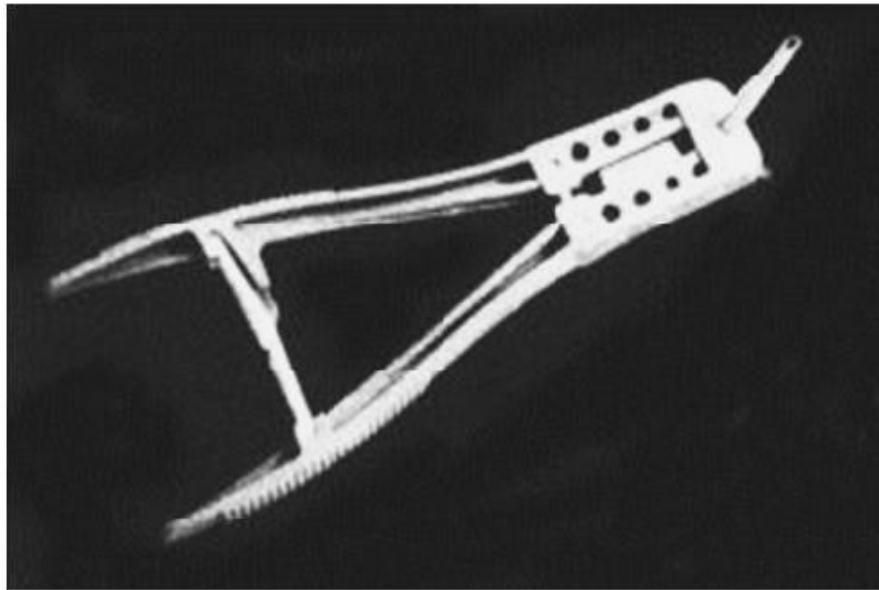


Рисунок 7 – Рапитрах (Фрезениус, Ранкорн, Чешир, Великобритания); Rapitrach (Fresenius, Runcorn, Cheshire, UK)

Griggs V. (1990) описал использование модифицированных щипцов Хорварда-Келли, имеющих между закрытыми браншами ход для металлического проводника, по которому собственно зажим и проводится в полость трахеи и затем при раздвижении бранш происходит формирование стомы [16]. Щипцы Хорварда-Келли не имеет режущей кромки в отличие от устройства Rapitrach, что существенно повышает безопасность устройства и этой методики ПДТ. Набор для ПДТ по методике Григгса с щипцами Хорварда-Келли производит компания Portex, Hythe Kent, UK (рисунок 8).

Методика Григгса относительно проста в исполнении, позволяет опытному оператору быстро выполнить ПДТ, имеет высокий профиль безопасности [88, 101]. В этой связи методика Григгса является чрезвычайно популярной и распространенной в России, европейских странах и Австралии. В нашем исследовании методика Григгса была принята в качестве «золотого стандарта» выполнения ПДТ. При возникновении технических сложностей при выполнении ПДТ методикой Фрова осуществляли переход на методику Григгса.



Рисунок 8 – Набор с расширяющими щипцами Griggs с направляющей проволокой (фото автора)

В 1993 году Fantoni A. описал технику трахеостомии через трансларингальный доступ, основной особенностью которого было прохождение расширителя, а также трахеостомической трубки изнутри трахеи наружу шеи – техника входа и выхода [75]. Трахеостомическая трубка вытягивается изнутри трахеи наружу и вращается. Первоначальная версия комплекта была позже модифицирована в 1997 году (Маллинкродт, Германия) (рисунок 9).

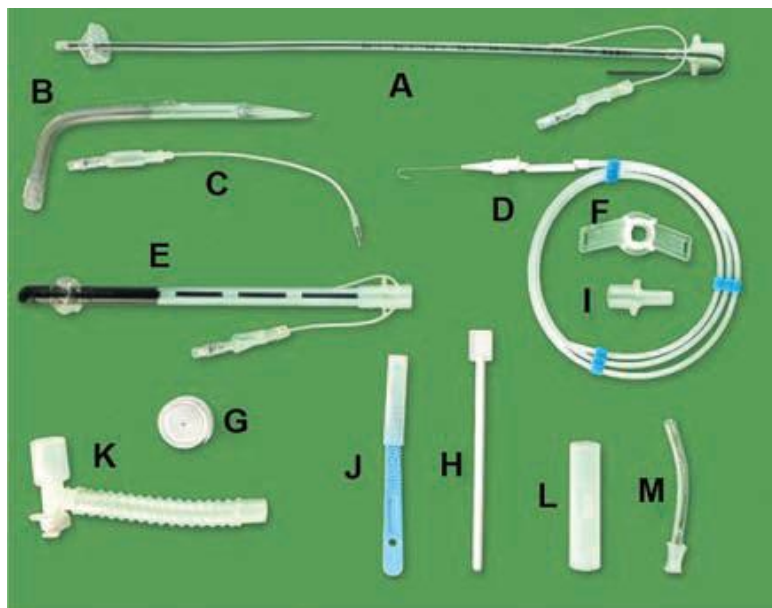


Рисунок 9 – Набор для транслоточной трахеостомии Fantoni (Маллинкродт Медикал ГмбХ, Хеннеф, Германия)

Методика сопряжена с рядом технических сложностей и осложнений, что не позволило ей получить широкое распространение.

В 2002 году Frova G., профессор отделения анестезиологии и интенсивной терапии госпиталя Брешиа, Италия разработал винтопообразное устройство для выполнения ПДТ (PercuTwist<sup>®</sup>, Rüsч) (рисунок 10).



Рисунок 10 – Перкутвист-расширители Frova разных размеров (Рюш, Кернен, Германия)

Поскольку методика Фрова для формирования стомы предполагает использование конусовидного винтового расширителя, вводимого по предварительно установленному в просвет трахеи стальному проводнику, эту ПДТ называют еще ротационной [53]. Винт PercuTwist™ покрыт гидрофильной пленкой, облегчающей продвижение дилататора в мягких тканях. Во время первых 2 или 3 витков винта может быть применено умеренное давление, чтобы позволить винту захватывать ткани; во время следующей прогрессии применения давления не требуется. Это обеспечивает направленное наружу вытяжение претрахеальных тканей, в результате чего передняя стенка трахеи остается далеко от задней стенки с уменьшенным риском поражения задней стенки и возможностью контролируемого расширения.

Винтообразный расширитель обеспечивает контролируемое расширение трахеи, не вызывая компрессии передней стенки трахеи (рисунок 11). В качестве исключительной характеристики этого метода, стома трахеи сразу после удаления винта остается расширенной, что обеспечивает необходимость более низкого давления для вставки трахеостомической канюли по сравнению с другими методами. Ретроспективный анализ 348 ПДТ методикой Фрова показал полное отсутствие серьезных осложнений и менее 10 % незначительных осложнений: коррекция техники оперативного вмешательства из-за кровотечения в 1,1 % наблюдений, изгиб направляющего проводника в 1,4 % наблюдений и разрыва трахеального кольца у 5,4 % пациентов. Трудность вращения была зафиксирована в 8,04 % наблюдений, а у 1,72 % пациентов были технические сложности с введением канюли, которые, однако были успешно разрешены [105].

ПДТ по методике Фрова, по данным литературы, обладает высоким профилем безопасности, она относительно проста в использовании и у опытного оператора занимает непродолжительное время [127]. ПДТ методикой Фрова можно успешно применять у самых тяжелых пациентов. Так, эту методику можно использовать, не укладывая пациента в положение с переразгибанием шеи. Это имеет чрезвычайно важное значение для пациентов с внутричерепной гипертензией, поскольку такое положение тела и давление, оказываемое на шею во время вы-

полнения дилатации трахеи, может снизить отток крови из полости черепа и привести к повышению ВЧД и дальнейшему истощению церебральных компенсаторных механизмов [29]. Есть сообщения о безопасном и эффективном использовании ПДТ методикой Фрова у этой категории пациентов [24, 66, 93].

Частота геморрагических осложнений при выполнении ПДТ методикой Фрова у больных с тромбоцитопенией ниже по сравнению с другими методиками ПДТ [10, 127]. Коагулопатия в зависимости от ее выраженности может быть абсолютным или относительным противопоказанием к выполнению трахеостомии. Вместе с этим существуют группы реанимационных пациентов, которым необходимо выполнять трахеостомию, не смотря на проводимую терапевтическую гипокоагуляцию, например, больные с ЭКМО. Очевидно, эти пациенты имеют высокий риск геморрагических периоперационных осложнений при проведении ПДТ [10, 106, 117, 119]. Однако нет исследований, посвященных этой проблеме, тем более, работ, в которых бы изучались возможности ПДТ, выполненной методикой Фрова под УЗ-контролем.

Кроме этого, техника выполнения ротационной ПДТ по методике Фрова ассоциирована с меньшей частотой разгерметизации дыхательных путей, что является актуальным при выполнении операции пациентам с респираторным дистресс синдромом (РДС) [15]. Не смотря на очевидные преимущества методики ПДТ по Фрова, ряд авторов сообщает о том, что ротационная методика может оказаться технически сложнее, особенно у пациентов с избыточной массой тела [37]. Иногда это может потребовать изменения тактики оперативного вмешательства с переходом на методику Григгса или Сигли [47, 48]. Методика Фрова не получила широкого распространения, в том числе и в России. В этой связи было запланировано и проведено представленное исследование.

В 2005 году Ambesh S., профессор анестезиологии в Институте последипломных медицинских наук Санджая Ганди, Лакхнау (Индия) представил модификацию методики Сигли Blue Rhino, разработав Т-образный расширитель трахеи «Т-Trach» (ранее известный как Т-Dagger). В отличие от округлого расширителя



Ciaglia, вал T-Trach имеет эллиптическую форму с коническими краями и имеет ряд овальных отверстий (рисунок 11) [34].



Рисунок 11 – Устройство для чрескожной трахеостомии T-Trach фирмы Ambesh (Eastern Medikit Limited, Дели, Индия)

Считается, что эта методика ПДТ минимизирует вероятность повреждения трахеи и разрушения хрящевых колец [34].

Несмотря на то, что статистически достоверных преимуществ ПДТ перед классической открытой трахеостомией до сих пор немного, в настоящее время для выполнения трахеостомии у реанимационных пациентов существенно чаще используют методики ПДТ [20].

Преимуществами ПДТ являются:

- минимально инвазивная процедура, выполняемая в отделении реанимации без необходимости транспортировки пациента в операционную;
- уменьшение времени выполнения оперативного вмешательства по сравнению с открытой трахеостомией;
- снижение риска развития периоперационного кровотечения и инфекционных осложнений;
- снижение риска развития стеноза трахеи;

– эстетические преимущества за счет формирования минимального шрама после операции.

Наиболее часто используемыми методиками ПДТ на сегодня являются Сигли и Григса [12, 19, 81, 121].

#### **1.4 Показания, противопоказания, преимущества, сроки проведения трахеостомии**

С самого начала развития реаниматологии трахеостомия стала методом выбора в обеспечении проходимости дыхательных путей у пациентов с дисфагией и нуждающихся в длительной искусственной вентиляции легких (ИВЛ) [30, 67, 79, 89]. В 1989 году согласительная конференция, посвященная искусственным дыхательным путям у пациентов, находящихся на ИВЛ, рекомендовала трахеостомию для пациентов, у которых ожидаемая потребность в искусственных дыхательных путях составляет более 21 дня [44]. В течение последних трех десятилетий постепенно уменьшались сроки выполнения трахеостомии при прогнозировании длительной ИВЛ или выявлении грубой дисфагии.

В начале 2000 годов трахеостомия считалась «ранней», если она была выполнена до трех недель после интубации трахеи. В настоящее время рекомендуется выполнение трахеостомии для защиты гортани от интубационного повреждения в течение 3 дней после интубации [40]. Эта рекомендация основана на том, что максимальное повреждение слизистой оболочки гортани происходит на 3–7 сутки, и если интубационная трубка удалена в течение этого периода, то происходит полное заживление травм [35]. Если интубация трахеи продолжается дольше одной недели, то повреждения с образованием рубцов и функциональной аномалией в голосе происходят с возрастающей частотой [45]. В системном обзоре и мета-анализе Griffiths J и его коллеги пришли к выводу, что ранняя трахеостомия значительно сокращает продолжительность искусственной вентиляции

легких и продолжительность пребывания в отделение реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ) [120].

В настоящее время для некоторых групп реанимационных пациентов общепринятой тактикой является ультрананная трахеостомия [9]. Эта тактика подразумевает под собой выполнение трахеостомии на 1–2 сутки заболевания [23, 120]. Примером таких групп пациентов являются больные с острым нарушением мозгового кровообращения, находящиеся в коматозном состоянии в остром периоде заболевания или пострадавшие с тяжелой политравмой [45, 120].

Сроки трахеостомии тем не менее не оказывают принципиального влияния на летальность [23]. Таким образом, в настоящее время трахеостомия стала рутинной операцией в реанимационной практике [52].

Интубация трахеи является методом выбора для протезирования и протекции дыхательных путей при любой острой ситуации [5]. Преимущественным сценарием развития клинической ситуации является экстубация трахеи после купирования критического состояния и коррекции причины, приведшей к интубации трахеи и началу ИВЛ [8]. Оптимальными сроками достижения безопасной экстубации трахеи является несколько суток, иногда, в редких ситуациях, этот период целесообразно пролонгировать до 7–10 суток [45]. Следует помнить об осложнениях, связанных с длительным стоянием интубационной трубки и преимуществах трахеостомии. Тем не менее, трахеостомия является оперативным вмешательством, которое также ассоциировано с целым рядом потенциальных осложнений. Решение о проведении трахеостомии должно быть индивидуализировано и принято с учетом состояния пациента, тяжести и характера основного заболевания, состояния гортаноглоточных рефлексов, прогнозируемой тактики ведения пациента и длительности ИВЛ, а также потенциального риска трахеостомии.

Осложнениями длительной интубации трахеи являются [38, 39]:

- дискомфорт пациента;
- технические сложности в проведении адекватной гигиены полости рта и ротоглотки;
- потребность в седации и анелгезии;

- риск травмы гортани;
- непреднамеренная экстубация;
- изъязвления кожных покровов и слизистой губ, глотки и гортани;
- стенозы гортани;
- повреждение голосовых складок;
- синусит;
- повреждение трахеи (трахеомалация, дилатация и стеноз трахеи);
- аспирация.

Трахеостомия по сравнению с интубацией трахеи обладает следующими преимуществами:

- уменьшает дискомфорт пациента;
- уменьшает или полностью нивелирует потребность в седации;
- существенно повышает возможности гигиенического ухода, туалета полости рта и санации трахеобронхиального дерева;
- повышает его безопасность за счет более надежной фиксации трахеостомической канюли по сравнению с интубационной трубкой;
- снижает риск развития синусита [40];
- снижает риск травмы полости рта, носа, глотки, гортани, голосовых складок;
- уменьшает мертвое пространство и работу дыхания [68];
- снижает риск развития ИВЛ ассоциированной пневмонии [70, 71];
- облегчает процесс отлучения от ИВЛ;
- риск обструкции трахеостомической канюли ниже, чем интубационной трубки;
- замена трахеостомической канюли существенно проще и безопаснее по сравнению с интубационной трубкой;
- наличие трахеостомы в отличие от интубационной трубки не затрудняет акт глотания и позволяет начать раннее пероральное кормление [42, 97, 112];
- обеспечивает мобильность пациентов;

– использование специальных клапанов трахеостомической канюли позволяет обеспечить пациенту фонацию и речь.

Противопоказания для выполнения трахеостомии являются следующие состояния [32, 33, 81, 92, 95].

Абсолютные противопоказания:

- отказ пациента;
- ожидаемая выживаемость < 48 часов;
- нестабильный перелом шейного отдела позвоночника;
- коагулопатия (международное нормализованное отношение (МНО) > 1,5, тромбоциты < 50 тыс./мкл);
- инфицирование места трахеостомы;
- злокачественная опухоль в области трахеостомы;

Относительные противопоказания:

- зоб щитовидной железы, затрудняющий выполнение операции;
- трахеомалация;
- потребность в проведении ИВЛ с агрессивными параметрами (фракция кислорода вдыхаемом газе ( $F_{iO_2}$ ) > 0,6, положительное давление в конце выдоха (ПДКВ) > 10 см вод. ст.);
- гемодинамическая нестабильность с необходимостью использования симпатомиметических препаратов в высоких дозах;
- анатомические аномалии шеи, затрудняющие проведение операции;
- обширные ожоги шеи;
- стернотомия, проведенная менее 4 недель назад;
- лучевая терапия области шеи, проведенная менее 4 недель назад.

## 1.5 Осложнения трахеостомии

При трахеостомии, как открытой, так и пункционно-дилатационной, возможно развитие целого ряда периоперационных осложнений, которые следует классифицировать следующим образом: интраоперационные и послеоперационные, тяжелые (потенциально летальные) и нетяжелые. Существуют факторы риска развития периоперационных осложнений, которые являются актуальными и для открытой трахеостомии, и для ПДТ. Доказанными факторами риска развития периоперационных осложнений при проведении трахеостомии являются избыточная масса тела и ожирение, короткая шея, невозможность интраоперационной укладки пациента на валик под лопатки с переразгибанием шеи (внутричерепная гипертензия, перелом шейного и грудного отдела позвоночника, ограничение подвижности шейного отдела позвоночника и т.д.), коагулопатия, в том числе медикаментозная, выполнение операции недостаточно опытным оператором [25, 28, 51, 60].

Периоперационные осложнения ПДТ были классифицированы по степени тяжести (легкие, среднетяжелые и тяжелые – таблица 1) и по срокам их возникновения (интраоперационные и послеоперационные). Легкие осложнения были определены как клинически незначимые, не утяжеляющие состояние пациента и не требующие изменения тактики его ведения. К осложнениям средней степени тяжести относили потенциально опасные осложнения, утяжеляющие состояния пациента и требующие изменения тактики его ведения. К тяжелым осложнениям относили потенциально летальные осложнения, требующие изменения тактики ведения пациента с незамедлительным началом каких-либо медикаментозных или хирургических вмешательств, без которых развившееся осложнение ПДТ может стать непосредственной причиной смерти больного. Ранними послеоперационными осложнениями ПДТ считались те, которые были выявлены в течение 7 суток после операции. Послеоперационные осложнения, развившиеся позднее 7 суток считались поздними.

Таблица 1 – Классификация осложнений по степени их тяжести [11, 109, 115, 123, 135]

Осложнения		
Легкие (незначительные)	Средней тяжести (потенциально опасные)	Тяжелые (потенциально летальные)
Кровотечение I степени (незначительное): пропитывание кровью не более одной марлевой салфетки в день и отсутствие кровотечения из трахеобронхиального дерева. Для остановки кровотечения достаточно инфильтрации мягких тканей вокруг трахеостомической канюли раствором местного анестетика с вазоконстрикторными	Кровотечение II степени (средней тяжести): пропитывание кровью нескольких марлевых салфеток в течение суток, продолжающееся кровотечение, требующее повторных инфильтраций мягких тканей анестетиком с вазоконстрикторами вместе с наложением кожных швов, и/или кровотечение из трахеобронхиального дерева, не более 150 мл/сутки и требующее санационной бронхоскопии;	Кровотечение III степени (тяжелое): требующее трансфузии более двух доз эритроцитарной массы в течение 24 часов, а также ревизии трахеостомической раны с хирургической коагуляцией, прошиванием сосудов и наложением дополнительных швов, и/или кровотечение из трахеобронхиального дерева более 150 мл в сутки, требующее повторных бронхоскопических исследований и манипуляций;
Гипоксемия ( $SpO_2 < 90$ в течение менее 5 минут)	Несквозное повреждение задней стенки трахеи	Сквозное повреждение задней стенки трахеи
Множественные попытки пункции трахеи	Инфекция мягких тканей области трахеостомы (без необходимости терапии системными антибиотиками)	Повреждение пищевода
	Пневмоторакс	Инфекция мягких тканей области трахеостомы, требующая проведения терапии системными антибиотиками
	Паратрахеальная установка трахеостомической трубки;	
	Пролежень под манжеткой трахеостомической трубки	Периоперационная утрата дыхательных путей
	Стеноз трахеи	Остановка сердца

При открытой трахеостомии частота летального исхода от осложнений операции составляет от 1 % до 5 % [18, 22, 82, 129, 130, 138]. При ПДТ частота летального исхода от осложнений операции составляет 1:600 [28, 44, 80]. Как правило, летальными интраоперационными осложнениями являются массивная кровопотеря вследствие повреждения крупных сосудов, потеря контроля над дыхательными путями, травма дыхательных путей, а также несвоевременно распознанный и купированный пневмогидроторакс [73, 99, 133].

Вместе с часто встречающимися, типичными периоперационными осложнениями трахеостомии при проведении ПДТ могут развиваться редкие, почти ка-

зуистические, но, тем не менее, потенциально летальные осложнения. Например, при выполнении трахеостомии во время проведения ЭКМО описано крайне редкое, но опасное осложнение, заключающееся в развитии массивной воздушной венозной эмболии, источником которой являются венозные сосуды мягких тканей шеи. Воздух, попадающий таким образом в венозную систему, может привести к автоматической остановке аппарата ЭКМО. Поскольку аппараты ЭКМО не имеют кардиотомного резервуара, то наличие даже небольшого количества воздуха приводит к остановке искусственного кровообращения [49]. Такие осложнения были ранее описаны [50]. Однако до сих пор в литературе отсутствуют данные о вероятности развития этого грозного осложнения при выполнении ПДТ методикой Фрова.

Причинами летального исхода от осложнений трахеостомии в послеоперационном периоде являются тяжелые инфекционные осложнения, например, медиастенит после ранения задней стенки трахеи и пищевода, а также геморрагические осложнения при аррозивном повреждении крупных сосудов или при формировании трахеобрахиоцефального свища [73, 99, 133].

Таким образом, частота периоперационных осложнений несколько ниже при ПДТ по сравнению с открытой трахеостомией. Для минимизации риска развития осложнений следует операцию выполнять исключительно опытному оператору и неукоснительно соблюдать все правила ее выполнения, в том числе, и касающиеся укладки пациента. Отдельного обсуждения требуют методы объективного контроля хода ПДТ – фибробронхоскопический (ФБС-контроль) и ультразвуковой (УЗ-контроль) контроль этапов операции.

## **1.6 Методы объективного контроля этапов ПДТ**

### **1.6.1 Фибробронхоскопический контроль ПДТ**

ФБС-контроль является «золотым стандартом» в обеспечении безопасности выполнения ПДТ [19, 31, 64, 81, 116, 118]. Методика ФБС позволяет осуществить контроль над следующими этапами операции [17, 46, 62, 83, 96, 100, 116, 125]:



- через порт углового соединителя водится фибробронхоскоп проходящий через интубационную трубку в трахею, с дальнейшим ее выдвигением и правильным позиционированием перед началом операции;
- определение уровня пункции трахеи пробной иглой – это достигается при помощи эффекта трансиллюминации – эндоскопист определяет место пункции трахеи и устанавливает бронхоскоп на 5 мм краниальнее предполагаемой пункции, что позволяет оператору увидеть на передней поверхности шеи световое пятно от фибробронхоскопа и точно определить место пробной пункции;
- обеспечение пункции трахеи по ее срединной линии;
- предотвращение ранения задней стенки трахеи при помощи управления действиями оператора под визуальным контролем при ФБС во время пункции трахеи, заведения в ее просвет катетера и дилататоров;
- определение правильности положения заведенной в просвет трахеи трахеостомической канюли и правильное ее позиционирование после завершения ПДТ;
- проведение при необходимости санационной бронхоскопии после завершения ПДТ.

Следует выделить два основных ограничения метода ФБС-контроля ПДТ [62, 100]:

- невозможность визуализации сосудов и паратрахеальных анатомических структур, например, щитовидной железы;
- невозможность проведения адекватной ИВЛ во время ФБС, что приводит к быстрой декомпенсации состояния у пациентов с РДС и развитию внутричерепной гипертензии у нейрореанимационных больных с отеком мозга или другой интракраниальной патологией, ассоциированной с повышением внутричерепного давления.

Тем не менее, большинство экспертов признают метод ФБС-контроля в качестве «золотого стандарта» [72]. В представленной работе этот метод был нами также определен в качестве «золотого стандарта» в обеспечении безопасности ПДТ, также сравнивали метод УЗ-контроля с методом ФБС-контроля. После

окончания ПДТ всем пациентам проводили ФБС-контроль, при развитии любых осложнений во всех наблюдениях выполняли ФБС-контроль. Кроме этого, при затруднении интерпретации УЗ-контроля на любом из этапов ПДТ переходили к ФБС-контролю.

### 1.6.2 Ультразвуковой контроль ПДТ

Методика УЗ-контроля позволяет [13, 15, 19, 20, 26, 27, 36, 43, 56, 58, 61, 63, 65, 74, 77, 80, 81, 86, 87, 94, 95, 98, 104, 111, 107, 108, 114, 126, 128, 132, 136]:

- визуализировать паратрахеальные анатомические структуры и минимизировать их непреднамеренное повреждение, что особенно актуально у пациентов с избыточной массой тела и ожирением, анатомическими деформациями шеи и при невозможности укладывания пациента на валик под лопатками с переразгибанием шеи;
- измерить расстояние от кожи до трахеи, что позволяет точно определить глубину пункции трахеи и выбрать трахеостомическую трубку необходимого размера;
- визуализировать кольца трахеи и определить ее средней линии, что позволяет быстро выполнить безопасную пункцию трахеи и завести проводник в ее просвет и уменьшает длительность операции;
- повысить успешность первой попытки пункции трахеи и снизить количество повторных пункций;
- снизить вероятность проксимальной установки трахеостомической канюли (между крикоидным хрящом и первым кольцом трахеи) с соответствующим снижением риска развития посттрахеостомического стеноза трахеи, обусловленного высоким расположением трахеостомической трубки;
- отслеживать в режиме реального времени движение иглы и ее траекторию во время пункции трахеи, что позволяет снизить риск повреждения задней стенки трахеи;

– определить положение трахеостомической канюли после завершения ПДТ.

Основными недостатками УЗ-контроля при ПДТ являются:

– отсутствие технической возможности контроля состояния задней стенки и анатомических структур, прилежащих к задней стенке, поскольку воздух в просвете трахеи и пищевода не позволяет провести полноценную ультразвуковую визуализацию;

– необходимость наличия специальных навыков у оператора и его ассистента для выполнения полноценного УЗИ;

– отсутствие общепринятых алгоритмов по проведению УЗ-контроля выполнения ПДТ.

Выбор датчика важен при оценке анатомии шеи и дыхательных путей. Высокочастотные линейные датчики (7,5 МГц) обеспечивают лучшее разрешение поверхностных структур. Таким образом, они являются наиболее подходящими для визуализации поверхностных структур дыхательных путей (в пределах 2–3 см от кожи). Конвексный низкочастотный (5 МГц) преобразователь лучше всего использовать для получения сагиттального и парасагиттального изображений структур в подчелюстной и надглоточной областях [54].

УЗИ технологии продолжают развиваться, появляются датчиков УЗИ высокого разрешения, позволяющие все более прецизионно визуализировать различные анатомические структуры в режиме реального времени [55]. УЗИ исследование верхних дыхательных путей, шеи дает большой объем полезной анатомической информации, которую, безусловно, следует использовать при выполнении ПДТ. Накопление клинического опыта позволит создать четкие протоколы УЗ-контроля ПДТ и повысить безопасность пациента. Очевидным преимуществом УЗ-контроля перед ФБС-контролем ПДТ является отсутствие необходимости частичного или полного прекращения ИВЛ для проведения ФБС, что существенно влияет на эффективность респираторной поддержки пациента.

Таким образом, ПДТ стала рутинной методикой выполнения трахеостомии у реанимационных пациентов. Наиболее часто ПДТ выполняют методиками

Григгса и Сигли под ФБС-контролем. Эта операция в последние десятилетия стала относительно безопасной, особенно в руках опытных операторов. Тем не менее, при ПДТ сохраняется вероятность развития периоперационных осложнений, в том числе и летальных. Кроме этого, в реанимационной практике всегда встречаются пациенты, у которых в силу индивидуальных особенностей или характера основного заболевания, выявляются факторы риска развития различных осложнений. Это пациенты с избыточной массой тела и ожирением, пациенты с вероятностью развития внутричерепной гипертензии в периоперационном периоде ПДТ, а также пациенты с медикаментозной гипокоагуляцией при проведении ЭКМО. В этой связи поиск путей дальнейшего снижения риска развития периоперационных осложнений является актуальной задачей анестезиологии-реаниматологии. Проведенный обзор литературы продемонстрировал, что методика ПДТ по Фрова, выполняемая под УЗ-контролем является неизученной и вместе с этим потенциально перспективной для дальнейшего улучшения результатов лечения реанимационных пациентов, нуждающихся в выполнении ПДТ.

## ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Научное исследование Круглякова Николая Михайловича на тему «Применение пункционно-дилатационной трахеостомии по методике Фрова у пациентов высокого периоперационного риска» одобрена локальным этическим комитетом. Протокол №17а от 30.05.2017 года. Представленное исследование было проведено на базе ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России в период с 2017 г. по 2021 г. Исследование представляло собой проспективный анализ собранных данных.

### 2.1 Дизайн исследования

Цель работы заключалась в улучшении результатов выполнения ПДТ у пациентов высокого периоперационного риска при помощи методики Фрова под УЗ-контролем.

Критерии включения:

1. Возраст 18 и более лет.
2. Показания к выполнению трахеостомии: необходимость проведения длительной ИВЛ или дисфагические нарушения.
3. Высокий периоперационный риск ПДТ: избыточная масса тела или ожирение (индекс массы тела  $\geq 25$ ); или нейрореанимационная патология с необходимостью проведения мониторинга внутричерепного давления; или необходимость проведения терапевтической гипокоагуляции гепарином при проведении ЭКМО.

Критерии исключения:

1. Отсутствие показания для выполнения трахеостомии.
2. Абсолютные противопоказания к выполнению трахеостомии: опухолевый процесс трахеи.
3. Смерть головного мозга.

Для достижения цели исследования и решения его задач в дизайне исследования было выделено три блока. В каждом из блоков был проведен анализ безопасности и технических особенностей выполнения ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем в группах реанимационных пациентов с наличием у них различных факторов риска. Безопасность и техническая выполнимость ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем сравнивали с методикой ПДТ Григгса под ФБС-контролем.

Исследовательский блок I. Анализ безопасности и технических особенностей выполнения ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем у пациентов с избыточной массой тела и ожирением. Во время выполнения этого блока производили:

- оценку технической выполнимости ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем у пациентов с избыточной массой тела и ожирением;
- сравнение частоты периоперационных осложнений при выполнении ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем и методикой Григгса с ФБС-контролем у пациентов с избыточной массой тела и ожирением;
- определение роли УЗИ для расчета необходимого размера трахеостомической канюли у пациентов с избыточной массой тела и ожирением;
- определение роли УЗ-контроля для безопасного выполнения ПДТ методикой Фрова у пациентов с избыточной массой тела и ожирением;
- определение частоты и причины, по которым интраоперационно было принято решение о переходе от методики Фрова к методике Григгса у пациентов с избыточной массой тела и ожирением;
- анализ влияния осложнений трахеостомии на течение заболевания и его исходы у пациентов с избыточной массой тела и ожирением.

Исследовательский блок II. Анализ безопасности и технических особенностей выполнения ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем у нейрореанимационных пациентов с высоким риском развития внутричерепной гипертензии в периоперационном периоде. Во время выполнения этого блока производили:

- изучение технической выполнимости ротационной ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем в положении с приподнятым головным концом и без переразгибания шеи у нейрореанимационных пациентов;
- оценку роли УЗ-контроля для безопасного выполнения ПДТ методикой Фрова у нейрореанимационных пациентов в положении с приподнятым головным концом и без переразгибания шеи;
- сравнение частоты периоперационных осложнений при выполнении ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем и методикой Григгса с ФБС-контролем у нейрореанимационных пациентов в положении с приподнятым головным концом и без переразгибания шеи;
- изучение динамики внутричерепного давления, артериальное давление (АД), церебрального перфузионного давления, сатурации, напряжения углекислоты в конце выдоха, р/f-индекса в периоперационном периоде у нейрореанимационных пациентов в положении с приподнятым головным концом и без переразгибания шеи;
- определение частоты и причины, по которым интраоперационно было принято решение о переходе от методики Фрова к методике Григгса при выполнении ПДТ нейрореанимационным пациентам в положении с приподнятым головным концом и без переразгибания шеи.

