

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

На правах рукописи

Ларин Виктор Федорович

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ПРОФИЛАКТИКИ
НЕСОСТОЯТЕЛЬНОСТИ БРОНХИАЛЬНОГО ШВА ПРИ
ВЫПОЛНЕНИИ БРОНХОПЛАСТИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ
(экспериментально-клиническое исследование)**

3.1.9. Хирургия

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:
доктор медицинских наук, профессор,
академик РАН
Порханов Владимир Алексеевич

Краснодар – 2026

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. БРОНХОПЛАСТИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ В ХИРУРГИИ ЛЕГКОГО (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)	14
1.1 Определение и эпидемиология рака легкого	15
1.2 Лечение рака легкого	16
1.3 Бронхопластические операции	18
1.4 Хирургические доступы для выполнения бронхопластических операций.....	21
1.5 Кровоснабжение трахеобронхиального дерева.....	26
1.6 Бронхиальный анастомоз	28
1.7 Регенерация бронхиальной стенки.....	37
1.8 Укрытие анастомоза аутопластическим материалом.....	41
1.9 Ангиогенез	46
1.10 Дренирование плевральной полости после бронхопластических операций.....	49
1.11 Осложнения.....	50
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	52
2.1 Клиническая характеристика пациентов	52
2.2 Диагностические исследования	56
2.3 Критерии включения и исключения.....	57
2.4 Шовный материал	58
2.5 Антибактериальная профилактика	58
2.6 Хирургический доступ и спектр операций.....	58
2.7 Способ формирования бронхиального анастомоза	61
2.8 Морфология опухоли.....	64
2.9 Характеристика экспериментальных животных.....	65
2.10 Статистическая обработка результатов	67

ГЛАВА 3. КЛИНИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХИРУРГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРОФИЛАКТИКИ НЕСОСТОЯТЕЛЬНОСТИ БРОНХИАЛЬНОГО АНАСТОМОЗА	69
3.1 Анастомоз без укрытия.....	69
3.2 Медиастинальные лоскуты	69
3.3 Мышечные лоскуты	82
3.4 Обоснование целесообразности укрытия бронхиального анастомоза	89
3.5 Сравнительная характеристика медиастинальных и мышечных лоскутов как пластического материала для укрытия бронхиального анастомоза.....	92
3.6 Сравнительная оценка результатов бронхопластических операций с использованием мининвазивных доступов (VATS/RATS) и открытого	98
3.7 Алгоритм выбора аутопластического материала для укрытия бронхиального анастомоза	101
3.8 Непосредственные результаты бронхопластических операций.....	108
3.9 Структура осложнений, способы их устранения и исходы	111
ГЛАВА 4. НОВЫЙ СПОСОБ УКРЫТИЯ БРОНХИАЛЬНОГО АНАСТОМОЗА И ЕГО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ	114
4.1 Способ выделения аутовены и укрытия бронхиального шва.....	114
4.2 Результаты эксперимента	118
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	123
Выводы.....	129
Практические рекомендации	131
Перспективы дальнейшей разработки темы	132
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	133

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	134
СПИСОК ИЛЛЮСТРАТИВНОГО МАТЕРИАЛА	160
ПРИЛОЖЕНИЯ	166
Приложение А. Уведомление о положительном результате формальной экспертизы заявки на изобретение.....	167
Приложение Б. Акт об использовании предложения.....	168

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Опухоли легких, включающие как злокачественные, так и доброкачественные новообразования, характеризуются высокой степенью распространенности в настоящее время [18, 23, 71, 102]. Не менее актуальной проблемой остаются бронхиальные стенозы различных этиологий [192]. Радикально воздействовать на патологический процесс позволяет только хирургическое вмешательство. Разнообразие оперативных способов лечения заболеваний легкого на сегодняшний день дает большие возможности и перспективы, однако для пациентов с ограниченными функциональными резервами хирургическое лечение требует тщательной подготовки и планирования объема легочной резекции. Сохранение паренхимы легкого является важным аспектом, так как позволяет улучшить послеоперационный период за счет более быстрого восстановления пациента и его функциональных показателей – особенно со стороны респираторной и сердечно-сосудистой систем [1, 16, 26, 42, 53, 54]. Бронхопластические операции (БПО) позволяют добиться оптимального хирургического объема резекции. Такие вмешательства позволяют эффективно восстанавливать анатомическую непрерывность бронхиального дерева, способствуют достижению стабильного психосоматического состояния пациентов и улучшают отдаленные клинические результаты [1, 16, 26, 42, 53, 54]. Универсальность и разнообразие органосохраняющих операций в торакальной хирургии позволяет их использовать в различных клинических случаях – как для лечения новообразований бронхов и легкого, так и при травмах или стенозах дыхательных путей [192]. Таким образом, исследование и совершенствование органосберегающих хирургических вмешательств представляют собой приоритетное направление развития современной торакальной хирургии.

Степень разработанности темы исследования

Анализ и оценка эффективности БПО в различных клинических сценариях позволяет оптимизировать и результативно, а главное безопасно использовать их в арсенале хирургических методов лечения [9]. Это особенно важно для пациентов с ограниченными функциональными резервами.

Бронхопластическая операция является одной из самых технически сложных хирургических вмешательств в торакальной хирургии и может сопровождаться развитием грозного осложнения в виде несостоятельности анастомоза, что оказывает прямое влияние на эффективность и непосредственные результаты лечения. Именно поэтому, наряду с традиционным выполнением операции, профилактика развития осложнений играет ключевую роль в обеспечении благоприятного исхода хирургического вмешательства.

Вследствие развития современного общества и технологического прогресса увеличилась продолжительность жизни населения [60]. В результате этого увеличилось число пациентов старших возрастных групп (старше 70 лет), у которых злокачественные новообразования (ЗНО) легкого развиваются в 2-3 раза чаще [60, 185]. Таким образом, основная масса больных со злокачественными заболеваниями легких представлена пожилыми пациентами с сопутствующими патологиями, приобретенными в течение жизни (сахарный диабет, атеросклероз, хроническая обструктивная болезнь легких, бронхит и другие) [60, 185]. Такая тенденция предполагает рост рисков хирургических осложнений, связанных с коморбидностью пациентов. В связи с этим профилактика осложнений со стороны бронхиального шва выходит на первый план в бронхопластической хирургии. Особенно остро эта проблема проявляется у пациентов с местными распространенными онкологическими заболеваниями и деструктивными процессами (туберкулез, гнойные поражения) легких, поскольку при таких состояниях нарушается кровоснабжение трахеобронхиального дерева в результате самого заболевания и/или хирургического вмешательства, что существенно снижает регенеративные возможности организма [51]. Одним из приоритетных направлений в торакальной хирургии является изучение факторов риска и

разработка стратегий предотвращения возможных неблагоприятных событий со стороны бронхиального шва, повышая качество и безопасность БПО. Практически во всех клиниках мира наблюдается интерес к выполнению органосохраняющих операций при заболевании легкого. Существует большое количество методик для профилактики несостоятельности бронхиального шва с помощью укрытия различными аутопластическими материалами (плевра, жировая клетчатка, перикард, мышца, диафрагма, сальник) – однако отсутствует единый «золотой стандарт». Нет общепринятого подхода к выбору пластического материала и способам укрытия бронхиального шва/анастомоза [15, 38]. Информация о протоколах и программах, применяемых при подобных вмешательствах и периоперационном ведении пациентов, либо отсутствует, либо представлена в недостаточном объеме. С этой точки зрения, систематизация показаний к выполнению пластических бронхиальных вмешательств, профилактика несостоятельности анастомоза и их оптимизация представляются перспективными направлениями исследований, имеющими важное значение, как в фундаментальной, так и в прикладной медицине.

Чрезвычайно важно стремиться к совершенствованию хирургических процедур и минимизации постоперационных рисков для достижения оптимальных результатов лечения.

Цель исследования – улучшить непосредственные результаты хирургического лечения пациентов после бронхопластических операций путем разработки и внедрения комплексного подхода к профилактике несостоятельности бронхиального анастомоза.

Задачи исследования:

1. Провести сравнительный анализ непосредственных результатов лечения пациентов после выполнения бронхопластических операций с укрытием и без укрытия бронхиального анастомоза различными аутопластическими материалами.

2. Обосновать целесообразность укрытия бронхиального анастомоза при выполнении бронхопластических операций аутопластическим материалом на основании клинических и экспериментальных данных.

3. Разработать и внедрить в клиническую практику алгоритм выбора пластического материала для укрытия бронхиального анастомоза с учетом индивидуальных особенностей пациентов и хирургической ситуации.

4. Разработать и экспериментально обосновать новый способ укрытия бронхиального анастомоза с использованием аутовены, направленный на стимуляцию ангиогенеза в зоне шва.

5. Изучить гистоморфологические особенности регенерации тканей и неоангиогенеза в зоне бронхиального анастомоза при использовании аутовены в эксперименте.

6. Оценить эффективность и безопасность применения малоинвазивных доступов (VATS, RATS) при выполнении бронхопластических операций и определить показания к их использованию.

Научная новизна исследования:

1. Впервые выполнен комплексный сравнительный анализ различных способов профилактики несостоятельности бронхиального анастомоза при выполнении бронхопластических операций с оценкой непосредственных результатов.

2. Впервые разработан научно обоснованный алгоритм выбора аутопластического материала для укрытия бронхиального анастомоза, учитывающий анатомические особенности пациента, характер опухолевого процесса и хирургический доступ.

3. Предложен и экспериментально обоснован новый способ укрытия бронхиального анастомоза аутовеной, направленный на имплантацию собственных эндотелиальных клеток в зону бронхиального шва для ускорения процесса неоангиогенеза (уведомление о положительном результате формальной

экспертизы заявки на изобретение № 2025132101 от 23.12.2025 г.) (приложение А).

4. Впервые на экспериментальной модели доказано, что укрытие бронхиального анастомоза аутовеной стимулирует ангиогенез и улучшает регенерацию тканей, что подтверждено гистоморфологическими исследованиями.

5. Доказано, что отграничение бронхиального анастомоза аутопластическим материалом достоверно улучшает непосредственные результаты лечения за счет снижения частоты несостоятельности бронхиального шва.

6. Выполнено сравнение открытых и малоинвазивных хирургических доступов для выполнения бронхопластических операций с определением оптимальных показаний к их применению.

Теоретическая значимость исследования

Теоретическая значимость исследования заключается в углублении понимания патофизиологических механизмов заживления бронхиального анастомоза, роли ангиогенеза в этом процессе и влияния различных аутопластических материалов на регенерацию тканей. Полученные данные расширяют представления о факторах риска несостоятельности анастомоза и возможностях их коррекции.

Практическая значимость исследования:

1. В результате проведенного исследования выявлены преимущества и обоснована целесообразность выполнения бронхопластических операций с укрытием бронхиального анастомоза аутопластическим материалом, что позволяет минимизировать риск развития несостоятельности бронхиального шва и улучшить непосредственные результаты хирургического лечения.

2. Разработан и апробирован в клинической практике алгоритм выбора пластического материала для укрытия бронхиального анастомоза, позволяющий оптимизировать хирургическую тактику и улучшить результаты лечения. Применение предложенного алгоритма значительно снижает частоту развития

несостоятельности бронхиального анастомоза при выполнении бронхопластических операций.

3. Выполнена сравнительная оценка открытого и малоинвазивного хирургических доступов для выполнения органосохраняющих операций на легких, определены оптимальные показания к их применению.

4. Экспериментально разработан и изучен новый способ укрытия бронхиального анастомоза аутовеной, который может быть использован в клинической практике в случаях, когда применение традиционных аутопластических материалов затруднено.

5. Разработаны практические рекомендации по профилактике несостоятельности бронхиального анастомоза, которые могут быть использованы в работе торакальных хирургических отделений.

6. Результаты исследования способствуют снижению частоты послеоперационных осложнений, сокращению сроков госпитализации, улучшению качества жизни пациентов и оптимизации использования ресурсов здравоохранения.

Методология и методы исследования

Работа выполнена в соответствии с правилами доказательной медицины и принципами «Надлежащей клинической практики». Методологической основой исследования явилось последовательное применение методов научного познания с использованием принципов доказательной медицины. В исследовании использовались клинические, лабораторные, инструментальные и статистические методы исследования. Объект исследования – пациенты со злокачественными новообразованиями легких, предмет исследования – методика бронхопластических операций.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Укрытие бронхиального анастомоза аутопластическим материалом является эффективным методом профилактики его несостоятельности,

позволяющим снизить частоту этого осложнения в 3,3 раза по сравнению с группой без укрытия.

2. Применение аутолены для укрытия бронхиального анастомоза в эксперименте стимулирует ангиогенез в зоне шва за счет имплантации зрелых эндотелиальных клеток, что подтверждается увеличением плотности микрососудов в 1,76 раза ($p=0,024$) и способствует улучшению регенерации тканей.

3. Разработанный алгоритм выбора пластического материала для укрытия бронхиального анастомоза, основанный на оценке индивидуальных особенностей пациента и хирургической ситуации, позволяет оптимизировать хирургическую тактику, стандартизировать подход и улучшить результаты лечения.

4. Использование малоинвазивных доступов (VATS, RATS) для выполнения бронхопластических операций с укрытием анастомоза медиастинальными лоскутами является безопасным и эффективным методом профилактики несостоятельности бронхиального шва, способствует достоверному снижению послеоперационной боли, сокращению сроков дренирования плевральной полости, сроков госпитализации и более быстрой реабилитации пациентов.

5. Циркулярное укрытие бронхиального анастомоза аутопластическим материалом не только предотвращает развитие несостоятельности, но и при ее возникновении ограничивает зону дефекта, создавая условия для консервативного заживления без необходимости выполнения завершающей пневмонэктомии.

Степень достоверности и апробация результатов

Степень достоверности полученных результатов определяется обобщением научной литературы, наблюдениями за пациентами, включёнными в исследование, репрезентативностью выборки исследуемых показателей, наличием контрольных групп, применением современных диагностических методов и использованием адекватных методик статистической обработки полученных данных.

Основные положения диссертационного исследования доложены и обсуждены на XX Образовательном симпозиуме по торакальной хирургии им. акад. М. И. Перельмана «Мы стали взрослыми» (Казань, 2021) и XIII международном конгрессе «Актуальные направления современной кардио-торакальной хирургии» (Санкт-Петербург, 2024).

Клиническая апробация диссертационного исследования проведена на совместном совещании кафедры онкологии с курсом торакальной хирургии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации и на ученом совете государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Научно-исследовательский институт – Краевая клиническая больница № 1 имени профессора С. В. Очаповского» министерства здравоохранения Краснодарского края (ГБУЗ «НИИ – ККБ №1») протокол № 05/26 от 25.05.2026 г.

Внедрение результатов работы

Разработанные методики, которые описаны в диссертации, применяются в практической работе хирургического торакального отделения №1 ГБУЗ «НИИ – ККБ №1» (приложение Б).

Личный вклад автора

Автор самостоятельно провел изучение современного состояния проблемы при выполнении бронхопластических операций. Его участие в исследовании проявилось в разработке ключевых методологических принципов, планировании исследования, сборе и анализе фактического материала. Автор лично выполнил операции у 40 % пациентов, включенных в исследование, а также провел 20 экспериментальных операций на лабораторных животных с последующей оценкой процессов регенерации в зоне бронхиального анастомоза на микроскопическом уровне.

Публикации по теме диссертации

По теме диссертационного исследования опубликовано 5 научных работ, из них 4 – в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, или индексируемых базой данных RSCI, или входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

Структура и объем диссертации

Диссертация изложена на 167 страницах и состоит из введения, четырех глав, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы и списка иллюстративного материала. Список литературы представлен 228 источниками (российских – 66, зарубежных – 162). Диссертационная работа проиллюстрирована 21 таблицами и 58 рисунками.