Исследовательский блок III. Анализ безопасности и технических особенностей выполнения ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем у пациентов с ЭКМО, имеющих высокий риск развития геморрагических осложнений в периоперационном периоде в связи с невозможностью прекращения проведения терапевтической гипокоагуляции гепарином. Во время выполнения этого блока производили:

- определение частоты и спектра периоперационных, прежде всего, геморрагических осложнений при выполнении ПДТ у пациентов с терапевтической гипокоагуляцией на фоне проведения ЭКМО;
- определение подходов к коррекции периоперационных геморрагических осложнений при выполнении ПДТ у пациентов с терапевтической гипокоагуляцией на фоне проведения ЭКМО;

– определение динамики параметров системы гемостаза (протромбиновый индекс (ПТИ), активированное частичное тромбопластиновое время (АЧТВ), активированное время свертывания (АСТ), фибриноген, антитромбин III (АТ-III), тромбоциты) при выполнении ПДТ у пациентов с терапевтической гипокоагуляцией на фоне проведения ЭКМО;

– определение частоты и причины, по которым интраоперационно было принято решение о переходе от методики Фрова к методике Григгса при выполнении ПДТ у пациентов с терапевтической гипокоагуляцией на фоне проведения ЭКМО.

Таким образом, в представленном исследовании методика ПДТ Григгса с ФБС-контролем была принята в качестве «золотого стандарта» выполнения этого оперативного вмешательства. Такой дизайн исследования предполагал наличие двух групп в каждом из блоков – группу пациентов, которым ПДТ выполняли методикой Фрова под УЗ-контролем и группу больных, которым выполняли ПДТ методикой Григгса под ФБС-контролем («золотой стандарт»). Всего в исследовании было 6 групп – по две в каждом исследовательском блоке.

Основными критериями эффективности ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем были: (1) отсутствие необходимости интраоперационного изменения тактики с переходом с методики Фрова с УЗ-контролем на методику Григгса с ФБС-контролем и (2) длительность операции. Основным критерием безопасности ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем по сравнению с ПДТ методикой Григгса под ФБС-контролем была частота периоперационных осложнений (интраоперационная десатурация и артериальная гипотензия, периоперационные геморрагические осложнения, послеоперационные инфекционные осложнения области хирургического вмешательства). Кроме этого, каждый из блоков содержал свои специфические критерии безопасности в зависимости от изучаемого фактора риска развития периоперационных осложнений. Решение этих задач позволяло определить возможности ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем у пациентов высокого периоперационного периода.



## 2.2 Общая характеристика пациентов

В соответствии с критериями включения и исключения в исследование вошло 158 пациентов, из которых мужчин было 98 (62 %), женщин – 60 (38 %). Возраст мужчин составил  $58,7 \pm 2,5$  лет, женщин –  $57,5 \pm 2,36$ . ПДТ методикой Фрова с УЗ-контролем выполняли 81 пациенту, методикой Григгса с ФБС-контролем – 77 пациентам. Во всех наблюдениях ПДТ выполняли в ультраранние сроки. Медиана выполнения ПДТ методикой Фрова составила 1,2 суток с момента начала ИВЛ, методикой Григгса – 1,4 суток. Прогнозируемо длительная ИВЛ была показанием для выполнения ПДТ в 87 (55 %) наблюдениях, неврологические причины – в 71 (45 %) наблюдении.

Частота интраоперационных осложнений представлена в таблице, послеоперационных – в таблице 2.

Таблица 2 – Классификация осложнений по срокам их возникновения

Характеристики	Группа «Фрова» (n = 81)	Группа «Григгс» (n = 77)	значение <i>p</i>
Общее число осложнений (%)	28 (34,6 %)	49 (63,6 %)	< 0,001
Осложнения интраоперационные			
Пункция манжетки интубационной трубки (%)	1 (1,2 %)	2 (2,6 %)	0,530
$SpO_2 < 90$ % более 3 минут (%)	9 (11,1 %)	30 (39,0 %)	0,001
Прокол aberrантных сосудов шеи (%)	0	13 (16,9 %)	0,001
Травма перешейка щитовидной железы (%)	1 (1,2 %)	8 (10,5 %)	0,012
Кратковременная гипотензия (%)	7 (8,6 %)	19 (24,7 %)	0,007
Осложнения послеоперационные			
Общее число геморрагических осложнений (%)	13 (16,3 %)	31 (40,3 %)	0,002
Кровотечения I,II степени тяжести (%)	13 (16,0 %)	14 (18,2 %)	0,722
Кровотечения III степени тяжести (%)	1 (1,2 %)	17 (22,1 %)	0,001
Продолжительность кровотечения, минут (ср ± ст.откл.)	$1,07 \pm 0,3$	$5,16 \pm 0,9$	0,003
Паратрахеальное введение трахеостомической трубки (%)	2 (2,5 %)	2 (2,6 %)	0,959

Случайная деканюляция (%)	3 (3,7 %)	3 (3,9 %)	0,950
Разрыв манжеты (%)	6 (7,4 %)	5 (6,5 %)	0,822
Инфекция мягких тканей вокруг трахеостомы (%)	10 (12,3 %)	26 (33,8 %)	0,001

*Примечание:*  $n$  – число наблюдений;  $cp \pm ст. откл.$  – среднее  $\pm$  стандартная ошибка среднего;  $p$  – уровень значимости;  $SpO_2$  – процент содержания в крови гемоглобина, насыщенного кислородом.

В таблице 3 указаны данные, характеризующие технические особенности выполнения ПДТ методикой Фрова с УЗ-контролем и методикой Григгса под ФБС-контролем – длительность операции, частота успешности первой пункции трахеи, частота непреднамеренной пункции сосудов.

Таблица 3 – Характеристики ПДТ

Характеристики	Группа «Фрова» ( $n = 81$ )	Группа «Григгс» ( $n = 77$ )	значение $p$
Длительность ПДТ, мин ( $cp \pm ст.откл.$ )	11,90 $\pm$ 0,3	13,90 $\pm$ 0,38	0,001
Частота успешности первой пункции трахеи (%)	70 (86,4 %)	48 (62,3 %)	0,001
Частота непреднамеренной пункции сосудов (%)	0	16 (20,8 %)	0,001

*Примечание:*  $n$  – число наблюдений;  $cp \pm ст. откл.$  – среднее  $\pm$  стандартная ошибка среднего;  $p$  – уровень значимости.

Полученные данные свидетельствуют о том, что у пациентов с факторами риска развития периоперационных осложнений ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем при сравнении с ПДТ методикой Григгса под ФБС-контролем позволяют выполнить операцию достоверно быстрее, достоверно повышает успешность первой пункции трахеи и достоверно снижает частоту непреднамеренной пункции сосудов шеи во время пункции трахеи.

В таблице 4 указаны периоперационные осложнения, развившиеся при выполнении ПДТ.

Таблица 4 – Частота всех периоперационных осложнений при выполнении ПДТ

Характеристики	Группа «Фрова» ( $n = 81$ )	Группа «Григгс» ( $n = 77$ )	значение $p$
----------------	--------------------------------	---------------------------------	-----------------

Общее число осложнений (%)	28 (34,6 %)	49 (63,6 %)	0,001
Периоперационные осложнения легкой степени тяжести (%)	21 (25,9 %)	43 (55,8 %)	0,001
Периоперационные осложнений средней степени тяжести (%)	21 (25,9 %)	43 (55,8 %)	0,001
Периоперационные осложнений тяжелой степени тяжести (%)	18 (22,2 %)	44 (57,1 %)	0,001
Интраоперационные осложнения			
SpO <sub>2</sub> <90% более 3 минут (%)	9 (11,1 %)	30 (39,0 %)	0,001

## Продолжение таблицы 4

Характеристики	Группа «Фрова» (n = 81)	Группа «Григгс» (n = 77)	значение <i>p</i>
Ранение aberrантных сосудов шеи (%)	0	13 (16,9 %)	0,001
Травма перешейка щитовидной железы (%)	1 (1,2 %)	8 (10,5 %)	0,012
Интраоперационная артериальная гипотензия (%)	7 (8,6 %)	19 (24,7 %)	0,007
Послеоперационные осложнения			
Общее число геморрагических осложнений (%)	13 (16,3 %)	31 (40,3 %)	0,002
Кровотечение I, II степени тяжести (%)	13 (16,0 %)	14 (18,2 %)	0,722
Кровотечения III степени тяжести (%)	1 (1,2 %)	17 (22,1 %)	0,001
Продолжительность кровотечения, минут (ср ± ст. откл.)	1,07 ± 0,3	5,16 ± 0,9	0,003
Паратрахеальное введение трахеостомической трубки (%)	2 (2,5 %)	2 (2,6 %)	0,959
Инфекция мягких тканей вокруг трахеостомы (%)	10 (12,3 %)	26 (33,8 %)	0,001

*Примечание:* *n* – число наблюдений; ср ± ст. откл. – среднее ± стандартная ошибка среднего; *p* – уровень значимости; SpO<sub>2</sub> – процент содержания в крови гемоглобина, насыщенного кислородом.

Полученные дынные свидетельствуют о том, что у пациентов с факторами риска развития периоперационных осложнений ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем при сравнении с ПДТ методикой Григгса под ФБС-контролем позволят достоверно снизить как общее количество осложнений, так и осложнения всех степеней по отдельности (легких, среднетяжёлых и тяжелых), достоверно снизить частоту интраоперационной десатурации и артериальной гипотензии, достоверно уменьшить частоту непреднамеренного ранения сосудов шеи и щито-

видной железы, достоверно уменьшить частоту геморрагических осложнений за счет уменьшения доли тяжелых геморрагических осложнений, достоверно уменьшить продолжительность кровотечения, достоверно уменьшить частоту послеоперационного инфицирования мягких тканей вокруг трахеостомы.

В целом достаточно высокую частоту развития периоперационных осложнений, которые были зафиксированы в представленном исследовании, следует объяснить тем, что в него вошли исключительно пациенты с наличием различных факторов риска развития этих осложнений.

### **2.3 Характеристика методов обследования и лечения**

Наблюдение за пациентом в рамках исследования завершали при деканюляции пациента, его выписке из стационара (в зависимости от того, что произошло раньше) или при развитии летального исхода. Во всех наблюдениях кроме периоперационных осложнений и вышеуказанных параметров оценивали и анализировали длительность ИВЛ, длительность пребывания в ОРИТ и в стационаре, исходы заболевания и причины летального исхода.

Все операции ПДТ были выполнены врачами реаниматологами в ОРИТ без необходимости транспортировки пациентов в операционную. Все операции ПДТ по методике Фрова выполняли под УЗ-контролем, однако, во всех наблюдениях на протяжении всей операции присутствовал эндоскопист для выполнения ФБС после завершения операции. Это было необходимо для исключения интраоперационных повреждений дыхательных путей, подтверждения правильного позиционирования трахеостомической канюли и для подтверждения эффективности УЗ-контроля ПДТ. При необходимости, обусловленной интраоперационной ситуацией, осуществляли незамедлительный переход от УЗ-контроля к ФБС-контролю.

### 2.3.1 Трахеостомия по методике Фрова

ПДТ по методике Фрова выполняли набором Teleflex Medical «PercuTwist» (США) (рисунок 12) под УЗ-контролем. Ход оперативного вмешательства был унифицирован во всех наблюдениях, вошедших в исследование. У всех пациентов ПДТ выполняли под общей внутривенной анестезией (фентанил в дозе индукции 0,005 мг/кг, поддержания анестезии 0,05 мг каждые 15 минут; пропофол в дозе индукции 2,5 мг/кг, поддержание анестезии 6 мг/кг/час) в условиях тотальной миорелаксации (рокуроний в разовой дозе 0,3 мг/кг). Для дозированной инфузии пропофола использовали шприцевые инфузионные насосы (B Braun Perfusor Compact PLUS, B Braun). Оценку глубины проводимой общей анестезии проводили по общепринятым клиническим критериям. После индукции общей анестезии пациенту предавалось положение Тренделенбурга, под плечи укладывался валик для переразгибания шеи. Нейрореанимационным пациентам, вошедшим в исследование, ПДТ выполняли без укладки на валик и без переразгибания шеи.



Рисунок 12 – Набор Teleflex Medical «PercuTwist» (США) для выполнения ПДТ по методике Фрова (фото автора)

ПДТ по методике Фрова под УЗ-контролем включала в себя 4 этапа:

I этап, диагностический. Он включал в себя осмотр, пальпацию и УЗИ. При УЗИ шеи проводили визуализацию перстневидного хряща, щитовидной железы, сосудов шеи, срединной линии трахеи и ее колец. Затем производится идентификация перстневидного хряща, расположенного на передней части гортанной полости, над рожковидной парой, залегающей в толще черпало-надгортанной складки, образующей бугорок в виде клина. Акустическая тень визуализируется в виде горба (рисунок 13).

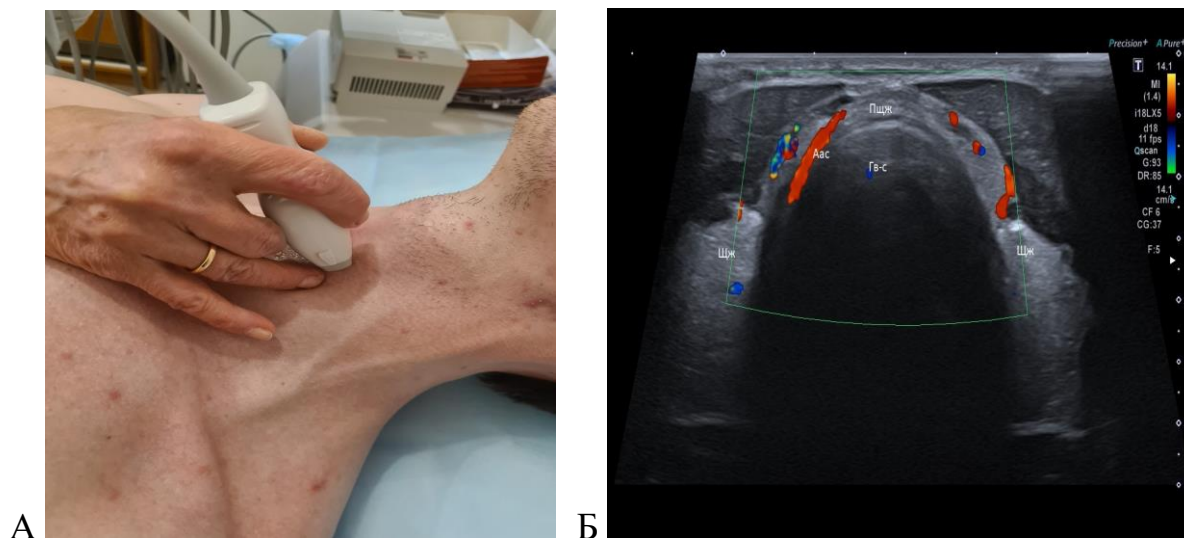


Рисунок 13 А – Изображение постановки УЗИ-датчика в области перстневидного хряща.

Б – Изображение ультразвукового исследования. Поперечный вид на уровне перстневидного хряща (Пх), показывающий Гв-с – границу воздух-слизистая; Аас – aberrantный артериальный сосуд; Щз – щитовидная железа (фото автора)

Визуализируемые дыхательные пути всегда должны быть локализованы в центре экрана аппарата УЗИ. Подъязычная кость разделяет верхние дыхательные пути на супрахиоидную и инфрагиоидную области и является ключевым ориентиром для начала ультразвукового исследования трахеи (рисунок 14 А, Б).

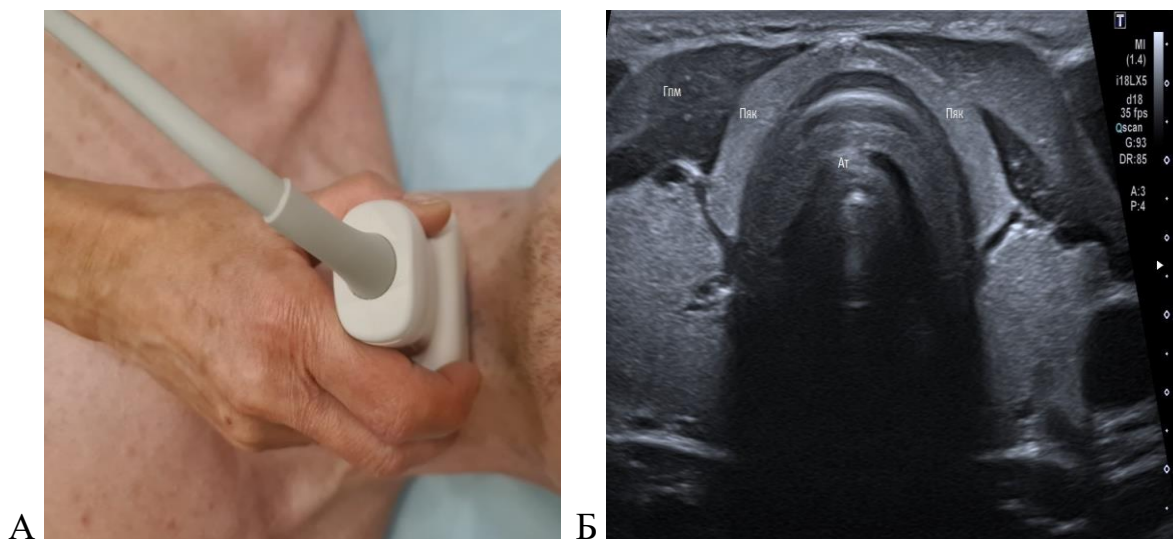


Рисунок 14 А – Изображение постановки УЗИ-датчика в области подъязычной кости.

Б – Изображение ультразвукового исследования. Поперечный вид на уровне подъязычной кости (Пяк), показывающий Гпм – группа подъязычных мышц; Гс – голосовая связка; Ат – акустическая тень (фото автора)

Затем проводится ультразвуковая визуализация щитовидного хряща внутри которого лежат голосовые связки, расположены каудально по отношению к подъязычной кости (рисунок 15 А, Б)

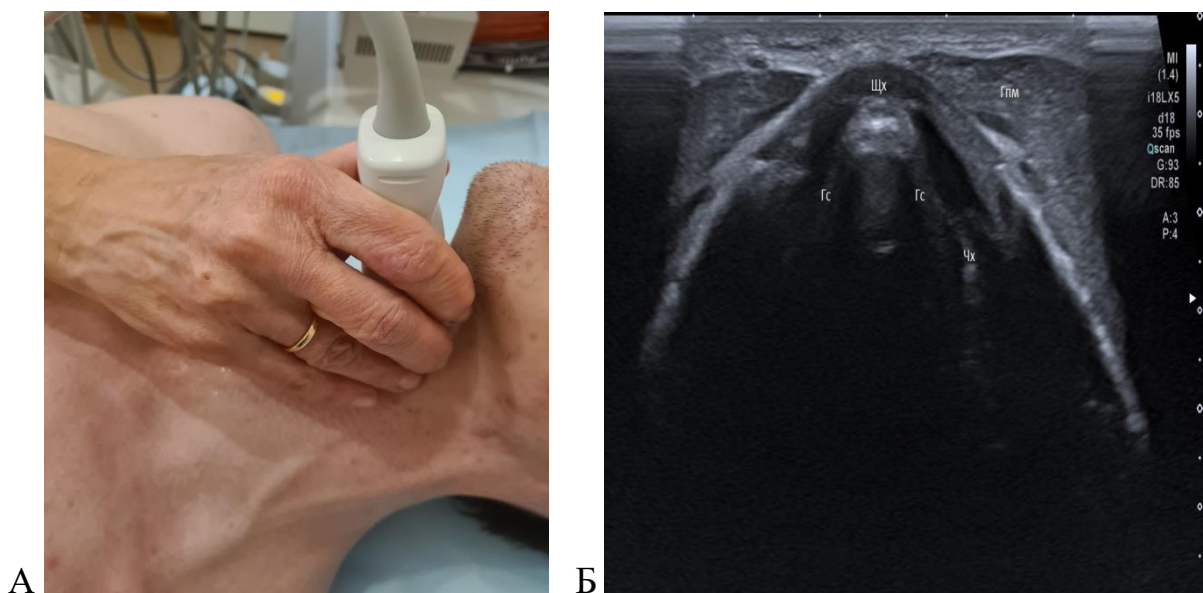


Рисунок 15 А – Изображение постановки УЗИ-датчика в области щитовидного хряща.

Б – Изображение ультразвукового исследования. Поперечный вид на уровне щитовидного хряща (Щх), показывающий Гпм – группа подъязычных мышц; Гс – голосовая связка; Чх – черпаловидный хрящ (фото автора)

При продольном исследовании в области предположительной точки пункции визуализируется перстневидный хрящ, хрящевые кольца трахеи. Также при ультразвуковом исследовании выявлен артериальный сосуд со скоростными потоками 35,2 см/с в области между трахеальными колец вторым и третьим, где планировалось определить место вкола (рисунок 16 А, Б).

Дистально к перстневидному хрящу визуализируются щитовидная железа (на рисунке указан продольный и ее поперечный размер), также кольца трахеи. Они выглядят в виде относительно тонких гипоэхогенных акустических теней в пределах передней стенки трахеи, подчеркнутую линейными гиперэхогенными артефактами (рисунок 17).



А



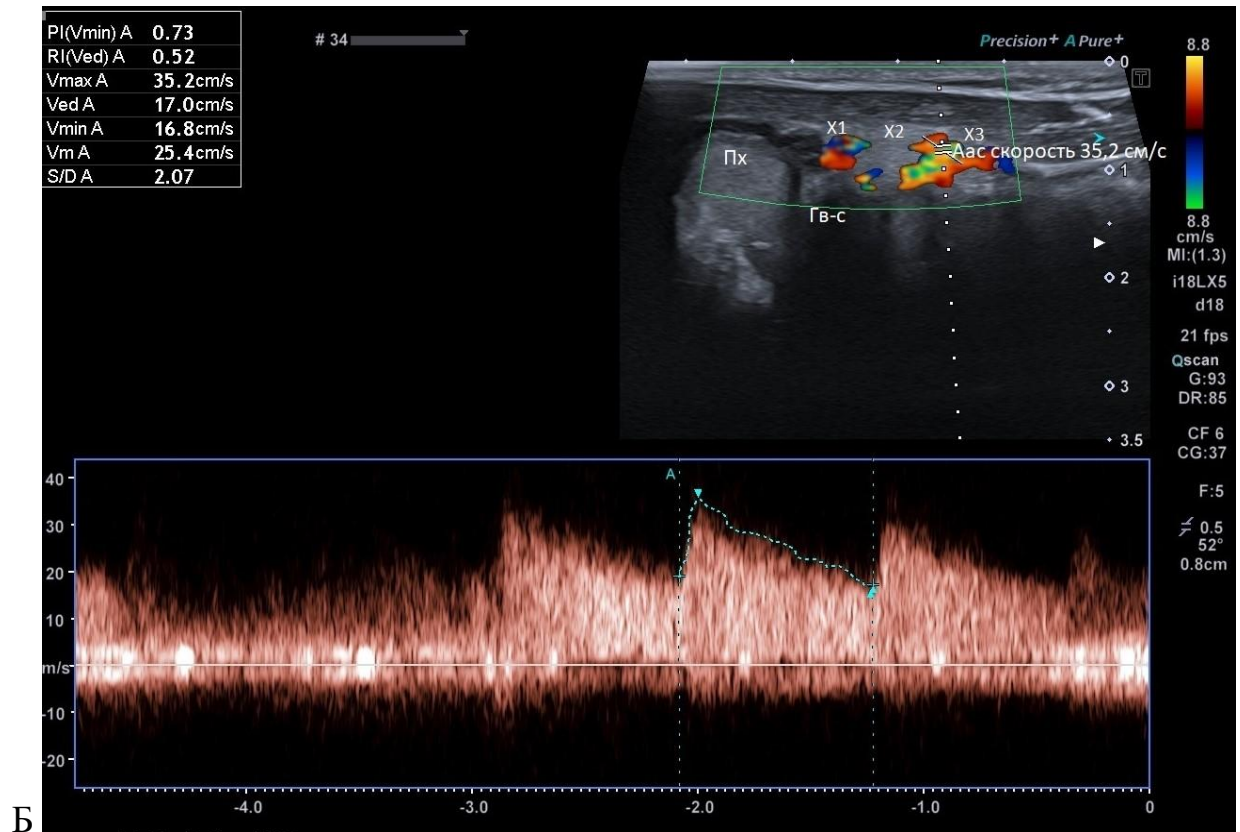


Рисунок 16 А – Изображение постановки УЗИ-датчика для парасагиттального УЗИ шеи. Б – Изображение ультразвукового исследования. Парасагиттальный вид показывающий перстневидный хрящ (Пх); Гв-с – граница воздух-слизистая; X1, X2, X3 – хрящевые кольца трахеи; Аас – aberrantный артериальный сосуд в области промежутка второго и третьего колец трахеи (фото автора)

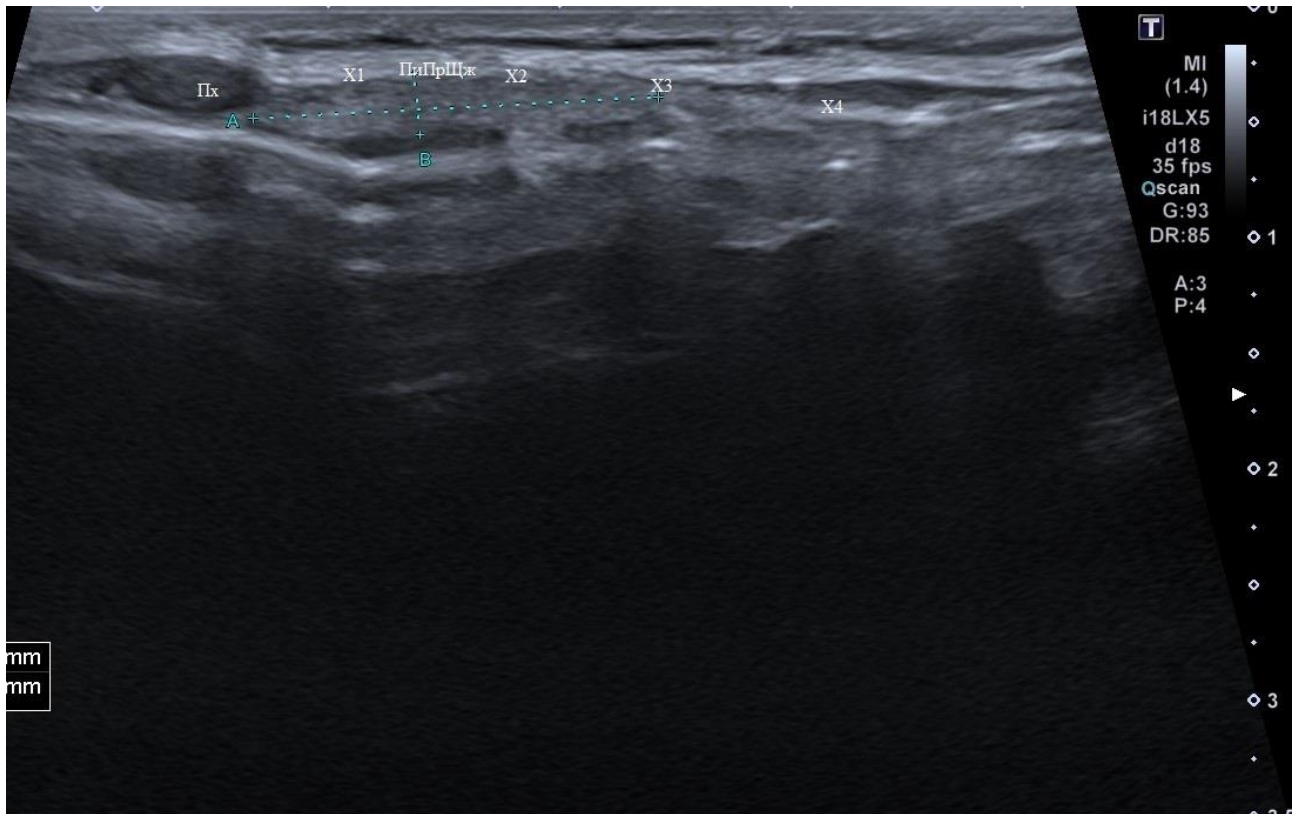


Рисунок 17 – Парасагиттальный вид трахеи. Изображение ультразвукового исследования. Парасагиттальный вид показывающий перстневидный хрящ (Пх); ПиПрЩж – поперечный и продольный размер щитовидной железы; X1, X2, X3, X4 – хрящевые кольца трахеи (фото автора)

В сагиттальной проекции они напоминают нить из жемчуга. Первое трахеальное кольцо визуализируется над яремной вырезкой. Поперечное осевое изображение трахеи позволяет визуализировать срединную линию трахеи. При размещении датчика поперек хряща трахеи получается ее короткое осевое изображение, что позволяет также визуализировать срединную линию трахеи.

В проекции промежутка между вторым и третьим кольцом трахеи производили расчёт толщины мягких тканей от поверхности кожи до просвета трахеи и диаметр трахеи. Это было необходимо для определения нужного размера трахеостомической канюли – ее длины и диаметра, соответственно. У пациентов с короткой шеей (менее 70 мм от угла нижней челюсти до середины ключицы) использовали удлинённые гибкие трахеотомические трубки с учетом полученных расчётных параметров толщины претрахеальных мягких тканей (таблица 5).

Таблица 5 – Выбор удлинённых гибких трахеотомических трубок с учетом параметрических данных пациента [57, 59]

№	ID, мм (внутренний диаметр трахеи пациента)	Толщина ПЖК пациента, мм	ID армированной трахеотомической трубки, мм		Длина армированной трахеотомической трубки, мм (погран. $\pm 1,5$ )
			внутренний диаметр	внешний диаметр	
1	10–14	10–25	7,0	10,6	120
2	14–18	15–45	8,0	11,7	130
3	18–22	15–45	9,0	12,9	140

*Примечание:* ПЖК – подкожно-жировая клетчатка > 10 мм стоит рассматривать армированные удлинённые трахеотомические трубки; средний диаметр трахеи у женщин 17,5 мм, у мужчин 19,5 мм; max > 22 мм

II этап, подготовительный. Под УЗ-контролем эндотрахеальную трубку подтягивали так, чтобы манжета трубки располагалась непосредственно выше голосовых связок.

III этап, пункционный. На аппарате УЗИ выставляли максимальное разрешение визуализации, а глубину визуализации подбирали так, чтобы трахея оставалась только в пределах экрана. Поперечное, осевое, а не продольное, сагиттальное, изображение трахеи обеспечивало четкую визуализацию оптимального места пункции и траектории движения иглы по средней линии передней стенки трахеи. В проекции движения иглы должны отсутствовать сосуды, и следует избегать пункции перешейка щитовидной железы, что иногда бывает крайне затруднительно. Затем, перемещая датчик на 90 градусов, получали продольный вид с перстневидным хрящом и первым трахеальным кольцом в центре экрана УЗИ. Пространство между первым и вторым, а также вторым и третьим хрящом трахеи в средней линии трахеи было идентифицировано и адекватно визуализировано.

Пункцию трахеи осуществляли иглой 15G с катетером в переднем квадранте трахеи максимально близко к медиальной линии. На шее точка пункции, как правило, находится срединно на 1–1,5 см выше яремной вырезки. Целевым местом пункции трахеи был промежуток между вторым и третьим хрящом трахеи. Перед пункцией помним о возможных осложнениях этого этапа являются: ранение задней стенки трахеи и пункция латеральной стенки трахеи. Правильно вы-

полненная пункция трахеи определяет последующее положение трахеостомической трубки. Иглу вводили перпендикулярно коже при постоянной аспирации шприцем. Траекторию движения иглы определяли по отчетливой акустической тени перед иглой с последующим смещением слоев ткани, наблюдаемым при прохождении иглы (рисунок 18 А, Б).