Автор выражает глубокую признательность:

- своему научному руководителю доктору медицинских наук, академику РАН **Порханову Владимиру Алексеевичу** за многолетние наставничество, неоценимую помощь в развитии хирургического мастерства и теоретических знаний, возможность обучения и участия в научной деятельности клиники.
- доктору медицинских наук, член-корреспонденту РАН **Орлову Сергею Владимировичу** за предоставление уникальной возможности проведения экспериментальной части исследования, помощь в её организации и реализации.
- доктору медицинских наук **Жихареву Василию Александровичу** за многолетнюю помощь в научной работе.

ГЛАВА 1**БРОНХОПЛАСТИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ В ХИРУРГИИ ЛЕГКОГО
(ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)**

Бронхопластические операции представляют собой органосохраняющую альтернативу пневмонэктомии при лечении центрального рака легкого, доброкачественных опухолей и стриктур бронхов различного происхождения [192]. Несмотря на очевидные преимущества в виде сохранения функциональной легочной ткани и повышения качества жизни пациентов, применение этих операций сопряжено с риском возникновения специфического осложнения – несостоятельности бронхиального шва (НБШ), которая часто сопровождается образованием бронхиальных свищей, эмпиемой плевры, аррозионными кровотечениями и сепсисом.

Согласно разным источникам, летальность при возникновении НБШ составляет от 4 до 50 % [21, 56, 165]. Методы профилактики несостоятельности бронхиального шва недостаточно систематизированы и не всегда эффективны, что подчеркивает важность разработки и внедрения новых комплексных подходов к предотвращению этого серьезного осложнения на всех этапах хирургического лечения. Фундаментально и подробно бронхо- и трахеопластическая хирургия описана в книге Х. К. Грилло «Хирургия трахеи и бронхов» (2004) [106]. Внедрение операций, связанных с резекцией и реконструкцией трахеобронхиального дерева, получило свое развитие после серии экспериментальных операций на животных, выполненных и изученных Т. Глюк и А. Целлер в 1881 г., которые успешно сделали трахеальный анастомоз без резекции трахеи у собаки [65]. А в 1895 г. Ф. Колли впервые выполнил резекцию трахеи в эксперименте на животном.

Мировые войны и травматические повреждения трахеобронхиального дерева, большая распространенность туберкулеза в XX веке, также определили необходимость развития органосохраняющей хирургии легких [65]. Таким образом, вопрос актуальности бронхопластической хирургии при лечении

различных заболеваний легких и трахеобронхиального дерева по сегодняшний день остается открытым. Однако в мирное время БПО чаще применяются для лечения онкологических заболеваний легкого. А современное развитие науки и техники открывает новые перспективы для органосохраняющих и реконструктивных операций, с совершенствованием хирургических техник, применением новых технологий и методик с минимизацией операционной травмы.

1.1 Определение и эпидемиология рака легкого

Злокачественные новообразования легкого – это общее название опухолей как эпителиального, так и неэпителиального происхождения, различающихся по своей гистологической структуре. Рак легкого лидирует среди причин смертности от онкологических заболеваний во всем мире. В 2022 г. было выявлено 2,09 млн. новых случаев и зафиксировано 1,76 млн. смертельных исходов [71, 102]. В Российской Федерации доля ЗНО лёгкого среди всех онкопатологий составляет 9,2 % и занимает 1-е место среди всех злокачественных новообразований у мужчин. Наиболее частым видом среди всех видов опухолей является немелкоклеточный рак легкого (НМКРЛ). Международное агентство по исследованию рака лёгкого фиксирует ежегодное выявление примерно миллиона новых случаев во всем мире [23], и на момент 2022 г. уровень заболеваемости раком лёгкого составлял 15,5 случая на 100 тыс. мужчин и 4 случая на 100 тыс. женщин [18].

Морфологическая классификация Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) выделяет четыре основные группы рака легкого: плоскоклеточный рак (40 % больных), аденокарцинома (40-50 %) мелкоклеточный рак (15-20 %), крупноклеточный рак (5-10 %) [24].

Ежегодный прирост заболеваемости и смертности в мире связан со старением и ростом численности населения, а также распространенностью

основных факторов риска, связанных с социально-экономическим развитием [202]. Сигел Р. Л. и соавт. (2017) определили, что ожидаемая продолжительность жизни здорового 80-летнего жителя США составляет 9 лет, а медиана выживаемости больного раком легкого этой возрастной группы составляет лишь 14 месяцев [185].

Даже при развитии современной медицины и постоянном совершенствовании методов оказания помощи смертность от ЗНО легкого остается высокой не только в РФ, но и в мире, и занимает одно из лидирующих мест. Алгоритм лечения зависит от клинической стадии заболевания. Однако единственным радикальным методом лечения НМКРЛ на сегодняшний день остается хирургический, хотя окончательный алгоритм лечения зависит от клинической стадии заболевания [202].

1.2 Лечение рака легкого

Лечение НМКРЛ непосредственно связано со стадией заболевания в момент его выявления. В зависимости от местной распространенности процесса можно выделить четыре основных варианта лечения с использованием хирургического этапа:

- хирургическое лечение;
- хирургическое лечение + адъювантная полихимиотерапия / иммунотерапия / таргетная терапия;
- неоадъювантная терапия с последующим хирургическим лечением;
- периоперационная лучевая терапия.

Клинические рекомендации по лечению рака лёгкого предусматривают проведение радикальных операций, таких как анатомическая долевая резекция или пневмонэктомия, совмещенные с лимфатической диссекцией [76, 96, 100, 101, 138, 167]. Однако полное удаление легкого нередко вызывает значительные функциональные расстройства дыхательной и сердечно-сосудистой систем [7, 24,

27, 79, 88, 154, 194, 202], что негативно сказывается на ближайших и отдаленных результатах лечения пациентов с данной патологией.

Первую успешную пневмонэктомию при раке легкого осуществили Эвартс Грэм и Джейкоб Сингер почти сто лет назад. Их работа заложила основу метода, ставшего впоследствии эталоном лечения при злокачественных новообразованиях легкого [105, 109]. При этом распространенность пневмонэктомии оставалась невысокой до 50-х гг. прошлого столетия, в связи с тяжестью вмешательства и особенностями послеоперационного ведения пациентов. Но в 1950 г. Черчилль Э. Д. с соавт. продемонстрировали преимущество лобэктомии перед пневмонэктомией. Спустя два года (1952 г.) долевая анатомическая резекция начала считаться оптимальным вариантом радикального лечения рака легкого [203]. Показания к объему хирургического вмешательства постепенно трансформировались: если ранее лобэктомия считалась необходимой исключительно в тех случаях, когда пневмонэктомия невозможна, теперь предпочтение отдается долевым резекциям, если ее выполнение допустимо [202].

Рассматривая злокачественные новообразования легкого как хроническое заболевание, современная хирургия должна учитывать возможные будущие изменения течения болезни, стремясь сохранить объем легочной ткани и ее функцию, одновременно обеспечивая максимальную радикальность вмешательства. В этом контексте бронхопластические операции становятся оправданы, так как способствуют сохранению большего количества здоровой ткани, улучшая как функциональное состояние пациента, так и показатели пятилетней выживаемости [22, 24, 172, 194, 202].

Таким образом, при центральном расположении опухоли в устье долевых или главных бронхов, а также при наличии перибронхиальной инвазии, бронхопластические операции выступают оптимальной альтернативой полному удалению легкого (пневмонэктомии), позволяя избежать значительных функциональных ограничений [24, 22, 88, 172, 194, 202]. Сохранение легочной паренхимы положительно сказывается на качестве жизни пациента, поддерживая

достаточный объем дыхания и уменьшая нагрузку на сердечно-сосудистую систему [24, 22, 88, 172, 202, 194].

1.3 Бронхопластические операции

Изначально органосохраняющие резекции при немелкоклеточном раке легкого проводились пациентам, чьи легочные функции не позволяли осуществить пневмонэктомию, в настоящее же время бронхопластические операции стали стандартом лечения не только при функциональном ограничении пациента, но и при определенной локализации опухолевого процесса [193, 194].

Первую в истории операцию с реконструкцией бронхиального дерева выполнил Thomas S. P. в 1947 г. [204]. В Советском Союзе первая верхняя лобэктомия с циркулярной резекцией главного бронха при аденоме была проведена Мешалкиным Е. Н. в 1958 г., а при раке легкого подобную операцию впервые успешно провел Кузьмичев А. П. в 1961 г., а в 1966 г. Кузьмичев А. П. представил свою докторскую диссертацию на тему «Резекция и пластика бронхов» [65].



Рисунок 1 – Книги, посвященные органосохраняющим операциям в хирургии легкого (Союз Советских Социалистических Республик)

Значительный вклад в развитие органосохраняющих операций в отечественной торакальной хирургии внесли выдающиеся специалисты: академики РАМН Петровский Б. В., Богуш Л. К., Перельман М. И., академик РАН Харченко В. П., профессор Трахтенберг А. Х. (рисунок 1) [5, 19, 33, 58, 59, 62]. Их деятельность оказала значительное влияние не только на клиническую практику, но и на научную составляющую, результатом которой стали многочисленные основополагающие публикации.

В 1982 г. М. Г. Сачек и В. В. Аничкин издали книгу «Восстановительная хирургия внутренних дыхательных путей», подготовленную на базе Витебского медицинского института в Белорусской ССР это труд, который обобщил существующие на тот момент прогрессивные методики и подробно изложил опыт ведущих советских торакальных хирургов [45].

Благодаря накопленному опыту и знаниям в сфере реконструктивной трахеобронхиальной хирургии, член-корреспондент РАН Паршин В. Д. и профессор, доктор медицинских наук, академик РАН Порханов В. А. подготовили научные труды, детально описывающие анатомические особенности и способы применения хирургических техник в разных клинических ситуациях [28, 62, 56, 47] (рисунок 2).



Рисунок 2 – Книги, посвященные реконструктивной хирургии трахеи
(Российская Федерация)

Сегодня БПО рассматривается не только, как хирургическое лечение, способное сохранить функциональный легочный объем, но и как вмешательство, сопряженное с меньшим риском развития несостоятельности бронхиального шва. Так, в работе Лаусберга Х. и соавт. (2005), продемонстрировано, что риск развития несостоятельности бронхиального шва при пневмонэктомии составляет 7,5 %, а при выполнении бронхопластических резекций вероятность несостоятельности стремится к нулю [75].

Пневмонэктомия выполняется преимущественно при значительном поражении бронхов, а иногда и при вовлечении крупных кровеносных сосудов в опухолевый процесс, чаще всего долевых и сегментарных ветвей легочной артерии. Но, на сегодняшний день, исследования показывают, что кроме бронхопластических операций, возможен вариант бронхоангиопластических резекций, характеризующихся более низкой частотой послеоперационных осложнений по сравнению с пневмонэктомией, а показатели выживаемости и частота рецидивов при таких операциях аналогичны результатам пневмонэктомии и не снижают онкологическую радикальность вмешательства [75, 85, 104, 131, 172, 173].

Целесообразность выполнения органосохраняющих операций продемонстрирована в результатах исследования Ёсино А. и соавт. (1997), которые показали более низкие показатели послеоперационных осложнений в группе органосохраняющих бронхопластических вмешательств – 13,7 %, против пневмонэктомий – 24,1 % ($p < 0,05$) [85]. А наиболее частыми отдаленными осложнениями и причинами смерти при пневмонэктомии являются снижение дыхательного объема легких, которые приводят к ухудшению качества жизни пациентов [172], и сердечно-легочной недостаточности, что продемонстрировано в метаанализе Ма З. и соавт. (2007) [133]. Авторы показали, что отношение шансов для послеоперационной смертности (бронхопластической лобэктомии против пневмонэктомии) составило 0,65 (95 % доверительный интервал (ДИ) – 0,42-91,01), 1,01 (95 % ДИ – 0,70-1,44) для послеоперационных осложнений, 0,91 (95 % ДИ – 0,45-1,82) для локорегионарных рецидивов [133]. Окада М. с

коллегами (2000) в своем исследовании также отмечают лучшую выживаемость в группе с органосохраняющими операциями по сравнению с пневмонэктомией [194]. Авторы выбрали пациентов с равнозначным соматическим статусом и сопутствующей патологией и сравнили 3-, 5- и 10-летнюю выживаемость, которая составила 61, 48 и 36 % у пациентов, перенесших бронхопластическую операцию, против 36, 29 и 19 % у больных после пневмонэктомии соответственно [194]. Похожая статистика представлена Фергюсоном М. и Леманом А. (2003), которые провели анализ 12 различных исследований по бронхиальным резекциям и выявили лучшую 5-летнюю выживаемостью после БПО, чем после пневмонэктомии [98].

Массар Г. с коллегами (1999) проанализировали 15-летний период у пациентов после бронхопластических операций и пневмонэктомий и определили сравнимую или лучшую выживаемость после органосохраняющих операций в сравнении с пневмонэктомией. При анализе 5-летней выживаемости с учетом стадии и поражения лимфатических узлов бронхопластическая хирургия показала лучшие результаты хирургического лечения для I-II стадии заболевания, а для III стадии преимущества были ограничены [139].

Таким образом, в настоящее время большинство ведущих торакальных центров считают, что бронхопластическая лобэктомия безопасна для выполнения у пациентов, которым можно сохранить легочную ткань и не приводит к увеличению заболеваемости и смертности по сравнению с пневмонэктомией [85, 98, 131, 139, 169, 173, 194].

1.4 Хирургические доступы для выполнения бронхопластических операций

Во время сложных манипуляций в плевральной полости врач-хирург должен иметь доступ ко всем жизненно важным структурам, что обеспечивается правильным выбором хирургического доступа.

На сегодняшний день в арсенале торакальных хирургов есть различные хирургические доступы для выполнения операций в грудной полости. К ним относятся открытые – торакотомный, стернотомный и группа малоинвазивных способов, которые включают в себя модификации видеоторакоскопических и роботических подходов. В литературе встречаются наблюдения об использовании заднебоковой торакотомии для пластических операций на бронхах, что отражено в сообщениях Дж. Риса и соавт. (1970) и С. Чжоу и соавт. (2015) [173, 186].

Однако нет общепринятого алгоритма для выбора между эндоскопическим и открытым вариантом вмешательства. Сторонники малоинвазивных методов подчеркивают следующие преимущества интервенционной хирургии перед открытой операцией: меньший цитокиновый ответ [218]; менее выраженное угнетение активности лимфоцитов [208, 221]; снижение интенсивности послеоперационной боли и риска развития плечевой дисфункции [208, 221]; а также возможность более раннего начала адьювантной химиотерапии [206]. Перечисленные преимущества дополняются более выраженным косметическим эффектом. Тем не менее, малоинвазивные методы требуют большего времени освоения по сравнению с открытыми доступами и имеют ограниченные возможности при распространенных формах заболевания.

В исследовании, посвященном обучению технике VATS-лобэктомии, которое было проведено в 2006 г. Дж. Фергюсоном и У. Уокером, установлено, что метод VATS (video-assisted thoracoscopic surgery) является безопасным, характеризуется низким уровнем заболеваемости и смертности [98]. Подобным образом, Ван И. с коллегами в своем (2008) продемонстрировали, что начинающие врачи могут безопасно проводить VATS-лобэктомию под руководством опытных специалистов [222].

Приверженцы традиционного открытого доступа указывают на удобство работы, особенно при выполнении сложных вмешательств, и возможность прямого визуального контроля крупных сосудов, что помогает минимизировать риск кровотечений [224].