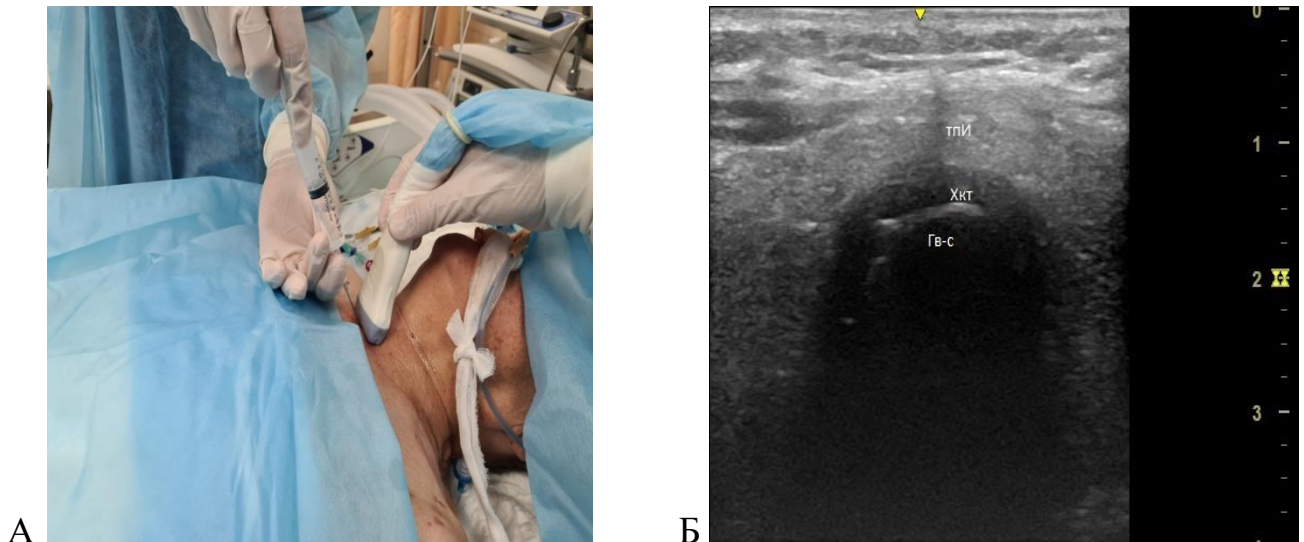


Рисунок 18 А – Изображение пациента с траекторией иглы со шприцом при пункции трахеи под УЗ-контролем. Б – Изображение ультразвукового исследования. Поперечный вид показывающий пункционную иглу через мягкие ткани в трахею (тпИ); Хкт – хрящевое кольцо трахеи; Гв-с – граница воздух-слизистая (фото автора)

Эндотрахеальное положение пункционной иглы подтверждали изменением сопротивления (ощущение провала), аспирацией воздуха шприцем, после чего движение иглы останавливалось. Затем производили удаление иглы с одномоментным заведением катетера в просвет трахеи.

У пациентов с избыточной массой тела и ожирением реализация выше описанной методики часто затруднена. В таких случаях перпендикулярный угол прокола являлся предпочтительным, несмотря на повышенный риск повреждения задней стенки трахеи. Для минимизации риска ранения задней стенки трахеи датчик УЗИ предпочтительнее располагать непосредственно над уровнем планируемой пункции. При установке датчика УЗИ каудально, под углом 15–20°, кончик иглы устанавливали непосредственно по срединной линии датчика и трахеи, что давало хорошую визуализацию траекторию движения иглы. Игла вводилась перпендикулярно

но коже, и траектория ее движения определяли по четкой акустической тени, за которой следовала смещение слоев ткани, наблюдаемое при прохождении иглы [26].

Через направленный кадуально катетер в просвет трахеи проводили J-образный проволочный проводник-направитель. После проведения контролировали положение проводника и исключали его ретроградное проведение в просвет интубационной трубки (рисунок 19 А, Б).

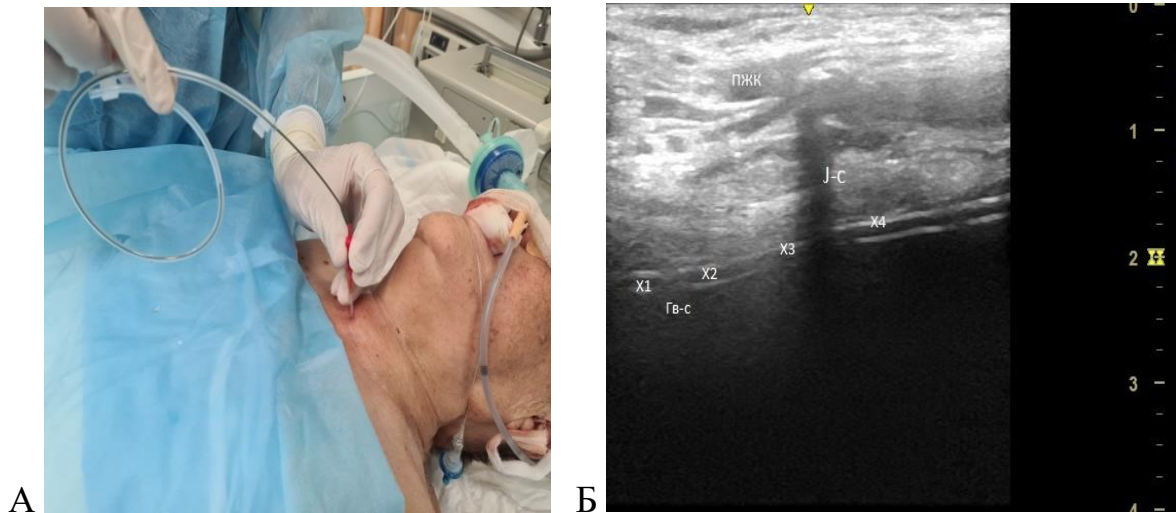


Рисунок 19 А – Изображение пациента с траекторией движения J-образного проволочного проводника-направителя через мягкие ткани в просвет трахеи. Б – Изображение ультразвукового исследования. Продольный вид показывающий J-образный проволочный проводник-направитель (J-с); ПЖК – подкожно-жировая клетчатка; X1, X2, X3, X4 – хрящевые кольца трахеи; Гв-с – граница воздух-слизистая (фото автора)

Претрахеальные ткани вокруг проводника инфильтрировали 0,5 % раствором лидокаина с добавлением адреналина в соотношении от 1:100 000 до 1:200 000 (рисунок 20).



Рисунок 20 – Изображение пациента с проведением инфильтрации мягких тканей области вокруг установленного J-образного проволочного проводника-направителя (фото автора)

IV этап, бужирование трахеи. В месте ввода проволочного проводника производили горизонтальный разрез кожи размером 3–5 мм (рисунок 21).



Рисунок 21 – Изображение пациента с выполнением надреза кожи в области установки J-образного проволочного проводника-направителя (фото автора)

Формирование стомы и бужирование трахеи осуществляли винтом PercuTwist размером 7,0–9,0, заводимого в трахею по J-образному проводнику (рисунок 22 А, Б).

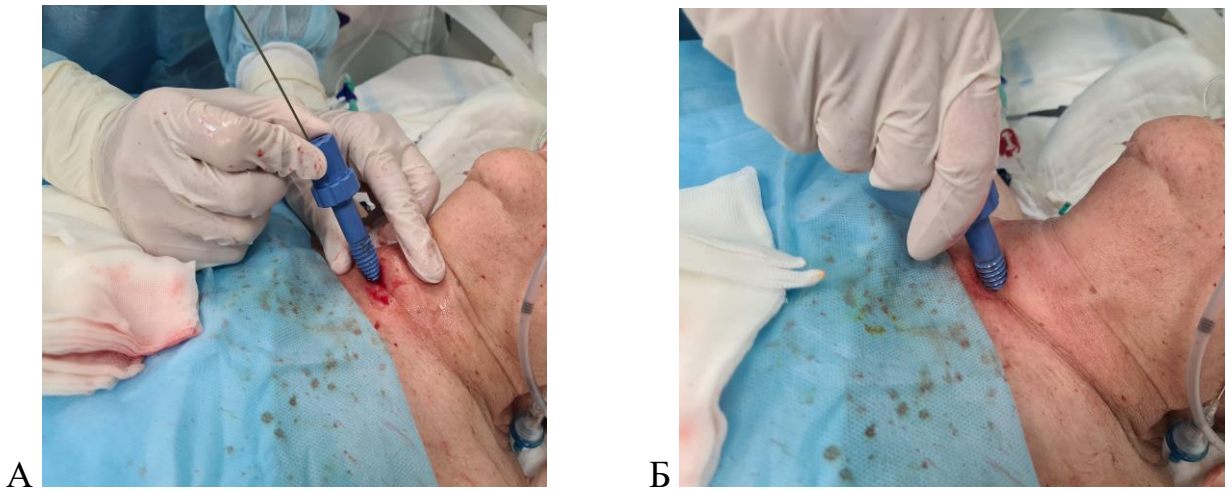


Рисунок 22 А, Б – Изображение пациента с формированием стомы и бужированием винтом PercuTwist по J-образному проволочному проводнику-направителю (фото автора)

Необходимый размер дилататора выбирали в зависимости от диаметра трахеи, рассчитанного ранее при УЗИ, и, соответственно, размера трахеостомической канюли, планируемой к установке. Ротационными движениями бужа без избыточного давления на мягкие ткани шеи, постепенно его продвигали в трахею. Для проверки правильного направления ротационного бужа периодически подтягивали проводник на 1 см и возвращали его в исходное положение (рисунок 23 А, Б).

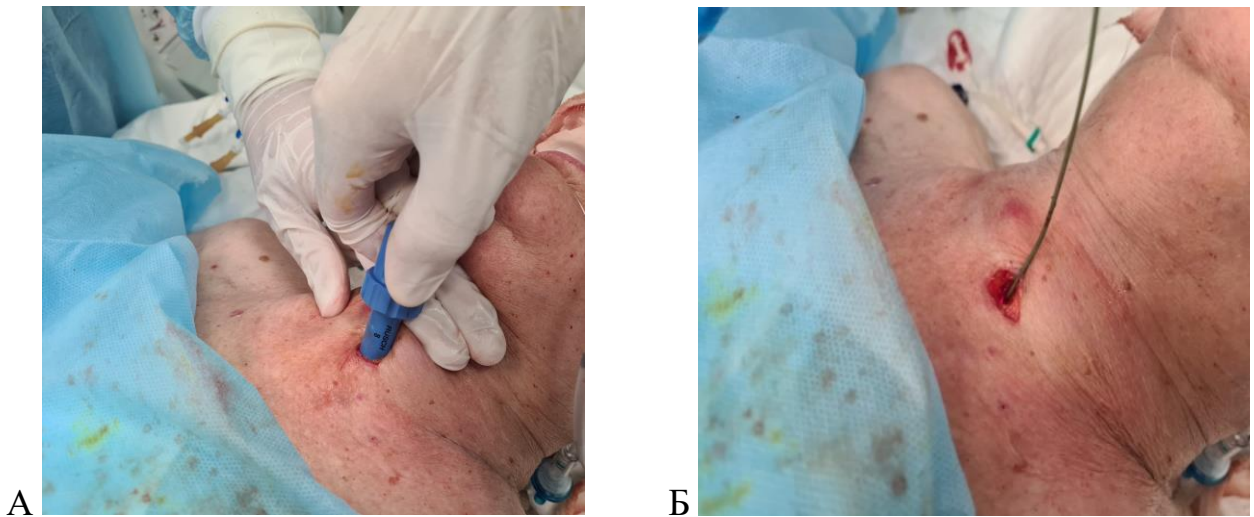


Рисунок 23 А – Изображение пациента с формированием трахеостомы винтом PercuTwist вокруг на J-образного проволочного проводника-направителя.  
 Б – Изображение пациента с установленным J-образным проволочным проводником-направителем в сформированной трахеостоме (фото автора)

Свободный ход проводника свидетельствует об отсутствии его заламывания и правильном бужировании мягких тканей и трахеи.

После бужирования трахеи трахеостомическую трубку необходимого размера устанавливали по J-образному проволочному проводнику-направителю, фиксировали трубку вокруг шеи. Далее пациент подключается к ИВЛ (рисунок 24 А, Б).

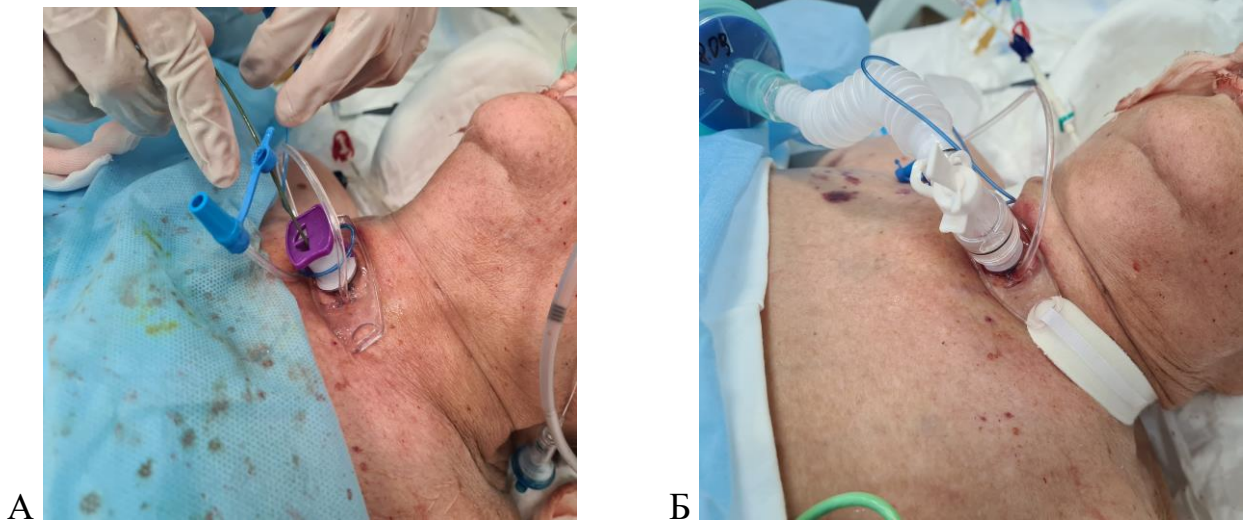


Рисунок 24 А – Изображение пациента с трахеостомической трубкой установленной по J-образному проволочному проводник-направителю.  
Б – Изображение пациента с проведением ИВЛ через зафиксированную трахеостомическую трубку (фото автора)

Правильное положение трахеостомической трубки подтверждали при УЗ-контроле, в том числе и УЗИ легких (феномен «скольжения легких» – движение висцеральной плевры в В-режиме УЗИ), аускультации, параметров ИВЛ, показателей оксигенации и давления углекислого газа конца выдоха ( $\text{EtCO}_2$ ) и отсутствие подкожной эмфиземы [61, 131]. После выполнения трахеостомии проводили ФБС через трахеостомическую трубку для контроля правильного положения канюли и выявления возможных осложнений. Начинали ИВЛ через трахеостомическую трубку, контролировали адекватность ИВЛ под контролем аускультации, параметров оксигенации и  $\text{EtCO}_2$ . Интубационную трубку удаляли только после надежной фиксации трахеостомической канюли и уверенности в адекватности ИВЛ через трахеостомическую трубку.



ФБС также выполняли при каких-либо сомнениях относительно недостаточной адекватности контроля методом УЗИ на любом из этапов трахеостомии. Фиксировали каждый случай, когда при ФБС были выявлены какие-либо осложнения, не идентифицированные при УЗ-контроле. Такие ситуации интерпретировали как неэффективность УЗ-контроля и анализировали причины их возникновения.

При возникновении каких-либо технических трудностей с дилатацией трахеи или с заведением канюли, а также при возникновении у оператора каких-либо сомнений, осуществляли переход на методику Григгса с использованием щипцов Хорварда-Келли. Необходимость перехода на методику Григгса на любом из этапов выполнения ПДТ считали критерием неэффективности методики Фрова. Такие ситуации фиксировали и анализировали причины их возникновения.

### **2.3.2 Трахеостомия по методике Григгс**

ПДТ по методике Григгса под ФБС-контролем включала в себя следующие этапы. Анестезиологическое пособие и укладка пациентов были стандартными и описаны выше. Интубационную трубку под ФБС-контролем подтягивали вверх так, чтобы герметизирующая манжета находилась над голосовыми складками. Пункцию трахеи производили под ФБС-контролем при помощи трансиллюминации (световое пятно на передней поверхности шеи пациента). Целевое место пункции – промежуток между вторым и третьим кольцом трахеи. Пункцию трахеи и отсутствие ранения ее задней стенки верифицировали при ФБС-контроле. Появление воздуха в шприце при аспирации было дополнительным критерием нахождения дистального конца иглы в просвете трахеи. Иглу из канюли извлекали, катетер заводили в полость трахеи каудально, и через него вводили стальной проводник-направитель. Правильное положение проводника подтверждали при ФБС. Кожные покровы и претрахеальные мягкие ткани вокруг проводника туго инфильтрировали раствором лидокаина 0,5 % с адреналином. По проводнику вводили в трахею тонкий дилататор, продвигая его вперед вращательными движениями. Нанизывали на проводник закрытые щипцы Ховарда-Келли и раздвигали

ими претрахеальные ткани и переднюю стенку трахеи в несколько этапов – от 2 до 5. В среднем, требуется три этапа раздвижения мягких тканей и трахеи для формирования стомы необходимого размера для безопасного заведения трахеостомической канюли. Затем по проводнику проводили трахеостомическую канюлю, правильное положение которой контролировали при ФБС. Начинали ИВЛ через трахеостомическую трубку, контролировали адекватность ИВЛ под контролем аускультации, параметров оксигенации и EtCO<sub>2</sub>. Интубационную трубку удаляли только после надежной фиксации трахеостомической канюли и уверенности в адекватности ИВЛ через трахеостомическую трубку.

### 2.3.3 Интраоперационный мониторинг во время ПДТ

Периоперационный мониторинг за состоянием пациента при ПДТ проводили монитором Philips IntelliVue MX550 (США). Мониторинг включал в себя:

- электрокардиография (ЭКГ);
- инвазивное или неинвазивное артериального давления;
- пульсоксиметрия (SpO<sub>2</sub>).

ИВЛ осуществляли в режиме принудительной механической вентиляции – CMV. При проведении ПДТ проводили мониторинг дыхательный объем (ДО), минутный дыхательный объем (МОД), давление вдоха, развиваемое аппаратом искусственной вентиляции (P<sub>insp</sub>), давление плато вдоха (P<sub>plat</sub>), FiO<sub>2</sub>, EtCO<sub>2</sub> при помощи респиратора Puritan-Bennett 840 (США). Перед началом процедуры FiO<sub>2</sub> повышали до 1 (100 %) и сохраняли на протяжении всей операции. При выполнении ПДТ под ФБС-контролем фибробронхоскоп заводился в интубационную трубку через порт углового соединителя. По завершению FiO<sub>2</sub> снижали в соответствии с нормальными параметрами оксигенации (SpO<sub>2</sub>, PaO<sub>2</sub>).

Показатели кислотно-основного состояния (КОС) и парциального давления газов в артериальной и смешанной венозной крови определяли с помощью аппарата IL-16/60 (Instrumentation Laboratory, США) до начала операции, после ее завершения и, при необходимости, на любом другом этапе.

Для УЗИ контроля использовали прибор GE Healthcare LOGIQ V2 (США) с линейным датчиком от 5–10 МГц в стерильной оболочке.

Внутричерепное давление (ВЧД) контролировали у пациентов с наружным вентрикулярным дренажом (Codman., США) или интрапаренхимальным датчиком (Codman., США).

Бронхоскопию выполняли с помощью волоконно-оптических бронхоскопов Olympus BF-1T180 с видеосистемой Olympus Evis Exera 2 (США).

ЭКМО проводили аппаратом RotoFlow (Maquet, Rastat, Germany) или Cardiohelp (Maquet, Rastat, Germany). Для проведения ВВ-ЭКМО выполняли канюляцию бедренной вены (канюля 21, 23, 25 Fr) для забора неоксигенированной крови из нижней полой вены и канюляцию внутренней яремной вены справа (канюля 17, 19, 21 Fr) для возврата оксигенированной крови в правое предсердие. При вено-артериальном (В-А) ЭКМО возврат оксигенированной крови осуществлялся в брюшную аорту. Для этого производили канюляцию бедренной артерии (канюля 19, 21, 23 Fr).

Всем пациентам во время ЭКМО проводилась антикоагуляция нефракционированным гепарином, доза которого подбиралась под контролем активированное время свертывания (АСТ) и активированное частичное тромбопластиновое время (АЧТВ). В периоперационный период ПДТ и в течение 24 ч после операции целевыми значениями АСТ и АЧТВ были 140–160 с и 50–60 с, соответственно. Для контроля над системой гомеостаза и для принятия решения о проведении терапии, направленной на коррекцию нарушений свертывающей системы, также исследовали протромбиновый индекс (ПТИ), международное нормализованное отношение (МНО) и количество тромбоцитов перед ПДТ и затем при необходимости в зависимости от наличия или отсутствия геморрагических осложнений. Целевыми значениями мониторируемых параметров были: гемоглобин > 100 г/дл, тромбоциты > 80–100 тыс/мкл, фибриноген > 2 г/л, антитромбин III (АТ-III) 60–100%, ПТИ > 80 %. При анемии проводили гемотрансфузию, при тромбоцитопении - инфузию тромбоцитарной массы, при снижении ПТИ -плазмотрансфузию или введение концентрата протромбированного комплекса (КПК), при снижении фибрино-

гена - введение криопресипитата, при снижении АТ-III < 60 % – вводили препарат АТ-III. Дозы препаратов соответствовали международным рекомендациям [84].

## 2.4 Методы статистического анализа

Исходные данные исследования собирались в структурированный файл .xlsx вычислительного процессора MS Excel, с помощью которого также была проведена первичная обработка и контроль целостности данных на соответствие форматам, типам данных, отсутствия выбросов и пропущенных значений.

Статистический анализ данных, полученных в ходе исследования, был произведен с использованием следующего программного инструментария: язык программирования R версии 4.2.0, RStudio версии 2024.04.2+764 с пакетами расширений: 'base' version 4.2.0, 'stats' version 4.2.0, 'descr' version 1.1.8.

Все данные были разделены на количественные и качественные. Была выделена группирующая переменная, относительно которой велись все дальнейшие вычисления.

Количественные переменные были подвергнуты анализу на соответствие нормальности распределения с помощью критерия Шапиро-Уилка, в ходе которого было принято решение об использовании двухвыборочного критерия Вилкоксона (U-теста Манна-Уитни) для проверки гипотезы  $H_0$  об отсутствии отличий между заданными группами пациентов по выбранным переменным [139].

Также для всех количественных переменных был произведен дескриптивный статистический анализ, включающий расчет среднего значения, стандартной ошибки среднего, медианы, первого и третьего квартилей, межквартильного диапазона [2].

Качественные переменные были описаны с помощью частотного анализа. Сравнение групп пациентов по качественным переменным на предмет подтверждения гипотезы  $H_0$  об отсутствии отличий между группами пациентов было произведено с помощью стандартного критерия Хи-квадрат Пирсона.

Выводы относительно корректности гипотезы  $H_0$  были произведены относительно порогового значения  $p = 0,05$  [4].

### ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

#### 3.1 Результаты исследовательского блока I. Анализ безопасности и технических особенностей выполнения ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем у пациентов с избыточной массой тела и ожирением

В этот исследовательский блок в соответствии с критериями включения и исключения вошло 92 пациента с индексом массы тела (ИМТ) более 25 кг/м<sup>2</sup>. В зависимости от метода ПДТ они были распределены на две группы: группа ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем (группа IA) – 48 пациентов, группа ПДТ методикой Григгса под ФБС-контролем (группа IB) – 44 пациента. В группе IA ( $n = 48$ ) было 29 (63,7 %) мужчин и 19 (36,3 %) женщин. Возраст составил  $58,7 \pm 2,5$  лет, масса тела  $108,9 \pm 1,5$  кг, индекс массы тела (ИМТ)  $36,67 \pm 0,48$  кг/м<sup>2</sup>. В группе IB ( $n = 44$ ) было 28 (63,6 %) мужчин, и 16 (36,4 %) женщин. Возраст составил  $57,5 \pm 2,36$  лет, масса тела  $104,6 \pm 1,55$  кг, ИМТ  $34,58 \pm 0,43$  кг/м<sup>2</sup> (таблица 6).

В таблице 6 приведен спектр основной патологии пациентов обеих групп статистически не отличались. Показаниями к проведению ПДТ была прогнозируемо длительная ИВЛ в 15 (31,3 %) наблюдениях в группе IA и в 13 (29,5 %) наблюдениях в группе IB, а также неврологические показания в 33 (68,8 %) наблюдениях группы IA и у 31 (70,5 %) пациентов группы IB (таблица 6). Тяжесть состояния при поступлении пациентов по шкале острая физиологическая и хроническая оценка состояния здоровья II (APACHE II) составила  $17,8 \pm 1,08$  баллов группе IA и  $17,81 \pm 0,84$  баллов в группе IB. На момент включения пациентов в исследования тяжесть состояния по шкале оценке последовательной органной недостаточности (SOFA) составила  $5,00 \pm 0,46$  баллов в группе IA и  $4,94 \pm 0,40$  баллов в группе IB (таблица 6). Трахеостомия в обеих группах была ультраранней в большинстве наблюдений. Средняя  $\pm$  стандартная ошибка среднего продолжитель-

ность периода от интубации трахеи до ПДТ составила  $1,4 \pm 0,13$  группе IA и  $1,64 \pm 0,26$  суток в группе IB, и статистически не отличалась в группах (таблица 6).

Таблица 6 – Характеристики демографических и клинических показателей у исследуемой группы у пациентов с избыточной массой тела и ожирением

Характеристики		Группа IA (n = 48)	Группа IB (n = 44)	Значение <i>p</i>
Показание к ПДТ	Продленное ИВЛ, %	15 (31,3 %)	13 (29,5 %)	0,328
	Неврологические показания, %	33 (68,8 %)	31 (70,5 %)	0,542
Возраст, лет (ср ± ст. откл.)		$58,7 \pm 2,5$	$57,5 \pm 2,36$	0,728
Мужской пол, (%)		29 (61,7 %)	28 (63,6 %)	0,849
Масса тела, кг (ср ± ст. откл.)		$108,9 \pm 1,5$	$104,6 \pm 1,55$	0,046
ИМТ, кг/м <sup>2</sup> (ср ± ст. откл.)		$36,67 \pm 0,48$	$34,58 \pm 0,43$	0,003
APACHE II (ср ± ст. откл.)		$17,8 \pm 1,08$	$17,81 \pm 0,84$	0,863
SOFA в день ПДТ (ср ± ст. откл.)		$5,00 \pm 0,46$	$4,94 \pm 0,40$	0,943
Длительность ИВЛ до ПДТ, сутки (ср ± ст. откл.)		$1,4 \pm 0,13$	$1,64 \pm 0,26$	0,541
<i>p/f</i> -индекс перед началом ПДТ (ср ± ст. откл.)		$273,71 \pm 11,5$	$289,09 \pm 8,75$	0,362
<i>p/f</i> -индекс после завершения ПДТ (ср ± ст. откл.)		$287,56 \pm 11,17$	$304,23 \pm 7,48$	0,360
Основная патология				
ОНМК (%)		26 (54,2 %)	27 (61,4 %)	0,485
ЗЧМТ (%)		4 (8,3 %)	4 (9,1 %)	0,898
Пневмония (%)		11 (22,9 %)	10 (22,7 %)	0,983
ТЭЛА (%)		6 (12,5 %)	4 (9,1 %)	0,6

*Примечание:* ПДТ – пункционно-дилатационная трахеостомия; ИВЛ – искусственная вентиляция легких; *n* – число наблюдений; ср ± ст. откл. – среднее ± стандартная ошибка среднего; *p* – уровень значимости; ИМТ – индекс массы тела; ОНМК – острое нарушение мозгового кровообращения; ЗЧМТ – закрытая черепно-мозговая травма; ТЭЛА – тромбоэмболия легочной артерии; APACHE II – острая физиологическая и хроническая оценка состояния здоровья II; SOFA - шкала оценки последовательной органной недостаточности.

Таким образом, группы не отличались ни по демографическим данным, ни по тяжести состояния на момент их поступления в ОРИТ и на момент выполнения

ПДТ, ни по спектру основной патологии. Единственным критерием, по которому группы достоверно отличались, была масса тела пациентов и, соответственно, ИМТ. Эти параметры были выше в группе IA (методика ПДТ Фрова с УЗ-контролем). Это свидетельствует о том, что вероятность развития периоперационных осложнений ПДТ, обусловленных ожирением пациента, была достоверно выше у пациентов с ПДТ методикой Фрова с УЗ-контролем.

При проведении УЗИ в зоне предполагаемой пункции были выявлены сосуды у 22 (46 %) пациентов, перешеек щитовидной железы – у 11 (22,9 %) пациентов. Это привело к изменению места пункции и/или траектории движения в 23 (48 %) наблюдениях. Эффект трансиллюминации при ФБС-контроле в группе IB не позволяет визуализировать ни сосуды, ни перешеек щитовидной железы в проекции пункции и траектории движения иглы. По этой причине не было оснований для принятия решения об их изменении места пункции или траектории движения иглы до непреднамеренного получения крови в шприце при проведении пункции трахеи, которое было зафиксировано в 8 (18 %) наблюдениях.

Частота успешной пункций трахеи с первой попытки была достоверно выше в группе IA по сравнению с группой IB – в 46 (96 %) и 21 (48 %) наблюдениях, соответственно ( $p = 0,003$ ). ПДТ методикой Фрова была успешно выполнена в 40 (83 %) наблюдениях группы IA, тогда как у 8 (17 %) пациентов пришлось перейти с методики Фрова на методику Григгса и использовать щипцы Хорварда-Келли для бужирования трахеи, поскольку длина винтового дилатора оказалась недостаточной для формирования стомы. У всех этих 8 пациентов ИМТ был более  $41,7 \text{ кг/м}^2$ , а толщина мягких тканей от кожи до II трахеального кольца превышала 40 мм (рисунок 25).

УЗ-контроль в группе IA позволил также определить необходимость установки удлиненных гибких трахеостомических трубок с меняющейся длиной у пациентов с толщиной подкожно-жировой клетчатки более 15 мм.



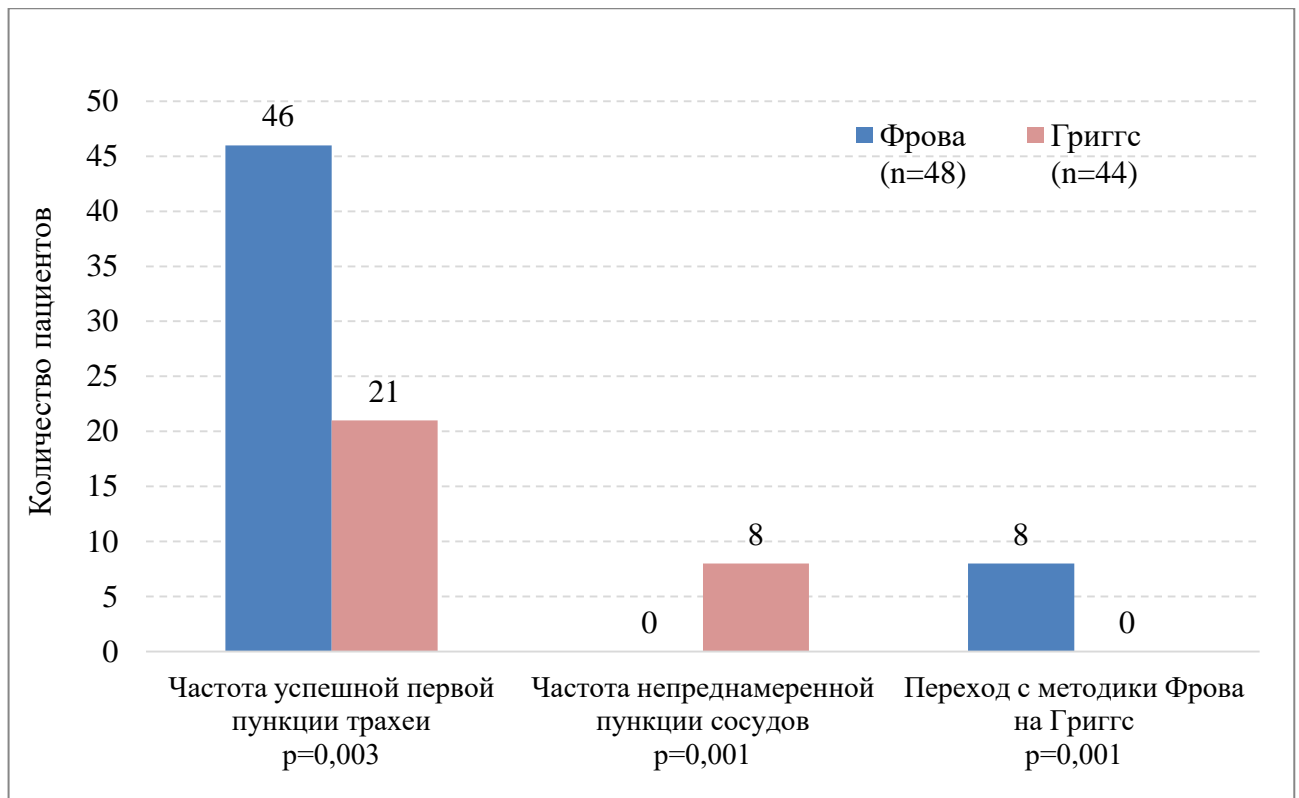


Рисунок 25 – Интраоперационные осложнения ПДТ у пациентов с избыточной массой тела и ожирением

*Примечание:* Здесь и далее:  $n$  – число наблюдений;  $p$  – уровень значимости.

Время выполнения ПДТ, в группе IA у пациентов с успешной ПДТ по методике Фрова (за исключением 8 пациентов, которым потребовалось перейти на методику Григгса) составило  $13,3 \pm 1,51$  мин. В группе IB время выполнения ПДТ по методике Григгса было достоверно выше и составило  $23,4 \pm 1,47$  мин ( $p = 0,003$ ).

Были зафиксированы следующие интраоперационные осложнения ПДТ: десатурация, артериальная гипотензия и кровотечение (таблица 7). Десатурации ( $SpO_2 < 90\%$ ) развивалась достоверно реже ( $p < 0,001$ ) в группе IA (4 (8,3 %) пациента), чем в группе IB (19 (43,2 %) пациентов). Продолжительность десатурации в группе IA составил  $0,08 \pm 0,06$  минут. В группе IB длительность десатурации была достоверно дольше, составив  $2,71 \pm 0,68$  минут ( $p < 0,001$ ). Следует отметить, что  $p/f$ -индекс был нормальным в обеих группах перед началом и после завершения ПДТ, что свидетельствует об отсутствии паренхиматозного повреждения легких у вошедших в исследование пациентов с избыточной массой тела и ожирением.

Таблица 7 – Интраоперационные осложнения ПДТ у пациентов с избыточной массой тела и ожирением

Показатель	Группа IA (n = 48)	Группа IB (n = 44)	значение <i>p</i>
Количество пациентов с эпизодами SpO <sub>2</sub> < 90 % (%)	4 (8,3 %)	19 (43,2 %)	0,001
Длительность десатурации, минут (ср ± ст. откл.)	0,08 ± 0,06	2,71 ± 0,68	0,001
Интраоперационная артериальная гипотензия (%)	2 (4,2 %)	9 (20,5 %)	0,016
Длительность интраоперационной артериальной гипотензии, минут (ср ± ст. откл.)	0,04 ± 0,03	1,55 ± 0,51	0,012
Кровотечение I, II степени (%)	5 (10,4 %)	4 (9,1 %)	0,831
Кровотечение III степени (%)	0	6 (13,6 %)	0,001
Длительность кровотечения минут, (ср ± ст. откл.)	0,54 ± 0,24	3,68 ± 1,21	0,001

*Примечание:* *n* – число наблюдений; ср ± ст.откл. – среднее ± стандартная ошибка среднего; *p* – уровень значимости; SpO<sub>2</sub> – процент содержания в крови гемоглобина, насыщенного кислородом.

Интраоперационная артериальная гипотензия развивалась достоверно чаще в группе IB по сравнению с группой IA – в 9 (20,5 %) и 2 (4,2 %) наблюдениях, соответственно (*p* = 0,016). Также в группе IB интраоперационная артериальная гипотензия сохранялась достоверно дольше по сравнению с группой IA – 1,55 ± 0,51 минут и 0,04 ± 0,03 минут, соответственно. Во всех наблюдениях интраоперационная артериальная гипотензия была эффективно скорректирована увеличением темпа инфузии и не требовала введения симпатомиметических препаратов (рисунок 26).

Частота интраоперационных геморрагических осложнений I, II степени тяжести в группах IA и IB достоверно не отличались. Однако кровотечения III степени тяжести в группе IB развивались – в 6 (13,6 %) и наблюдениях и ни у одного из пациентов группы IA (*p* = 0,001). Продолжительность интраоперационного кровотечения была достоверно выше в группе IB по сравнению с группой IA – 3,68 ± 1,21 минут и 0,54 ± 0,24 минут, соответственно (*p* = 0,001) (рисунок 27).

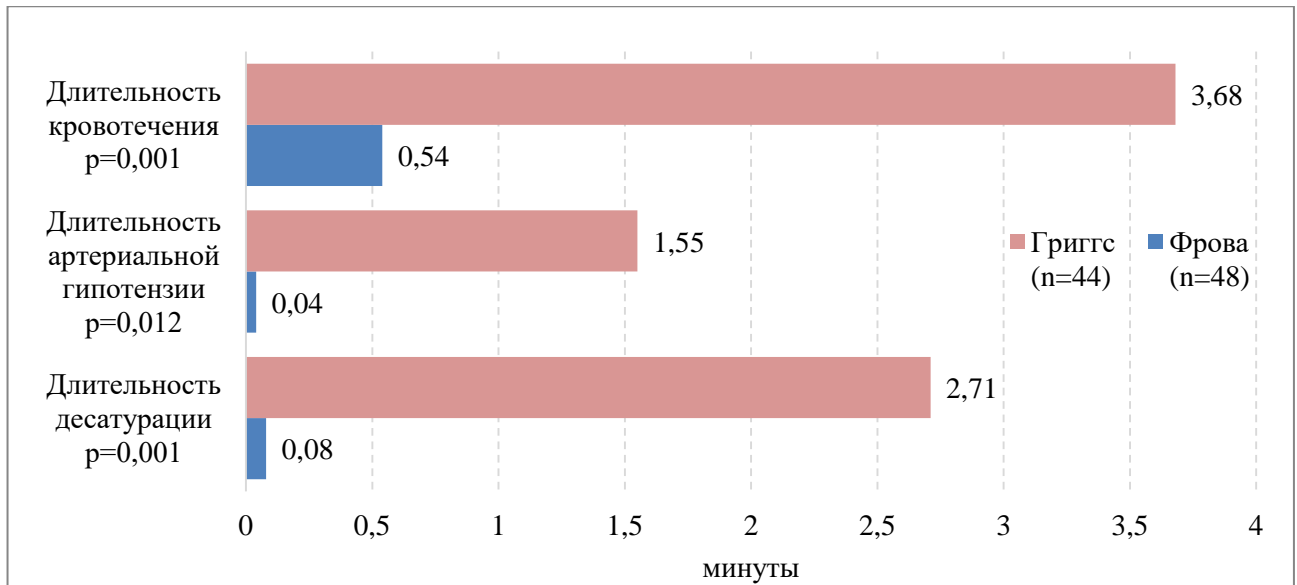


Рисунок 26 – Интраоперационные осложнения ПДТ у пациентов с избыточной массой тела и ожирением

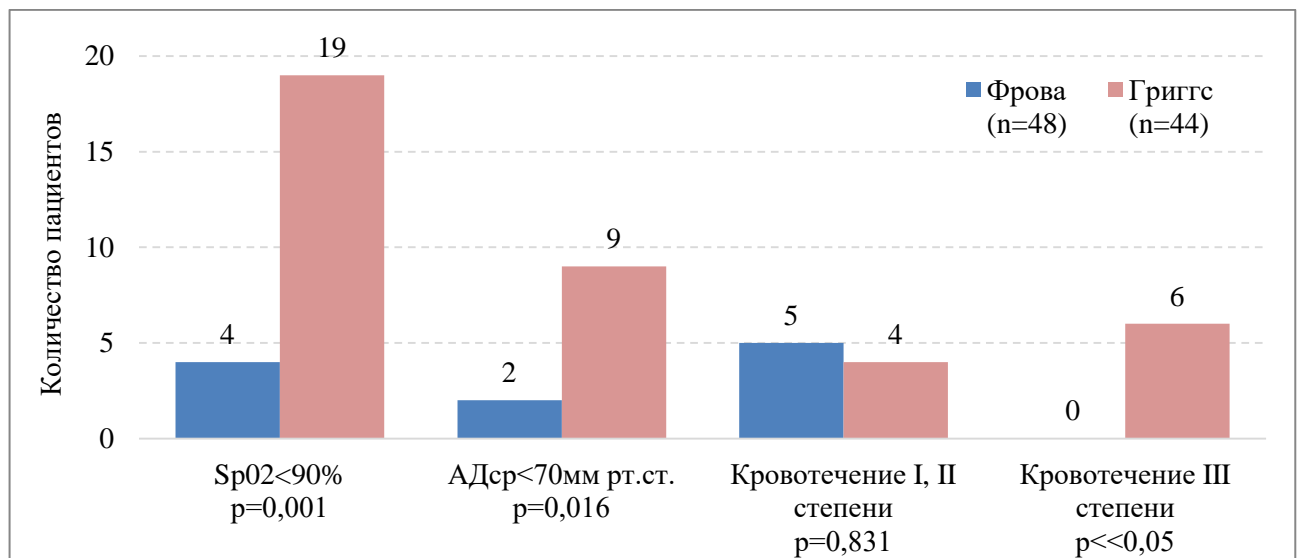


Рисунок 27 – Интраоперационные осложнения ПДТ у пациентов с избыточной массой тела и ожирением

Источником кровотечений I и II степени были паратрахеальные мягкие ткани. Тугая инфильтрация раствором новокаина с адреналином и компрессия мягких тканей салфеткой с перекисью водорода оказывались эффективными во всех наблюдениях. Источником кровотечения III степени у пациентов группы ИБ были паратрахеальные мягкие ткани и слизистая трахеи. Для остановки кровотечения были необходимы наложение швов на мягкие ткани, образующие стому, и выполнение ФБС с проведением эндоскопического гемостаза. Следует отметить, что

группы не отличались по параметрам гемостаза при проведении ПДТ, а применение гепаринов прекращали за 12 часов до выполнения трахеостомии (таблица 8).

Таблица 8 – Характеристики лабораторных показателей у исследуемой группы пациентов с повышенной массой тела и ожирением

Показатели гемостаза крови	Группа IA (n = 48)	Группа IB (n = 44)	значение <i>p</i>
МНО (N 0,89–1,13) (ср ± ст. откл.)	1,37 ± 0,09	1,31 ± 0,01	0,174
АЧТВ, сек, (N 23–31,9 сек.) (ср ± ст. откл.)	41,60 ± 1,85	38,88 ± 1,89	0,271
ПТИ (по Квику), %, (N 78,5– 120,1 %) (ср ± ст. откл.)	81,57 ± 2,02	83,80 ± 2,16	0,342
Тромбоциты, 10 <sup>9</sup> /л (ср ± ст. откл.)	199,35 ± 10,88	196,25 ± 10,46	0,793

*Примечание:* *n* – число наблюдений; ср ± ст. откл. – среднее ± стандартная ошибка среднего; *p* – уровень значимости; МНО – международное нормализованное отношение; АЧТВ – активированное частичное тромбопластиновое время; ПТИ – протромбиновый индекс.

Единственным послеоперационным осложнением ПДТ, у пациентов с избыточной массой тела или ожирением, была инфекция мягких тканей трахеостомической раны, которое развивалось достоверно реже в группе IA по сравнению с группой IB – у 4 (8,3 %) и 12 (27,3 %) пациентов, соответственно ( $p = 0,017$ ). Инфекционный процесс был поверхностным, не приводил ни к существенному расширению трахеостомической раны, ни к х ни в одном из наблюдений. У всех пациентов регулярные перевязки, использование мази йодповидона и тщательный уход за раной и дыхательными путями приводил к эффективному разрешению этого осложнения (таблица 9).

Другие характеристики состояния пациентов, отражающие его тяжесть, исходы заболевания и причины летального исхода отражены в таблице 9. Длительность ИВЛ группе IA составила  $13,38 \pm 1,52$  суток, в группе IB  $17,45 \pm 3,79$  суток. Продолжительность пребывания пациентов в ОРИТ в группе IA составила  $15,31 \pm 1,56$  суток, в группе IB  $19,32 \pm 4,19$  суток. Продолжительность пребывания пациентов в клинике в группе IA составила  $28,19 \pm 1,80$  суток, в группе IB  $36,52 \pm 4,40$  суток. Длительность канюленосительства в группе IA составила  $21,90 \pm 1,57$  су-

ток, в группе IB –  $26,52 \pm 4,04$  суток. Постоянное канюленосительство в группе IA сохранилось у 5 (10,4 %) пациента, в группе IB – у 11 (25 %) пациентов. Летальный исход в группе IA был у 12 (25 %) пациентов, в группе IB – у 13 (29,5 %) пациентов вследствие сепсиса, ТЭЛА или отека и вклинения головного мозга (таблица 9).

Таблица 9 – Характеристики состояния пациентов и исходы заболевания ПДТ у пациентов с избыточной массой тела и ожирением

Показатель	Группа IA (n = 48)	Группа IB (n = 44)	значение <i>p</i>
Длительность ИВЛ, сутки (ср ± ст. откл.)	13,38 ± 1,52	17,45 ± 3,79	0,984
Продолжительность пребывания в ОРИТ, сутки (ср ± ст. откл.)	15,31 ± 1,56	19,32 ± 4,19	0,731
Продолжительность пребывания в клинике, сутки (ср ± ст. откл.)	28,19 ± 1,80	36,52 ± 4,40	0,174
Длительность канюленосительства, сутки (ср ± ст. откл.)	21,90 ± 1,57	26,52 ± 4,04	0,885
Постоянное канюленосительство (%)	5 (10,4 %)	11 (25,0 %)	0,065
Инфекция мягких тканей вокруг трахеостомы (%)	4 (8,3 %)	12 (27,3 %)	0,017
Летальный исход (%)	12 (25,0 %)	13 (29,5 %)	0,624
Причины летального исхода			
Сепсис (%)	4 (8,3 %)	7 (15,9 %)	0,263
ТЭЛА (%)	6 (12,5 %)	4 (9,1 %)	0,6
Отек/вклинение мозга (%)	3 (6,3 %)	3 (6,8 %)	0,912

*Примечание:* *n* – число наблюдений; ср ± ст. откл. – среднее ± стандартная ошибка среднего; *p* – уровень значимости; ИВЛ – искусственная вентиляция легких; ОРИТ – отделение реанимации и интенсивной терапии; ТЭЛА – тромбоэмболия легочной артерии.

Таким образом, выполнение ПДТ по методике Фрова не следует использовать у пациентов с ИМТ более  $41,7 \text{ кг/м}^2$  (соответствует ожирению 3 степени) и/или толщина мягких тканей от кожи до II трахеального кольца превышала 40 мм, поскольку у таких пациентов, вероятно, длина винтообразного дилататора окажется недостаточной, что приведет к необходимости использования методики Григгса или

других способов выполнения трахеостомии. У пациентов с избыточной массой тела, ожирением 1–2 степени и начальных значений третьей степени (индекс массы тела 40–41 кг/м<sup>2</sup>) ПДТ методикой Фрова, выполняемой под УЗ-контролем, является безопасным и не уступает возможностям «золотого стандарта» в выполнении ПДТ – методике Григгса под ФБС-контролем. Более того, методика Фрова под УЗ-контролем является предпочтительнее по сравнению с методикой Григгса под ФБС-контролем, поскольку позволяет достоверно повысить эффективность и безопасность пункции трахеи с первой попытки, ускорить время выполнения операции, снизить количество интраоперационных геморрагических осложнений за счет значимого снижения риска развития выраженных кровотечений, а также достоверно уменьшить риск развития интраоперационной артериальной гипотензии и десатурации. УЗ-контроль по сравнению с ФБС контролем позволяет минимизировать риск интраоперационного повреждения сосудов и перешейка щитовидной железы и индивидуализировать подход к определению необходимого размера трахеостомической канюли. Кроме этого, использование методики Фрова с УЗ-контролем по сравнению с методикой Григгса с ФБС-контролем позволяет снизить частоту развития послеоперационной инфекции мягких тканей области трахеостомической раны.

### **3.2 Клиническое наблюдение, иллюстрирующие выполнение ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем у пациента с ожирением и повышенной массой тела**

#### *Клиническое наблюдение 1*

*(выполнение ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем пациенту с ожирением и повышенной массой тела).*

Пациентка У., 65 лет, поступила на 9 сутки с начала заболевания в отделение анестезиологии и реанимации с диагнозом: «Внебольничная двухсторонняя вирусно-бактериальная пневмония, тяжелого течения. Острый респираторный дистресс-синдром. Сахарный диабет 2 типа. Ожирение 2 степени, ИМТ 36 кг/м<sup>2</sup>. ИБС: атеросклеротический кардиосклероз. Гипертоническая болезнь II ст., 3 ст.,

риск сердечно-сосудистого осложнения 4. Хроническая сердечная недостаточность 2А ст. III ФК по NYHA». Из анамнеза известно, что у пациентки за 9 суток до поступления появились катаральные явления и субфебрильная температура.

Пациентка поступила в крайне тяжелом состоянии с угнетением уровня сознания до сопора, выраженной дыхательной недостаточностью (цианоз кожных покровов, частота дыхательных движений (ЧДД) 42 в минуту, SpO<sub>2</sub> при пульсоксиметрии 82 %) и артериальной гипотензией (АД 85/55 мм рт. ст., ЧСС 136 ударов в минуту). Пациентка была интубирована, начата ИВЛ, вазопрессорная поддержка норадреналином в дозе 0,28 мкг/кг/мин. При проведенном дообследовании у пациентки на КТ органов грудной клетки выявлено субтотальное инфильтративное поражение легочной ткани, ателектазы нижних долей, малый двусторонний гидроторакс. Данных за тромбоэмболию легочной артерии (ТЭЛА) не получено. На эхокардиографии у пациентки было выявлено уплотнение стенок аорты, створок аортального клапана и митрального клапана и незначительная легочная гипертензия с повышением давления в легочной артерии до 32 мм рт. ст.

В связи с необходимостью продленной ИВЛ на 3-е сутки было принято решение о необходимости выполнения трахеостомии по методике Фрова под УЗИ-контролем. Нарушений гемостаза в предоперационном периоде выявлено не было. При УЗИ области пункции на шее в месте предполагаемой пункции в проекции 2–3 межхрящевого промежутка трахеи был выявлен aberrантный сосуд, представлявший собой ветвь (перемычку) между наружными яремными венами. В связи с этим место пункции было изменено. В месте вкола была определена толщина предтрахеальных мягких тканей, которая составила 39 мм. Поперечный размер трахеи составил 10,5 мм, и было принято решение о выборе трахеостомической трубки № 7,5. Операция была выполнена без технических трудностей и периоперационных осложнений. При выполнении ПДТ не было необходимости перехода на методику Григгса или применения ФБС-контроля. После успешного завершения операции правильное положение трахеостомической канюли было подтверждено при ФБС-контроле.

На фоне проводимой терапии состояние пациентки постепенно улучшалось, и на 18 сутки было начато самостоятельное дыхание через трахеостомическую канюлю. На 21 сутки пациентка была переведена в профильное отделение и выписана из Центра на 35 сутки после госпитализации в стабильном состоянии.

Таким образом, представленное исследование демонстрирует возможность безопасного выполнения ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем у пациентки с ожирением второй степени. При этом УЗ-контроль позволил выявить абберантный сосуд в месте, типичном для пункции трахеи. ФБС-контроль не позволяет выявить абберантные сосуды и, соответственно, не позволяет снизить риски развития периоперационного кровотечения.

### **3.3 Результаты исследовательского блока II. Анализ безопасности и технических особенностей выполнения ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем у нейрореанимационных пациентов с высоким риском развития внутричерепной гипертензии в периоперационном периоде**

Этот исследовательский блок в соответствии с критериями включения и исключения вошло 45 нейрореанимационных пациентов с мониторингом ВЧД, которым ПДТ выполняли в положении пациента с приподнятым головным концом, без использования валика под лопатками и без переразгибания шеи. Такое положение тела было необходимо для профилактики развития внутричерепной гипертензии в периоперационном периоде.

В группу ПДТ по методике Фрова с УЗ-контролем (группа IIА) вошли 22 пациента (12 мужчин, 10 женщин) в возрасте  $51,09 \pm 2,75$  год, В группу с ПДТ по методике Григгса с ФБС-контролем (группа IIБ) вошло 23 пациента (15 мужчин, 8 женщин) в возрасте  $53,74 \pm 3,03$  лет.

Показаниями к выполнению ПДТ у всех пациентов были неврологические показания. Тяжесть состояния при поступлении пациентов по шкале АРАСНЕ II составила  $16,45 \pm 0,99$  баллов группе IIА и  $18,26 \pm 0,53$  баллов в группе IIБ. На мо-



мент включения пациентов в исследования тяжесть состояния по шкале SOFA составила  $3,59 \pm 0,36$  балла в группе ПА и  $4,48 \pm 0,41$  балла в группе ПБ (таблица 10).

Таблица 10 – Характеристики демографических и клинических показателей у исследуемой группы пациентов с высоким риском развития ВЧД

Характеристики	Группа ПА ( $n = 22$ )	Группа ПБ ( $n = 23$ )	значение $p$
Возраст, лет (ср ± ст. откл.)	$51,09 \pm 2,75$	$53,74 \pm 3,03$	0,333
Мужской пол (%)	12 (54,5 %)	15 (65,2 %)	0,465
Масса тела, кг (ср ± ст. откл.)	$75,64 \pm 1,83$	$81,04 \pm 1,42$	0,110
ИМТ, кг/м <sup>2</sup> (ср ± ст. откл.)	$24,89 \pm 0,40$	$25,97 \pm 0,59$	0,152
Оценка по шкале APACHE II (ср ± ст. откл.)	$16,45 \pm 0,99$	$18,26 \pm 0,53$	0,092
Оценка по шкале SOFA за день до трахеостомии (ср ± ст. откл.)	$3,59 \pm 0,36$	$4,48 \pm 0,41$	0,115
Среднее количество дней вентиляции перед ПДТ, сутки (ср ± ст. откл.)	$1,82 \pm 0,31$	$2,09 \pm 0,20$	0,141
$p/f$ -индекс до трахеостомии, мм рт. ст. (ср ± ст. откл.)	$303,05 \pm 9,28$	$307,22 \pm 5,38$	0,682
$p/f$ -индекс после трахеостомии, мм рт. ст. (ср ± ст. откл.)	$304,73 \pm 3,49$	$304,39 \pm 4,00$	0,838
Основное заболевание			
ОНМК (%)	8 (36,4 %)	12 (52,2 %)	0,286
ЗЧМТ (%)	4 (18,2 %)	2 (8,7 %)	0,349
САК (%)	10 (45,5 %)	9 (39,1 %)	0,668

*Примечание:* ПДТ – пункционно-дилатационная трахеостомия; ИВЛ – искусственная вентиляция легких;  $n$  – число наблюдений; ср ± ст. откл. – среднее ± стандартная ошибка среднего;  $p$  – уровень значимости; ИМТ – индекс массы тела;  $p/f$  – отношение парциального напряжения кислорода в артериальной крови к фракции кислорода на вдохе; ОНМК – острое нарушение мозгового кровообращения; ЗЧМТ – закрытая черепно-мозговая травма; САК – субарахноидальное кровоизлияние; тромбоэмболия легочной артерии; APACHE II – острая физиологическая и хроническая оценка состояния здоровья II; SOFA – шкала оценки последовательной органной недостаточности.

Трахеостомия в обеих группах была ультраранней в большинстве наблюдений, однако, в группе ПБ длительность периода с момента интубации до выполнения ПДТ была незначительно дольше по сравнению с группой ПА –  $2,09 \pm 0,20$  и  $1,82 \pm 0,31$  суток. Также в таблице 10 приведен спектр основной патологии па-

циентов обеих групп приведших к летальному исходу. Таким образом, группы не отличались как по демографическим данным, так и по тяжести состояния при поступлении в ОРИТ и на момент выполнения трахеостомии.

УЗ-контроль в группе ПА позволил определить толщину мягких тканей шеи от кожи до II трахеального кольца, составивший  $10,2 \pm 1,83$  мм, и внутренний диаметр трахеи, составивший  $15 \pm 1,65$  мм. При проведении УЗИ в зоне предполагаемой пункции были выявлены сосуды у 10 (46 %) пациентов, перешеек щитовидной железы – у 9 (41 %) пациентов. Это привело к изменению места пункции и/или траектории движения в 19 (86 %) наблюдениях, непреднамеренного повреждения сосудов не было. В группе ПБ непреднамеренная пункция сосуда при прохождении иглы была зафиксирована в 7 (30 %) наблюдениях (рисунок 28).

Первая попытка пункции трахеи в группе ПА была успешной у 20 (91 %) пациентов, а в группе ПБ – достоверно реже, всего у 9 (39 %) пациентов ( $p = 0,001$ ). Время выполнения ПДТ, в группе ПА составило  $9,3 \pm 1,12$  минут. В группе ПБ время выполнения ПДТ по методике Григгса было достоверно выше и составило  $15,7 \pm 1,16$  минут ( $p = 0,003$ ). Ни в одном из наблюдений группы ПА не было перехода ни на ФБС-контроль с УЗ-контроля, ни на методику Григгса с методики Фрова.

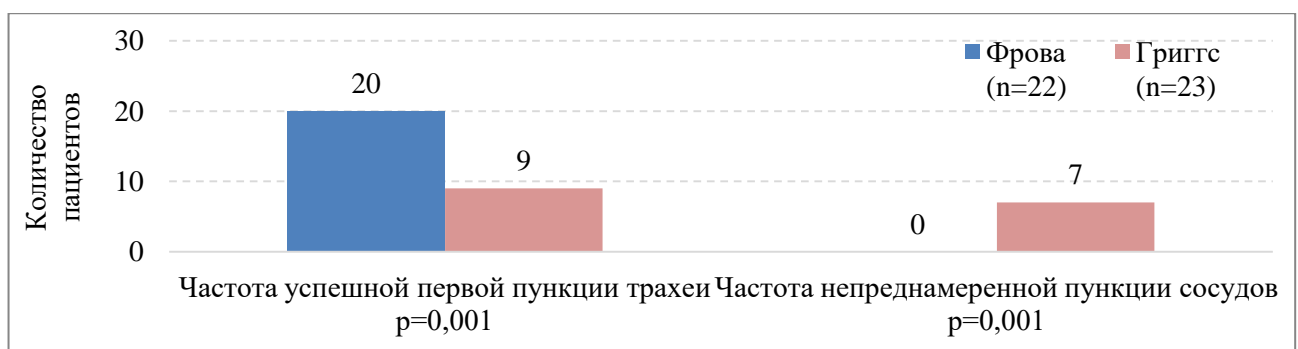


Рисунок 28 – Интраоперационные осложнения ПДТ у пациентов с высоким риском развития ВЧД

Были зафиксированы следующие интраоперационные осложнения ПДТ: десатурация, артериальная гипотензия и кровотечение (таблица 11). Десатурации в группе ПА была зафиксирована в 4 (18,2 %) наблюдениях, в группе ПБ она развивалась не достоверно чаще – в 10 (43,5 %) наблюдениях ( $p = 0,067$ ). Длительность

десатурации в группе ПА составила  $0,95 \pm 0,30$  минут, в группе ПБ –  $1,83 \pm 0,46$  минут ( $p = 0,114$ ). Следует отметить, что  $p/f$ -индекс был нормальным в обеих группах перед началом и после завершения ПДТ, что свидетельствует об отсутствии паренхиматозного повреждения легких у вошедших в исследование нейро-реанимационных пациентов с мониторингом ВЧД (таблица 11).

Таблица 11 – Интраоперационные осложнения во время ПДТ у пациентов с высоким риском развития ВЧД

Показатель	Группа ПА ( $n = 22$ )	Группа ПБ ( $n = 23$ )	Значение $p$
Количество пациентов с эпизодами $SpO_2 < 90\%$ (%)	4 (18,2 %)	10 (43,5 %)	0,067
Длительность десатурации, минут, (ср $\pm$ ст. откл.)	$0,95 \pm 0,30$	$1,83 \pm 0,46$	0,114
АДср менее 70 мм рт. ст. (%)	4 (18,2 %)	7 (30,4 %)	0,339
Длительность артериальной гипотензии, минут (ср $\pm$ ст. откл.)	$0,59 \pm 0,30$	$3,52 \pm 0,95$	0,024
Кровотечение I, II степени (%)	4 (18,2 %)	6 (26,1 %)	0,524
Кровотечение III степени (%)	0	7 (30,4 %)	0,005
Длительность кровотечения, минут (ср $\pm$ ст. откл.)	$0,91 \pm 0,47$	$6,48 \pm 1,37$	0,001

*Примечание:*  $n$  – число наблюдений; ср  $\pm$  ст. откл. – среднее  $\pm$  стандартная ошибка среднего;  $p$  – уровень значимости;  $SpO_2$  – процент содержания в крови гемоглобина, насыщенного кислородом; АДср – среднее артериальное давление.

Артериальная гипотензия была зафиксирована в 4 (18,2 %) наблюдениях группы ПА и в 7 (30,4 %) наблюдениях группы ПБ ( $p = 0,339$ ). Длительность артериальная гипотензия в группе ПА составила  $0,59 \pm 0,30$  минут, в группе ПБ длительность гипотензии была дольше, составив  $3,52 \pm 0,95$  минут ( $p = 0,024$ ). Во всех наблюдениях обеих групп артериальная гипотензия была эффективно скорректирована увеличением темпа инфузии и не требовала введения симпатомиметических препаратов (рисунок 29).

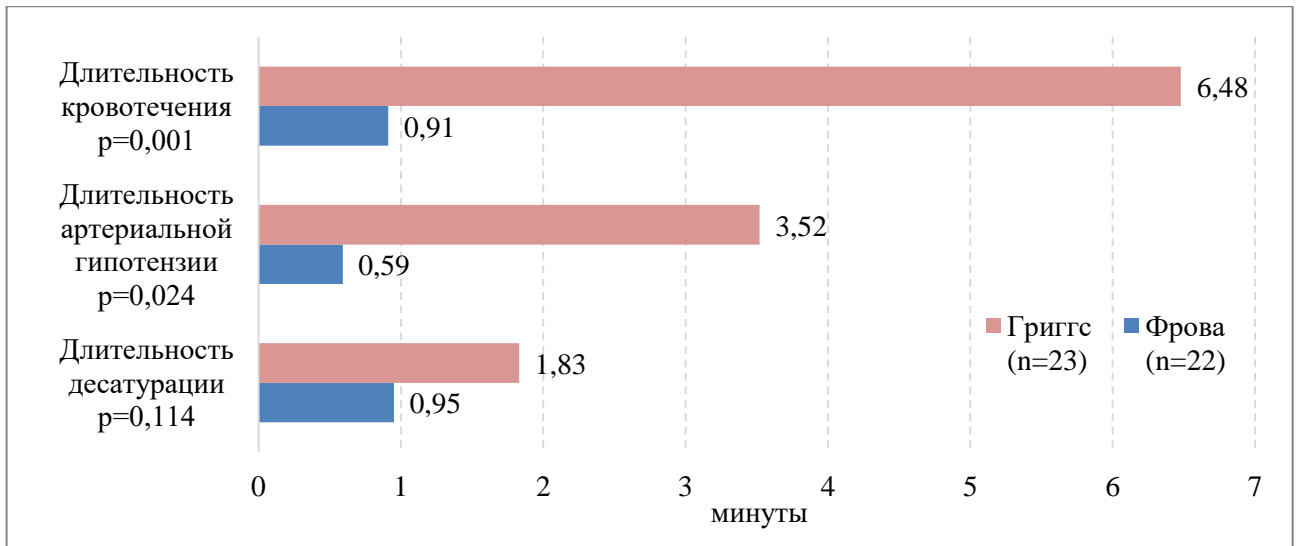


Рисунок 29 – Интраоперационные осложнения ПДТ у пациентов с высоким риском развития ВЧД

Интраоперационные кровотечения I, II степени, которые развивались в группе ПА у 4 (18,2 %) пациентов, в группе ПБ – у 6 (26,1 %) больных ( $p = 0,524$ ). Интраоперационные кровотечения III степени в группе ПБ развивались в 7 (30,4 %) наблюдениях и ни у одного из пациентов группы ПА ( $p = 0,005$ ). Продолжительность кровотечений была достоверно выше в группе ПБ по сравнению с группой ПА, составив  $6,48 \pm 1,37$  и  $0,91 \pm 0,47$  минут, соответственно ( $p = 0,001$ ) (таблица 11, рисунок 30).

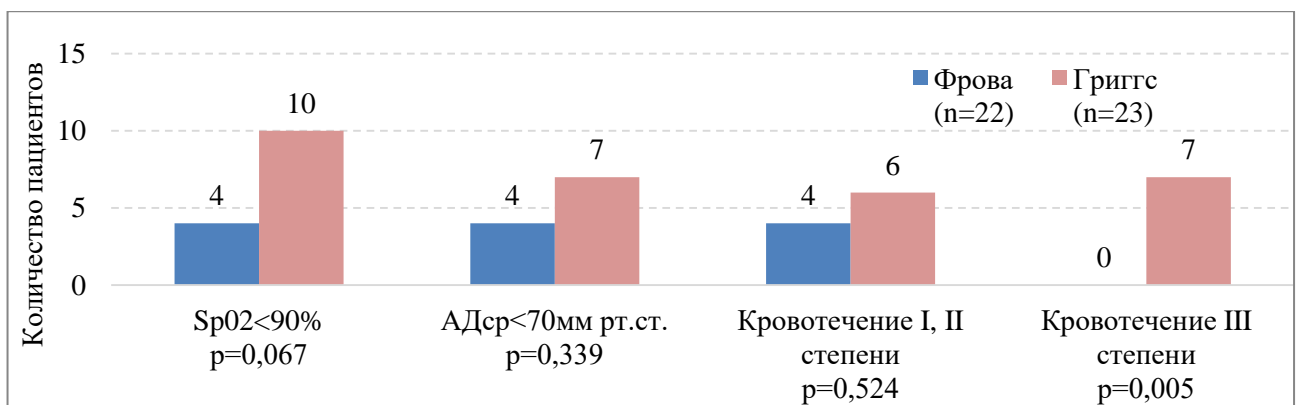


Рисунок 30 – Интраоперационные осложнения во время ПДТ у пациентов с высоким риском развития ВЧД

Источником кровотечений I и II степени были паратрахеальные мягкие ткани. Тугая инфильтрация раствором новокаина с адреналином и компрессия мягких тканей салфеткой с перекисью водорода оказывались эффективными во всех

наблюдениях. Источником кровотечения III степени у пациентов группы ПБ были паратрахеальные мягкие ткани и слизистая трахеи. Для остановки кровотечения были необходимы наложение швов на мягкие ткани, образующие стому, и выполнение ФБС с проведением эндоскопического гемостаза. Следует отметить, что, не смотря на полученные достоверные межгрупповые отличия по частоте и длительности интраоперационных кровотечений, гемостезиологические параметры в группах перед выполнением ПДТ были в пределах нормальных значений, а применение гепаринов, если они были ранее назначены, прекращали за 12 часов до выполнения трахеостомии (таблица 12).