Анализ современной медицинской литературы показывает, что большинство органосохраняющих операций традиционно выполняются через боковой торакотомный доступ. Данный способ обеспечивает универсальный, безопасный, эффективный и удобный подход. Важное преимущество открытых операций заключается в том, что врач-хирург имеет возможность оперативно устранять любые непредвиденные осложнения благодаря прямому контролю состояния сосудов и других ключевых анатомических структур грудной полости. Помимо этого, проведение торакотомии не требует наличия специализированного высокотехнологичного оборудования, оно не зависит от аппарата и не связано с использованием дорогих инструментов (например, эндостеплеров, ультразвукового ножа и т. п.). Кроме того, операция через торакотомию выполняется значительно быстрее, например, по сравнению с подготовкой и введением робота-хирурга Da Vinci [4, 93, 96, 167, 217].

Тем не менее, следует отметить, что современные технологии позволяют успешно осуществлять органосохраняющие операции через минимальные разрезы, используя видеоторакоскопические (VATS) и роботизированные (RATS) подходы [202]. Первая видеоторакоскопическая бронхопластическая лобэктомия была выполнена Сантамброджио Л. в 2002 г. [220], а первый зарегистрированный клинический случай роботизированной бронхопластики осуществил доктор Т. Шмидт в 2011 году, с продолжительностью формирования бронхиального анастомоза около 50 мин. [111]. На сегодняшний день этот показатель сократился до 25 мин. [180], и использование малоинвазивных доступов при сложных торакальных операциях стало применяться значительно чаще.

В настоящее время, благодаря развитию технологий, отмечается значительный прогресс в области визуализации, точности манипуляций и планирования хирургического лечения. Согласно данным Европейского общества торакальных хирургов, доля торакоскопических лобэктомий стабильно возрастает – с 1 % в 2007 г. до 23 % в 2016 г. [89, 197]. Применение видеоторакоскопических или роботических технологий существенно снижает травматичность оперативного вмешательства, уменьшает интенсивность болевых

ощущений [56, 204, 212], что способствует ускорению периода восстановления пациентов, сокращению сроков пребывания в больнице, снижению частоты осложнений, улучшению эстетического результата и экономической эффективности процедур. Высокая эффективность и безопасность эндоскопических подходов подтверждены многочисленными исследованиями [67, 83, 128, 159, 228].

Так, группа исследователей во главе с П. Дж. Кнеуэрцем (2020) провела ретроспективный анализ результатов лечения 514 сопоставимых по своим характеристикам пациентов с НМКРЛ, которым были проведены различные способы выполнения лобэктомии: роботизированная (n=245), VATS (n=118) и традиционная открытая (n=151). Результаты анализа показали, что пациенты, подвергшиеся минимально инвазивным процедурам, имели более короткий средний срок госпитализации (для роботизированной группы – 5,2 дня, для VATS – 4,9 дня, для открытой – 7,3 дня; $p < 0,001$), а также отсутствие случаев смерти в течение первых 30 суток после операции. Средняя пятилетняя общая выживаемость среди всех групп оказалась примерно равной (63,55 % и 65 % соответственно; $p = 0,56$). Многофакторный анализ не выявил значимых различий в показателях общей выживаемости и выживаемости без рецидива в зависимости от типа выполненной операции [128].

Группой авторов во главе с Атюковым М. А. (2022) сравнила исходы 17 пациентов, прошедших открытую бронхопластическую лобэктомию, и 10 пациентов, оперированных с применением видеоторакоскопии [4]. Ученые пришли к выводу, что применение техники VATS для бронхопластических вмешательств не повышает вероятность возникновения послеоперационных осложнений, поскольку позволяет провести все этапы операции так же качественно и безопасно, как и при открытом доступе, одновременно снижая степень операционной травмы [4].

Резекция легких с использованием видеоторакоскопических и роботизированных методов показала лучшие результаты по сравнению с традиционной торакотомией согласно многим рандомизированным

контролируемым исследованиям [69, 97, 110, 117, 127, 147, 157, 158, 166, 171, 191, 207, 223, 225]. В работах отмечено сокращение продолжительности госпитализации, снижение числа осложнений и уровня смертности. Для оценки долгосрочного эффекта применяемых техник используют показатели общей и безрецидивной выживаемости, отражающие качество лечебного процесса при онкологических заболеваниях любого типа. Анализ показал, что глубина и качество лимфаденэктомии при различных видах доступа остается практически неизменной независимо от способа подхода [142, 147, 150, 151, 177, 198, 200, 201], а также продемонстрировал сохранение долгосрочной выживаемости при применении миниинвазивных технологий [67, 87, 127, 128, 147, 179, 190].

В сравнительном исследовании К.-Ф. Дж. Янга и соавт. (2023) проанализированы данные 334 пациентов, перенесших операцию через торакотомный доступ, и аналогичное число пациентов, прооперированных с использованием VATS. Пациенты были подобраны по таким критериям, как размеры опухоли и наличие сопутствующих заболеваний. Исследование показало сходство радикальности операции и качества лимфаденэктомии между двумя группами, однако открытая операция ассоциировалась с замедленным периодом восстановления [147].

Вопрос о превосходстве между методами VATS и RATS остается предметом дискуссий [67, 201, 221]. Один из недостатков RATS по сравнению с VATS заключается в увеличении продолжительности самой операции, особенно в начальном периоде использования системы Da Vinci [68, 182, 212, 214, 225], однако, в последнее время публикуется все больше исследований, подчеркивающих преимущества использования роботизированных систем при формировании бронхиальных анастомозов по сравнению с техникой VATS [111, 125].

Помимо перечисленных ранее преимуществ малоинвазивных методов перед открытой хирургией, важно учитывать еще одно существенное достоинство – положительное влияние на психологическое состояние пациента. Восприятие

хирургической манипуляции пациентом оказывается гораздо благоприятнее именно при эндоскопических техниках [55].

Отсутствуют четкие единые критерии, определяющие выбор оптимального хирургического доступа при бронхопластических операциях. Например, под руководством Чжоу С. (2015) в проведенном исследовании предложили систематизировать критерии отбора пациентов для проведения бронхопластических операций с использованием VATS-подхода [186]. Авторы рекомендуют начинать вмешательство миниинвазивно при условии, что опухоль располагается эндобронхиально (без паренхиматозного распространения) или диаметр опухоли не превышает 5 см, поражение бронха ограничено, отсутствует инвазия в соседние органы и сосуды, а также нет спаечного процесса в плевральной полости.

В настоящее время выбор хирургического доступа при бронхопластических операциях перестает быть вопросом противопоставления, открытого и малоинвазивного подходов. Сегодня это становится индивидуальным решением, учитывающим множество факторов. Таким образом, несмотря на то, что минимально инвазивные методики (VATS и RATS) подтвердили свою безопасность [181], высокую онкологическую радикальность и ряд очевидных преимуществ [78], боковые торакотомии остаются незаменимы при проведении сложных реконструктивных вмешательств, особенно при вовлечении главных бронхов и крупных сосудистых структур.

Дальнейшее развитие медицинских технологий, увеличение количества клинических наблюдений и совершенствование протоколов позволит расширить спектр показаний к применению малоинвазивных бронхопластических операций. Однако приоритет всегда будет отдаваться принципу максимальной онкологической радикальности и безопасности.

1.5 Кровоснабжение трахеобронхиального дерева

Кровообращение трахеобронхиального дерева устроено особым образом,

отличающимся от остальных паренхиматозных органов организма. Основная специфика состоит в существовании двух самостоятельных сосудистых систем. Одна система служит исключительно для осуществления газообмена и представлена легкими (малый круг кровообращения – легочные артерии и вены), другая снабжает кровью сами дыхательные пути (бронхиальные сосуды, относящиеся к большому кругу кровообращения) [70]. Несмотря на раздельность обеих систем, они связаны посредством капиллярных и прекапиллярных анастомозов, обеспечивающих обмен между бронхиальными и легочными сосудами. Эта связь незаметна в нормальных условиях, но приобретает большое значение при патологических состояниях [70].

Понимание особенностей строения и кровоснабжения бронхов и механизмов их регенерации является фундаментальным аспектом, необходимым для предупреждения любых возможных послеоперационных осложнений со стороны бронхиального шва. Врач-хирург должен ориентироваться не только на анатомию самих бронхов, но и на особенности их кровоснабжения. Верхняя часть трахеи получает основное питание от нижней щитовидной артерии. Среднегрудная область трахеи обеспечивается кровью из более вариабельных источников, включающих ветви позвоночных, подключичных и межреберных артерий. Книзу трахея питается ветвями внутренней грудной артерии, в то время как бифуркация и главные бронхи получают кровь от верхних и средних бронхиальных артерий, отходящих непосредственно от грудной аорты [129].

Во время операции на органах дыхания и при выполнении лимфаденэктомии часто нарушается кровообращение стенок бронхов, что представляет собой серьезную проблему для врача-хирурга [129]. Сохранение кровотока в стенках бронхов крайне важно, хотя далеко не всегда технически реализуемо. Данная особенность требует деликатного отношения к тканям и подчеркивает важность мер предосторожности для предотвращения недостаточности бронхиального шва.

1.6 Бронхиальный анастомоз

Резекция бронха и наложение бронхиального анастомоза является чрезвычайно важным этапом в трахеобронхиальной хирургии. От опыта хирурга, и мероприятий, направленных на профилактику несостоятельности бронхиального шва, напрямую зависит успех хирургического лечения. При этом важно максимально бережно обращаться с тканями бронхов. Именно с этой целью Р.О. Каменев с коллегами (2024) рекомендуют при пересечении бронхов предотвращать повреждение хрящевых полуколец, используя для этого остроконечные ножницы [9]. Что подтверждается более ранними исследованиями С. Чжоу и соавт. (2015) [186]. Для исключения использования в бронхиальном анастомозе ткани с критической ишемией (после мобилизации бронхов и систематической лимфодиссекции), некоторыми авторами предлагается максимальное иссечение бронхиального стола [6, 49]. Такой способ позволяет улучшить заживление анастомоза и уменьшить вероятность предполагаемых осложнений (несостоятельность, грануляционные стенозы).

Способы сопоставления бронхов

Аппроксимация бронхов и формирование анастомоза имеет значение для надежности шва и скорости выполнения операции. Первоначальной задачей каждого хирурга стоит выбор способа сопоставления бронхов. Это может зависеть от ряда факторов [33, 62, 106], основным из которых является разница в диаметрах сшиваемых бронхов.

Для уменьшения окружности большего бронха предложена методика, заключающаяся в более редких стежках на мембранозной части относительно меньшего бронха [19, 33, 62, 106]. Некоторые методики для адаптации размеров бронхов предполагают пластику большего бронха за счет резекции и ушивания фрагмента его мембранозной части [19].

Другой способ предполагает пересечение дистального (меньшего) бронха по косой линии для увеличения его окружности [20, 46]. Некоторые авторы предлагают применять технику клиновидной резекции хрящевой или мембранных

частей бронха большого диаметра с последующим ушиванием образовавшегося дефекта, что позволяет уменьшить диаметр крупного бронха [205, 216].

Альтернативный вариант формирования анастомоза без повреждения дистального конца бронха предложил Левченко Н. Е. [20]. Его методика основана на инвагинационном подходе, заключающемся во введении меньшей по диаметру бронхиальной трубки внутрь большей. Этот способ позволяет восстановить целостность дыхательных путей без дополнительной травматизации краев бронхов [20].

Виды швов

Один из удобных и надежных на практике способов рекомендован М. И. Давыдовым, суть которого заключается в сопоставлении анастомозируемых концов хрящей бронхов двумя отдельными лигатурами, проводимыми через межхрящевые пространства у концов хрящей, без завязывания. После сближения краев бронхов переходят к ушиванию мембранозных частей отдельным непрерывным швом, затем завязывают лигатуры, наложенные вначале. С ними же связывают нити соответствующих краев непрерывного мембранозного шва. Далее переходят к сопоставлению хрящевых частей бронхов отдельными узловыми швами [8].

Левченко Е. В. (2016) разработал методику для формирования трахеобронхиального анастомоза после пневмонэктомии справа с циркулярной резекцией бифуркации трахеи [20, 39], в которой предлагается начать с отдельных узловых швов на левую полуокружность анастомозируемых частей трахеи и бронха через межхрящевые промежутки трахеи и левого главного бронха (ЛГБ). Затем накладывают отдельные узловые швы на правую половину анастомозируемых частей трахеи и бронха. Первый шов через межхрящевую часть левого главного бронха и середину хрящевого полукольца трахеи, следующий шов через середину хрящевого полукольца левого главного бронха и межхрящевую часть трахеи. При сопоставлении анастомозируемых концов инвагинируют левый главный бронх в просвет трахеи на ширину хрящевого полукольца по левой полуокружности, на $1/2$, $1/3$ ширины хрящевого полукольца

по правой полуокружности анастомоза. Это позволяет перераспределить часть нагрузки с правой полуокружности анастомоза на левую, повысить надежность анастомоза [39, 20].

Еще один способ сложного трахеобронхиального анастомоза, разработанный Левченко Е. В., применяется после расширенной билобэктомии справа с циркулярной резекцией бифуркации трахеи [30]. В данном методе предполагается создание новой карины. После удаления средней и нижней долей правого легкого вместе с бифуркацией трахеи, необходимо отделить устье верхнедолевого бронха справа. Новая бифуркация образуется между устьем левого главного бронха и устьем правого верхнедолевого бронха (ВДБ). Используя отдельные узловы швы, формируют две линии швов Y-образной формы. Первую линию швов создают вдоль передней полуокружности анастомоза, располагая швы через межхрящевые промежутки трахеи и левого главного бронха. Вторую линию швов формируют на задней полуокружности между трахеей и правым верхнедолевым бронхом. Начинают формирование анастомоза с соединения хрящевых частей левой половины трахеи и левого главного бронха, медиальных половинок левого главного бронха и латеральной половины верхнедолевого бронха. Далее последовательно формируют левую (заднюю) часть анастомоза, а затем правую, соединяя верхний долевого бронх справа с правой половиной окружности трахеи [30].

Новый способ наложения шва трахеи представлен Паршиным В. Д. (2011). Предложенный метод включает использование специальных швов-направляющих («швов-держалок»), позволяющих эффективно сблизить подлежащие анастомозу участки трахеи при наложении основных швов. Данные вспомогательные швы устанавливаются на расстоянии 1 см или на уровне одного хрящевого полукольца ниже места резекции, проходят сквозь стенку трахеи, минуя слизистую оболочку, и огибают хрящ без его повреждения. Такие направляющие швы размещаются симметрично на боковых поверхностях трахеи – со стороны хирурга и противоположной стороны. При наложении основного шва особое внимание уделяется захвату наименьшей возможной

площади измененной ткани трахеи. Этого достигают либо проколом иглы через середину стенки, вводя ее на глубину, соответствующую толщине другого края анастомоза, либо предварительно утончая стенку трахеи путем иссечения внешнего слоя дыхательной трубки. После завершения наложения основного анастомоза дополнительные швы-держалки можно соединить между собой, что снизит возможное натяжение по линии основного анастомоза [64].

Гиллером Д. Б. и Гиллером Б. М. (1994) предложен оригинальный метод трахеобронхиального анастомоза после правосторонней пневмэктомии [29]. Суть его заключается в следующем: обе части трахеи и левый главный бронх в зоне планируемого разреза фиксируются специальными удерживающими нитями ("держалками"). Мембранозная зона трахеи вскрывается в направлении расположения опухоли с соответствующим отступом от нее. Трахею пересекают в плоскости будущего анастомоза через хрящевое полукольцо по его нижнему краю под определенным углом, обеспечивая удаление слизисто-подслизистой основы шириной, соответствующей ширине, оставшейся культеподобной части бронха. Затем мембрана левого главного бронха рассекается параллельно месту пересечения трахеи, причем надрез проводится по верхнему краю соответствующего хрящевому полукольца с удалением наружной и верхней его части. Правое легкое вместе с частью бифуркации трахеи удаляются. В случае различия размеров, формируемых анастомозируемых областей, производится дополнительное клиновидное иссечение ткани боковой стенки трахеи с последующим закрытием полученного дефекта. Формирование самого трахеобронхиального анастомоза осуществляется отдельно стоящими узловыми швами, располагаемыми на расстоянии, соответствующем ширине хрящевому полукольца. Получившийся анастомоз проверяется на герметичность и покрывается участком пристеночной плевры [157].