Таблица 12 – Характеристики лабораторных показателей у исследуемой группы пациентов с высоким риском развития ВЧД

Показатели гемостаза крови	Группа ПА (n = 22)	Группа ПБ (n = 23)	Значение <i>p</i>
МНО, (N 0,89–1,13) (ср ± ст. откл.)	1,14 ± 0,03	1,63 ± 0,22	0,673
АЧТВ, сек, (N 23–31,9) (ср ± ст. откл.)	44,34 ± 4,39	44,43 ± 4,07	0,937
ПТИ (по Квику), %, (N 78,5–120,1) (ср ± ст. откл.)	81,08 ± 2,71 Медиана 79,6 Межквартильный 17,9	72,50 ± 3,83	0,152
Тромбоциты, 10 <sup>9</sup> /л, (N 120–380) (ср ± ст. откл.)	237,05 ± 11,82	227,70 ± 8,99	0,776

*Примечание:* *n* – число наблюдений; ср ± ст. откл. – среднее ± стандартная ошибка среднего; *p* – уровень значимости; МНО – международное нормализованное отношение; АЧТВ – активированное частичное тромбопластиновое время; ПТИ – протромбиновый индекс.

При выполнении ПДТ во всех наблюдениях производили контроль ВЧД, ЦПД, EtCO<sub>2</sub> и SpO<sub>2</sub>. В исследовании было три контрольные точки, в которых было сравнение групп по мониторированным параметрам: после укладки пациента непосредственно перед началом ПДТ (исследовательская точка 1), в момент бу-жирования трахеи (исследовательская точка 2) и после установки трахеостомической канюли (исследовательская точка 3) (таблица 13, 14).

Таблица 13 – Сравнительная характеристика групп по мониторируемым во время ПДТ параметрам

Показатель мониторинга	Группа ПА (n = 22)	Группа ПБ (n = 23)	Значение <i>p</i>
Исследовательская точка 1 (после укладки до начала операции)			
ВЧД, мм рт. ст. (ср ± ст. откл.)	14,00 ± 1,02	18,78 ± 0,80	0,001
ЦПД, мм рт. ст. (ср ± ст. откл.)	85,14 ± 2,10	79,87 ± 2,02	0,027
EtCO <sub>2</sub> , мм рт. ст. (ср ± ст. откл.)	34,68 ± 0,42	36,35 ± 0,39	0,009
SpO <sub>2</sub> , % (ср ± ст. откл.)	95,95 ± 0,31	95,09 ± 0,34	0,083
Исследовательская точка 2 (бужирование трахеи)			
ВЧД, мм рт. ст. (ср ± ст. откл.)	18,86 ± 1,19	26,87 ± 0,80	0,001
ЦПД, мм рт. ст. (ср ± ст. откл.)	79,68 ± 2,48	70,96 ± 1,73	0,004
EtCO <sub>2</sub> , мм рт. ст. (ср ± ст. откл.)	38,45 ± 0,74	50,22 ± 0,57	0,001
SpO <sub>2</sub> , % (ср ± ст. откл.)	94,77 ± 0,73	89,91 ± 0,91	0,001
Исследовательская точка 3 (после установки трахеостомической трубки)			
ВЧД, мм. рт. ст. (ср ± ст. откл.)	14,09 ± 1,06	18,26 ± 0,70	0,007
ЦПД, мм. рт. ст. (ср ± ст. откл.)	83,64 ± 1,94	75,17 ± 1,44	0,002
EtCO <sub>2</sub> , мм. рт. ст. (ср ± ст. откл.)	35,27 ± 0,56	46,78 ± 0,43	0,001
SpO <sub>2</sub> , % (ср ± ст. откл.)	95,73 ± 0,42	95,83 ± 0,41	0,809

*Примечание:* *n* – число наблюдений; ср ± ст. откл. – среднее ± стандартная ошибка среднего; *p* – уровень значимости; ВЧД – внутричерепное давление; ЦПД – церебральное перфузионное давление; EtCO<sub>2</sub> – давление углекислого газа конца выдоха; SpO<sub>2</sub> – процент содержания в крови гемоглобина, насыщенного кислородом.

Таблица 14 – Динамика показателей мониторинга при проведении ПДТ

Показатель мониторинга	Исследовательская точка 1	Исследовательская точка 2	Исследовательская точка 3	Значение $p$ 1–2	Значение $p$ 1–3	Значение $p$ 2–3
Группа ПА						
ВЧД, мм рт. ст. (ср ± ст. откл.)	14,00 ± 1,02	18,86 ± 1,19	14,09 ± 1,06	0,001	0,874	0,001
ЦПД, мм рт. ст. (ср ± ст. откл.)	85,14 ± 2,10	79,68 ± 2,48	83,64 ± 1,94	0,001	0,183	0,001
EtCO <sub>2</sub> , мм рт. ст. (ср ± ст. откл.)	34,68 ± 0,42	38,45 ± 0,74	35,27 ± 0,56	0,001	0,305	0,001
SpO <sub>2</sub> , % (ср ± ст. откл.)	95,95 ± 0,31	94,77 ± 0,73	95,73 ± 0,42	0,047	0,390	0,065
Группа ПБ						
ВЧД, мм рт. ст. (ср ± ст. откл.)	18,78 ± 0,80	26,87 ± 0,80	18,26 ± 0,70	0,001	0,611	0,001
ЦПД, мм рт. ст. (ср ± ст. откл.)	79,87 ± 2,02	70,96 ± 1,73	75,17 ± 1,44	0,001	0,006	0,001
EtCO <sub>2</sub> , мм рт. ст. (ср ± ст. откл.)	36,35 ± 0,39	50,22 ± 0,57	46,78 ± 0,43	0,001	0,001	0,001
SpO <sub>2</sub> , % (ср ± ст. откл.)	95,09 ± 0,34	89,91 ± 0,91	95,83 ± 0,41	0,001	0,139	0,001

*Примечание:*  $n$  – число наблюдений; ср ± ст. откл. – среднее ± стандартная ошибка среднего;  $p$  – уровень значимости; ВЧД – внутричерепное давление; ЦПД – церебральное перфузионное давление; EtCO<sub>2</sub> – давление углекислого газа конца выдоха; SpO<sub>2</sub> – процент содержания в крови гемоглобина, насыщенного кислородом.

Полученные данные свидетельствуют о том, что классическая для выполнения ПДТ укладка нейрореанимационного пациента на валик под лопатками (исследовательская точка 1) приводит к достоверному повышению ВЧД и снижению ЦПД (таблица 13). Средние значения и медиана ВЧД и ЦПД на этом этапе операции, однако, остаются в пределах нормы в обеих группах (рисунок 31, рисунок 32).

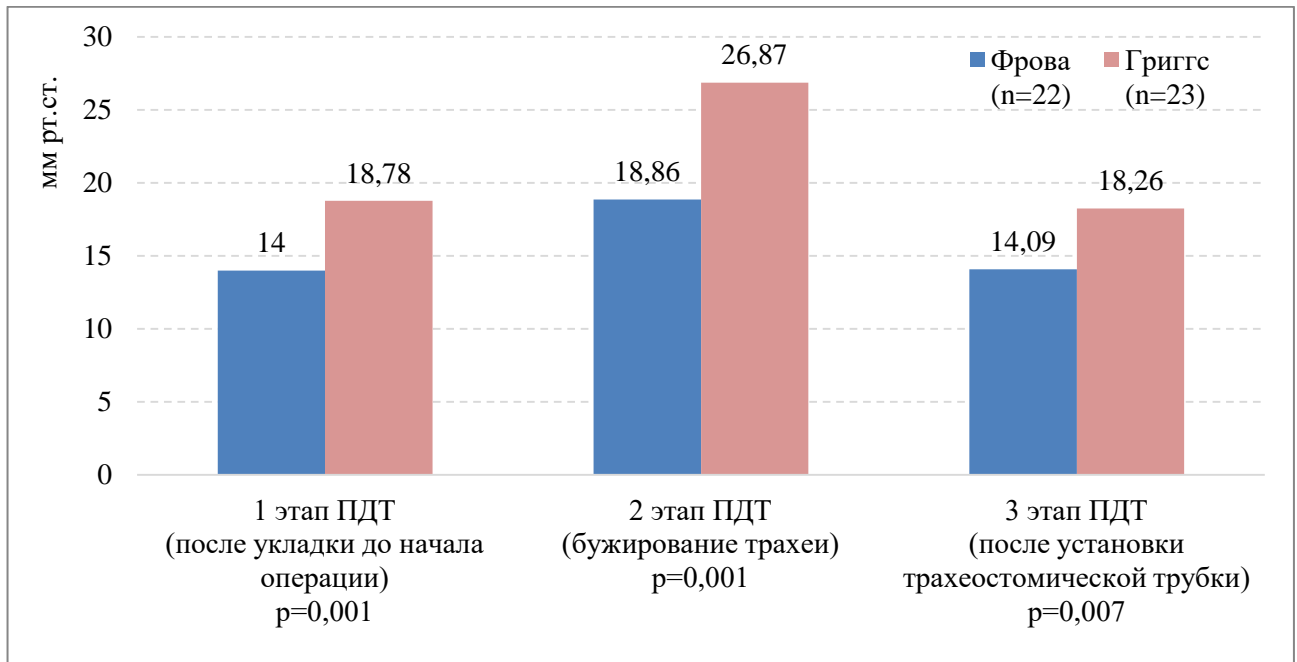


Рисунок 31 – Интраоперационные значения ВЧД

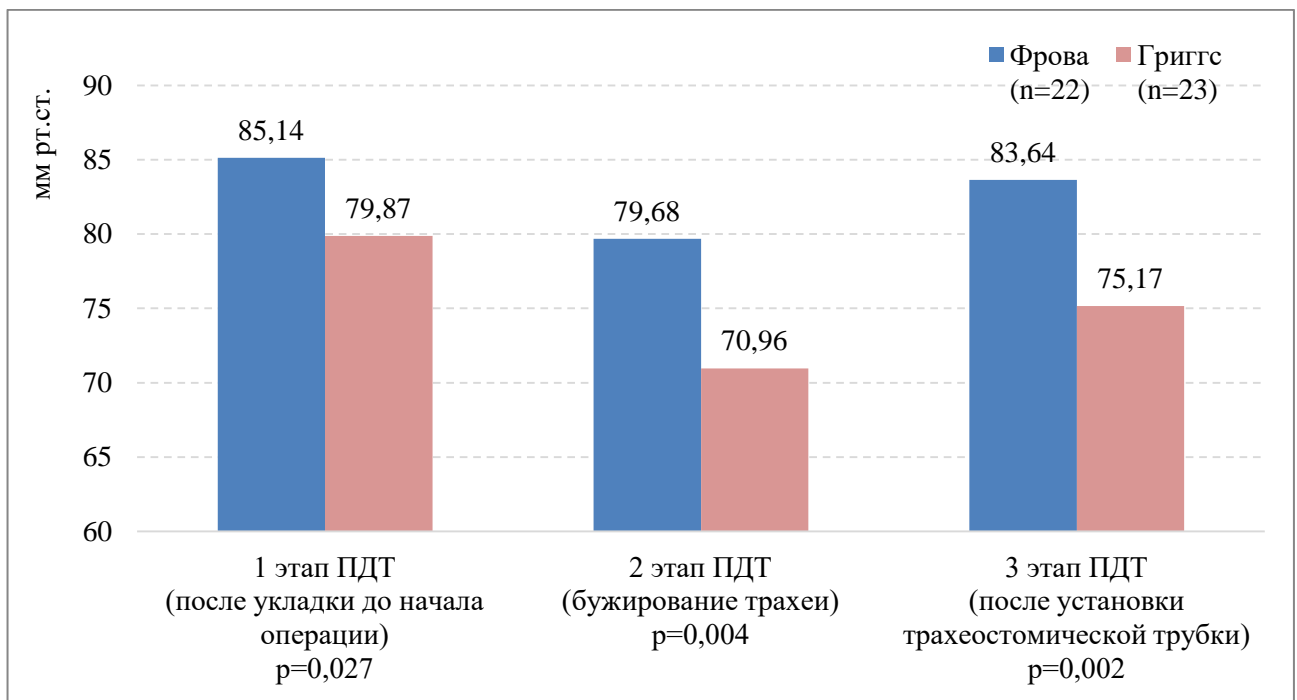


Рисунок 32 – Интраоперационные значения ЦПД



ВЧД на этапе бужирования трахеи (исследовательская точка 2) в группе ПБ не только достоверно выше по сравнению с группой ПА, но и превышает нормальные значения. Это свидетельствует о том, что ПДТ методикой Григгса с ФБС контролем ассоциировано с развитием внутричерепной гипертензией во время проведения операции (таблица 13). Отчасти такие показатели ВЧД можно объяснить тем, что уровень EtCO<sub>2</sub> в группе ПБ был достоверно выше, а уровень SpO<sub>2</sub> – достоверно ниже по сравнению с группой ИБ. Более того и EtCO<sub>2</sub>, и SpO<sub>2</sub> были за пределами референсных значений в группе ПБ (таблица 13). Вероятно, одной из значимых причин, выявленных в группе ПБ десатурации и гиперкапнии, следует считать проведение ФБС-контроля. УЗ-контроль, проводившийся в группе ИБ, позволяет избежать как десатурации, так и гиперкапнии (рисунок 33, 34).

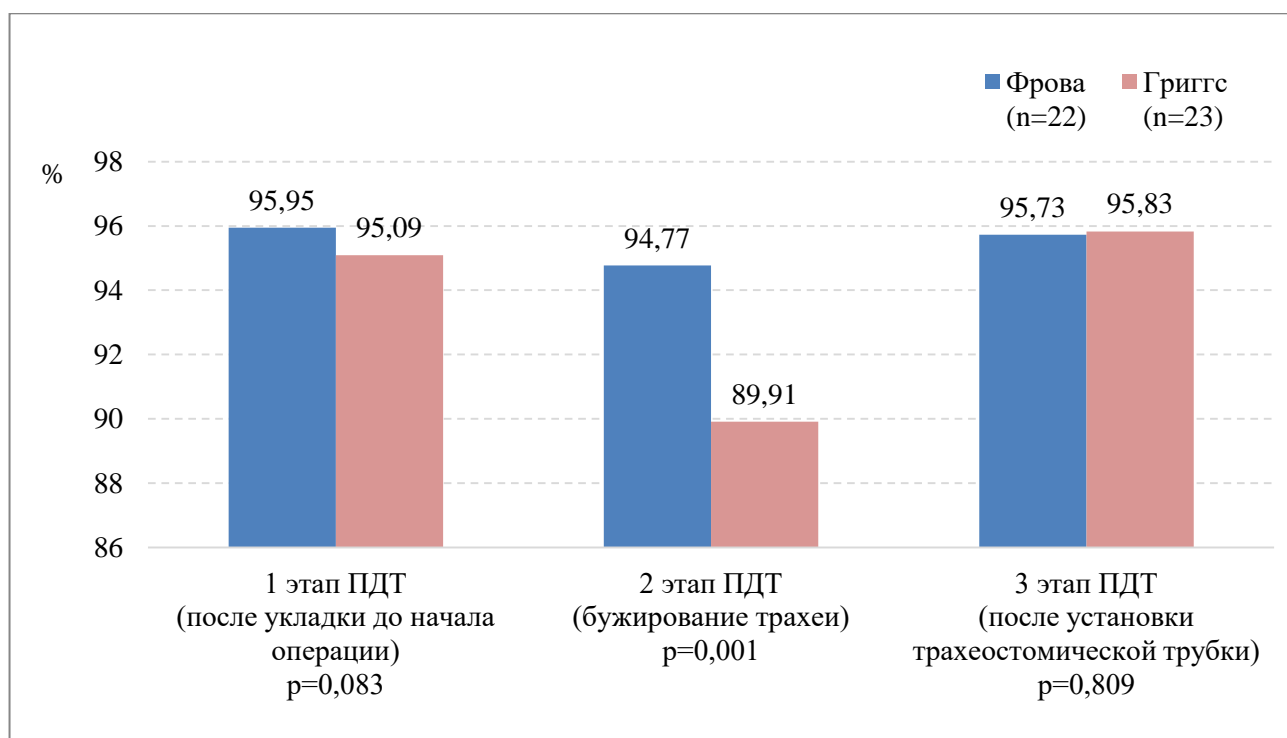


Рисунок 33 – Интраоперационные значения SpO<sub>2</sub>

На завершающем этапе ПДТ (исследовательская точка 3) абсолютные показатели мониторируемых параметров за исключением EtCO<sub>2</sub> возвращались к нормальным значениям (таблица 13). Однако, уровень ВЧД был достоверно выше, а церебральное перфузионное давление (ЦПД) – достоверно ниже в группе ПБ по сравнению с ПА (рисунок 31, 32).

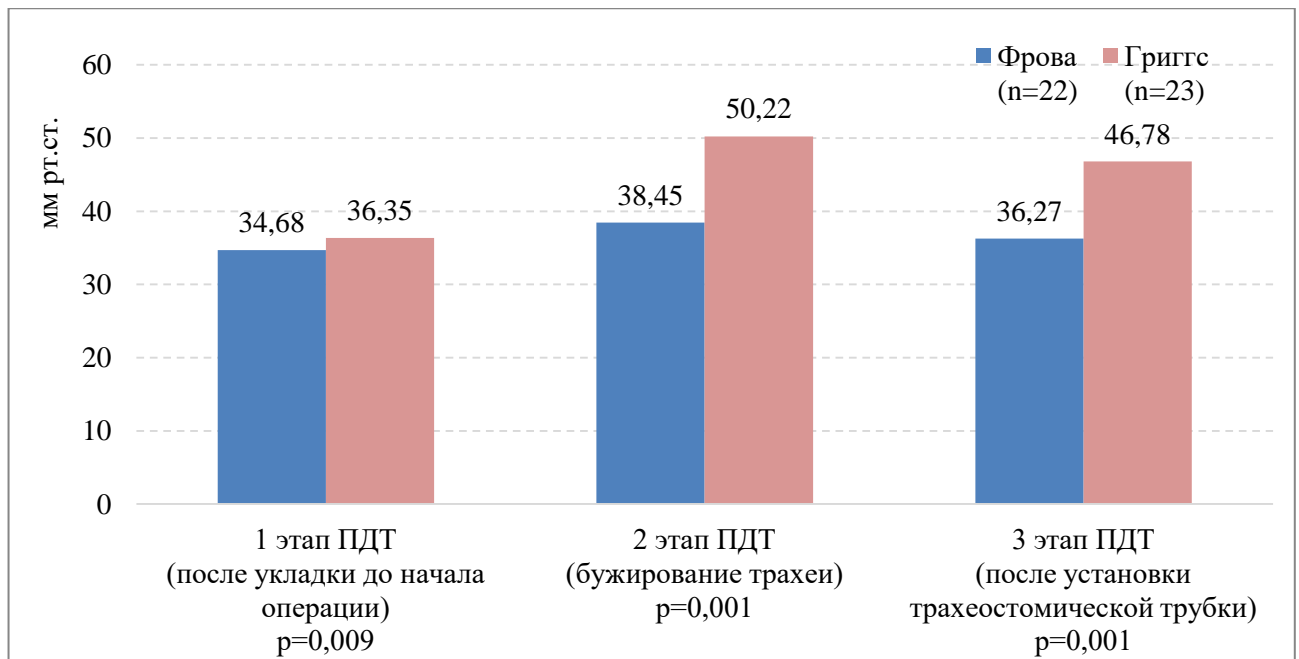


Рисунок 34 – Интраоперационные значения EtCO<sub>2</sub>

Приведенные в таблице 14 данные свидетельствуют о том, что для нейрореанимационных пациентов с риском развития внутричерепной гипертензии наиболее опасным этапом операции вне зависимости от методики ее выполнения является этап бужирования трахеи. ВЧД на этом этапе ПДТ было достоверно выше, как по сравнению с этапом укладки пациента, так и с этапом окончания операции. Вместе с этим, следует еще раз отметить, что применение ПДТ методикой Фрова с УЗ-контролем позволяет избежать развития внутричерепной гипертензии в отличие о методики Григгса с ФБС-контролем. Внутричерепная гипертензия при использовании последней методики обусловлена кумулятивным эффектом положения тела пациента во время операции, гиперкапнии и десатурации.

Внутричерепная гипертензия, развившаяся у 10 (52 %) пациентов группы ПБ во время выполнения ПДТ, потребовала гипервентиляции и углубления седации.

Единственным послеоперационным осложнением была инфекция мягких тканей трахеостомической раны, которая развивалась чаще в группе ПА по сравнению с группой ПБ – у 4 (18,2 %) и 10 (43,5 %) пациентов, хотя не было получено достоверности ( $p = 0,067$ ). Инфекционный процесс был поверхностным, не приводил ни к существенному расширению трахеостомической раны, ни к арозивным кровотечениям ни в одном из наблюдений. У всех пациентов регулярные

перевязки, использование мази йодповидона и тщательный уход за раной и дыхательными путями приводил к эффективному разрешению этого осложнения.

Характеристики состояния пациентов после операции и исходы заболевания отражены в таблице 15.

Таблица 15 – Характеристики состояния пациентов и исходы заболевания ПДТ у пациентов с высоким риском развития ВЧД

Показатель	Группа ПА (n = 22)	Группа ПБ (n = 23)	Значение <i>p</i>
Длительность ИВЛ, сутки (ср ± ст. откл)	17,73 ± 1,51	16,74 ± 1,26	0,480
Продолжительность пребывания в ОРИТ, сутки (ср ± ст. откл)	20,18 ± 1,73	18,22 ± 1,41	0,306
Продолжительность пребывания в клинике, сутки (ср ± ст. откл)	35,86 ± 3,85	44,30 ± 5,60	0,352
Длительность канюленосительства, сутки (ср ± ст. откл)	35,00 ± 4,78	39,87 ± 5,31	0,555
Постоянное канюленосительство (%)	2 (9,1 %)	6 (26,1 %)	0,136
Инфекция мягких тканей вокруг трахеостомы (%)	4 (18,2 %)	10 (43,5 %)	0,067
Летальный исход (%)	2 (9,1 %)	6 (26,1 %)	0,136
Причины летального исхода			
Сепсис (%)	1 (4,5 %)	2 (8,7 %)	0,577
Отек/вклинение мозга (%)	1 (4,5 %)	4 (17,4 %)	0,170

*Примечание:* *n* – число наблюдений; ср ± ст. откл. – среднее ± стандартная ошибка среднего; *p* – уровень значимости; ИВЛ – искусственная вентиляция легких; ОРИТ – отделение реанимации и интенсивной терапии.

Достоверных отличий между группами не было выявлено ни в длительности ИВЛ и канюленосительства, ни в продолжительности пребывания пациентов в ОРИТ и в клинике. Исходы заболевания также достоверно отличались между группами.

Таким образом, проведенное исследование продемонстрировало техническую выполнимость ПДТ пациентам в положении с приподнятым головным концом, без использования валика под лопатками и без переразгибания шеи. Такое положение является важным для профилактики жизненно опасного повышения

ВЧД у нейрореанимационных пациентов во время трахеостомии. Отсутствие тяжелых осложнений в виде ранения задней стенки трахеи, повреждения крупных сосудов шеи и пищевода как в группе ПА, так и в группе ПБ свидетельствуют о возможности безопасного выполнения ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем и методикой Григгса под ФБС-контролем пациентам в таком модифицированном положении. Вместе с этим полученная в исследовании динамика мониторируемых показателей продемонстрировала очевидные преимущества методики Фрова с УЗ-контролем. Эта методика позволила избежать развития внутричерепной гипертензии при выполнении операции, что является чрезвычайно важным. Вероятной причиной развития внутричерепной гипертензии при выполнении ПДТ методикой Григгса под ФБС-контролем являются эпизоды десатурации и гиперкапнии. Несмотря на то, что выявленные нарушения газообмена были незначительными по их выраженности и непродолжительными, но, тем не менее, именно они могли стать определяющими у нейрореанимационных пациентов со сниженными компенсаторными возможностями регуляции внутричерепного давления.

### **3.4 Клинические наблюдения, иллюстрирующие выполнение ПДТ двум группам нейрореанимационным пациентам**

Ниже приведены два клинических наблюдения, иллюстрирующие две группы пациентов: (1) выполнение ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем. (2) выполнение ПДТ методикой Григгс под ФБС-контролем.

#### *Клиническое наблюдение 2*

*(выполнение ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем нейрореанимационному пациенту с периоперационным мониторингом ВЧД).*

Пациент П, 57 лет, поступил экстренно в отделение анестезиологии и реанимации, после нейровизуализации выставлен диагноз: «Острое нарушение мозгового кровообращения (ОНМК) по ишемическому типу в бассейне средне мозго-

вой артерии (СМА) слева (атеротромботический подтип по Trial of Org 10172 in Acute Stroke Treatment (TOAST)). Правосторонний гемипарез до плегии в руке. Сенсомоторная афазия. Фоновое заболевание: Гипертоническая болезнь III, 3ст, риск 4. Сахарный диабет 2 типа, в стадии компенсации». Состояние пациента тяжелое, нестабильное. Уровень сознания – сопор (по шкале комы Глазго (ШКГ) 9 баллов), гемодинамически нестабильный (с тенденцией к гипертензии), дыхание на момент поступления самостоятельное с явлениями дыхательной недостаточности (ЧДД 22–24 в минуту, SpO<sub>2</sub> 88–90 %), в ротовой полости остатки пищи. В экстренном порядке была выполнена интубация трахеи с целью разделительной функции и протекции дыхательных путей. Начата ИВЛ в принудительном режиме с двухфазным положительным давлением (Bilevel) с параметрами: положительное давление на вдохе (PEEP<sub>h</sub>) 19 см вод ст., положительное давление на выдохе (PEEP<sub>i</sub>) 7 см вод ст., поддерживающее давление (PS) 12 см вод ст., частота вдохов (f) – 14 в минуту, FiO<sub>2</sub> 40 %, при этом дыхательный объем (ДО) 520–610 мл, SpO<sub>2</sub> 99 %. КОС: pH 7,417 мм рт. ст., напряжение кислорода в артериальной крови (PaO<sub>2</sub>) 157 мм рт. ст., напряжение углекислоты в артериальной крови (PaCO<sub>2</sub>) 34,8 мм рт. ст., хлор 104 ммоль/л, калий 3,4 ммоль/л, натрий 136 ммоль/л, глюкоза 6,6 ммоль/л, лактат 1,0 ммоль/л, отношение парциального напряжения кислорода в артериальной крови к фракции кислорода на вдохе (PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>) 291. Выполнена лечебно-диагностическая ФБС, на которой имеется остатки желудочного содержимого, проведена санация трахео-бронхиального дерева (ТБД).

Учитывая необходимость и длительность инфузионной поддержки, также отсутствия необходимости в проведение тромболизиса и тромбоэкстракции, пациенту выполнена постановка центрального катетера по методу Сельдингера и установка артериального катетера в правую лучевую артерию для инвазивного мониторинга АД в связи с гемодинамической нестабильностью, проведением инфузионной терапии и использованием препаратов, корректирующих артериальное давление.

На 2-е сутки от начала ИВЛ у пациента отмечалось прогрессирование отека, и дислокации правых отделов головного мозга потребившего установки паренхиматозного датчика ВЧД и выполнение декомпрессионной краниотомии. Уровень

ВЧД после установки датчика: 19–20 мм рт. ст., срАД 90 мм рт. ст., ЦПД 70 мм рт. ст., EtCO<sub>2</sub> 38 мм рт. ст. С целью коррекции и контроля ВЧД проводится в/в седация раствором тиопентала натрия; головной конец кровати приподнят на 30 °С; ИВЛ в режиме умеренной гипервентиляции (контроль уровня EtCO<sub>2</sub> в пределах 30–35 мм рт. ст.), применение гипертонического раствора натрия 10 %.

В связи с необходимостью проведения длительной ИВЛ у пациента с грубыми неврологическими нарушениями, планируется проведение трахеостомии. Были рассмотрены методики Григгс и Фрова. У пациента наблюдался рост ВЧД при изменении положения тела и угла наклона кровати и при попытке разгибания. При выполнении ПДТ по методике Григгс при obturации дыхательных путей фибробронхоскопом происходит рост EtCO<sub>2</sub> с последующим нарастанием ВЧД. В таком случае проведение ПДТ по методике Григгс не представляется возможным.

На 3-е сутки выполнена пункционно-дилатационная трахеостомия по методике Фрова под УЗИ-контролем с приподнятым головным концом кровати до 30° на фоне медикаментозной седации и контроля срАД, EtCO<sub>2</sub>. Перед процедурой ПДТ был выполнен скрининг гемостаза крови у пациента, который не требовал коррекции перед манипуляцией. Следующим этапом было выполнение УЗИ-скрининга области пункции на шее для определения точки вкола. Точка вкола определена в проекции 2–3 хрящевого кольца трахеи, аберрантных сосудов, которые могли бы спровоцировать интра- и послеоперационное кровотечение, в зоне пункции не выявлено. Под УЗИ-контролем извлекли эндотрахеальную трубку так, чтобы ее кончик находился непосредственно под голосовыми связками. Толщина жировой клетчатки в области пункции составляет примерно 22 мм, размер трахеи в поперечнике составил 12,5 мм, выбрана трахеостомическая трубка № 8,5.

В асептических условиях при помощи линейного датчика УЗИ 5 МГц определялось первое трахеальное кольцо, которое должно быть четко видно над вырезом грудины с шейкой в предполагаемом положении для трахеостомии. Пункционная игла 14G с катетером вводилась перпендикулярно коже, и путь иглы определялся по отчетливой акустической тени перед иглой с последующим смещением слоев ткани, наблюдаемым при прохождении иглы. В просвет трахеи пропущен

J-образный проводник, затем канюлю извлекли, оставив проводник на месте. Далее была проведена тугая инфильтрация претрахеальных тканей вокруг проводника 0,5 % раствором лидокаина с добавлением адреналина (эпинефрина) в соотношении от 1:100 000 до 1:200 000. Ротационными движениями бужа без избыточного давления на мягкие ткани шеи, постепенно продвигали в трахею. Для проверки правильного направления ротационного бужа периодически производили подтягивание на 1 см и возвращение в обратное положение проводника гибкого проводника. После бужирования трахеи трахеостомическую трубку необходимого размера надевали на проводник и устанавливали в трахею. Во время манипуляции у пациента в положении с приподнятым головным концом до 30 °С остается стабильным значение ВЧД 20–22 мм рт. ст., инвазивное срАД 80–85 мм рт. ст., EtCO<sub>2</sub> 38–39 мм рт. ст.

Продолжено ИВЛ через ТСТ в режиме VeLEVEL с параметрами PEEP<sub>h</sub> 14 см вод. ст. PEEP<sub>l</sub> 7 см вод. ст., PS 12 см вод. ст., f 12 в минуту, FiO<sub>2</sub> 35 %, при этом ДО 450–500 мл, SpO<sub>2</sub> 96%, EtCO<sub>2</sub> 40 мм рт.ст. КОС: pH 7,358 mmHg, PaO<sub>2</sub> 128 мм рт. ст., PaCO<sub>2</sub> 42,8 мм рт. ст., хлор 102 ммоль/л, калий 3,5 ммоль/л, натрий 146 ммоль/л, глюкоза 6,3 ммоль/л, лактат 0,6 ммоль/л, PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> 418. ВЧД 16 мм рт. ст., срАД 89 мм рт. ст.

На фоне проведения ИВЛ через ТСТ показатели газов крови улучшаются, но нарастает гемодинамическая нестабильность с тенденцией к гипертензии, требующая проведения антигипертензивной терапии. Также наблюдается отрицательная динамика в неврологическом статусе, выраженная в угнетении сознания до комы I, анизокория. С целью оценки неврологического статуса пациенту прекращена седативная терапия.

На 6-е сутки выполнена нейровизуализация КТ: отрицательная динамика в виде увеличения зоны отека в левом полушарии головного мозга, дислокация срединных структур вправо до 12 мм.

На 7-е сутки в связи с нарастанием полиорганной недостаточностью зафиксирована остановка сердечной деятельности с последующими реанимационными мероприятиями с летальным исходом.

*Клиническое наблюдение 3*

*(выполнение ПДТ методикой Григгс под УЗ-контролем нейрореанимационному пациенту с периоперационным мониторингом ВЧД)*

Пациент В., 49 лет, поступил в отделение анестезиологии и реанимации на ИВЛ по скорой медицинской помощи с диагнозом: «ОНМК по геморрагическому типу с формированием паренхиматозной гематомы височной области справа с прорывом в желудочковую систему головного мозга. Вентрикулярная гемотомпонада. Оклюзионная гидроцефалия. Гипертоническая болезнь III ст, 3 ст, риск 4». В экстренном порядке пациент направлен в операционную, где была выполнена резекционная трепанация черепа с удалением правосторонней внутримозговой гематомы и последующей установкой вентрикулярного датчика ВЧД.

После операции продолжена медикаментозная седация пропофолом, мониторинг ВЧД, продленная ИВЛ. Внутрочерепной гипертензии не было. Гемодинамически пациент был стабилен, продолжено ИВЛ через эндотрахеальную трубку в режиме Bilevel. Нарушений газового состава крови не было. Гемостезиологические показатели были в пределах референсных значений. В связи с планируемой длительной ИВЛ было принято решение о выполнении ПДТ методикой Григгса под ФБС-контролем.

ПДТ была выполнена без технических трудностей. Однако на этапе бужирования трахеи отмечался кратковременный эпизод десатурации до 85% и гиперкапнии до 53 мм рт. ст. В ходе оперативного вмешательства было отмечено три эпизода развития внутрочерепной гипертензии (ВЧГ): первый – после укладывания пациента на валик, второй – при бужировании трахеи и третий – при заведении трахеостомической канюли в трахею. Во время первого и третьего эпизода ВЧД повышалось незначительно – до 21–27 мм рт. ст. и было быстро нормализовано углублением седации пропофолом. Вторым эпизодом ВЧГ во время бужирования трахеи был значимый, с повышением ВЧД до 38 мм рт. ст., что, как минимум, отчасти было связано с нарушениями газового состава артериальной крови. Все три эпизода были кратковременными, но требовали проведения терапии, направ-



ленной на коррекцию ВЧД. Для коррекции ВЧГ на этапе бужирования трахеи был использован болюс 10 % гипертонического раствора натрия хлорида. Десатурация и гиперкапния были купированы после заведения в трахею трахеостомической канюли.

На фоне проводимой терапии состояние пациента постепенно улучшалось. На 5-е сутки у пациента восстановилось сознание, на 20-е сутки пациент был переведен на самостоятельное дыхание через трахеостомическую канюлю с инсuffляцией кислорода, на 27-е сутки пациент был переведен в неврологическое отделение, на 30 сутки была произведена деканюляция трахеи, на 39-е сутки больной был выписан из стационара в стабильном состоянии с остаточным гемипарезом.

Таким образом, приведенное клиническое наблюдение иллюстрирует нейрореанимационного пациента, у которого во время выполнения ПДТ методикой Григгса с ФБС-контролем было зафиксировано три эпизода ВЧГ. Выполнение ПДТ этой методикой предполагает укладку пациента на валик, наличие открытых дыхательных путей и необходимость проведения ФБС. Необходимая укладка пациента приводит к нарушению венозного оттока из полости черепа, а не герметичность дыхательных путей и невозможность адекватной вентиляции при выполнении ФБС – к гипоксемии и гиперкапнии. Эти явления являются чаще всего несущественными для пациентов, не имеющих повреждения ЦНС, но вполне могут оказаться критичными для нейрореанимационных больных с высоким риском развития ВЧГ. Приведенное выше клиническое наблюдение отчетливо демонстрирует, насколько критичными могут оказаться вышеописанные негативные интраоперационные события для нейрореанимационного пациента с высоким риском развития ВЧГ.

### 3.5 Результаты исследовательского блока III. Анализ безопасности и технических особенностей выполнения ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем у пациентов с ЭКМО, имеющих высокий риск развития геморрагических осложнений в периоперационном периоде в связи с невозможностью прекращения проведения терапевтической гипокоагуляции гепарином

Этот исследовательский блок в соответствии с критериями включения и исключения вошел 21 пациент с ЭКМО, которым невозможно было прекратить введение гепарина с целью достижения терапевтической гипокоагуляции. ПДТ выполняли в условиях гипокоагуляции.

В группу ПДТ по методике Фрова с УЗ-контролем (группа IIIА) вошли 10 пациентов (8 мужчин, 2 женщины) в возрасте  $46,55 \pm 3,65$  лет. В группу с ПДТ по методике Григгса с ФБС-контролем (группа IIIБ) вошло 11 пациентов (6 мужчин, 5 женщин) в возрасте  $52,50 \pm 5,69$  лет (таблица 16). Показаниями к выполнению ПДТ у всех пациентов была прогнозируемо длительная ИВЛ. Состояние пациентов при их поступлении в стационар, оцениваемое по шкале APACHE II, было достоверно тяжелее в группе IIIА, чем в группе IIIБ, составив  $24,09 \pm 1,02$  и  $20,00 \pm 1,04$  баллов, соответственно ( $p = 0,013$ ). На момент включения пациентов в исследования тяжесть состояния в группах, оцениваемое по шкале SOFA, достоверно не отличалось, составив  $12,55 \pm 0,74$  баллов в группе IIIА и  $11,70 \pm 0,83$  баллов в группе IIIБ.

Таблица 16 – Характеристика демографических и клинических показателей у исследуемой группы пациентов с ЭКМО, имеющих высокий риск развития геморрагических осложнений

Характеристики	Группа IIIА ( $n = 11$ )	Группа IIIБ ( $n = 10$ )	Значение $p$
Возраст, лет (ср $\pm$ ст. откл.)	$46,55 \pm 3,65$	$52,50 \pm 5,69$	0,349
Мужской пол, (%)	7 (63,6 %)	3 (30,0 %)	0,123
Масса тела, кг (ср $\pm$ ст. откл.)	$81,55 \pm 3,96$	$79,90 \pm 6,98$	0,705

## Продолжение таблицы 16

Характеристики	Группа ША ( $n = 11$ )	Группа ШБ ( $n = 10$ )	Значение $p$
Оценка по шкале АРАСНЕ II (ср ± ст. откл.)	24,09 ± 1,02	20,00 ± 1,04	0,013
Оценка по шкале SOFA в день трахеостомии (ср ± ст. откл.)	12,55 ± 0,74	11,70 ± 0,83	0,426
Среднее количество дней вентиляции перед ПДТ, сутки (ср ± ст. откл.)	1,73 ± 0,24	2,10 ± 0,48	0,918

*Примечание:*  $n$  – число наблюдений; ср ± ст. откл. – среднее ± стандартная ошибка среднего;  $p$  – уровень значимости; АРАСНЕ II – острая физиологическая и хроническая оценка состояния здоровья II; SOFA – шкала оценки последовательной органной недостаточности; ПДТ – пункционно-дилатационная трахеостомия.

ПДТ в обеих группах выполняли в ранние сроки – спустя  $1,73 \pm 0,24$  и  $2,10 \pm 0,48$  суток после интубации трахеи, соответственно.

УЗ-контроль в группе ПА позволил определить толщину мягких тканей шеи от кожи до II трахеального кольца, составивший  $11 \pm 0,65$  мм, и внутренний диаметр трахеи, составивший  $14 \pm 0,49$  мм. При проведении УЗИ в зоне предполагаемой пункции были выявлены сосуды у 4 (40 %) пациентов, перешеек щитовидной железы – у 5 (50 %) пациентов. Это привело к изменению места пункции и/или траектории движения в 6 (60 %) наблюдениях. Эффект трансиллюминации при ФБС-контроле в группе ШБ не позволяет визуализировать ни сосуды, ни перешеек щитовидной железы в проекции пункции и траектории движения иглы. По этой причине не было оснований для принятия решения об их изменении места пункции или траектории движения иглы до непреднамеренного получения крови в шприце при проведении пункции трахеи, которое было зафиксировано в 6 (55 %) наблюдениях.

Первая попытка пункции трахеи в группе ША была успешной у всех 10 (100 %) пациентов, а в группе ШБ - достоверно реже, всего у 6 (55 %) пациентов ( $p = 0,025$ ) (рисунок 35). Время выполнения ПДТ в группе ША составило  $13 \pm 1,59$  минут. В группе ШБ время выполнения ПДТ по методике Григгса было достоверно выше и составило  $23,4 \pm 3,57$  минут ( $p = 0,004$ ). Ни в одном из наблю-

дений группы ША не было перехода ни на ФБС-контроль с УЗ-контроля, ни на методику Григгса с методики Фрова.

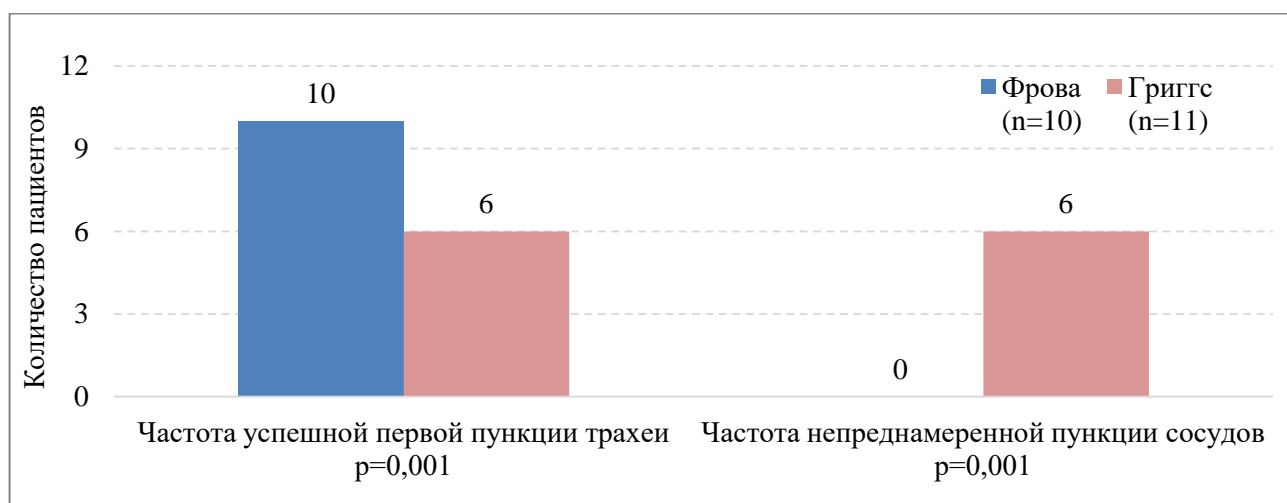


Рисунок 35 – Интраоперационные осложнения ПДТ у пациентов с терапевтической гипокоагуляцией

Группы ША и ШБ не отличались по частоте интраоперационных кровотечений I и II степени, который развивались в 4 (36,4 %) и 4 (40 %) наблюдениях, соответственно ( $p = 0,864$ ). Кровотечения III степени тяжести в группе ШБ развивались чаще, чем в группе ША – в 4 (40 %) и 1 (9,1 %) наблюдении, соответственно. Однако, эти отличия не достигли уровня достоверности ( $p = 0,097$ ) (таблица 17, рисунок 36).

Таблица 17 – Интраоперационные осложнения ПДТ у пациентов с ЭКМО, имеющих высокий риск развития геморрагических осложнений

Показатель	Группа ША (n = 11)	Группа ШБ (n = 10)	Значение <i>p</i>
Кровотечение I, II степени (%)	4 (36,4 %)	4 (40,0 %)	0,864
Кровотечение III степени (%)	1 (9,1 %)	4 (40,0 %)	0,097
Длительность кровотечения, мин (ср ± ст. откл.)	3,73 ± 1,59	8,60 ± 3,57	0,863
SpO <sub>2</sub> (%)	93,82 ± 0,50	92,70 ± 0,63	0,197

## Продолжение таблицы 17

Показатель	Группа ША (n = 11)	Группа ШБ (n = 10)	Значение <i>p</i>
Основное заболевание			
Пневмония (%)	11 (100 %)	10 (100 %)	0,543
РДС (%)	7 (63,6 %)	9 (90 %)	0,157
ТЭЛА (%)	6 (54,5 %)	4 (40 %)	0,505

*Примечание:* *n* – число наблюдений; *ср* ± *ст. откл.* – среднее ± стандартная ошибка среднего; *p* – уровень значимости; SpO<sub>2</sub> – процент содержания в крови гемоглобина, насыщенного кислородом; РДС – респираторный дистресс синдром; ТЭЛА – тромбоэмболия легочной артерии.

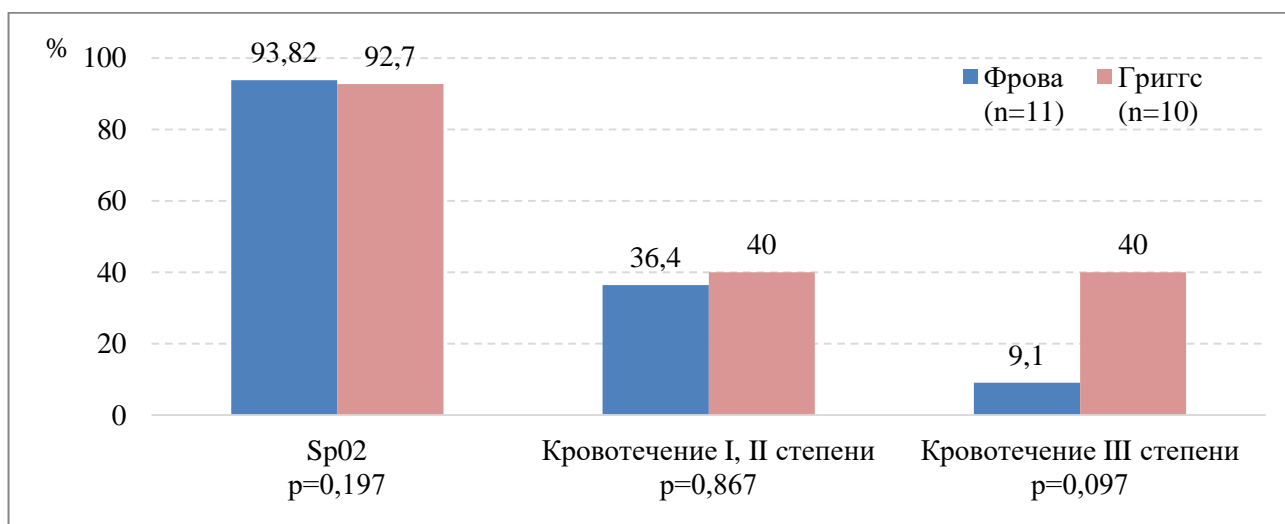


Рисунок 36 – Интраоперационные осложнения ПДТ у пациентов с терапевтической гипокоагуляцией

При выявлении лабораторных признаков гипокоагуляции проводили их коррекцию (таблица 18).

Таблица 18 – Гемостатическая терапия перед началом ПДТ у пациентов с ЭКМО и проведением терапевтической гипокоагуляции

Наименование гемостатических средств	Группа ША (n = 11)	Группа ШБ (n = 10)	Значение <i>p</i>
СЗП, мл/кг ( <i>ср</i> ± <i>ст. откл.</i> )	4,24 ± 2,98	11,51 ± 3,75	0,152
КПК, МЕд/кг ( <i>ср</i> ± <i>ст. откл.</i> )	9,09 ± 2,53	9,62 ± 2,96	1

## Продолжение таблицы 18

Наименование гемостатических средств	Группа ША ( $n = 11$ )	Группа ШБ ( $n = 10$ )	Значение $p$
Тромбоконцентрат, мл/кг ( $\text{cp} \pm \text{ст. откл.}$ )	Среднее $1,63 \pm 0,73$	Среднее $1,18 \pm 0,63$	0,684
Криопреципитат, мл/кг ( $\text{cp} \pm \text{ст. откл.}$ )	0	0	-

*Примечание:*  $n$  – число наблюдений;  $\text{cp} \pm \text{ст. откл.}$  – среднее  $\pm$  стандартная ошибка среднего;  $p$  – уровень значимости; СЗП – свежезамороженная плазма; КПК – концентрат протромбинового комплекса.

В результате группы ША и ШБ не отличались по показателям гемостаза во время выполнения ПДТ (таблица 19). Повышенные значения АЧТВ обусловлены необходимостью проведения терапевтической гипокоагуляции при проведении ЭКМО.

Таблица 19 – Показатели гемостаза перед началом операции ПДТ у пациентов с ЭКМО, имеющих высокий риск развития геморрагических осложнений

Показатель гемостаза крови	Группа ША ( $n = 11$ )	Группа ШБ ( $n = 10$ )	Значение $p$
МНО, (N 0,89–1,13) ( $\text{cp} \pm \text{ст. откл.}$ )	$1,63 \pm 0,15$	$1,56 \pm 0,14$	1
АЧТВ, сек, (N 23–31,9) ( $\text{cp} \pm \text{ст. откл.}$ )	$64,67 \pm 4,28$	$65,82 \pm 4,36$	0,809
ПТИ (по Квику), %, (N 78,5–120,1) ( $\text{cp} \pm \text{ст. откл.}$ )	$76,59 \pm 2,83$	$71,15 \pm 2,97$	0,387
Фибриноген, г/л ( $\text{cp} \pm \text{ст. откл.}$ )	$2,80 \pm 0,29$	$2,82 \pm 0,30$	1
Тромбоциты, $10^9/\text{л}$ ( $\text{cp} \pm \text{ст. откл.}$ )	$136,91 \pm 17,11$	$133,00 \pm 16,42$	0,863

*Примечание:*  $n$  – число наблюдений;  $\text{cp} \pm \text{ст. откл.}$  – среднее  $\pm$  стандартная ошибка среднего;  $p$  – уровень значимости; МНО – международное нормализованное отношение; АЧТВ – активированное частичное тромбопластиновое время; ПТИ – протромбиновый индекс.

Единственным послеоперационным осложнением была инфекция мягких тканей трахеостомической раны, которое развивалось у 2 (18,2 %) пациентов в группе ША и у 2 (20 %) пациентов в группе ШБ ( $p = 0,916$ ). Инфекционный процесс был поверхностным, не приводил ни к существенному расширению трахеостомической раны, ни к арозивным кровотечениям ни в одном из наблюдений. У

всех пациентов регулярные перевязки, использование мази йодповидона и тщательный уход за раной и дыхательными путями приводил к эффективному разрешению этого осложнения (таблица 20).

Характеристики состояния пациентов и исходы заболевания отражены в таблице 17, 20. Группы ША и ШБ достоверно не отличались ни по длительности ЭКМО, ИВЛ и канюленосительства, ни по продолжительности пребывания пациентов в ОРИТ и в клинике, ни по исходам заболевания. Летальный исход в группе ША был у 3 (27,3%) пациентов, в группе ШБ – у 2 (20 %) пациентов. Все смертельные исхода были обусловлены течением основного заболевания и вызваны сепсисом (таблица 20).

Таблица 20 – Показатели постоперационном периоде ПДТ у пациентов с ЭКМО, имеющих высокий риск развития геморрагических осложнений

Показатель	Группа ША (n = 11)	Группа ШБ (n = 10)	Значение <i>p</i>
Длительность ЭКМО, сутки (ср ± ст. откл.)	22,18 ± 3,61	14,00 ± 1,49	0,061
Длительность ИВЛ, сутки (ср ± ст. откл.)	25,27 ± 3,51	19,80 ± 2,84	0,314
Продолжительность пребывания в ОРИТ, сутки (ср ± ст. откл.)	28,64 ± 3,25	21,00 ± 3,24	0,099
Продолжительность пребывания в клинике, сутки (ср ± ст. откл.)	44,64 ± 4,76	33,40 ± 5,25	0,114
Длительность канюленосительства, сутки (ср ± ст. откл.)	24,55 ± 3,25	20,50 ± 2,32	0,426
Постоянное канюленосительство (%)	1 (9,1 %)	1 (10,0 %)	0,943
Инфекция мягких тканей вокруг трахеостомы (%)	2 (18,2 %)	8 (80,0 %)	0,916
Летальный исход (%)	3 (27,3 %)	2 (20,0 %)	0,696
Причина летального исхода			
Сепсис (%)	3 (100 %)	2 (100 %)	0,696

*Примечание:* *n* – число наблюдений; ср ± ст. откл. – среднее ± стандартная ошибка среднего; *p* – уровень значимости; ЭКМО – экстракорпоральная мембранная оксигенация; ИВЛ – искусственная вентиляция легких; ОРИТ – отделение реанимации и интенсивной терапии.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о возможности безопасного выполнения ПДТ пациентам с ЭКМО, которым невозможно прекратить

введение гепарина, поскольку необходима терапевтическая гипокоагуляция для адекватной работы аппарата искусственного кровообращения. Результаты проведенного исследования демонстрируют отчетливую, однако, статистически недостоверную тенденцию к снижению частоты тяжелых геморрагических интраоперационных осложнений при выполнении ПДТ методикой Фрова с УЗ-контролем по сравнению с методикой Григгса с ФБС-контролем.

### **3.6 Клинические наблюдения, иллюстрирующие выполнение ПДТ двум группам пациентам с ЭКМО и невозможностью прекращения терапевтической гипокоагуляции в периоперационном периоде**

Ниже приведены два клинических наблюдения, иллюстрирующие две группы пациентов: (1) выполнение ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем, (2) выполнение ПДТ методикой Григгс под ФБС-контролем.

#### *Клиническое наблюдение 4*

*(выполнение ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем у Пациента с ЭКМО и невозможностью прекращения терапевтической гипокоагуляции гепарином перед выполнением ПДТ)*

Пациент М., 67 лет был доставлен на инвазивной ИВЛ в отделение реанимации из другого лечебного учреждения, где находился в течение двух недель и проходил лечение в связи вирусно-бактериальной пневмонии. Из анамнеза известно что заболел остро, с повышением температуры тела до 39,4 °С, через несколько дней при нарастании одышки госпитализирован в стационар где подтвердилась вирусная пневмония (анализ N1N1 положителен). Не смотря на проводимую терапию у пациента присоединилась вторичная бактериальная грамотрицательная флора с развитием вирусно-бактериальной двусторонней полисегментарной пневмонии потребовавшая перевода в реанимационное отделение и применение инвазивной ИВЛ. В связи прогрессирования ДН и неэффективности инвазивной



ИВЛ пациенту показана вено-венозно (В-В) ЭКМО. Диагноз при поступлении: Двухсторонняя субтотальная вирусно-бактериальная пневмония. Респираторный дисстресс синдром (РДС). ДН 3 ст. Буллезная трансформация обеих легких. Пневмомедиастинум. Сепсис.

Учитывая нарушения газообмена, не корригирующиеся при проведении ИВЛ (рН 7,28 мм рт. ст., PaO<sub>2</sub> 44,9 мм рт. ст., PaCO<sub>2</sub> 68,2 мм рт. ст., PaO<sub>2</sub>/FIO<sub>2</sub> 56) было принято решение о начале В-В ЭКМО. Пациент был подключен к аппарату ЭКМО по схеме: бедренная вена - внутренняя яремная вена со скоростью потока крови (V) 4,5 л в минуту из заборной канюли и потоком свежих газов (Flow O<sub>2</sub>) 5 л в минуту, FiO<sub>2</sub> 100 %, 2200 оборотов в минуту (RPM). После болюсного введения гепарина в дозе 50 Ед/кг была начата инфузия его инфузия в дозе 10 Ед/кг/час. После начала В-В ЭКМО «жесткие» параметры ИВЛ были снижены: FiO<sub>2</sub> 40 %, ПДКВ 10 см вод. ст., f 10 в минуту. Параметры кислотно-основного состояния и газового состава артериальной крови удалось нормализовать: рН 7,35 мм рт. ст., PaO<sub>2</sub> 156,3 мм рт. ст., SpO<sub>2</sub> 97–98 %, PaCO<sub>2</sub> 38,0 мм рт. ст.

При КТ грудной клетки было выявлено субтотальное инфильтративное повреждение паренхимы легких, частичное ателектазирование, участки деструкции легочной ткани, двусторонний малый гидроторакс, эмфизема мягких тканей на уровне грудной стенки справа (рисунок 37 А, Б).

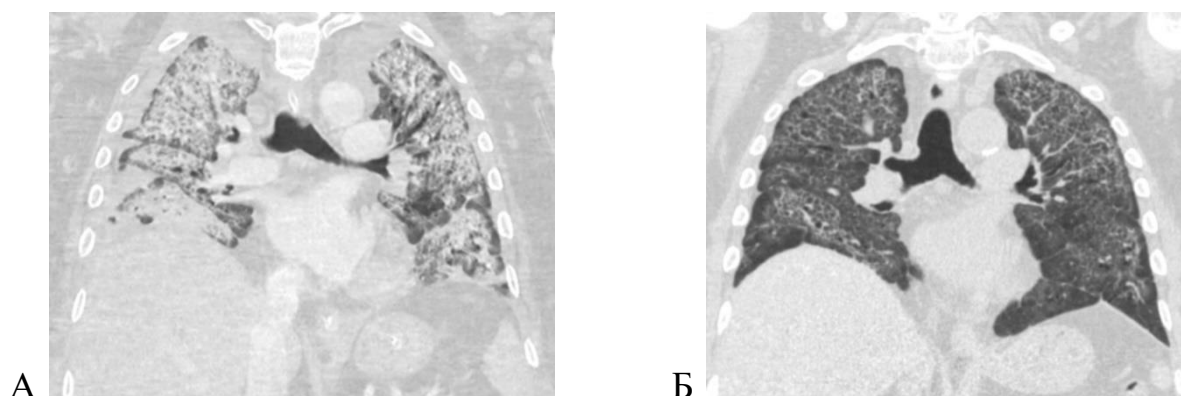


Рисунок 37 А – компьютерная томография органов грудной клетки пациента с РДС при поступлении в стационар до начала В-В ЭКМО; Б – компьютерная томография органов грудной клетки пациента после прекращения В-В ЭКМО (рисунок автора)

В связи с необходимостью продленной ИВЛ было принято решение о выполнении ПДТ по методике Фрова под УЗ-контролем. Лабораторные показатели

при поступлении: лейкоцитоз 14,9 тыс/л, гемоглобин 98 г/л, гематокрит 28,3 %, тромбоциты 95тыс/л, С-реактивный белок (СРБ) 39,7 мг/л, прокальцитонин 0,66 нг/мл; Коагулограмма - АЧТВ 68 сек (на фоне системной гепаринизации 300 Ед/час необходимое для работы аппарата ЭКМО), ПТИ 72 %, МНО 1,47, ПВ 14,5 %, фибриноген 2,4 г/л, КОС артериальной крови – рН 7,36 мм рт. ст., РаО<sub>2</sub> 259,9 мм рт. ст., РаСО<sub>2</sub> 35,0 мм рт. ст., лактат 1,4 ммоль/л.

Пациенту начата тотальная внутривенная анестезия пропофолом, фентанилом, рокурониумом и он был уложен валиком под лопатки. В асептических условиях было выполнено УЗИ шеи в области пункции, выявлен aberrantный сосуд, представлявший собой ветвь (перемычку) между наружными яремными венами. Место пункции было изменено. Также при УЗИ был определен диаметр трахеи – 10 мм и необходимый размер трахеостомической трубки – № 8,0.

Операция ПДТ прошла без технических трудностей, геморрагических и каких-либо других периоперационных осложнений не было. Седация была прекращена, у пациента восстановилось сознание. На фоне проводимой терапии состояние пациента постепенно улучшалось. Процедуру В-В ЭКМО проводили в течение 25 суток, плевральное дренирование – в течение 37 суток, ИВЛ – в течение 70 суток. Пациент был переведен в профильное отделение на 75 сутки и затем, на 89 сутки был выписан из стационара для проведения реабилитации.

Приведённое клиническое наблюдение демонстрирует возможность безопасного выполнения ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем у пациента, нуждающегося в проведении терапевтической гипокоагуляции в периоперационном периоде трахеостомии в связи с продолжающейся В-В ЭКМО.

#### *Клиническое наблюдение 4*

*(выполнение ПДТ методикой Григгс под ФБС-контролем у пациента с ЭКМО и невозможностью прекращения терапевтической гипокоагуляции гепарином перед выполнением ПДТ)*

Пациентка И., 38 лет, переведена из стационара первичной госпитализации, где ей проводили лечение в связи с вирусно-бактериальной пневмонией (в стационаре и при поступлении: полимеразная цепная реакция (ПЦР) на вирус гриппа – отрицателен) в течение 8 суток, с диагнозом: «Внутрибольничная субтотальная двусторонняя вирусно-бактериальная пневмония. Гипертоническая болезнь II ст., риск 3». Пациентка поступила в отделение реанимации в состоянии седации на ИВЛ со стабильной гемодинамикой. Учитывая грубые нарушения газообмена на фоне проведения ИВЛ (рН 7,12 мм рт. ст., РаО<sub>2</sub> 55 мм рт. ст., РаСО<sub>2</sub> 73 мм рт. ст., РаО<sub>2</sub>/FIO<sub>2</sub> 57), было принято решение о начале В-В ЭКМО.

Пациентка подключена к аппарату ЭКМО по схеме: бедренная вена – внутренняя яремная вена со V 4,5 л в минуту из заборной канюли и Flow O<sub>2</sub> 4 л в минуту, FiO<sub>2</sub> 100 %, RPM 4500 в минуту. После болюсного введения гепарина в дозе 50 Ед/кг была начата инфузия его инфузия в дозе 12 Ед/кг/час. После начала вв-ЭКМО агрессивность параметров ИВЛ была снижена: FiO<sub>2</sub> 40 %, ПДКВ 10 см вод. ст., f 12 в минуту. Удалось добиться стабилизации параметров кислотно-основного состояния и газового состава артериальной крови: рН 7,32 мм рт. ст., РаО<sub>2</sub> 94 мм рт. ст., РаСО<sub>2</sub> 39,4 мм рт. ст.

При КТ грудной клетки было выявлено бактериальная двусторонняя субтотальная пневмония, ОРДС, ателектазирования нижней доли слева, малый двусторонний гидроторакс (рисунок 38 А, Б).

В связи необходимостью проведения продленной ИВЛ было принято решение о выполнении ПДТ методикой Григгса под ФБС-контролем. Лабораторные показатели при поступлении: лейкоцитоз 13,8 тыс/л, гемоглобин 103 г/л, гематокрит 30,2 %, тромбоциты 119тыс./л, СРБ 44,9 мг/л, прокальцитонин 0,57 нг/мл; Коагулограмма – АЧТВ 67 сек (на фоне системной гепаринизации 350 ед/час, необходимой для работы аппарата ЭКМО), ПТИ 72 %, МНО 1,37, ПВ 15,7 %, фибриноген 2,2 г/л, КОС артериальной крови – рН 7,38 мм рт. ст., РаО<sub>2</sub> 112,9 мм рт. ст., РаСО<sub>2</sub> 33 мм рт. ст., лактат 0,9 ммоль/л.