Аналогичную разработку представил Иноземцев Е. О. совместно с коллегами. Авторами предложена техника наложения непрерывного однорядного шва для формирования трахео-трахеального анастомоза при значительном укорочении длины трахеи. Экспериментальное исследование проведено на группе

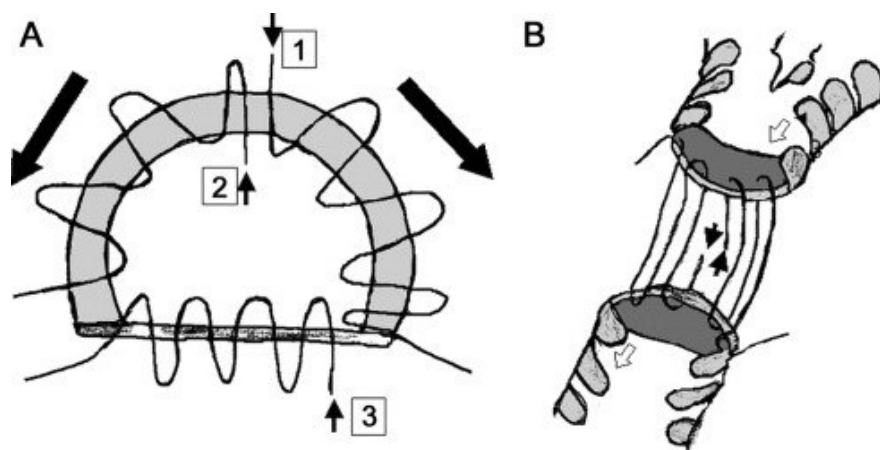
из 24 самцов крыс, каждому из которых была проведена циркулярная резекция трахеи. Анастомоз сформировали непрерывным швом особой конструкции. Отличительной особенностью данного шва стало его расположение в пространстве в форме восьмерки, что обеспечило подтягивание концов трахеи сразу в двух направлениях – вертикально и горизонтально, надежно закрепляя их. Благодаря этому исключалось перемещение слоев трахеи относительно друг друга, поскольку каждое хрящевое кольцо как проксимального, так и дистального концов трахеи оказывалось прочно зафиксировано внутри петли-восьмерки. Плотное сопоставление сшиваемых хрящевых слоев также обеспечивает герметичность анастомоза. Авторы сделали вывод, что при формировании анастомоза выкол иглы должен быть выполнен со стороны просвета трахеи, а выкол с наружной стороны. Такой способ дает возможность наиболее точно сопоставить сшиваемые концы трахеи и препятствует смещению хрящевых колец [52].

В своем исследовании Ибрагим М. с соавторами (2005) используют преимущественно узловые швы по всей окружности бронха. Исследователи предлагают сделать два первых шва в латеральном мембрано-хрящевом переходе, с выколом игл из просвета бронха в плевральную полость, после чего швы завязываются, стенки бронхов сопоставляются и далее циркулярно накладываются узловые швы [112].

Кутлу К. (2025 г.) и Голдстроу П. (2024 г.) применяют непрерывный шов для формирования бронхиального анастомоза [87, 118]. В то же время Э. Паладе и соавт. (2015) не обнаружили существенных различий между результатами непрерывного и узлового швов в аспекте прочности анастомоза. Вместе с тем авторы указали на преимущества непрерывного шва, отмечая его быстроту наложения и лучшую адаптацию к различиям в размерах бронхов [160].

Хамад А. М. с коллегами (2009) разработали упрощенную методику формирования бронхиального анастомоза, используя ее у 11 пациентов в период с 2003 по 2007 гг. Ни у кого из обследуемых не возникло осложнений, связанных с самим анастомозом. За счет своей простоты и скорости выполнения авторы

считают этот метод перспективным для широкого применения при бронхопульмональных операциях. Сам анастомоз создается тремя непрерывными швами из полидиоксаноновой нити (PDS) диаметром 4.0. Первый шов накладывается посередине хрящевой части и идет вокруг хрящевой стенки против часовой стрелки до мембранозной части. Второй шов стартует в той же начальной точке, но направляется по часовой стрелке до противоположного края мембранозной стенки. Третий шов предназначен для фиксации мембранозной стенки после стягивания предыдущих двух швов и приведения в контакт хрящевых компонентов бронхов [146]. В некоторых случаях авторы допускают использование четырех швов по аналогичной схеме. Предлагаемая схема анастомоза приведена на рисунке 3.

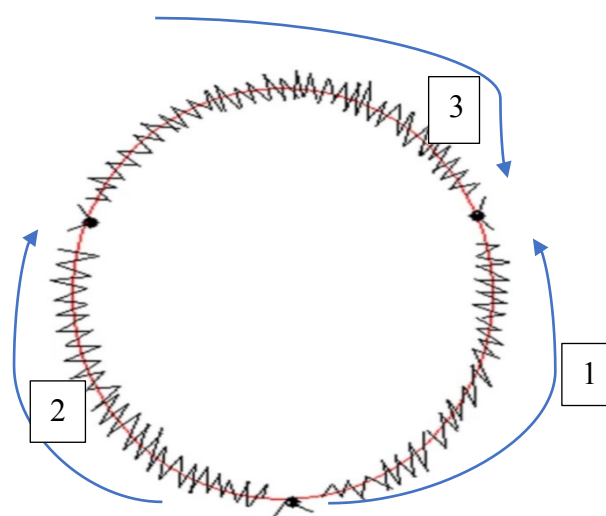


1 – первый шов: от центральной части бронха до мембранозной части; 2 – второй шов: от центра хрящевой части до мембранозной в противоположном направлении; 3 – третий шов: по мембранозной стенке бронхов

Рисунок 3 – Способ формирования межбронхиального анастомоза с использованием трех непрерывных швов, нитью 4.0 PDS

Такой способ формирования анастомоза особенно удобен при работе через малоинвазивный доступ. Например, Чжоу С. и соавт. (2015) описали опыт, охватывающий 51 пациента после бронхопластических операций, из которых 10 вмешательств были выполнены через VATS-доступ. Первоначально первые 5 операций в рамках малоинвазивного подхода проводились с использованием традиционных одиночных узловых швов, аналогичных применяемым при

открытых бронхопластических операциях. Однако впоследствии, при выполнении последующих пяти операций, авторы перешли на методику трехэтапного непрерывного шва. По наблюдениям ученых, эта техника заметно сокращает время формирования анастомоза. Кроме того, тройное прерывание непрерывного шва по окружности и троекратная точечная фиксация предотвращают образование сужений (стенозов) в области анастомоза [186]. Схема анастомоза с использованием непрерывного шва с трехточечным прерыванием, разработанная группой Чжоу С. и соавт. (2015) [186], представлена на рисунке 4.



1, 2, 3 – очередность швов; стрелками указано направление непрерывного шва

Рисунок 4 – Способ и этапность формирования анастомоза при видеоассистированной торакоскопической хирургии (по Чжоу С., 2015)

Согласно опыту Чен Н. и соавт. (2016), при создании анастомоза через VATS-доступ средняя продолжительность наложения бронхиального шва составляет $37,6 \pm 12,0$ мин [144], а Лу. Ю., Ван Дж. и соавт. (2013) сообщают о среднем времени 44 (37-48) мин. для формирования бронхиального анастомоза [125]. Тип шва выбирается исходя из конкретных интраоперационных обстоятельств, квалификации хирурга и используемого доступа.

Опыт роботической бронхопластической лобэктомии описан Ли К. с соавт. (2013), которые изучали результаты 236 операций, выполненных с помощью роботической системы da Vinci Si (Intuitive Surgical, Santa Clara, CA, USA).

Среднее время выполнения бронхиального анастомоза составляло 25 мин., причем использовался трехлинейный непрерывный шов, аналогичный изображенному на рисунке 3. Интраоперационные осложнения отсутствовали, случаи перехода на открытый доступ не регистрировались. Основываясь на своем опыте, авторы заключили, что роботизированная технология предпочтительна для выполнения сложных бронхопластических операций по сравнению с VATS-методиками [180]. Среди достоинств роботов выделяются улучшенная визуализация, увеличенная подвижность инструментов, фильтрация физиологического дрожания рук и устранение парастернального давления [180, 111].

Таким образом, литература демонстрирует разнообразие подходов к наложению бронхиального анастомоза, и оптимальный выбор определяется индивидуальными предпочтениями и квалификацией хирурга.

Шовный материал

Выбор шовного материала определяется его атравматичностью и инертностью по отношению к бронхиальной стенке и окружающим тканям, при этом прочность его должна быть соизмерима с предполагаемой нагрузкой [64].

Дискуссия о предпочтительности рассасывающихся или нерассасывающихся материалов при бронхопластических операциях остается актуальной. Рассасывающиеся материалы (полидиоксанон / PDS, полиглактин / Vicryl, полигликапрон / Monocryl) лишены основного недостатка нерассасывающихся швов – постоянного присутствия инородного тела, которое может служить основой для формирования гранулем, стать источником хронической инфекции или мигрировать в просвет бронха. Применение данного материала снижает риск поздних стенозов и образования бронхолитов [95]. Нерассасывающиеся материалы (полипропилен / Prolene, нейлон) обеспечивают постоянную прочность шва, но несут риск долгосрочных осложнений, связанных с воздействием шовного материала на стенку бронха и окружающие ткани [130].

Ньютон Дж. Р. с коллегами (2014), а также ряд других авторов, отдают предпочтение использованию нити из полиглактина 4/0 (викрил) [106, 135],

поскольку ее гладкое покрытие обеспечивает минимальный «пилящий» эффект и капиллярность, легкость прохождения через ткани, надежное удержание узлов. Представленная нить удобна в манипуляциях, является апирогенной и вызывает минимальную тканевую реакцию в течение периода абсорбции. Коллеги единогласно поддерживают необходимость использования атравматичных игл [106, 135].

Фридман Э. и соавт. (1990), выполнив 19 экспериментальных операций *in vivo*, на гистологическом уровне выявили более выраженную воспалительную реакцию вокруг многоволоконных швов из викрила, которая приводила к более быстрому растворению шовного материала и выраженному фиброзу окружающих тканей по сравнению с реакцией, наблюдаемой при использовании швов из полидиметилсилоксана (PDS) [107].

Паршин В. Д. с коллегами (2011), проанализировав использование различных видов шовного материала (мерсилен, пролен, PDS, викрил и др.), установили, что рассасывающаяся нить (викрил) обладает достаточным сроком сохранения прочности на разрыв, гибкостью, гипоаллергенностью и доступностью. Похожими характеристиками отличаются нити PDS, биосин, которые также могут применяться в трахеобронхиальной хирургии. В отдаленном периоде такие материалы реже провоцируют развитие грануляционной ткани по линии швов, что снижает частоту появления послеоперационного стеноза анастомоза. Таким образом, использование атравматичных нитей с продолжительным периодом резорбции (викрил, PDS) способствует созданию качественного трахеального/bronхиального шва с необходимой прочностью и минимальным местным воспалительным ответом тканей [64, 47].

Похожее наблюдение по характеристикам шовного материала опубликовано Ергняном С. М. и соавт. (2016). В анализе технических аспектов реконструкции карины трахеи выбор шовного материала сделан в пользу викрила на атравматичных иглах [40, 47].

Пелег Х. со своими коллегами (1986) провели эксперимент на 52 кроликах, которым был выполнен анастомоз трахеи способом «конец в конец», с

использованием шелка, хромированного кетгута, полиэстера с тефлоновым покрытием (полиглактин 910), полипропилена и полидиоксанона. Животные, выжившие в течение запланированного срока, были исследованы на предмет острого и хронического воспаления, а также образования стриктур. Исследователи определили, что монофиламентные нити необходимо использовать осторожно при бронхиальном анастомозе, так как их жесткие узлы могут повредить соседние кровеносные сосуды. Итогом эксперимента стал вывод о том, полипропилен является наилучшим материалом для выполнения бронхопластических операций, в то время как шелк оказался наименее пригодным [161].

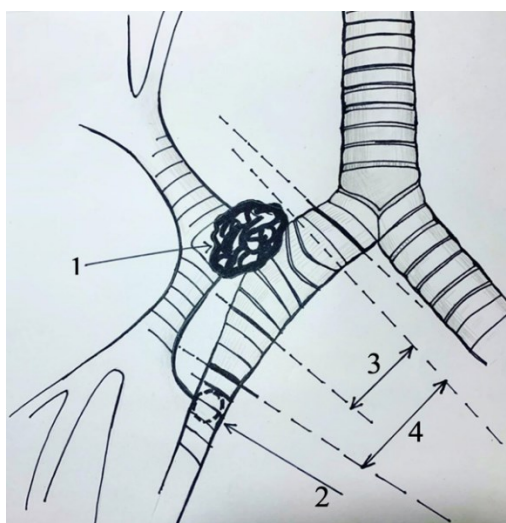
1.7 Регенерация бронхиальной стенки

Активное изучение процессов заживления бронхиальной стенки началось уже в 1942 г. Подробный обзор, посвященный особенностям бронхиального шва, был опубликован в октябрьском выпуске журнала *Annals of Surgery* за 1942 г., том 116, номер 4 [175].



Рисунок 5 – Фото страницы журнала *Annals of Surgery* (октябрь, 1942 г.)

На этапах развития бронхопластической хирургии большое внимание уделялось не только техническим аспектам шва, но и оценке состояния бронхиальной стенки (ее кровоснабжение, ригидность, воспалительный процесс), так как заживление бронхиального анастомоза всегда сопровождается ишемией дистальной части бронха, поскольку его кровоснабжение прерывается [175]. В свою очередь это определило выполнение первичной, хирургической профилактики несостоятельности анастомоза, которая достигается интраоперационными манипуляциями, направленными на снижение натяжения в области анастомоза (мобилизация корня легкого, включающая разрушение легочной связки, полулунные разрезы перикарда у основания нижней легочной вены, мобилизация перикарда в месте прикрепления его к диафрагме) и ее укрытие аутопластическим материалом [82, 108, 137, 140, 145, 162, 163, 187, 215]. Однако все эти хирургические аспекты, направленные на создание благоприятных условий для регенерации бронха, не могут обеспечить гарантированное заживление анастомоза. В рамках уменьшения ишемизированной ткани в формировании анастомоза Синев Е. Н. и Чичеватов Д. А. предложили выполнять бронхопластические операции с применением максимальной резекции бронхиального ствола [49]. Схема отражена на рисунке 7.



1 – опухоль; 2 – устье среднедолевого бронха; 3 – минимальный объем резекции бронхиального ствола; 4 – максимальный объем резекции бронхиального ствола

Рисунок 7 – Схема максимальной резекции бронхиального ствола

Предложенный способ позволяет убрать из формирующегося анастомоза ткани с плохим кровоснабжением, а в сочетании с укрытием шва кровоснабжаемым диафрагмальным лоскутом снизить послеоперационную летальность до 0 % [49]. Схожие результаты представлены Пашковым И. В. и соавт. (2021), которые установили, что максимальное укорочение культы главного бронха трансплантата до 1-2 хрящевых полуколец от шпоры верхнедолевого бронха сокращает частоту развития несостоятельности бронхиального анастомоза с 11,1 % до 2,6 % [6]. Очевидным достоинством данного метода является его радикальность, так как он предусматривает выполнение резекции бронха на максимально возможном удалении от опухолевого очага. Это подтверждают данные Трахтенберга А. Х. и Чиссова В. И. (2000), которые оценили соотношение макро- и микроскопических границ распространения опухоли. Было выявлено, что в 46,3% случаев визуально определяемые границы опухоли не совпадают с истинными микроскопическими пределами ее распространения [57].

Рассмотренные выше подходы способствуют улучшению заживления бронха, воздействуя на физические факторы, способные повлиять на качество анастомоза. Современные исследования дополнительно рассматривают методы стимулирования ангиогенеза путем целенаправленного влияния на ишемизированные ткани с помощью введения ангиогенных факторов. Запуск ангиогенного сигнала инициирует процессы ревазуляризации, основываясь на миграции эндотелиальных клеток из костного мозга, участвующих в образовании новых сосудов. Предположительно, экзогенное введение предшественников сосудообразующих клеток способно ускорить восстановление кровоснабжения пострадавшего органа [14].

Так, Цзян Х. с коллегами (2014) подробно рассмотрели возможность интраоперационного введения в зону анастомоза препарата дефероксамин мезилат (ДФМ) – одобренного железохелатора, стимулирующего активность гипоксически индуцируемого фактора 1. Проведенные эксперименты модели трансплантации трахеи на мышах показали, что частицы ДФМ эффективно

улучшали микроциркуляцию в тканях дыхательных путей за счет активации выработки ангиогенных факторов [104].

Поскольку инфекционные осложнения и ишемия в дистальной части анастомоза считаются ключевыми причинами несостоятельности бронхиального шва, профилактические меры по предупреждению инфекций, потенциально вызывающих дефекты, могут включать местные ингаляции антибиотиком тобрамицином [116]. В частности, исследование Людвиг К. и соавт. (2009) позволило сократить долю повторных пневмонэктомий вследствие бронхолегочных осложнений до менее чем 10 %. Исходя из полученных данных, авторы рекомендуют включение ингаляций местными антибактериальными препаратами в комплекс мероприятий после бронхопластических операций [116].

1.8 Укрытие анастомоза аутопластическим материалом

Одним из наиболее серьезных осложнений в бронхопластической хирургии является несостоятельность бронхиального анастомоза, которая способна привести к тяжелым, жизнеугрожающим последствиям. Инфекция и гнойная деструкция прилегающих к анастомозу тканей повышают риск массивного аррозионного кровотечения, вызванного вовлечением структур легочной артерии. Задача хирурга – минимизировать вероятность подобных осложнений. Одним из эффективных профилактических методов является изоляция бронхиального шва аутопластическим материалом, который создает барьер между сформированным анастомозом и сосудистыми структурами. Тем не менее, профилактика несостоятельности анастомоза должна носить комплексный характер, основополагающими принципами которого выступают соблюдение атравматичной техники, минимальное нарушение кровоснабжения тканей и исключение избыточного натяжения в области шва. Наиболее действенный дополнительный метод – закрытие анастомоза хорошо васкуляризированными

тканевыми лоскутами [6]. Среди которых для укрытия бронхиального анастомоза используются:

- ткани средостения (перикардальная клетчатка);
- мышечные лоскуты (межреберные мышцы, широчайшая мышца спины, передняя зубчатая мышца, диафрагма);
- элементы плеврального пространства (плевральные лоскуты);
- экстраторакальные ткани (большой сальник).

Однако из всего разнообразия существующих методик современный хирургический подход не предполагает единого мнения о способах профилактики несостоятельности бронхиального шва. А данные, полученные в ходе различных исследований, имеют ограниченное применение при решении вопроса об укрытии бронхиального анастомоза. Например, по некоторым данным использование мышечных лоскутов для укрытия бронхиального анастомоза может приводить к формированию стеноза в области шва, что ограничивает возможность применения данного метода [12]. Отсутствие однозначного общепринятого мнения, какой лоскут использовать и как укрывать зону анастомоза делает актуальными исследования в этом направлении. Так, ряд авторов используют медиастинальные лоскуты, которые включают ткани вилочковой железы, перикард или лоскут *жировой клетчатки* перикарда/средостения [82, 162, 215]. Такой биологический материал не только механически защищает анастомоз от окружающей среды, но и выступает активатором регенерации тканей [10, 43], оказывая благотворное влияние на ишемизированные ткани бронхов, выделяя цитокины и активируя факторы роста сосудов [10]. Впервые свойства жировой ткани были изучены и описаны в 1889 г. Ван дер Мейлен [32], а в 1893 г. Нойбер Г. опубликовал первую статью о трансплантации жировой ткани с положительным клиническим результатом [32]. При этом в 1957 г. Шорхер Т. в своем исследовании показал, что имплантация жировой ткани происходит лучше в зоне с хорошей васкуляризацией [111]. Жировая ткань обладает рядом дополнительных свойств. Она является сложным, гетерогенным эндокринным органом, который регулирует процессы костного ремоделирования и

гемопоза [43]. Функциональные свойства жировой ткани зависят от ее клеточного состава, локализации и места ее имплантации [32, 43, 170]. Впервые перикард и жировую клетчатку средостения для укрытия бронхиального шва использовал Брюер Л. в 1953 г. [74]. Сегодня такой способ достаточно распространен. Этот лоскут используется не только как отграничивающий материал, но и как активатор пролиферативной активности [82]. Данный механизм предполагает лизирование медиастинального лоскута, а продукты его деградации оцениваются как биологически активные вещества, создающие благоприятное микроокружение, для регенерирующих тканей. При такой операционной задаче, часть современных хирургов используют лоскут без сосудистой ножки, демонстрируя механизм благоприятного воздействия аутопластического материала на заживление анастомоза выделением цитокинов и, как следствие, стимуляцией неоангиогенеза [11, 13, 82, 162, 215].

Встречаются данные о нецелесообразности этого и иных способов укрытия бронхиального шва [92, 188, 189], однако количество научных исследований и публикаций, которые подтверждают необходимость отграничивать зону анастомоза преобладает [58, 82, 108, 145, 163, 187, 215].

Значительное число научных трудов рекомендует использование **мышечных лоскутов**, признавая их ценность даже при малоинвазивных вмешательствах, таких как VATS и RATS [82, 108, 145, 163, 178, 187, 200, 209, 215, 219]. Сагава М. и соавт. (2008) описали технику применения лоскута из межреберной мышцы для укрытия бронхиального шва при VATS-интервенции. В ходе операции они выделяли и фиксировали межреберный лоскут к остаткам бронха и окружающим тканям, не сталкиваясь с техническими трудностями [219].

Рис Х.-Б. и соавт. (2008) описывают ряд первичных и вторичных бронхомиопластик в своем наблюдении с использованием мышечных лоскутов из широчайшей, передней зубчатой или большой грудной мышц. В своем наблюдении, в которое вошел 41 пациент, авторы добились удовлетворительных результатов, используя последовательность в выборе мышечного лоскута, и приоритетным выделяют лоскут из широчайшей мышцы спины с переходом к

лоскуту из передней зубчатой мышцы при утрате или невозможности использования широчайшей мышцы. Использование большой грудной мышцы предполагается в случае утраты первых двух лоскутов [210].

Большой сальник является надежным лоскутом для отграничения и герметизации бронхиального шва [121, 140, 155, 211]. Д'Андрилли А. и соавт. (2009) использовали прядь большого сальника на питающей ножке, который был мобилизован через радиальный разрез в диафрагме, избегая лапаротомии. Единственным противопоказанием к этой технике было предыдущее абдоминальное вмешательство. Такой аутопластический материал авторы использовали для герметизации несостоятельности бронхиального шва после пневмонэктомии, либо первично, как профилактику несостоятельности у 43 пациентов с высоким риском несостоятельности бронхиального шва [211].

Яблонский П. К. и соавт. (2014) снизили несостоятельность бронхиального шва с помощью оментопластики с 17,7 % до 5,3 % по сравнению с пациентами, которым не использовался никакой аутопластический материал [25]. Летальность без применения сальника в их наблюдении из 171 пациента составила 11,5 %. При этом в группе с использованием укрытия шва летальности не наблюдалось. На основании таких данных авторы сделали однозначный вывод о том, что применение оментопластики существенно снижает риск бронхоплевральных осложнений, а в случае их реализации способствует заживлению дефекта [25].

Диафрагмальный лоскут является надежным аутопластическим материалом. В своих работах Синев Е. Н. и Чичеватов Д. А. (2015), проанализировав 71 пациента, 36 из которых была выполнена пневмонэктомия с циркулярной резекцией бифуркации трахеи, а 35 – без резекции бифуркации, сделали вывод о предпочтительном использовании диафрагмального лоскута для укрытия бронхиального анастомоза, при этом фрагментом диафрагмы предлагается закрывать не только бронхиальный шов, но и одномоментно обширные дефекты перикарда после пневмонэктомии с его резекцией. Однако авторы не исключают использование лоскутов из костальной плевры и большого сальника [50].

Аветисян А. О. и соавт. (2022) в своем исследовании описывают применение диафрагмального лоскута для профилактики несостоятельности бронхиального шва. Выбор этого пластического материала, по мнению коллег, часто связан с невозможностью выделения медиастинальных или других лоскутов (мышца, большой сальник), что может быть связано с отсутствием жировой клетчатки или мышечной ткани у кахексичных больных. Или особенностями кровоснабжения большого сальника (невозможность сохранить кровоснабжение при мобилизации). После выделения лоскута дефект диафрагмы ушивался одиночными Z-образными швами нитью лавсан 3/0, начиная с медиастинальной части диафрагмы. При этом ключевым моментом является сохранение сосудистых ворот лоскута. Важно избегать прошивания или лигирования перикардиодиафрагмальных сосудов. Лоскут должен закрывать шов по всей окружности/периметру. И фиксируется к бронхам П-образными швами. Выполнив анализ 13 пациентов с таким видом укрытия бронхиального шва, авторы пришли к выводу, что диафрагмальный лоскут является надежным аутоматериалом в профилактике бронхоплеврального свища [17].

Однако мировая медицинская литература не содержит четких рекомендаций и стандартов, регламентирующих порядок выбора лоскута, технические нюансы его выделения и способы фиксации вокруг бронхиального шва (анастомоза).

После детального изучения мировых и отечественных источников, а также учитывая собственный клинический опыт, мы приходим к заключению о важности использования аутопластического материала для укрытия и отграничения зоны анастомоза с целью профилактики несостоятельности бронхиального шва. Такой подход позволяет избежать серьезных негативных последствий, связанных с нарушением герметичности шва (необходимость повторных оперативных вмешательств, бронхоскопий, инфекционных и септических осложнений), а самое главное – предупреждает возникновение фатальных осложнений, таких как аррозивное кровотечение и полиорганная недостаточность на фоне сепсиса.

Помимо защитной роли, аутопластический материал оказывает стимулирующее воздействие на процессы пролиферации тканей, усиливает местный иммунитет и способствует образованию новых сосудов.

Следовательно, выбор подходящего аутоматериала должен зависеть от индивидуальных анатомических характеристик пациента и характера хирургической процедуры. Вариативность выбора лоскута обусловлена не только предпочтениями хирурга, но и объективными факторами, такими как сохранность кровоснабжения выбранных тканей и их способность обеспечивать достаточное покрытие и надежную защиту зоны анастомоза.

1.9 Ангиогенез

Чрезвычайно важным процессом в восстановлении тканевой целостности является формирование новых микрососудистых сетей – ангиогенез [73, 94, 104, 148,183]. В 1787 г. британский хирург D. Hunter впервые описал процесс ангиогенеза [174]. Это комплекс событий, которые инициируются активацией пролиферативных цитокинов, в результате воспаления, вызванного хирургической травмой [73, 94, 104, 148, 183]. Он включает в себя 4 стадии: протеолитическое разрушение базальной мембраны сосудов и межклеточного матрикса, миграция и прикрепление эндотелиальных клеток, их пролиферация и формирование тубулярных структур [34, 63]. Изучение и понимание механизмов формирования новых сосудистых структур является важным этапом профилактики осложнений, связанных с ишемией, во всех направлениях медицины.

Нарушение кровоснабжения бронхов вследствие хирургических вмешательств, зачастую сопровождающихся лимфатической диссекцией, неизбежно приводит к нарушению трофики бронхиальной ткани. Это резко увеличивает риск развития некроза и, следовательно, различных вариантов несостоятельности бронхиального шва [94, 104, 183]. Наряду с этим, ишемия и

гипоксия тканей ведут к выбросу воспалительных и провоспалительных цитокинов [94, 104, 183]. Дисбаланс в синтезе коллагена и последующее избыточное разрастание грануляционной ткани служат причиной формирования гранулированных стенозов анастомоза [94, 104, 183]. Процесс формирования нового сосудистого русла зависит от множества факторов. Так, воспаление, сопровождаемое повышением концентрации цитокинов – TNF- α , IL-2, IL-1 β и IL-6, разрушает сосудистый эндотелий и эпителий дыхательных путей, вызывая местное повреждение тканей и увеличивая риск несостоятельности бронхиального шва или последующего фиброза [94, 73, 104, 183]. Микроскопическое повреждение сосудов ведет к изменениям структуры тканей [73, 94, 104, 183].

Многочисленными исследователями доказано, что синтез проангиогенных факторов роста (VEGF, bFGF, TGF β) регулируется состоянием гипоксии, при которой их продукция усиливается [63, 115].

Ангиогенез подразумевает образование новых сосудов из существующих, в отличие от васкулогенеза, характеризующегося образованием совершенно новых сосудов *de novo* [119]. Эндотелиальные клетки, расположенные на внутренней поверхности сосудов, обладают несколькими механизмами миграции, среди которых:

- Хемотаксис – направленная миграция по градиентам растворимых хемоаттрактантов;
- Гаптотаксис – миграция по градиентам иммобилизованных лигандов;
- Механотаксис – движение, регулируемое механическими силами [123].

Хотя основные этапы миграции эндотелиальных клеток известны, конкретные механизмы и эффекты варьируются в зависимости от конкретной ситуации и клеточного окружения, и многие детали остаются неизученными. Изучение миграции эндотелиальных клеток актуально не только в хирургии, но и в терапевтических целях, так как может иметь значение для лечения таких состояний, как возрастная макулярная дегенерация, диабетическая ангиопатия, инфаркт миокарда и злокачественные новообразования. Особые знания о

сигнальных путях миграции эндотелиальных клеток могли бы позволить создать антиангиогенные препараты, избирательно блокирующие патологическую миграцию и ангиогенез, не затрагивая нормальное функционирование эндотелия [143].

Однако в хирургической практике актуальна именно миграция эндотелиальных клеток, которая является интегрированным результатом трех механизмов [119, 123, 134]. Один из которых – механотаксис. Механотаксис – это способность клеток реагировать движением на механические раздражители, такие как прикосновения, давление, гравитация или другие физические силы. Этот феномен играет ключевую роль в ряде важнейших биологических процессов, включая эмбриональное развитие, регенерацию тканей и иммунный ответ [119, 123, 134]. Глубокое понимание механизма механотаксиса открывает перспективы повышения эффективности хирургических вмешательств, позволяя контролировать клеточную пролиферацию и регулировать процессы регенерации тканей [119, 123].

Известно, что постоперационное воспаление в бронхиальной стенке стимулирует активный рост сосудов [152, 153, 226]. Еще в XIX веке немецкий ученый Рудольф Вирхов установил зависимость бронхиальной циркуляции от анатомических и функциональных особенностей организма [153, 226]. Подобные физиологические реакции организма могут быть использованы для оптимизации кровоснабжения бронхов, а ключевым элементом успешной регенерации тканей является своевременное восстановление сосудистой сети, обеспечивающей обмен веществ в очаге поражения.

Современные медицинские исследования направлены на углубленное изучение и совершенствование процессов регенерации тканей путем усиления ангиогенеза. Шай С.-Э. и соавт. (2020) в эксперименте на лабораторных животных исследовали возможности ангио- и хондрогенеза. Они трансплантировали трупную свиную трахею, покрытую мезенхимальными стволовыми клетками [90]. Ученые обнаружили, что такая обработанная трахея

активно формирует гранулематозную ткань в области анастомоза, демонстрируя интенсивную пролиферацию вновь образованных сосудов и хрящевой ткани.