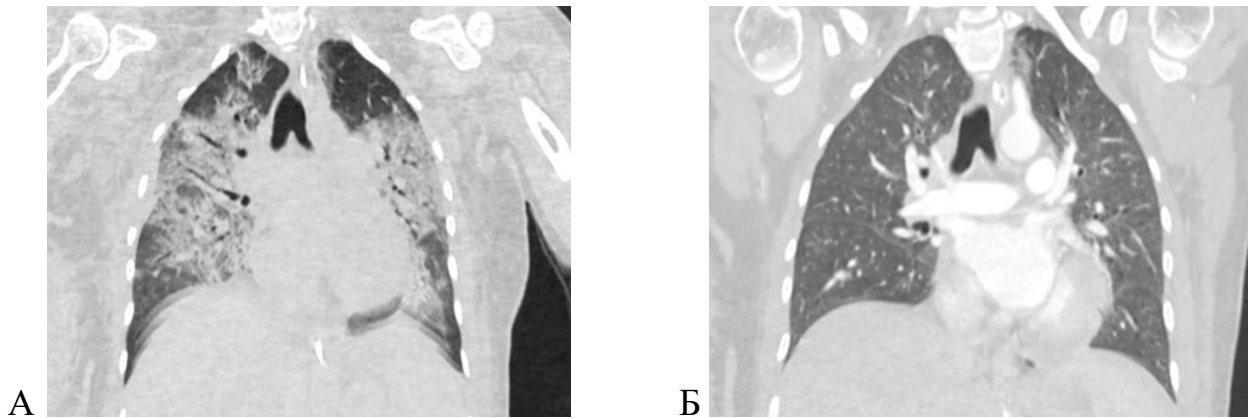


Рисунок 38 А – компьютерная томография органов грудной клетки пациента с РДС при поступлении в стационар до начала В-В ЭКМО; Б – компьютерная томография органов грудной клетки пациента после прекращения В-В ЭКМО (фото автора)

Операция прошла без технических трудностей. Пункция трахеи произведена с первой попытки, во время операции не было отмечено ни повреждения сосудов, ни признаков интраоперационного кровотечения. Однако спустя 30 минут после окончания трахеостомии, развилось интенсивное промокание повязок геморрагическим содержимым. Повязки приходилось часто менять. Был проведен осмотр трахеостомической раны, прошиты мягкие ткани вокруг трахеостомической канюли и произведена тугая инфильтрация мягких тканей раствором новокаина с адреналином. Введена транексамовая кислота в дозе 1000 мг в/в. В клиническом анализе крови выявлена анемия со снижением гемоглобина до 76 г/л, тромбоцитопения 89тыс/л и повышение МНО до 1.8. Произведена трансфузия свежзамороженной плазмы СЗП 900 мл, тромбоконцентрата 150 мл и эритроцитарной массы 320 мл. Кровоточивость уменьшилась, но сохранялась. На консультацию вызван хирург. Расширена трахеостомическая рана, проведена хирургический гемостаз, остановка кровотечения предположительно из сосудистого пучка, питающего щитовидную железу. В дальнейшем кровотечение не рецидивировало.

Пациентка проходила длительное лечение в отделении реанимации. Продолжительность процедуры В-В ЭКМО составила 28 суток, ИВЛ – 33 суток, пребывания в отделении реанимации – 36 суток. Пациентка была выписана из Центра на 59 сутки в стабильном состоянии на самостоятельном дыхании через естественные дыхательные пути для проведения дальнейшей реабилитации.

Таким образом, представленное клиническое наблюдение демонстрирует пациентку, у которой операция ПДТ прошла без технических трудностей, однако, через полчаса развилось интенсивное кровотечение, обусловленное повреждением сосуда перешейка щитовидной железы. Такое ранение сосуда могло произойти как во время пункции трахеи, так и при разведении мягких тканей щипцами Хорварда-Келли. ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем минимизирует вероятность такого повреждения сосудов. УЗИ позволяет адекватно визуализировать сосуды в проекции предполагаемой пункции и осуществлять продвижение иглы под непосредственным УЗ-контролем, избегая ранения сосудов. Принцип бужирования мягких тканей и трахеи винтообразным бужом при методике Фрова принципиально отличается от способа бужирования при методике Григгса. При последней методике происходит неконтролируемый разрыв мягких тканей, при котором вполне вероятно и повреждение сосудов. Для пациентов со стабильной гемостазиологической ситуацией такое интраоперационное повреждение мягких тканей чаще всего протекает без каких-либо последствий, поскольку система гемостаза адекватно компенсирует эти повреждения. Однако на фоне вынужденного использования гепарина, например, при проведении ЭКМО, такой компенсации не происходит и развивается клинически значимое интенсивное кровотечение. При методике Фрова при бужировании мягких тканей происходит их раздвигание и вероятность разрыва сосудов минимизирована.

Представленное наблюдение ярко иллюстрирует возможности снижения риска развития геморрагических осложнений при выполнении ПДТ методикой Фрова с УЗ-контролем.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью проведенного исследования было улучшение результатов выполнения ПДТ у пациентов высокого периоперационного риска при помощи методики Фрова под УЗ-контролем. Поскольку в настоящее время «золотым стандартом» выполнения ПДТ является методика Григгса под ФБС-контролем, то доказать улучшение результатов выполнения ПДТ при помощи методики Фрова под УЗ-контролем можно было только продемонстрировав более высокую эффективность и безопасность этой методики ПДТ в сравнении с «золотым стандартом». В результате проведенного исследования удалось не только доказать более высокую эффективность и безопасность методики Фрова с УЗ-контролем по сравнению с методикой Григгса с ФБС-контролем, но и определить ограничения для применения изучаемой методики ПДТ.

Проведенное исследование, во-первых, выявило целый ряд технических особенностей, характерных для ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем в сравнении с ПДТ методикой Григгса под ФБС-контролем – «золотым стандартом» в проведении ПДТ. Большая эффективность методики Фрова под УЗ-контролем в сравнении с методикой Григгса под ФБС-контролем заключается в достоверно меньшей длительности ПДТ изучаемым методом, в сравнении с «золотым стандартом». Также, выполнение ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем в сравнении с методикой Григгса под ФБС-контролем обеспечивает большую безопасность – достоверно реже: (1) частота интраоперационной десатурации у пациентов с избыточной массой тела и ожирением у нейрореанимационных пациентов; (2) частота интраоперационной артериальной гипотензии у пациентов с избыточной массой тела и ожирением у нейрореанимационных пациентов; (3) частота тяжелых периоперационных геморрагических осложнений у пациентов с избыточной массой тела и ожирением у нейрореанимационных пациентов; (4) частота и выраженность внутричерепной гипертензии у нейрореанимационных пациентов во время выполнения ПДТ; (5) частота и выраженность снижения церебрального перфузионного давления у нейрореанимационных пациентов во время выполне-

ния ПДТ.

Во-вторых, результаты исследования определили технические ограничения ПДТ методикой Фрова, что является чрезвычайно важным. И, наконец, интерпретация полученных результатов позволила сделать чрезвычайно важные выводы относительно применимости и технически сильных сторонах методики Фрова с УЗ-контролем при выполнении ПДТ в специфических и трудных популяциях пациентов. Важнейшим результатом проведенного исследования, безусловно, явилось выявление ограничений в использовании методики Фрова под УЗ-контролем для проведения ПДТ. Для изученной популяции пациентов с высоким периоперационным риском таким ограничением являются тяжелые формы ожирения с индексом массы тела более  $41,7 \text{ кг/м}^2$  и толщина претрахеальных мягких тканей более 40 мм.

УЗ-контроль позволяет точно определить место для пункции трахеи, визуализировать сосуды в проекции пункции и визуально контролировать продвижение иглы в мягких тканях [99]. Полученные результаты свидетельствуют, что перечисленные технические особенности приводят к достоверному повышению эффективности первой пункции и к достоверному снижению частоты непреднамеренной пункции сосудов во время продвижения иглы при выполнении ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем при сравнении с ПДТ методикой Григгса под ФБС-контролем (0 и 70 (86,4 %), 13 (16,9 %) и 48 (62, 3%), соответственно  $p = 0,001$  и  $0,001$ ). Эти данные уникальны и нам не удалось в доступной литературе найти подобные исследования [41].

При наличии необходимого навыка выполнения ПДТ методикой Фрова и УЗ-контроля эту операцию можно выполнить быстро, даже быстрее, чем ПДТ методикой Григгса под ФБС-контролем ( $11,9 \pm 0,3$  и  $13,9 \pm 0,38$  ср  $\pm$  ст. откл.,  $p = 0,001$ ). Время выполнения ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем в целом соответствует сообщаемому другими авторами времени операции [41, 47].

Полученные результаты свидетельствуют о том, что частота клинически значимого инфицирования трахеостомической раны после выполнения ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем достоверно ниже по сравнению с ПДТ методикой

Григгса (12,3 % и 33,8 %, соответственно,  $p = 0,001$ ). Это чрезвычайно важный результат, который должен явиться еще одним объективным доводом для предпочтительного использования ПДТ методикой Фрова под УЗ-контролем [54]. В литературе есть данные о частоте инфекционных осложнений при ПДТ методикой Григгса, но отсутствуют сравнительные данные в отношении этих двух методик.

Как и у любой техники оперативного вмешательства методика Фрова обладает своими ограничениями. Полученные результаты свидетельствуют о том, что при ИМТ более 41 и толщине мягких тканей от поверхности кожи до просвета трахеи в месте предполагаемой пункции более 40 мм невозможно произвести адекватное бужирование мягких тканей и трахеи винтообразным бужом набора Фрова. В этой связи в таких ситуациях следует отказаться от выполнения ПДТ методикой Фрова. Вместе с этим, следует еще раз подчеркнуть важность выбранного сочетания методики Фрова с УЗ-контролем, поскольку УЗИ позволяет объективно оценить толщину мягких тканей и принять объективно обоснованное решение об использовании методики Фрова или отдать предпочтение другой методике ПДТ. Нам не удалось найти подобных исследований в доступной литературе, что делает выполненную работу уникальной и в этом аспекте.

Пациенты с избыточной массой тела и ожирением представляют собой специфическую, хотя и существенно расширяющуюся в последние десятилетия, популяцию пациентов в отношении необходимости выполнения ПДТ [108]. Однако существуют и другие специфические и мало изученные в отношении выполнения у них ПДТ популяции тяжелых реанимационных пациентов. Это нейрореанимационные пациенты с вероятностью развития внутричерепной гипертензии в периоперационном периоде и пациенты, которым невозможно прекратить проведение терапевтической гипокоагуляции с вероятностью развития геморрагических осложнений в периоперационном периоде.

Полученные результаты достоверно свидетельствуют о том, что методика Фрова с УЗ-контролем позволяет безопасно выполнять ПДТ без выкладывания пациента на валик и без переразгибания шеи. Это позволяет избежать нарушения венозного оттока из полости черепа у нейрореанимационного пациента и предот-



вратить развитие ВЧГ. Кроме этого, методика Фрова под УЗ-контролем позволяет минимизировать время открытых негерметичных дыхательных путей и время невозможности проведения адекватной ИВЛ во время проведения ФБС. В результате, происходит минимизация вероятности интраоперационной гипоксемии и гиперкапнии – очевидных причинных факторов развития ВЧГ.

Теоретизация позитивных эффектов методики Фрова с УЗ-контролем была доказана результатами представленного исследования. Были получены достоверные отличия между группой «ПДТ методикой Фрова с УЗ-контролем» и группой «ПДТ методикой Григгса с УЗ-контролем» по уровню ВЧД на всех этапах операции. ВЧД при выполнении ПДТ методом Григгса с ФБС-контролем было достоверно выше на этапе укладки пациента на валик, бужирования трахеи и на момент окончания операции. ВЧД достигало уровня внутричерепной гипертензии, требующей коррекции, на этапе бужирования трахеи при выполнении ПДТ методикой Григгса с ФБС-контролем. Выявленные данные продемонстрировали также, что внутричерепная гипертензия была ассоциирована с десатурацией и гиперкапнией, которые были достоверно более выраженными при выполнении ПДТ методикой Григгса с ФБС-контролем. Полученные данные позволили подтвердить предположение о том, что внутричерепная гипертензия у нейрореанимационных пациентов возникает не только и не столько вследствие укладывания пациента на валик с переразгибанием шеи, сколько с особенностями вентиляции легких и, соответственно, газообмена при выполнении ПДТ методикой Григгса с ФБС-контролем. Методика Фрова с УЗ-контролем выгодно отличается методики Григгса с ФБС-контролем в отношении возникновения внутричерепной гипертензии во время операции. Это чрезвычайно важный результат, и в доступной литературе не удалось найти подобных сравнительных исследований.

И, наконец, проведенная работа представила результаты сравнительного изучения методики Фрова с УЗ-контролем и методики Григгса с ФБС-контролем в популяции пациентов с необходимостью продолжения терапевтической гипокоагуляции. Исследование не выявило достоверных отличий по частоте и продолжительности периоперационных геморрагических осложнений между анализиру-

емыми группами. Детализация проводимого аналитического сравнения групп позволила выявить очевидную тенденцию к увеличению частоты развития тяжелых интраоперационных кровотечений при выполнении ПДТ методикой Григгса с ФБС-контролем. Однако эта тенденция не достигла уровня статистической достоверности. Возможно, дальнейшие исследования с увеличением количества пациентов позволит получить статистически достоверные результаты и доказать теоретические предположения о том, что УЗ-визуализация сосудов и контроль продвижения иглы в мягких тканях, а также бережное раздвижение мягких тканей винтообразным бужом, а не их разрыв щипцами Хорварда-Келли вместе приводят к снижению риска периоперационных геморрагических осложнений на фоне вынужденного проведения терапевтической гипокоагуляции.

Несмотря на то, что в этом исследовательском блоке не удалось получить статистически достоверных данных, продемонстрированные тенденции являются чрезвычайно важными. Это обусловлено тем, что в настоящее время в литературе отсутствуют подобные сравнительные исследования.

Полученные в ходе исследования данные позволили разработать и внедрить алгоритм выполнения ПДТ у пациентов высокого послеоперационного риска, представленный на рисунке далее.

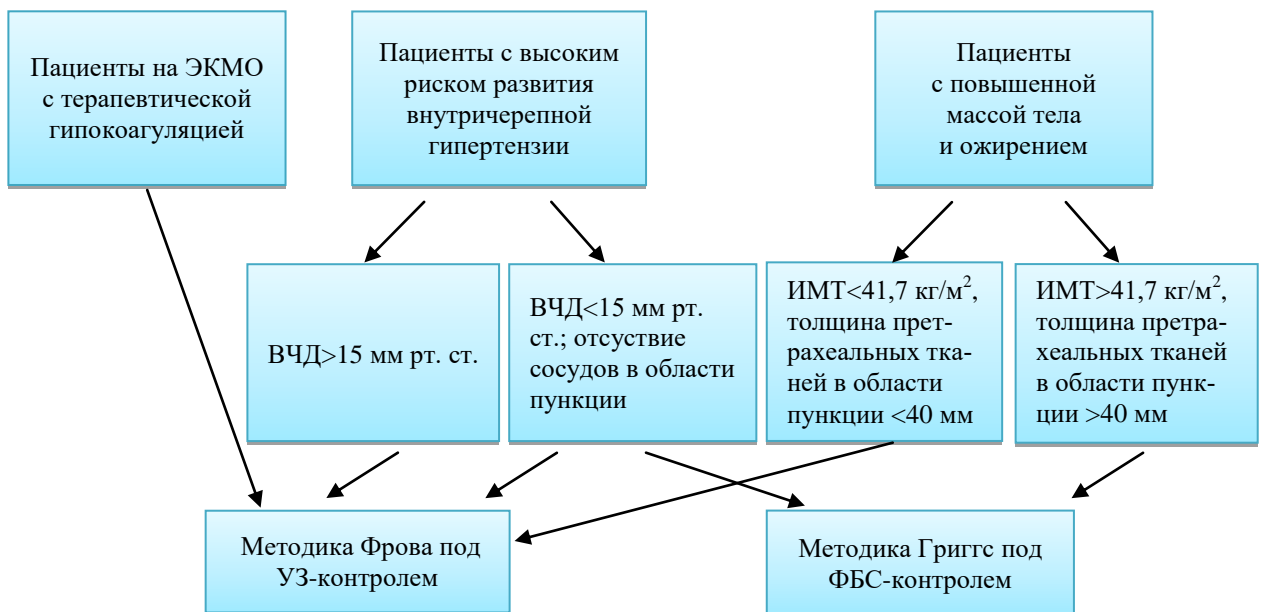


Рисунок 39 – Алгоритм выполнения пункционно-дилатационной трахеостомии у пациентов высокого периоперационного риска

*Примечание:* ЭКМО – экстракорпоральная мембранная оксигенация; ВЧД – внутричерепное давление; ИМТ – индекс массы тела; УЗ-контроль – ультразвуковой контроль; ФБС-контроль – фибробронхоскопический контроль.

Дизайн проведенного исследования предполагал сравнение методики Фрова под УЗ-контролем с методикой Григгса под ФБС-контролем. Полученные позитивные эффекты могут быть обусловлены влиянием самой методики ПДТ (методика Фрова в сравнении с методикой Григгса), методики контроля (УЗИ в сравнении с ФБС) или сочетанным влиянием методики ПДТ и методики контроля (методика ПДТ по Фрова с УЗ-контролем и методика ПДТ по Григгсу с ФБС-контролем). Дизайн проведенного исследования не позволяет дифференцировать эффекты методики ПДТ от эффектов методики контроля операции. В этой связи необходимо запланировать проведение дальнейших научных исследований с дизайном, позволяющим в результате ответить на эти вопросы.

## ВЫВОДЫ

1. Индекс массы тела более  $41.7 \text{ кг/м}^2$  и толщина мягких тканей от кожи до II трахеального кольца более 40 мм являются ограничениями для безопасного выполнения пункционно-дилатационной трахеостомии методикой Фрова под ультразвуковым контролем. При таких показателях индекса массы тела более и толщины претрахеальных тканей трахеостомию следует выполнять методикой Григгса с фибробронхоскопическим контролем.
2. У пациентов с индексом массы тела менее  $41.7 \text{ кг/м}^2$  и толщины мягких тканей от кожи до II трахеального кольца менее 40 мм трахеостомия методикой Фрова с ультразвуковым контролем технически безопасна и по сравнению с трахеостомией методикой Григгса с фибробронхоскопическим контролем позволяет достоверно повысить частоту успешности первой пункции трахеи с 48% до 96% ( $p = 0,003$ ), ускорить оперативное вмешательство с  $13,9 \pm 0,38$  до  $11,9 \pm 0,3$  минут ( $p = 0,001$ ), уменьшить частоту (с

43,2% до 8,3%,  $p = 0,001$ ) и длительность (с  $2,71 \pm 0,68$  до  $0,08 \pm 0,06$  минут,  $p = 0,001$ ) интраоперационных эпизодов десатурации, артериальной гипотензии (частоту с 20,5 до 4,2%,  $p=0,016$ ; длительность с  $1,55 \pm 0,51$  минут до  $0,04 \pm 0,03$  минут,  $p = 0,012$ ), частоту интраоперационных кровотечений III степени с 13,6% до 0 ( $p \ll 0,05$ ), частоту инфекции мягких тканей после операции с 33,8% до 12,3% ( $p = 0,001$ ).

3. Выполнение трахеостомии методикой Фрова с ультразвуковым контролем у нейрореанимационных пациентов по сравнению с трахеостомией методикой Григгса с фибробронхоскопическим контролем позволило достоверно ускорить оперативное вмешательство с  $15,7 \pm 1,16$  минут до  $9,3 \pm 1,12$  минут ( $p = 0,003$ ), повысить частоту успешности первой пункции трахеи с 39,1% до 90,9% ( $p = 0,001$ ), уменьшить частоту и длительность интраоперационных эпизодов десатурации, выраженность гиперкапнии с  $50,22 \pm 0,57$  мм рт. ст. до  $38,45 \pm 0,74$  мм рт. ст. ( $p=0,001$ ), выраженность внутричерепной гипертензии с  $26,87 \pm 0,8$  до  $18,86 \pm 1,19$  мм рт. ст. ( $p = 0,001$ ), частоту интраоперационных кровотечений III степени с 30,4% до 0 ( $p \ll 0,05$ ).

4. В условиях терапевтической гипокоагуляции при проведении ЭКМО безопасность выполнения трахеостомии методикой Фрова с УЗ-контролем сравнима с трахеостомией методикой Григгса с фибробронхоскопическим контролем. Выполнение трахеостомии методикой Фрова с ультразвуковым контролем у этой категории пациентов позволило достоверно повысить частоту успешности первой пункции трахеи с 60% до 90,9% ( $p = 0,001$ ), достоверно снизить частоту непреднамеренной пункции сосудов во время пункции трахеи с 60% до 0 ( $p = 0,001$ ) и снизить тяжелые интраоперационные геморрагические осложнения (кровотечения III ст.).

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Для повышения эффективности и безопасности выполнения пункционно-дилатационной трахеостомии у пациентов высокого периоперационного риска следует использовать ультразвуковой контроль на каждом из этапов оперативного вмешательства.

2. Выбор трахеотомической трубки должен производиться с учетом предоперационного ультразвукового контроля. При толщине претрахеальных мягких тканей менее 15 мм показано использование стандартных трахеотомических трубок, при толщине претрахеальных мягких тканей более 15 мм - трахеотомических трубок с изменяющейся длиной.

3. При необходимости выполнения трахеостомии у нейрореанимационных пациентов с высоким риском развития внутричерепной гипертензии следует отдать предпочтение методике Фрова с ультразвуковым контролем, поскольку она в сравнении с методикой Григгса под фибробронхоскопическим контролем позволяет минимизировать риск интраоперационного развития внутричерепной гипертензии.

4. При необходимости выполнения трахеостомии у пациентов с экстракорпоральной мембранной оксигенацией и проведением терапевтической гипокоагуляции следует отдать предпочтение методике Фрова с ультразвуковым контролем, поскольку в она сравнении с методикой Григгса под фибробронхоскопическим контролем может снизить риск развития тяжелых интраоперационных геморрагических осложнений.

5. Использование алгоритма выполнения пункционно-дилатационной трахеостомии у пациентов высокого периоперационного риска позволит снизить частоту периоперационных рисков.

**СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ**

АД – артериальное давление

АТ-III – антитромбин III

АСТ – активированное время свертывания

АЧТВ – активированное частичное тромбопластиновое время

В-А ЭКМО – вено-артериальная экстракорпоральная оксигенация

В-В ЭКМО – вено-венозная экстракорпоральная оксигенация

ВЧД – внутричерепное давление

ВЧГ – внутричерепная гипертензия

ДН – дыхательная недостаточность

ДО – дыхательный объём

ИВЛ – искусственная вентиляция легких

ИМТ – индекс массы тела

КОС – кислотно-основное состояние

КПК – концентрат протромбированного комплекса

МНО – международное нормализованное отношение

МОД – минутный дыхательный объём

ОНМК – острое нарушение мозгового кровообращения

ОРИТ – отделение реанимации и интенсивной терапии

ПДКВ – положительное давление в конце выдоха

ПДТ – пункционно-дилатационная трахеостомия

ПЖК – подкожно-жировая клетчатка

ПТИ – протромбиновый индекс

ПЦР – полимеразная цепная реакция

РДС – респираторный дистресс синдром

САК – субарахноидальное кровоизлияние

СЗП – свежезамороженная плазма

СМА – средняя мозговая артерия

СРБ – С-реактивный белок

срАД – среднее артериальное давление

ср ± ст. откл. – среднее ± стандартная ошибка среднего

ТБД – трахео-бронхиальное дерево

ТЭЛА – тромбоэмболия легочной артерии

УЗИ – ультразвуковое исследование

УЗ – ультразвуковой

ФБС – фибробронхоскопия

ЦПД – церебральное перфузионное давление

ЧДД – частота дыхательных движений

ШКГ – шкала комы Глазго

ЭКГ – электрокардиография

ЭКМО – экстракорпоральная мембранная оксигенация

ARASNE II – острая физиологическая и хроническая оценка состояния здоровья II

Bilevel – принудительный режим вентиляции с двухфазным положительным давлением

CMV – принудительная механическая вентиляция

EtCO<sub>2</sub> – давление углекислого газа конца выдоха

FiO<sub>2</sub> – фракция кислорода дыхательной смеси

Flow O<sub>2</sub> – поток свежих газов

$f$  – частота вдохов

$n$  – число наблюдений

PaCO<sub>2</sub> – парциальное давление углекислого газа артериальной крови

PaO<sub>2</sub> – парциальное давление кислорода в артериальной крови

PO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> – отношение парциального напряжения кислорода в артериальной крови к фракции кислорода на входе

pH – водородный показатель

PEEP<sub>h</sub> – положительное давление на входе

PEEP<sub>l</sub> – положительное давление на выдохе

$P_{insp}$  – давление вдоха, развиваемое аппаратом искусственной вентиляции легких

PS – поддерживающее давление

RPM – обороты в минуту ротора

Sat – насыщение кислородом гемоглобина

SOFA – шкала оценки тяжести органной недостаточности

$SpO_2$  – процент содержания в крови гемоглобина, насыщенного кислородом

T-Trach – T-образный расширитель трахеи

V – скорость потока крови



**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Геморрагические риски чрескожной дилатационной трахеотомии в условиях тромбоцитопении / О. И. Долгов, А. В. Герасин, А. А. Щербаков [и др.] // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2021. – Т. 18. – № 6. – С. 57–62. – DOI: 10.21292/2078-5658-2021-18-6-57-62.
2. Гублер, Е. В. Применение непараметрических критериев статистики в медико-биологических исследованиях / Е. В. Гублер, А. А. Генкин. – Л.: Медицина, 1973. – 141 с.
3. Лубнин, А. Ю. Массивное кровотечение из трахеостомы. Анализ двух клинических наблюдений / А. Ю. Лубнин, К. А. Попугаев // Анестезиология и реаниматология. – 2015. – Т. 60. – № 4. – С. 69–73.
4. Магнус, Я. Р. Эконометрика / Я. Р. Магнус, П. К. Катыхев, А. А. Пересецкий. – М.: Дело, 2004. – 576 с.
5. Майоров, М. О. Обеспечение проходимости дыхательных путей у пациентов с ожирением: обзор литературы / М. О. Майоров, Д. В. Федерякин, Е. В. Белевский // Анестезиология и реаниматология. – 2024. – № 3. – С. 67–73. – DOI: 10.17116/anaesthesiology202403167.
6. Особенности дилатационной трахеостомии у больных с геморрагическим синдромом / Г. М. Галстян, В. М. Городецкий, Е. М. Шулутко [и др.] // Анестезиология и реаниматология. – 2003. № 3. С. 41–45.
7. Особенности обучения перкутанной дилатационной трахеостомии в отделении реанимации и интенсивной терапии / Д. А. Аверьянов, В. И. Шаталов, Е. Н. Котов [и др.] // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2016. – Т. 13. – № 4. – С. 48–52. – DOI: 10.21292/2078-5658-2016-13-4-48-52.
8. Российское многоцентровое обсервационное клиническое исследование «Регистр респираторной терапии у пациентов с ОНМК (RETAS)»: инфекционные осложнения при искусственной вентиляции легких / В. И. Ершов, А. А. Белкин, В. И. Горбачев [и др.] // Анестезиология и реаниматология. – 2023. – № 1. – С. 19–25. – DOI: 10.17116/anaesthesiology202301119.

9. Современный взгляд на проблему трахеостомии / В. В. Кривонос, В. В. Кичин, В. А. Сунгуров [и др.] // *Общая реаниматология*. – 2012. – Т. 8. – № 2. – С. 53–60. – DOI: 10.15360/1813-9779-2012-2-53.

10. Трахеостомия у пациента с синдромом диссеминированного внутрисосудистого свертывания / А. В. Щёголев, Д. А. Аверьянов, Е. П. Макаренко [и др.] // *Вестник анестезиологии и реаниматологии*. – 2015. – Т. 12. – № 5. – С. 42–47. – DOI: 10.21292/2078-5658-2015-12-5-42-47.

11. A Cohort Study of the Surgical Risks and Prediction of Complications in Surgical Tracheostomies / Y. Ben-Ishay, R. Eliashar, J. M. Weinberger [et al.] // *World Journal of Surgery*. – 2022. – Vol. 46. – № 11. – P. 2659–2665. – DOI: 10.1007/s00268-022-06693-9.

12. A meta-analysis of prospective trials comparing percutaneous and surgical tracheostomy in critically ill patients / B. D. Freeman, K. Isabella, N. Lin, G. Buchman // *Chest*. – 2000. – Vol. 118. – № 5. – P. 1412–1428. – DOI: 10.1378/chest.118.5.1412.

13. A Network Comparative Meta-analysis of Percutaneous Dilatational Tracheostomies Using Anatomic Landmarks, Bronchoscopic, and Ultrasound Guidance Versus Open Surgical Tracheostomy / I. H. Iftikhar, S. Teng, M. Schimmel [et al.] // *Lung*. – 2019. – Vol. 197. – № 3. – P. 267–275. – DOI: 10.1007/s00408-019-00230-7.

14. A new method for tracheotomy / C. H. Shelden, R. H. Pudenz, D. B. Freshwater, B. L. Crue // *Journal of Neurosurgery*. – 1955. – Vol. 12. – № 4. – P. 428–431. – DOI: 10.3171/jns.1955.12.4.0428.

15. A simple method to predict pretracheal tissue thickness to prevent accidental decannulation in the obese / C. Szeto, K. Kost, J. A. Hanley [et al.] // *Otolaryngology – Head and Neck Surgery*. – 2010. – Vol. 143. – № 2. – P. 223–229. – DOI: 10.1016/j.otohns.2010.03.007.

16. A simple percutaneous tracheostomy technique / W. M. Griggs, L. I. Worthley, J. E. Gilligan [et al.] // *Surgery, Gynecology & Obstetrics*. – 1990. – Vol. 170. – № 6. – P. 543–545.

17. Accuracy of surface landmark identification for cannula cricothyroidotomy / D. S. Elliott, P. A. Baker, M. R. Scott [et al.] // *Anaesthesia*. – 2010. – Vol. 65. – № 9. –

P. 889–894. – DOI: 10.1111/j.1365-2044.2010.06425.x.

18. Advantages of US in percutaneous dilatational tracheostomy: randomized controlled trial and review of the literature / A. Yavuz, M. Yılmaz, C. Göya [et al.] // *Radiology*. – 2014. – Vol. 273. – № 3. – P. 927–936. – DOI: 10.1148/radiol.14140088.

19. Al-Shathri, Z. Percutaneous Tracheostomy / Z. Al-Shathri, I. Susanto // *Seminars in Respiratory and Critical Care Medicine*. – 2018. – Vol. 39. – № 6. – P. 720–730. – DOI: 10.1055/s-0038-1676573.

20. Ambesh, S. P. Percutaneous dilational tracheostomy / S. P. Ambesh, J. L. Swanevelder // *Annals of Cardiac Anaesthesia*. – 2004. – Vol. 7. – № 1. – P. 77–85.

21. An overview of complications associated with open and percutaneous tracheostomy procedures / A. Cipriano, M. L. Mao, H. H. Hon [et al.] // *International Journal of Critical Illness and Injury Science*. – 2015. – Vol. 5. – № 3. – P. 179–188. – DOI: 10.4103/2229-5151.164994.

22. Artifacts and pitfall errors associated with ultrasound-guided regional anesthesia. Part II: a pictorial approach to understanding and avoidance / B. D. Sites, R. Brull, V. W. Chan [et al.] // *Regional Anesthesia & Pain Medicine*. – 2007. – Vol. 32. – № 5. – P. 419–433. – DOI: 10.1016/j.rapm.2007.08.001.

23. Association of Early vs Late Tracheostomy Placement With Pneumonia and Ventilator Days in Critically Ill Patients: A Meta-analysis / K. Chorath, A. Hoang, K. Rajasekaran, A. Moreira // *JAMA Otolaryngology–Head & Neck Surgery*. – 2021. – Vol. 147. – № 5. – P. 450–459. – DOI: 10.1001/jamaoto.2021.0025.

24. Bedside percutaneous tracheostomy: a prospective randomised comparison of PercuTwist versus Griggs' forceps dilational tracheostomy / A. Montcriol, J. Bordes, Y. Asencio [et al.] // *Anaesthesia and Intensive Care*. – 2011. – Vol. 39. – № 2. – P. 209–216. – DOI: 10.1177/0310057X1103900209.

25. Bedside tracheostomy in the intensive care unit: a prospective randomized trial comparing open surgical tracheostomy with endoscopically guided percutaneous dilational tracheostomy / D. D. Massick, S. Yao, D. M. Powell [et al.] // *Laryngoscope*. – 2001. – Vol. 111. – № 3. – P. 494–500. – DOI: 10.1097/00005537-200103000-00021.

26. Bedside ultrasound screening for pretracheal vascular structures may minimize the risks of percutaneous dilatational tracheostomy / A. C. Flint, R. Midde, V. A. Rao [et al.] // *Neurocritical Care*. – 2009. – Vol. 11. – № 3. – P. 372–376. – DOI: 10.1007/s12028-009-9259-z.

27. Bertram, S. Ultrasonographic anatomy of the anterior neck: implications for tracheostomy / S. Bertram, R. Emshoff, B. Norer // *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. – 1995. – Vol. 53. – № 12. – P. 1420–1424. – DOI: 10.1016/0278-2391(95)90669-x.

28. Bontempo, L. J. Tracheostomy Emergencies / L. J. Bontempo, S. L. Manning // *Emergency Medicine Clinics of North America*. – 2019. – Vol. 37. – № 1. – P. 109–119. – DOI: 10.1016/j.emc.2018.09.010.

29. Börm, W. Experience with two different techniques of percutaneous dilatational tracheostomy in 54 neurosurgical patients / W. Börm, M. Gleixner // *Neurosurgical Review*. – 2003. – Vol. 26. – № 3. – P. 188–191. – DOI: 10.1007/s10143-002-0248-3.

30. Brodsky, M. B. Clinical Decision Making in the ICU: Dysphagia Screening, Assessment, and Treatment / M. B. Brodsky, E. B. Mayfield, R. D. Gross // *Seminars in Speech and Language*. – 2019. – Vol. 40. – № 3. – P. 170–187. – DOI: 10.1055/s-0039-1688980.