1.10 Дренирование плевральной полости после бронхопластических операций

Важным фактором успеха хирургического вмешательства является послеоперационный период, который всегда предполагает наличие у пациента плеврального дренажа. В своем исследовании Мюллер Х. М. и соавт. (2000) обнаружили, что длительность стояния плеврального дренажа определяет физическое и психологическое состояние пациента. Быстрое удаление инородных тел из плевральной полости предполагает возможность более быстрой активизации пациента. Что, в свою очередь, помогает вести к минимуму развитие послеоперационных ателектазов и пневмоний [113].

Согласно рекомендациям протокола быстрого восстановления после операции (Enhanced Recovery After Surgery), сроки дренирования определяются объемом и качеством экссудата. Возможность извлечения дренажа возникает при снижении суточного объема поступающего содержимого до 450-500 мл и отсутствии сброса воздуха в течение предшествующих 6-12 ч. [170]. Опубликованные данные показывают, что режим дренирования после бронхопластических операций соответствует стандартным протоколам. Чаще всего удаление дренажа осуществляется после установления стабильного аэростаза [131]. Многие специалисты придерживаются точки зрения, что стремление к скорейшему удалению дренажей должно быть приоритетом, насколько это допустимо клинической ситуацией [72, 113, 164].

1.11 Осложнения

Бронхопластические операции, предполагающие лобэктомию, билобэктомию и/или сегментэктомию с резекцией бронха – это технически сложные вмешательства высокого риска, но позволяющие избежать пневмонэктомию и сохранить функциональную легочную ткань. Однако такой вид вмешательства сопряжен со специфическим набором осложнений со стороны бронхиального шва, часть из которых связана с необходимостью выполнения лимфодиссекции, которая зачастую приводит к нарушению бронхиального кровоснабжения. В связи с этим сшиваемые участки бронхов подвержены ишемии, так увеличивается риск несостоятельности бронхиального шва [149]. Частота нарушений целостности бронхиального анастомоза варьирует в литературе от 2 % до 33 %, а вероятность их возникновения зависит от совершенности хирургической техники, а прогноз от скорости выявления и способа коррекции, такую тенденцию установили Гасанов А. М. и соавт. (2022) в своем исследовании [48, 66, 92, 126]. При этом последствия несостоятельности анастомоза разнообразны: возможны бронхоплевральные свищи, эмпиема плевры, пневмоторакс. Самым опасным осложнением считается аррозивное легочное кровотечение, возникающее вследствие гнойного разрушения стенки легочной артерии в результате ее соприкосновения с инфекцией. Следовательно, обеспечение оптимальной среды для заживления анастомоза и защита его от близлежащих анатомических структур приобретают особую важность.

Николлс М. Р. и соавт. (2010) в обзоре акцентировали внимание на ключевой роли сохранения бронхиальных артерий при формировании анастомоза не только для профилактики несостоятельности, но и для предотвращения стеноза [149]. Другим негативным фактором, кроме дефицита кровоснабжения, является растяжение тканей в области анастомоза. Джей Ди Митчелл и соавт. (1999) подчеркивали важность тщательной мобилизации трахеи и главных бронхов для устранения напряженности в области бронхиального шва при формировании анастомоза [81].

Среди дополнительных факторов риска для нормального течения регенерации бронхиальной стенки можно выделить предоперационную лучевую терапию, сахарный диабет, инфекции, ошибки при наложении шва, тип бронхопластической операции, объем удаляемой паренхимы и нерадикальное хирургическое вмешательство с продолжением роста опухоли в области бронхиального анастомоза (статус R1) [80, 122, 126, 139]. Ким Ю. и Массард Г. и соавт. (1999, 2005) изучили группу пациентов после бронхопластических операций с наличием остатков опухолевой ткани в зоне анастомоза [126, 139]. Авторами показано, что такое состояние негативно сказывается не только на процессе заживления анастомоза, но и ухудшает общий онкологический прогноз, повышая риск локального рецидива. В частности, в исследовании Г. Массард у 22,5 % пациентов был обнаружен рецидив в области бронхиального шва, из которых в 4,5 % случаев это привело к летальному исходу. Однако авторы определили, что частота рецидивов после бронхопластических операций сопоставима с таковой после пневмонэктомий [139].

Наряду с хирургическими и онкологическими аспектами, существует ряд факторов, которые не зависят от хирурга. Так, пациенты, имеющие сопутствующую патологию, хронические заболевания легких и сердечно-сосудистой системы подвержены большему риску несостоятельности бронхиального шва. Левченко Е. В. и соавт. (2025) в своем ретроспективном анализе 285 пациентов, перенесших БПО, установили, что, хроническая обструктивная болезнь легких, курение повышают риск развития несостоятельности бронхиального шва [122]. Лопес-Пасторини А. и соавт. (2022) также оценили периоперационные риски несостоятельности бронхиального шва у 541 пациента, к которым отнесли низкий предоперационный объем форсированного выдоха в первую секунду (ОФВ1 менее 80 %), высокий предоперационный уровень С-реактивного белка (выше 40 мг/л) и неоадьювантную лучевую терапию [80].

ГЛАВА 2

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Диссертационная работа представляет собой экспериментально-клиническое исследование, состоящее из двух частей. Первая часть основана на одноцентровом ретро-проспективном рандомизированном анализе 201 пациента на базе ГБУЗ «НИИ – ККБ № 1» с 2020 по 2024 гг. На проведение исследования получено одобрение локального этического комитета учреждения – протокол №18 от 02.02.2020 года. Данные пациентов получены из историй болезней, выданных в архиве больницы. Все открытые операции выполнены с использованием единой техники формирования бронхиального анастомоза (мембранозная стенка ушивалась непрерывным швом, хрящевые части ушивались единичными узловыми швами), одной операционной бригадой. Малоинвазивные вмешательства отличались способом формирования анастомоза – использовался непрерывный шов.

Экспериментальная часть работы представлена исследованием, направленным на изучение ангиогенеза в зоне бронхиального анастомоза на животных – павианах гамадрилах путем имплантации аутовены, эндотелиальной частью к зоне бронхиального шва. Целью исследования являлась оценка возможностей стимуляции ангиогенеза собственными эндотелиальными клетками, мигрирующими из венозной стенки. В ходе эксперимента было проведено 20 бронхопластических операций с выполнением циркулярной резекции бронха.

2.1 Клиническая характеристика пациентов

С целью оценки эффективности укрытия бронхиального анастомоза проанализирован 201 пациент, которые были разделены на четыре основные группы: в 1-й группе (n=75) анастомоз не укрывался, во 2-й (n=81) –

медиастинальными лоскутами (из них: жировая клетчатка средостения $n=61$, перикардиальный лоскут $n=20$), в 3-й ($n=19$) группе использовался лоскут из мышц грудной стенки и диафрагмы (из них: межреберная мышца $n=11$, лоскут широчайшей мышцы спины $n=5$, лоскут из передней зубчатой мышцы $n=2$, лоскут из диафрагмы $n=1$). 4-я группа – 26 пациентов, которым были выполнены малоинвазивные доступы: 15 – VATS, 11 – RATS, во всех случаях анастомоз укрывался жировой клетчаткой средостения (рисунок 8).

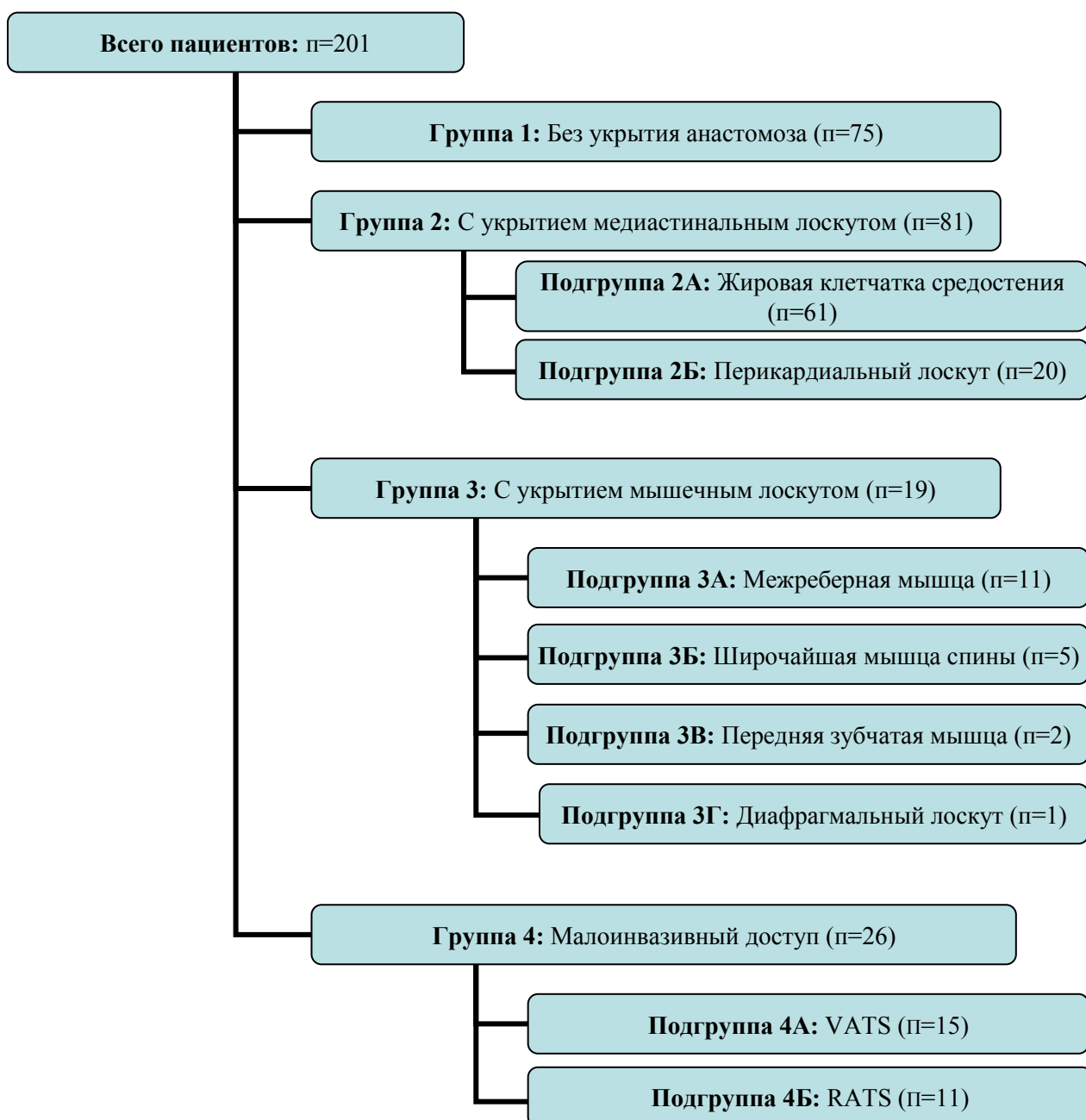


Рисунок 8 – Характеристика пациентов в зависимости от вида укрытия бронхиального шва и хирургического доступа

Все пациенты, участвующие в исследовании, имели сопоставимую стадию заболевания и сопутствующую патологию. В 1-й группа (n=75 человек) 50 человек были мужского пола (66,66 %), возраст – от 40 до 67 лет. Преобладала группа больных старше 50 лет, 42 человека – 56 %. От 40 до 50 лет было 18 человек – 24 %.

В группе с укрытием анастомоза медиастинальным лоскутом (2-я группа, n=81 человек) 58 человек были мужского пола (71,6 %), возраст – от 41 до 73 лет. Также преобладала группа больных старше 50 лет (55 человек – 67,9 %). В возрастной категории от 41 до 50 лет было 26 человек (32 %). Пациенты, у которых использовался мышечный лоскут (3-я группа, n=19 человек), были представлены 12 мужчинами (63 %) и 7 женщинами (37 %) в возрасте от 43 до 72 лет. Из них преобладала группа старше 50 лет (89 %). Из 26 человек, которые оперировались через малоинвазивный доступ (4-я группа, n=26 человек), 13 – мужского пола (50 %), женщины составляли вторую половину (50 %). Возраст в группе колебался от 45 до 74 лет. Большая часть пациентов, описанных в работе, составляла мужская половина старше 50 лет. Общие характеристики обследованных больных представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Общая характеристика больных с оценкой достоверности различий между группами, включая статистические тесты и предполагаемую значимость

Характеристика	Открытый, без укрытия (n=75)	Открытый, с укрытием медиастинальным лоскутом (n=81)	Открытый, с укрытием мышечным лоскутом (n=19)	Малоинвазивный, с укрытием жировой клетчаткой средостения (n=26)	Статистический тест	p
Возраст (годы)	40–67	41–73	43-72	45-74	Критерий Краскела-Уоллиса	0,08

Продолжение таблицы 1

Характеристика	Открытый, без укрытия (n=75)	Открытый, с укрытием медиастинальным лоскутом (n=81)	Открытый, с укрытием мышечным лоскутом (n=19)	Малоинвазивный, с укрытием жировой клетчаткой средостения (n=26)	Статистический тест	p
Пол (М/Ж)	50/25	58/23	12/7	13/13	Критерий Краскела-Уоллиса	0,06
Масса тела (кг)	63±5,3	65±5,5	65±5,1	62±4,5	Критерий Краскела-Уоллиса	0,06
Рост (см)	169±8,3	170±7,1	171±5,3	167±7	Критерий Краскела-Уоллиса	0,07
ИМТ (кг/м ²)	25±3,1	24±2,8	24±2,5	23±3	Критерий Краскела-Уоллиса	0,08
ASA III	100%	100%	100%	100%	–	–
Примечание – ИМТ – индекс массы тела; ASA – American Society of Anesthesiologists – классификация Американского общества анестезиологов.						

Верификация рака легкого осуществлялась до операции методом биопсии/браш-биопсии либо чрезбронхиальной биопсии новообразования легкого или трансторакальной игловой биопсией новообразования. Распространенность первичной опухоли для каждого вида операций определялась, как T1a-c, T2a, T2b, T3. Вовлечение лимфоузлов в патологический процесс определялось как N0 или N1. Стадии прооперированных больных были отнесены с IA по IIIA, согласно международной классификации TNM 8-го пересмотра. Отдаленных метастазов ни у одного из пациентов выявлено не было.

Жалобы до операции у большинства пациентов укладывались в клиническую картину при раке легкого (рисунок 9).

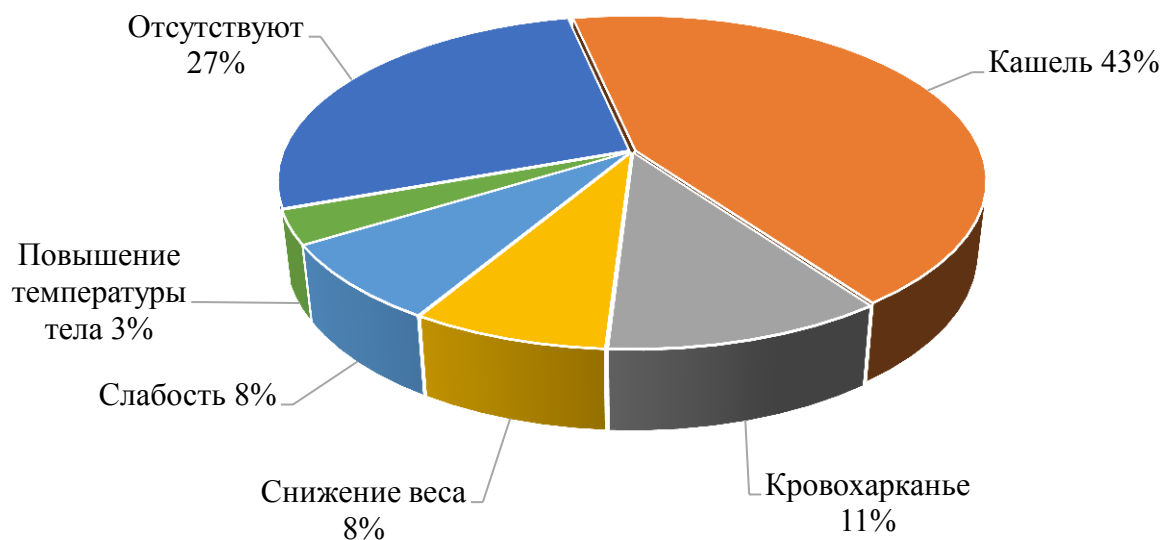


Рисунок 9 – Жалобы пациентов

2.2 Диагностические исследования

Все пациенты проходили обследование в соответствии с клиническими рекомендациями Минздрава РФ «Рак легкого» (2021 г.). Для оценки распространенности онкопроцесса и выявления технических возможностей для хирургического вмешательства использовалась компьютерная томография всего организма с внутривенным контрастным усилением на аппарате Brilliance 64 производства Philips (Германия). Компьютерная томография проводилась на этапах догоспитальной диагностики и дополнительного обследования.