31. Bronchoscopy-guided percutaneous tracheostomy during the COVID-19 pandemic / I. Carboni Bisso, V. Ruiz, I. A. Huespe [et al.] // *Surgery*. – 2023. – Vol. 173. – № 4. – P. 944–949. – DOI: 10.1016/j.surg.2022.12.010.

32. Cheung, N. H. Tracheostomy: epidemiology, indications, timing, technique, and outcomes / N. H. Cheung, L. M. Napolitano // *Respiratory Care*. – 2014. – Vol. 59. – № 6. – P. 895–919. – DOI: 10.4187/respcare.02971.

33. Ciaglia, P. Elective percutaneous dilatational tracheostomy. A new simple bedside procedure; preliminary report / P. Ciaglia, R. Firsching, C. Syniec // *Chest*. – 1985. – Vol. 87. – № 6. – P. 715–719. – DOI: 10.1378/chest.87.6.715.

34. Clinical evaluation of the "T-Dagger": a new bedside percutaneous dilatational tracheostomy device / S. P. Ambesh, M. Tripathi, C. K. Pandey [et al.] // *Anaesthesia*. –

2005. – Vol. 60. – № 7. – P. 708–711. – DOI: 10.1111/j.1365-2044.2005.04236.x.

35. Colice, G. L. Resolution of laryngeal injury following translaryngeal intubation / G. L. Colice // *The American review of respiratory disease*. – 1992. – Vol. 145. – № 2-1. – P. 361–364. – DOI: 10.1164/ajrccm/145.2\_Pt\_1.361.

36. Comparative effectiveness of ultrasound-guided and anatomic landmark percutaneous dilatational tracheostomy: A systematic review and meta-analysis / K. T. Lin, Y. S. Kao, C. W. Chiu [et al.] // *PLoS One*. – 2021. – Vol. 16. – № 10. – Art. e0258972. – DOI: 10.1371/journal.pone.0258972.

37. Complication Rate of Percutaneous Dilatational Tracheostomy in Critically Ill Adults With Obesity: A Systematic Review and Meta-analysis / C. F. Roy, J. A. Silver, S. Turkdogan [et al.] // *JAMA Otolaryngology – Head & Neck Surgery*. – 2023. – Vol. 149. – № 4. – P. 334–343. – DOI: 10.1001/jamaoto.2022.4824.

38. Cook, T. M. Complications and failure of airway management / T. M. Cook, S. R. MacDougall-Davis // *British Journal of Anaesthesia*. – 2012. – Vol. 109. – № 1. – P. 68–85. – DOI: 10.1093/bja/aes393.

39. Cook, T. M. Major complications of airway management in the UK: results of the Fourth National Audit Project of the Royal College of Anaesthetists and the Difficult Airway Society. Part 1: anaesthesia / T. M. Cook, N. Woodall, C. Frerk // *British Journal of Anaesthesia*. – 2011. – Vol. 106. – № 5. – P. 617–631. – DOI: 10.1093/bja/aer058.

40. Craven, J. Early tracheostomy: on the cutting edge, some benefit more than others / J. Craven, A. Slaughter, K. F. Potter // *Current Opinion in Anaesthesiology*. – 2022. – Vol. 35. – № 2. – P. 236–241. – DOI: 10.1097/ACO.0000000000001114.

41. Della Puppa, A. Inferior thyroid artery bleeding: a life-threatening complication of non-surgical tracheostomy / A. Della Puppa, G. Pittoni // *Minerva Anestesiologica*. – 2001. – Vol. 67. – № 6. – P. 483–485.

42. DeVita, M. A. Swallowing disorders in patients with prolonged orotracheal intubation or tracheostomy tubes / M. A. DeVita, L. Spierer-Rundback // *Critical Care Medicine*. – 1990. – Vol. 18. – № 12. – P. 1328–1330. – DOI: 10.1097/00003246-199012000-00004.

43. Dinsmore, J. The use of ultrasound to guide time-critical cannula tracheotomy when anterior neck airway anatomy is unidentifiable / J. Dinsmore, A. M. Heard, R. J. Green // *European Journal of Anaesthesiology*. – 2011. – Vol. 28. – № 7. – P. 506–510. – DOI: 10.1097/EJA.0b013e328344b4e1.

44. Early versus late tracheostomy for critically ill patients / B. N. Andriolo, R. B. Andriolo, H. Saconato [et al.] // *Cochrane database of systematic reviews*. – 2015. – № 1. – Art. CD007271. – DOI: 10.1002/14651858.CD007271.pub3.

45. Early versus late tracheostomy for critically ill patients / B. N. Gomes Silva, R. B. Andriolo, H. Saconato [et al.] // *Cochrane database of systematic reviews*. – 2012. – № 3. – Art. CD007271. – DOI: 10.1002/14651858.CD007271.pub2.

46. Evaluation of a modified percutaneous tracheostomy technique without bronchoscopic guidance / H. Paran, G. Butnaru, I. Hass [et al.] // *Chest*. – 2004. – Vol. 126. – № 3. – P. 868–871. – DOI: 10.1378/chest.126.3.868.

47. Evaluation of clinical effectiveness of the Frova single-use tracheal tube introducer / I. Hodzovic, A. R. Wilkes, M. Stacey, I. P. Latta // *Anaesthesia*. – 2008. – Vol. 63. – № 2. – P. 189–194. – DOI: 10.1111/j.1365-2044.2007.05322.x.

48. Evaluation of Frova, single-use intubation introducer, in a manikin. Comparison with Eschmann multiple-use introducer and Portex single-use introducer / I. Hodzovic, I. P. Latta, A. R. Wilkes [et al.] // *Anaesthesia*. – 2004. – Vol. 59. – № 8. – P. 811–816. – DOI: 10.1111/j.1365-2044.2004.03809.x.

49. Extracorporeal membrane oxygenation support for adult postcardiotomy cardiogenic shock / W. J. Ko, C. Y. Lin, R. J. Chen [et al.] // *The Annals of Thoracic Surgery*. – 2002. – Vol. 73. – № 2. – P. 538–545. – DOI: 10.1016/s0003-4975(01)03330-6.

50. Fatal air embolism as complication of percutaneous dilatational tracheostomy on venovenous extracorporeal membrane oxygenation, two case reports / A. Lother, T. Wengenmayer, C. Benk [et al.] // *Journal of Cardiothoracic Surgery*. – 2016. – Vol. 11. – № 1. – Art. 102. – DOI: 10.1186/s13019-016-0489-9.

51. Freeman, B. D. Tracheostomy Update: When and How / B. D. Freeman // *Critical Care Clinics*. – 2017. – Vol. 33. – № 2. – P. 311–322. – DOI:

10.1016/j.ccc.2016.12.007.

52. Frost, E. A. Tracing the tracheostomy / E. A. Frost // *Annals of Otolaryngology, Rhinology, and Laryngology*. – 1976. – Vol. 85. – № 5-1. – P. 618–624. – DOI: 10.1177/000348947608500509.

53. Frova, G. A new simple method for percutaneous tracheostomy: controlled rotating dilation. A preliminary report / G. Frova, M. Quintel // *Intensive Care Medicine*. – 2002. – Vol. 28. – № 3. – P. 299–303. – DOI: 10.1007/s00134-002-1218-5.

54. Halliwell, M. A tutorial on ultrasonic physics and imaging techniques / M. Halliwell // *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*. – 2010. – Vol. 224. – № 2. – P. 127–142. – DOI: 10.1243/09544119JEIM656.

55. Hamilton, N. Tracheostomy tube dimensions / N. Hamilton, J. Howard, G. Sandhu // *Clinical Otolaryngology*. – 2011. – Vol. 36. – № 2. – Art. 193. – DOI: 10.1111/j.1749-4486.2011.02295.x.

56. Hangiandreou, N. J. AAPM/RSNA physics tutorial for residents. Topics in US: B-mode US: basic concepts and new technology / N. J. Hangiandreou // *Radiographics*. – 2003. – Vol. 23. – № 4. – P. 1019–1033. – DOI: 10.1148/rg.234035034.

57. Hardee, P. S. Ultrasound imaging in the preoperative estimation of the size of tracheostomy tube required in specialised operations in children / P. S. Hardee, S. Y. Ng, M. Cashman // *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. – 2003. – Vol. 41. – № 5. – P. 312–316. – DOI: 10.1016/s0266-4356(03)00125-6.

58. Hatfield, A. Portable ultrasonic scanning of the anterior neck before percutaneous dilatational tracheostomy / A. Hatfield, A. Bodenham // *Anaesthesia*. – 1999. – Vol. 54. – № 7. – P. 660–663. – DOI: 10.1046/j.1365-2044.1999.00859.x.

59. Hess, D. R. Tracheostomy tubes / D. R. Hess, N. P. Altobelli // *Respir Care*. – 2014. – Vol. 59. – № 6. – P. 956–973. – DOI: 10.4187/respcare.02920.

60. Higgins, K. M. Meta-analysis comparison of open versus percutaneous tracheostomy / K. M. Higgins, X. Punthakee // *Laryngoscope*. – 2007. – Vol. 117. – № 3. – P. 447–454. – DOI: 10.1097/01.mlg.0000251585.31778.c9.

61. Husein, O. F. Cricoid palpability as a selection criterion for bedside tracheostomy / O. F. Husein, D. D. Massick // *Journal of Otolaryngology – Head & Neck Surgery*. – 2005. – Vol. 133. – № 6. – P. 839–844. – DOI: 10.1016/j.otohns.2005.08.008.

62. Hypercarbia during tracheostomy: a comparison of percutaneous endoscopic, percutaneous Doppler, and standard surgical tracheostomy / P. M. Reilly, R. F. Sing, F. A. Giberson [et al.] // *Intensive Care Medicine*. – 1997. – Vol. 23. – № 8. – P. 859–864. – DOI: 10.1007/s001340050422.

63. Implementation of percutaneous dilation tracheotomy--value of preincisional ultrasonic examination? / J. Bonde, N. Nørgaard, K. Antonsen, T. Faber // *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*. – 1999. – Vol. 43. – № 2. – P. 163–166. – DOI: 10.1034/j.1399-6576.1999.430207.x.

64. Intensive care unit tracheostomy: a snapshot of UK practice / T. Veenith, S. Ganeshamoorthy, T. Standley [et al.] // *International Archives of Medicine*. – 2008. – Vol. 1. – № 1. – Art. 21. – DOI: 10.1186/1755-7682-1-21.

65. Intensivist-led ultrasound-guided percutaneous tracheostomy: a phase IV cohort study / P. F. O. Bustamante, B. A. Besen, A. P. Botêga [et al.] // *The Critical Care Science*. – 2023. – Vol. 35. – № 4. – P. 402–410. – DOI: 10.5935/2965-2774.20230174-en.

66. Intracranial pressure monitoring during percutaneous tracheostomy "percut-wist" in critically ill neurosurgery patients / C. Imperiale, G. Magni, R. Favaro, G. Rosa // *Anesthesia & Analgesia*. – 2009. – Vol. 108. – № 2. – P. 588–592. – DOI: 10.1213/ane.0b013e31818f601b.

67. Intubation, tracheostomy, and decannulation in patients with Guillain-Barré-syndrome--does dysphagia matter? / J. B. Schröder, T. Marian, P. Muhle [et al.] // *Muscle & Nerve*. – 2019. – Vol. 59. – № 2. – P. 194–200. – DOI: 10.1002/mus.26377.

68. Jaeger, J. M. The role of tracheostomy in weaning from mechanical ventilation / J. M. Jaeger, K. A. Littlewood, C. G. Jr. Durbin // *Respiratory Care*. – 2002. – Vol. 47. – № 4. – P. 469–482.

69. Johnson-Obaseki, S. Complication rates of open surgical versus percutaneous tracheostomy in critically ill patients / S. Johnson-Obaseki, A. Veljkovic, H. Javid-



nia // *Laryngoscope*. – 2016. – Vol. 126. – № 11. – P. 2459–2467. – DOI: 10.1002/lary.26019.

70. Kollef, M. H. Clinical predictors and outcomes for patients requiring tracheostomy in the intensive care unit / M. H. Kollef, T. S. Ahrens, W. Shannon // *Critical Care Medicine*. – 1999. – Vol. 27. – № 9. – P. 1714–1720. – DOI: 10.1097/00003246-199909000-00003.

71. Kollef, M. H. The prevention of ventilator-associated pneumonia / M. H. Kollef // *The New England Journal of Medicine*. – 1999. – Vol. 340. – № 8. – P. 627–634. – DOI: 10.1056/NEJM199902253400807.

72. Kossoff, G. Basic physics and imaging characteristics of ultrasound / G. Kossoff // *World Journal of Surgery*. – 2000. – Vol. 24. – № 2. – P. 134–142. – DOI: 10.1007/s002689910026.

73. Kost, K. M. Endoscopic percutaneous dilatational tracheotomy: a prospective evaluation of 500 consecutive cases / K. M. Kost // *Laryngoscope*. – 2005. – Vol. 115. – № 10-2. – P. 1–30. – DOI: 10.1097/01.MLG.0000163744.89688.E8.

74. Kundra, P. Ultrasound of the airway / P. Kundra, S. K. Mishra, A. Ramesh // *Indian Journal of Anaesthesia*. – 2011. – Vol. 55. – № 5. – P. 456–462. – DOI: 10.4103/0019-5049.89868.

75. La trachéotomie translaryngée selon la technique de Fantoni: à propos de 104 observations [Translaryngeal tracheostomy using the Fantoni technique: report of 104 cases] / D. Divisi, G. Altamura, C. Battaglia [et al.] // *Annales De Chirurgie*. – 2002. – Vol. 127. – № 2. – P. 130–137. French. – DOI: 10.1016/s0003-3944(01)00707-6.

76. Lams, E. Percutaneous and surgical tracheostomy / E. Lams, A. Ravalia // *Journal of Hospital Medicine*. – 2003. – Vol. 64. – № 1. – P. 36–39. – DOI: 10.12968/hosp.2003.64.1.1843.

77. Laryngotracheal stenosis: a serious complication of percutaneous tracheostomy / C. McFarlane, S. W. Denholm, C. L. Sudlow [et al.] // *Anaesthesia*. – 1994. – Vol. 49. – № 1. – P. 38–40. – DOI: 10.1111/j.1365-2044.1994.tb03311.x.

78. Lawson, R. W. Effects of fiberoptic bronchoscopy during mechanical ventilation in a lung model / R. W. Lawson, J. I. Peters, D. C. Shelledy // *Chest*. – 2000. –

Vol. 118. – № 3. – P. 824–831. – DOI: 10.1378/chest.118.3.824.

79. Ledl, C. Trachealkanülen(TK)-Management, TK-Weaning und Versorgungsspekte in der Dysphagietherapie [Tracheostomy management and tube weaning within a framework of dysphagia intervention] / C. Ledl, U. Frank, Y. Y. Ullrich // *Nervenarzt*. – 2023. – Vol. 94. – № 8. – P. 694–701. German. – DOI: 10.1007/s00115-023-01489-1.

80. McCormick, B. Mortality from percutaneous dilatational tracheostomy. A report of three cases / B. McCormick, A. R. Manara // *Anaesthesia*. – 2005. – Vol. 60. – № 5. – P. 490–495. – DOI: 10.1111/j.1365-2044.2005.04137.x.

81. Mehta, C. Percutaneous tracheostomy / C. Mehta, Y. Mehta // *Annals of Cardiac Anaesthesia*. – 2017. – Vol. 20. – № 1. – P. 19–25. – DOI: 10.4103/0971-9784.197793.

82. Noble, V. E. *Manual of Emergency and Critical Care Ultrasound* / V. E. Noble, B. Nelson, A. N. Sutingco. – New York : Cambridge University Press, 2007. – 356 p.

83. Occult hypercarbia. An unrecognized phenomenon during percutaneous endoscopic tracheostomy / P. M. Reilly, H. L. Anderson, R. F. Sing [et al.] // *Chest*. – 1995. – Vol. 107. – № 6. – P. 1760–1763. – DOI: 10.1378/chest.107.6.1760.

84. Oliver, W. C. Anticoagulation and coagulation management for ECMO / W. C. Oliver // *Seminars in Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. – 2009. – Vol. 13. – № 3. – P. 154–175. – DOI: 10.1177/1089253209347384.

85. Pahor, A. L. Ear, nose and throat in Ancient Egypt / A. L. Pahor // *The Journal of Laryngology & Otology*. – 1992. – Vol. 106. – № 9. – P. 773–779. – DOI: 10.1017/s0022215100120869.

86. Pathologic changes of the trachea after percutaneous dilatational tracheostomy / L. W. van Heurn, P. H. Theunissen, G. Ramsay, P. R. Brink // *Chest*. – 1996. – Vol. 109. – № 6. – P. 1466–1469. – DOI: 10.1378/chest.109.6.1466.

87. Pearson, N. The use of ultrasound guidance for cricothyroidotomy in three simulated cadaveric difficult airway models / N. Pearson, K. Huebner // *Annals of Emergency Medicine*. – 2011. – Vol. 58. – № 4. – P. 231. – DOI: 10.1016/j.annemergmed.2011.06.187.

88. Percutaneous Dilatational Tracheostomy via Griggs Technique / H. A. Ka-

rimpour, K. Vafaii, M. Chalechale [et al.] // Archives of Iranian Medicine. – 2017. – Vol. 20. – № 1. – P. 49–54.

89. Percutaneous dilational and surgical tracheostomy in burn patients: incidence of complications and dysphagia / S. T. Smailes, M. Ives, P. Richardson [et al.] // Burns. – 2014. – Vol. 40. – № 3. – P. 436–442. – DOI: 10.1016/j.burns.2013.07.011.

90. Percutaneous techniques versus surgical techniques for tracheostomy / P. Brass, M. Hellmich, A. Ladra [et al.] // Cochrane Database of Systematic Reviews. – 2016. – Vol. 7. – № 7. – Art. CD008045. – DOI: 10.1002/14651858.CD008045.pub2.

91. Percutaneous tracheostomy – a new method / A. Schachner, Y. Ovil, J. Sidi [et al.] // Critical Care Medicine. – 1989. – Vol. 17. – № 10. – P. 1052–1056. – DOI: 10.1097/00003246-198910000-00017.

92. Percutaneous Tracheostomy: A Bedside Procedure / M. Khaja, A. Haider, A. Alapati [et al.] // Cureus. – 2022. – Vol. 14. – № 4. – Art. e24083. – DOI: 10.7759/cureus.24083.

93. PercuTwist-Dilatationstracheotomie. Prospektive Evaluation an 54 konsekutiven Patienten [PercuTwist dilational tracheostomy. Prospective evaluation of 54 consecutive patients] / M. Gründling, S. O. Kuhn, J. Nees [et al.] // Anaesthesist. – 2004. – Vol. 53. – № 5. – P. 434–440. German. – DOI: 10.1007/s00101-004-0665-5.

94. Peri-operative complications during percutaneous tracheostomy in obese patients / C. Byhahn, V. Lischke, D. Meininger [et al.] // Anaesthesia. – 2005. – Vol. 60. – № 1. – P. 12–15. – DOI: 10.1111/j.1365-2044.2004.03707.x.

95. Plata, P. Ultrasound-guided percutaneous tracheostomy / P. Plata, T. Gaszyński // Anaesthesiology Intensive Therapy. – 2019. – Vol. 51. – № 2. – P. 126–132. – DOI: 10.5114/ait.2019.86277.

96. Posterior tracheal wall perforation during percutaneous dilational tracheostomy: an investigation into its mechanism and prevention / S. J. Trottier, P. B. Hazard, S. A. Sakabu [et al.] // Chest. – 1999. – Vol. 115. – № 5. – P. 1383–1389. – DOI: 10.1378/chest.115.5.1383.

97. Pulmonary aspiration in mechanically ventilated patients with tracheostomies / E. H. Elpern, M. G. Scott, L. Petro, M. H. Ries // *Chest*. – 1994. – Vol. 105. – № 2. – P. 563–566. – DOI: 10.1378/chest.105.2.563.

98. Real-time ultrasound-guided percutaneous dilatational tracheostomy: a feasibility study / V. Rajajee, J. J. Fletcher, L. R. Rochlen, T. L. Jacobs // *Critical Care*. – 2011. – Vol. 15. – № 1. – Art. R67. – DOI: 10.1186/cc10047.

99. Real-time ultrasound-guided percutaneous dilatational tracheostomy / J. Chacko, J. Nikahat, B. Gagan [et al.] // *Intensive Care Medicine*. – 2012. – Vol. 38. – № 5. – P. 920–921. – DOI: 10.1007/s00134-012-2514-3.

100. Reilly, P. M. Percutaneous dilatational tracheostomy under the microscope: justification for intra-procedural bronchoscopy? / P. M. Reilly, M. B. Shapiro, J. T. Malcynski // *Intensive Care Medicine*. – 1999. – Vol. 25. – № 1. – P. 3–4. – DOI: 10.1007/s001340050779.

101. Şahiner, İ. T. Bedside Percutaneous Dilatational Tracheostomy by Griggs Technique: A Single-Center Experience / İ. T. Şahiner, Y. Şahiner // *Medical Science Monitor*. – 2017. – № 23. – P. 4684–4688. – DOI: 10.12659/msm.907006.

102. Seldinger, S. I. Catheter replacement of the needle in percutaneous arteriography; a new technique / S. I. Seldinger // *Acta Radiologica*. – 1953. – Vol. 39. – № 5. – P. 368–376. – DOI: 10.3109/00016925309136722.

103. Shape-Sensing Robotic-Assisted Bronchoscopy in the Diagnosis of Pulmonary Parenchymal Lesions / O. Kalchiem-Dekel, J. G. Connolly, I. H. Lin [et al.] // *Chest*. – 2022. – Vol. 161. – № 2. – P. 572–582. – DOI: 10.1016/j.chest.2021.07.2169.

104. Shlugman, D. Acute fatal haemorrhage during percutaneous dilatational tracheostomy / D. Shlugman // *British Journal of Anaesthesia*. – 2003. – Vol. 90. – № 4. – P. 517–520. – DOI: 10.1093/bja/aeg074.

105. Single-dilator percutaneous tracheostomy: a comparison of PercuTwist and Ciaglia Blue Rhino techniques / C. Byhahn, K. Westphal, D. Meininger [et al.] // *Intensive Care Medicine*. – 2002. – Vol. 28. – № 9. – P. 1262–1266. – DOI: 10.1007/s00134-002-1405-4.

106. Surgical outcomes and complications of bedside tracheostomy in the ICU for patients on ECMO / M. C. Smith, P. T. Evans, K. M. Prendergast [et al.] // *Perfusion*. – 2022. – Vol. 37. – № 1. – P. 26–30. – DOI: 10.1177/0267659120979564.

107. Surgical tracheostomy versus percutaneous dilational tracheostomy in patients with anterior cervical spine fixation: preliminary report / A. Sustić, B. Krstulović, N. Eskinja [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2002. – Vol. 27. – № 17. – P. 1942–1945. – DOI: 10.1097/00007632-200209010-00026.

108. Sustić, A. Ultrasound-guided percutaneous dilatational tracheostomy with laryngeal mask airway control in a morbidly obese patient / A. Sustić, Z. Zupan, I. Antončić // *Journal of Clinical Anesthesia*. – 2004. – Vol. 16. – № 2. – P. 121–123. – DOI: 10.1016/j.jclinane.2003.04.005.

109. Ten-Year Review of Tracheostomy Techniques and Related Complications / R. Umstot, D. Samanta, E. Umstot [et al.] // *The American Journal of Surgery*. – 2024. – Vol. 90. – № 2. – P. 225–230. – DOI: 10.1177/00031348231198115.

110. The role of fiberoptic bronchoscopy monitoring during percutaneous dilatational tracheostomy and its routine use into tracheotomy practice / A. Saritas, P. U. Saritas, M. M. Kurnaz [et al.] // *Journal of the Pakistan Medical Association*. – 2016. – Vol. 66. – № 1. – P. 83–89.

111. The ultrasound neck imaging for tracheostomy study: A study prompting ultrasound screening prior to percutaneous tracheostomy procedures to improve patient outcomes / J. Rees, Y. Haroon, C. Hogan [et al.] // *Journal of the Intensive Care Society*. – 2018. – Vol. 19. – № 2. – P. 107–113. – DOI: 10.1177/1751143717739570.

112. Tolep, K. Swallowing dysfunction in patients receiving prolonged mechanical ventilation / K. Tolep, C. L. Getch, G. J. Criner // *Chest*. – 1996. – Vol. 109. – № 1. – P. 167–172. – DOI: 10.1378/chest.109.1.167.

113. Toy, F. J. A percutaneous tracheostomy device / F. J. Toy, J. D. Weinstein // *Surgery*. – 1969. – Vol. 65. – № 2. – P. 384–389. – DOI: 10.5555/URI:PII:0039606069900981.

114. Tracheal stenosis after tracheostomy or intubation: review with special regard to cause and management / A. Sarper, A. Ayten, I. Eser [et al.] // *The Texas Heart*

Institute Journal. – 2005. – Vol. 32. – № 2. – P. 154–158.

115. Tracheostomy Complications in the Emergency Department: A National Analysis of 38,271 Cases / M. P. Kligerman, A. Saraswathula, R. K. Sethi, V. Divi // *ORL Journal for oto-rhino-laryngology and its related specialties*. – 2020. – Vol. 82. – № 2. – P. 106–114. – DOI: 10.1159/000505130.

116. Tracheostomy decannulation in severe acquired brain injury patients: The role of flexible bronchoscopy / B. Lanini, B. Binazzi, I. Romagnoli [et al.] // *Pulmonology*. – 2023. – Vol. 29. – № 4. – P. 80–85. – DOI: 10.1016/j.pulmoe.2021.05.006.

117. Tracheostomy in Patients on Venovenous Extracorporeal Membrane Oxygenation: Is It Safe? / K. M. Kelley, S. M. Galvagno, M. Wallis [et al.] // *The American Journal of Surgery*. – 2021. – Vol. 87. – № 8. – P. 1292–1298. – DOI: 10.1177/0003134820979595.

118. Tracheostomy in the intensive care unit: a nationwide survey / S. Kluge, H. J. Baumann, C. Maier [et al.] // *Anesthesia & Analgesia*. – 2008. – Vol. 107. – № 5. – P. 1639–1643. – DOI: 10.1213/ane.0b013e318188b818.

119. Tracheostomy Is Safe During Extracorporeal Membrane Oxygenation Support / M. Salna, Y. Tipograf, P. Liou [et al.] // *ASAIO Journal*. – 2020. – Vol. 66. – № 6. – P. 652–656. – DOI: 10.1097/MAT.0000000000001059.

120. Tracheostomy versus prolonged intubation in moderate to severe traumatic brain injury: a multicentre retrospective cohort study / N. Villemure-Poliquin, O. Costerousse, P. Lessard Bonaventure [et al.] // *Canadian Journal of Anaesthesia*. – 2023. – Vol. 70. – № 9. – P. 1516–1526. – DOI: 10.1007/s12630-023-02539-7.

121. Tracheostomy: current practice on timing, correction of coagulation disorders and peri-operative management - a postal survey in the Netherlands / D. P. Veelo, D. A. Dongelmans, K. N. Phoa [et al.] // *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*. – 2007. – Vol. 51. – № 9. – P. 1231–1236. – DOI: 10.1111/j.1399-6576.2007.01430.x.

122. Tracheotomia percutanea. Sviluppo tecnologico [Percutaneous tracheostomy: technological development] / G. Frova, O. Barozzi, C. Concoreggi [et al.] // *Minerva Anestesiologica*. – 2000. – Vol. 66. – № 5. – P. 403–407. Italian.

123. Tracheotomy outcomes and complications: a national perspective / R. K. Shah, L. Lander, J. G. Berry [et al.] // *Laryngoscope*. – 2012. – Vol. 122. – № 1. – P. 25–29. – DOI: 10.1002/lary.21907.

124. Traqueostomía percutánea con asistencia fibrobroncoscópica: Evaluación prospectiva de 100 casos consecutivos y revisión de la literatura [Fiberoptic bronchoscopy assisted percutaneous tracheostomy: report of 100 patients] / P. C. Romero, R. R. Cornejo, C. M. Ruiz [et al.] // *Revista Médica de Chile*. – 2008. – Vol. 136. – № 9. – P. 1113–1120. Spanish.

125. Traqueotomía percutánea en el paciente ventilado [Percutaneous tracheostomy in the ventilated patient] / J. M. Añón, J. B. Araujo, M. P. Escuela [et al.] // *Medicina Intensiva*. – 2014. – Vol. 38. – № 3. – P. 181–193. Spanish. – DOI: 10.1016/j.medin.2012.11.012.

126. Tremblay, L. N. Ultrasound-guided tracheostomy--not for the many, but perhaps the few... or the one / L. N. Tremblay, D. C. Scales // *Critical Care*. – 2011. – Vol. 15. – № 2. – Art. 147. – DOI: 10.1186/cc10106.

127. Twenty months' routine use of a new percutaneous tracheostomy set using controlled rotating dilation / N. Sengupta, K. L. Ang, D. Prakash [et al.] // *Anesthesia & Analgesia*. – 2004. – Vol. 99. – № 1. – P. 188–192. – DOI: 10.1213/01.ANE.0000116925.11961.56.

128. Ultrasonographically guided percutaneous dilatational tracheostomy after anterior cervical spine fixation / A. Sustić, Z. Zupan, N. Eskinja [et al.] // *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*. – 1999. – Vol. 43. – № 10. – P. 1078–1080. – DOI: 10.1034/j.1399-6576.1999.431019.x.

129. Ultrasound and bronchoscopic controlled percutaneous tracheostomy on trauma ICU / E. Kollig, U. Heydenreich, B. Roetman [et al.] // *Injury*. – 2000. – Vol. 31. – № 9. – P. 663–668. – DOI: 10.1016/s0020-1383(00)00094-2.

130. Ultrasound diagnosis of occult pneumothorax / D. A. Lichtenstein, G. Mezière, N. Lascols [et al.] // *Critical Care Medicine*. – 2005. – Vol. 33. – № 6. – P. 1231–1238. – DOI: 10.1097/01.ccm.0000164542.86954.b4.

131. Ultrasound-guided percutaneous tracheal puncture: a computer-

tomographic controlled study in cadavers / M. Kleine-Brueggene, R. Greif, S. Ross [et al.] // *British Journal of Anaesthesia*. – 2011. – Vol. 106. – № 5. – P. 738–742. – DOI: 10.1093/bja/aer026.

132. Ultrasound-guided percutaneous tracheostomy in critically ill obese patients / P. G. Guinot, E. Zogheib, S. Petiot [et al.] // *Critical Care*. – 2012. – Vol. 16. – № 2. – Art. R40. – DOI: 10.1186/cc11233.

133. Use of sonography for airway assessment: an observational study / M. Singh, K. J. Chin, V. W. Chan [et al.] // *Journal of Ultrasound in Medicine*. – 2010. – Vol. 29. – № 1. – P. 79–85. – DOI: 10.7863/jum.2010.29.1.79.

134. Use of ultrasound guidance to improve the safety of percutaneous dilational tracheostomy: a literature review / M. Alansari, H. Alotair, Z. Al Aseri, M. A. Elhoseny // *Critical Care*. – 2015. – Vol. 19. – № 1. – Art. 229. – DOI: 10.1186/s13054-015-0942-5.

135. Vallamkondu, V. Clinical review of adult tracheostomy / V. Vallamkondu, V. Visvanathan // *Journal of perioperative practice*. – 2011. – Vol. 21. – № 5. – P. 172–176. – DOI: 10.1177/175045891102100504.

136. Walz, M. K. Tracheal lesion caused by percutaneous dilatational tracheostomy – a clinico-pathological study / M. K. Walz, U. Schmidt // *Intensive Care Medicine*. – 1999. – Vol. 25. – № 1. – P. 102–105. – DOI: 10.1007/s001340050794.

137. Watkinson, J. J. Tracheostomy. In: *Stell and Maran's head and neck surgery* / J. J. Watkinson, M. N. Gaz, J. A. Wilson. – 4th edn. – Oxford : Butterworth Heinemann, 2000. – 536 p.

138. Were pneumothorax and its management known in 15th-century anatolia? / S. O. Kaya, M. Karatepe, T. Tok [et al.] // *The Texas Heart Institute Journal*. – 2009. – Vol. 36. – № 2. – P. 152–153.

139. Wilcoxon, F. Probability tables for individual comparisons by ranking methods / F. Wilcoxon // *Biometrics*. – 1947. – Vol. 3. – № 3. – P. 119–122.

140. Zgoda, M. A. Balloon-facilitated percutaneous dilational tracheostomy tube placement: preliminary report of a novel technique / M. A. Zgoda, R. Berger // *Chest*. – 2005. – Vol. 128. – № 5. – P. 3688–3690. – DOI: 10.1378/chest.128.5.3688.