Исключение метастазов в головной мозг осуществлялось с помощью магнитно-резонансной томографии на аппарате Siemens Somatom Definition AS 128 (Германия). В отдельных случаях выполнялась позитронно-эмиссионная томография с компьютерной томографией.

Оценка внутрибронхиального распространения опухоли проводилась с помощью видеофибробронхоскопии с обязательной биопсией зоны поражения.

Применялась эндоскопическая система Olympus BF1T-180. Дополнительно выполнялись ультразвуковое исследование шейных лимфоузлов.

Для оценки функциональной операбельности всем пациентам проводили нагрузочные тесты: велоэргометрию (Kardiomed Cycle, Германия) или чреспищеводную стимуляцию предсердий (ЭЛКАРТ-М, Россия), эхокардиоскопию сердца (Siemens Acuson SC2000, Германия), оценку функции внешнего дыхания (GANSORN PowerCube Body, Германия). При показаниях выполнялась коронарная ангиография.

2.3 Критерии включения и исключения

Критерии включения в исследование:

- возраст пациента от 18 до 80 лет;
- выполнение бронхопластической операций с циркулярной резекцией бронха.
- статус по ВОЗ ECOG 0-2.

Критерии исключения из исследования:

- операция без циркулярной резекции бронха;
- пациенты после неoadьювантной химиотерапии или лучевой терапии;
- пациенты с выполненными бронхопластическими операциями с циркулярной резекцией бронха по поводу метастатического поражения;
- пациенты с IV стадией рака легкого;
- дефицит массы тела (индекс массы тела менее $18,5 \text{ кг/м}^2$);
- пациенты, у которых послеоперационный период осложнился тяжелой сердечно-сосудистой патологией (инфаркт миокарда, острое нарушение мозгового кровоснабжения, тромбоэмболия легочной артерии).

2.4 Шовный материал

Нами использовался рассасывающийся шовный материал «Биосин» с толщиной нити 3.0 (0.2-0.249 мм) при выполнении операций открытым хирургическим доступом. При проведении вмешательств с использованием VATS или RATS применяли нить V-LOC 3.0 (0.2-0.249 мм).

2.5 Антибактериальная профилактика

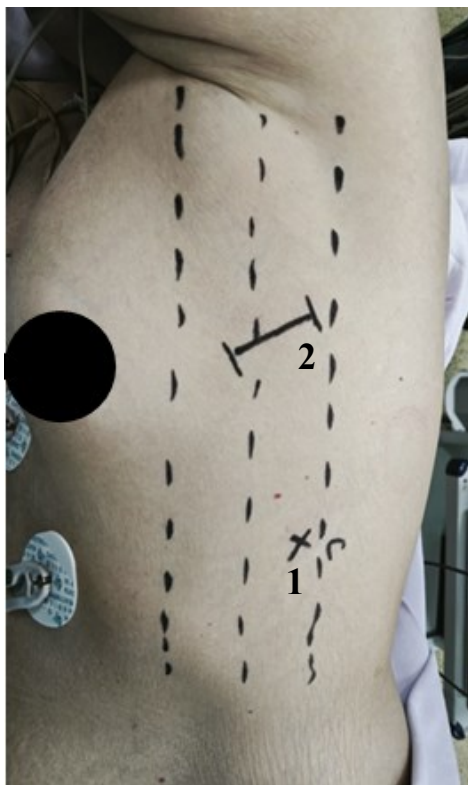
Для антибактериальной профилактики за 60 мин. до операции внутривенно вводили цефалоспорин II поколения (цефуроксим 1,5 г или его аналог).

2.6 Хирургический доступ и спектр операций

Всем пациентам, оперированным открытым доступом, выполнялась боковая торакотомия в четвертом или пятом межреберье со стороны пораженного легкого. После открытия грудной полости осуществлялась ревизия плевральной полости, включающая осмотр париетальной и висцеральной плевры, средостения, перикарда и регионарных лимфатических узлов.

В группе пациентов, оперированных малоинвазивными методами, использовались два вида доступа: VATS и RATS, схемы которых представлены на рисунках 10, 11.

При выполнении VATS порт для камеры устанавливался на середине расстояния между задней и средней подмышечными линиями в 6-м или 7-м межреберье. Доступ для инструментов выполнялся в 4-м межреберье со средней подмышечной линии.



1 – порт для камеры; 2 – доступ для манипуляторов; 3 – дополнительные торакопорты при роботическом доступе; пунктирными линиями обозначены передняя, средняя и задняя подмышечные линии

Рисунок 10 – Вид малоинвазивного доступа видеоассистированной торакоскопической хирургии

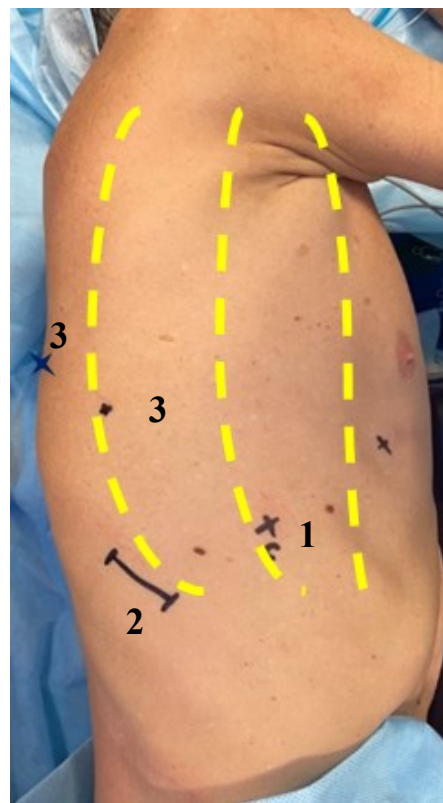


Рисунок 11 – Вид малоинвазивного доступа робот-ассистированной торакальной хирургии

При выполнении RATS порт для камеры устанавливался в 7-м межреберье по средней подмышечной линии. Порты для манипуляторов устанавливались в 7-м межреберье по лопаточной, задней подмышечной линии и в 5-м межреберье на середине расстояния между передней подмышечной и сосковой линиями. Ассистентский доступ выполнялся в 8-м или 9-м межреберье по задней подмышечной линии. Роботическая установка всегда располагалась справа от пациента в положении «transverse».

Виды выполненных бронхопластических оперативных вмешательств представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Распределение пациентов по видам операций

Доступ	Торакотомия			VATS/RATS
	Вид лоскута	Без укрытия	Медиастинальный лоскут	Мышечный лоскут
Количество	n75/100 %	n81/100%	n19/100%	n26/200%
Правосторонняя верхняя лобэктомия с анастомозом правый главный бронх – промежуточный бронх	28/37,33 %	32/39,5%	7/37%	16/61,5%
Левосторонняя верхняя лобэктомия с анастомозом левый главный бронх – нижнедолевой бронх	25/33,33 %	23/28,4%	7/37%	10/38,5%
Левосторонняя нижняя лобэктомия с анастомозом левый главный бронх – верхнедолевой бронх	17/22,66 %	20/24,6%	3/15,7%	–
Верхняя билобэктомия справа с анастомозом правый главный бронх – нижнедолевой бронх	-	1/1,23	-	-
Нижняя билобэктомия справа с анастомозом правый главный бронх – верхнедолевой бронх	3/4%	4/4,93%	2/10,5%	–
Правосторонняя нижняя лобэктомия с имплантацией среднедолевого бронха в промежуточный бронх	2/2,6%	1/1,23%	–	–

Все пациенты имели сопутствующую патологию, диагностированную в соответствии с классификациями, принятыми в РФ.

Нозология сопутствующей соматической патологии у пациентов представлена в таблице 3.

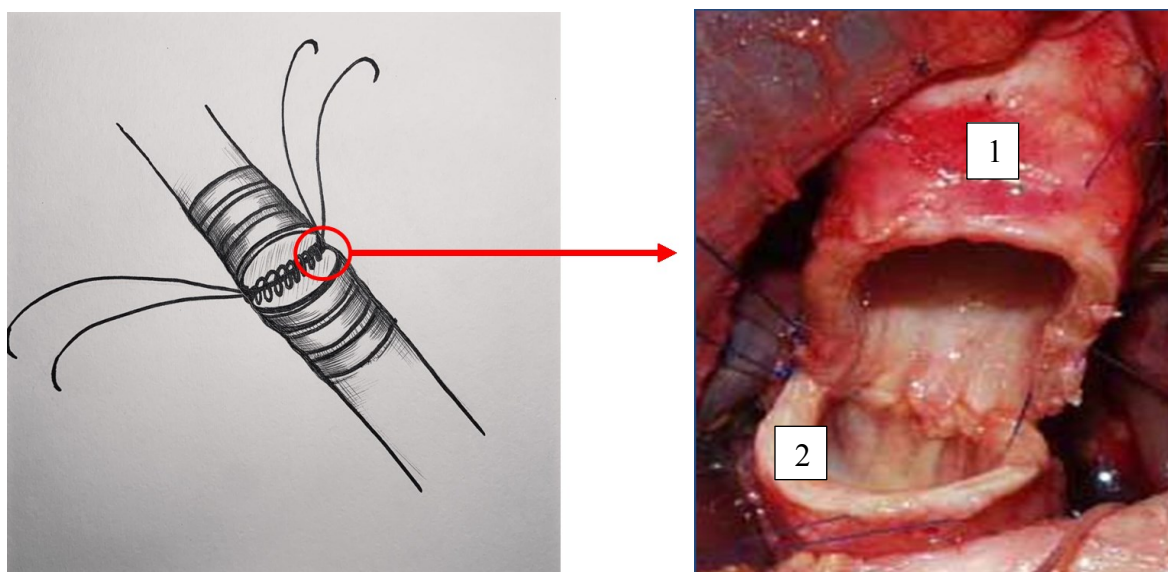
Таблица 3 – Характеристика сопутствующей патологии пациентов

Сопутствующая соматическая патология	Группы				p – критерий Краскела-Уоллиса
	Открытые операции, без укрытия, n/% 75/100%	Открытые операции, с укрытием медиастинальным лоскутом, n/% 81/100%	С укрытием мышечным лоскутом n/% 19/100%	Малоинвазивные, с укрытием n/% 26/100%	
Болезни сердечно-сосудистой системы	31/41,33%	38/46,91%	8/42%	12/46%	0,196
Болезни дыхательной системы	32/42,66%	31/38,27%	5/19%	8/30%	0,185
Болезни дыхательной системы	32/42,66%	31/38,27%	5/19%	8/30%	0,185
Болезни желудочно-кишечного тракта	4/5,33%	3/3,7%	2/7%	4/15%	0,188
Болезни почек и мочевыводящих путей	4/5,33%	4/4,93%	2/7%	1/3,84%	0,08
Другое	4/5,33%	5/6,17%	2/7%	1/3,84%	0,193

2.7 Способ формирования бронхиального анастомоза

При открытых операциях мембранозная часть бронхов формировалась непрерывным швом, нитью Biosyn 4-0 (Covidien, США). Хрящевые части бронха ушивались единичными узловыми швами нитью Biosyn 3-0 (Covidien, США). Для

предотвращения расхождения шва мембранозной стенки бронха использовался прием, который заключается в фиксации обоих концов нити непрерывного шва к первым единичным швами. Нить непрерывного шва сразу связывалась с первыми единичными швами, далее передняя полуокружность анастомоза формировалась единичными поочередными узловыми швами. После завязывания все нити срезались. Схема используемого способа формирования анастомоза в открытой группе изображена на рисунке 12.



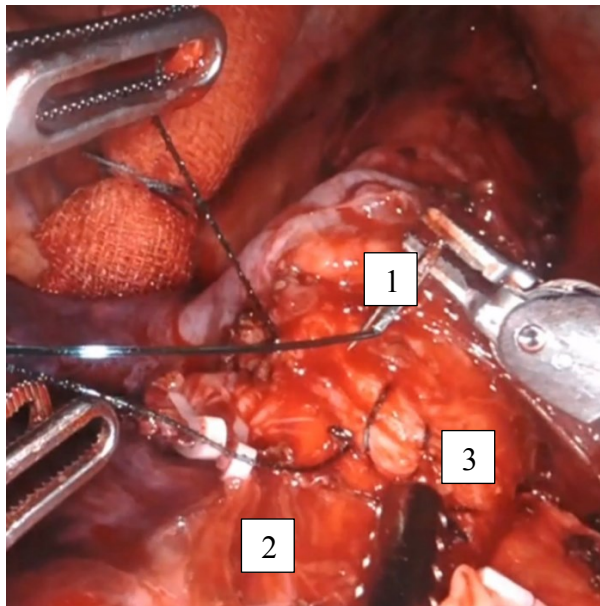
1 – правый главный бронх; 2 – промежуточный бронх

Рисунок 12 – Схема и интраоперационная фотография способа формирования межбронхиального анастомоза у пациентов с открытым хирургическим доступом

При малоинвазивных операциях анастомоз формировался непрерывным швом с использованием нерапускающейся рассасывающейся нити V-LOC 3.0 (рисунок 13).

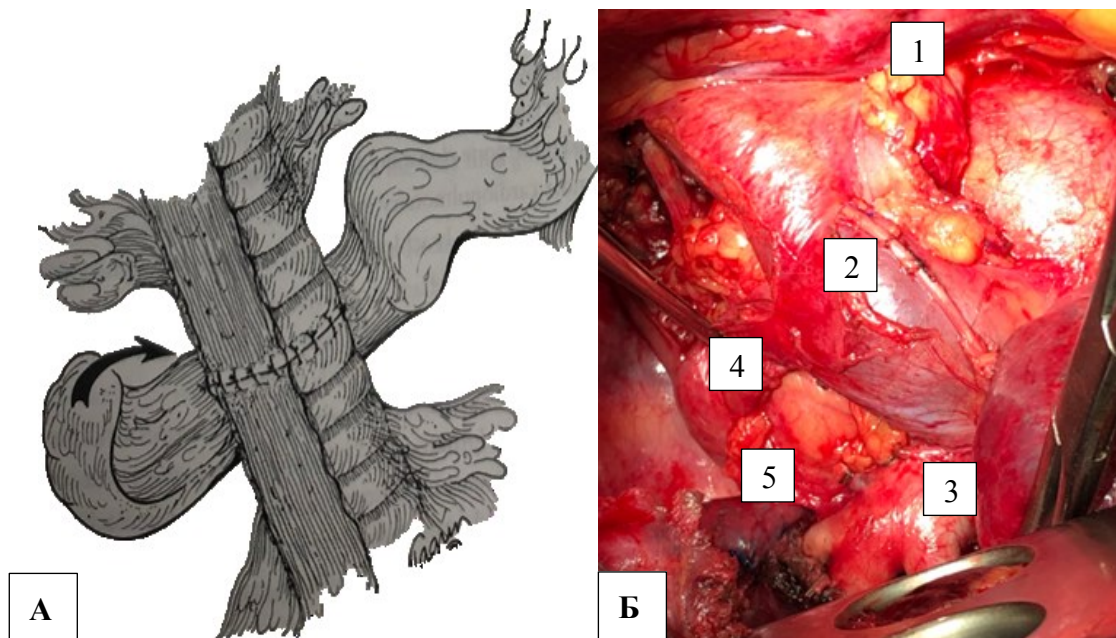
У пациентов, у которых выполнялось дополнительное укрытие анастомоза, для надежной фиксации лоскута использовались швы, расположенные выше и ниже линии бронхиального шва. Лоскут укладывался циркулярно, полностью покрывая анастомоз со всех сторон, и дополнительно укреплялся ранее наложенными нитями выше и ниже уровня шва. Способ укладки и фиксации аутопластического материала не зависел от типа выбранного лоскута и

проводился по единому стандартному алгоритму во всех случаях. Способ укладки лоскута изображен на рисунке 14.



1 – правый главный бронх; 2 – промежуточный бронх; 3 – линия бронхиального шва

Рисунок 13 – Интраоперационное фото: этап формирования межбронхиального анастомоза у пациентов с миниинвазивным доступом (RATS)



А – схема; Б – интраоперационное фото: 1 – основание жирового лоскута; 2 – верхняя полая вена; 3 – легочная артерия; 4 – непарная вена; 5 – лоскут фиксирован вокруг бронхиального анастомоза

Рисунок 14 – Циркулярная укладка аутопластического материала (в данном случае – жировая клетчатка средостения) вокруг всей линии шва анастомоза

2.8 Морфология опухоли

В большинстве случаев гистологическая структура опухоли соответствовала немелкоклеточному раку легкого – 144 пациента, а в 57 случаях был карциноид. Подробно гистологические формы отражены в таблице 4. Размер первичной опухоли в каждой группе пациентов отражен в таблице 5. Уровень метастатического поражения локорегиональных лимфоузлов указан в таблице 6.

Таблица 4 – Патогистологическая характеристика первичной опухоли

Морфологический вид опухоли	Открытые, без укрытия, n/% 75/100%	Открытые, с укрытием медиастинальным лоскутом, n/% 81/100%	Открытые, с укрытием мышечным лоскутом, n/% 19/100%	Малоинвазивные, с укрытием медиастинальным лоскутом, n/% 26/100%
Немелкоклеточный рак легкого				
Плоскоклеточный	28/37,33%	36/44,44%	11/57,9%	8/30%
Аденокарцинома	21/28%	25/30,86%	3/15,7%	7/27%
Аденокистозный	3/4%	1/1,23%	1/5,26%	–
Карциноид				
Типичный	20/26,66%	18/22,22%	4/21%	11/42%
Атипичный	3/4%	1/1,23%	–	–

Таблица 5 – Классификация пациентов в зависимости от размера первичной опухоли

Tumor	Открытые, без укрытия, n/% 75/100%	Открытые, с укрытием медиастинальным лоскутом, n/% 81/100%	Открытые, с укрытием мышечным лоскутом, n/% 19/100%	Малоинвазивные, с укрытием медиастинальным лоскутом, n/% 26/100%	p – критерий Краскела-Уоллиса
T-1a-c	23	23	5	8	0,067
T-2a	15	17	5	8	0,056
T-2b	18	20	5	4	0,06
T-3	19	21	4	6	0,053

Таблица 6 – Классификация пациентов в зависимости от метастатического поражения локорегиональных лимфоузлов

N-статус	Открытые, без укрытия, n/% 75/100%	Открытые, с укрытием медиастинальным лоскутом, n/% 81/100%	Открытые, с укрытием мышечным лоскутом, n/% 19/100%	Малоинвазивные, с укрытием медиастинальным лоскутом, n/% 26/100%	p – критерий Краскела-Уоллиса
N-0	49	55	12	15	0,055
N-1	21	20	6	9	0,06
N-2	5	6	1	2	0,052

2.9 Характеристика экспериментальных животных

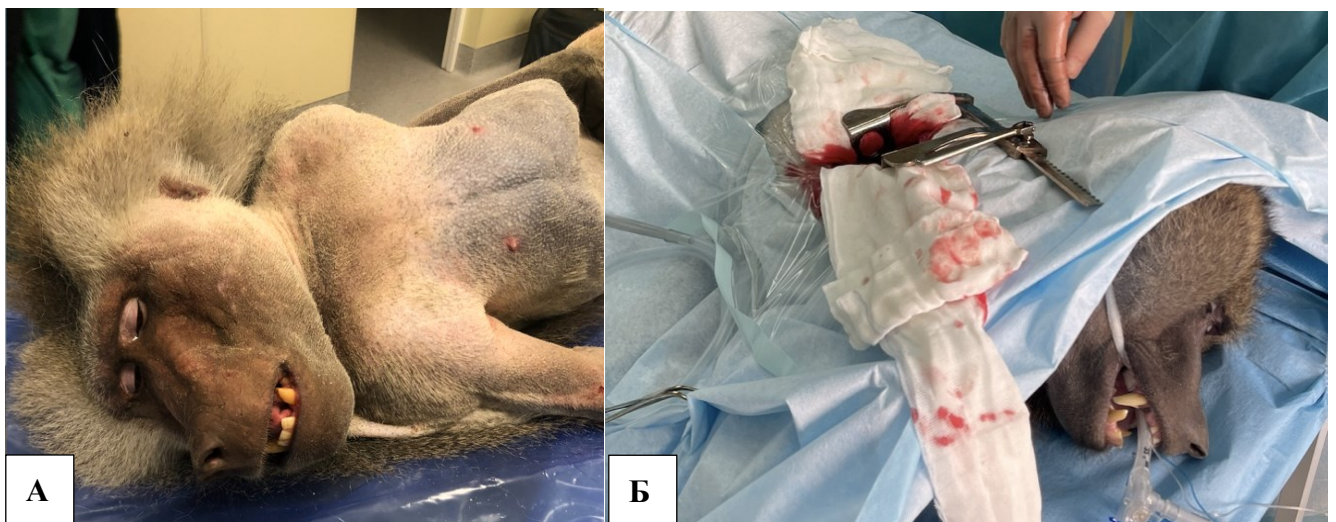
С целью обоснования применения нового способа стимуляции ангиогенеза в бронхиальном шве был выполнен эксперимент на животных. В исследовании участвовало 20 экспериментальных животных – приматы вид гамадрил, все самцы.

Критерии включения: – возраст 4-6 лет; – масса тела 16-20 кг.

Каждому из них была выполнена верхняя лобэктомия справа с циркулярной резекцией правого главного бронха (ПГБ) и сформирован анастомоз между ПГБ и промежуточным бронхом. В 10 случаях анастомоз не укрывался никаким пластическим материалом. В 10 случаях анастомоз был циркулярно укрыв аутовеной, полученной из венозного коллектора от верхней легочной вены справа, после лобэктомии. В качестве хирургического доступа всегда использовалась боковая торакотомия в 4-м межреберье справа. Для анестезии использовался комбинированный эндотрахеальный наркоз (севоран + фентанил + веро-пипекуроний) с искусственной одноплеменной вентиляцией (левое легкое). Разделение животных по группам представлено на рисунке 15. Внешний вид животного показан на рисунке 16.



Рисунок 15 – Характеристика экспериментальных животных



А – фото до начала операции; Б – интраоперационное фото

Рисунок 16 – Внешний вид экспериментального животного

Операции проводились в строгом соответствии с международными нормами гуманного обращения с лабораторными животными, установленными в нормативных актах Министерства здравоохранения СССР (№ 742 от 13 ноября 1984 г. и № 48 от 23 января 1985 г.), а также руководствуясь положениями Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (1964 г., дополнения 1975, 1983 и 1989 г.). Вмешательства выполнялись в стерильных условиях под общей анестезией (разрешение Комитета по биомедицинской этике ИНЦХТ, протокол № 1 от 29 февраля 2016 г.). В течение всего эксперимента за животными осуществлялся надлежащий ветеринарный уход, соответствующий международным стандартам Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых в научных целях (Страсбург, 18 марта 1986 г.) и директива 2010/63/EU Европейского парламента и Совета ЕС от 22 сентября 2010 г. о защите животных, используемых в научных целях.

Фенотипическая характеристика животных с оценкой достоверности различий между группами представлена в таблице 7.

Таблица 7 – Фенотипическая характеристика экспериментальных животных

Животное: вид – гамадрил, род – павиан, отряд – приматы.				
Общее количество	Пол	Средний вес, кг	Средний рост, см	Средний возраст, лет
n=20	Самцы	23,1±1,75 p=0,08	77,3±3,32 p=0,2	5±1,3 p=0,33

2.10 Статистическая обработка результатов

Анализ клинических данных производили с помощью стандартных методов статистической обработки с использованием программного обеспечения для персонального компьютера: Microsoft Excel 13 и IBM SPSS Statistics 26 и SAS 9.4. Результаты, полученные после статистической обработки, выражали в виде

средних значений и стандартного отклонения ($M \pm \sigma$). Нормальность распределения оценивали графически (анализ гистограмм распределения) и с использованием критерия Шапиро-Уилка. Для оценки количественных данных использовали Критерий Краскела-Уоллиса для сравниваемых групп. Для качественной оценки статистической значимости факторов применяли метод сопряжённых таблиц критерий χ^2 . Нулевые гипотезы отвергали при $p\text{-value} < 0,05$. Из параметрических методов использовался критерий Стьюдента с уровнем значимости $p \leq 0,05$.

ГЛАВА 3

КЛИНИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХИРУРГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРОФИЛАКТИКИ НЕСОСТОЯТЕЛЬНОСТИ БРОНХИАЛЬНОГО АНАСТОМОЗА

3.1 Анастомоз без укрытия

В группе пациентов, у которых анастомоз не был укрыт, произошло 10 случаев несостоятельности анастомоза (в 7 случаях частичная, в 3 случаях полная). Пятеро пациентов нуждались в завершении лечения пневмонэктомией, остальным пятерым проводилось консервативное лечение. Уровень летальности в этой группе составил 5 человек (из 10 пациентов с развившейся несостоятельностью бронхиального анастомоза умерло 5, что составило 6,6 % от общего числа пациентов в данной группе). В одном случае было нагноение послеоперационной торакотомной раны (1,3 %) (таблица 8).

Таблица 8 – Осложнения, возникшие у пациентов без укрытия бронхиального анастомоза

Количество пациентов без укрытия бронхиального анастомоза	n=75 (100%)
Нагноение раны	1 (1,3%)
Несостоятельность бронхиального анастомоза	10 (13,3%)
Летальность при несостоятельности анастомоза	5 (6,6%)

Среднее время нахождения в реанимации в данной группе составило $6,4 \pm 3,12$, а болевой синдром по визуально-аналоговой шкале (ВАШ) был $7,3 \pm 1,42$.

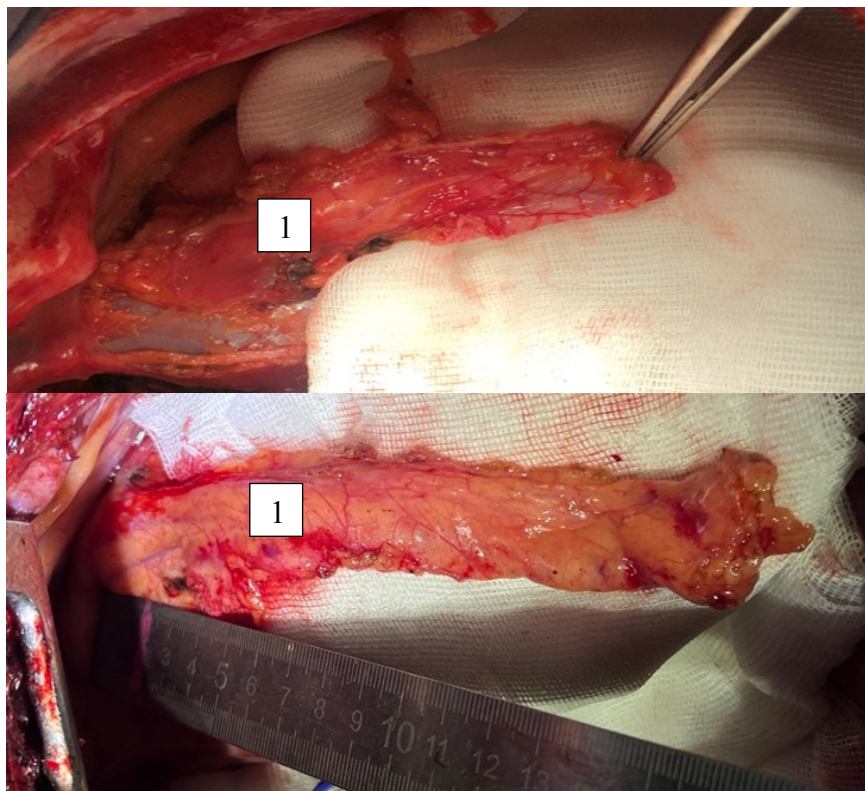
3.2 Медиастинальные лоскуты

Медиастинальные лоскуты были представлены жировой клетчаткой средостения и лоскутами из перикарда, применялись у 107 пациентов.

Жировая клетчатка средостения (n=61/48,4%)

Для наибольшего количества пациентов (n=87) был использован лоскут из клетчатки средостения. Из них в 61 случае он применялся при открытом доступе. Преимущественное использование данного материала объяснялось быстрой подготовкой, в среднем $7,4 \pm 2,17$ минут при открытом доступе и $12,3 \pm 3,21$ при миниинвазивном. Это позволяет минимизировать травму пациента и исключить вскрытие других анатомических полостей (перикарда, брюшной полости).

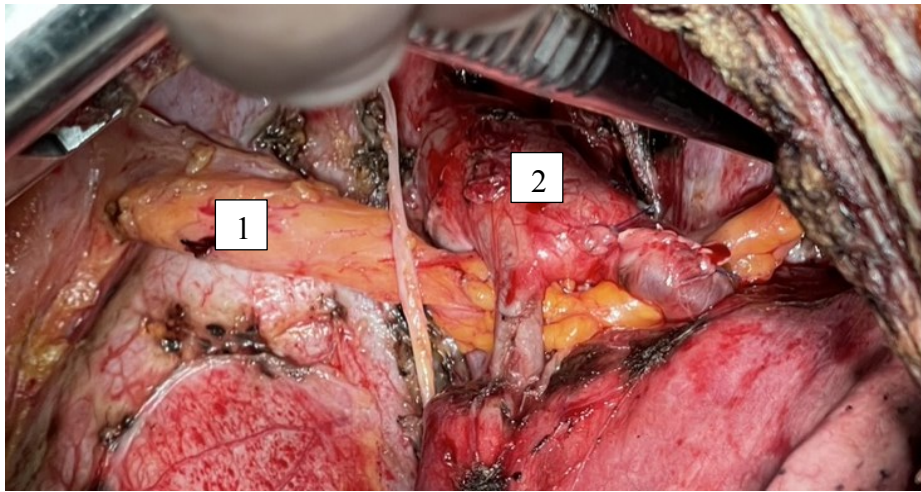
Перед началом операции производилась визуальная оценка объема жировой клетчатки средостения. Решение о возможности использования данного материала принималось при условии, что имеющегося объема клетчатки будет достаточно для циркулярного укрытия бронхиального анастомоза выше и ниже линии шва. Основным требованием было сохранение кровоснабжения лоскута и отсутствие признаков вовлечения его в онкологический процесс. Фото лоскута из жировой клетчатки средостения, после выделения, представлено на рисунке 17.



1 – лоскут из жировой клетчатки

Рисунок 17 – Лоскуты из жировой клетчатки средостения на сосудистой ножке с сохраненным осевым кровотоком

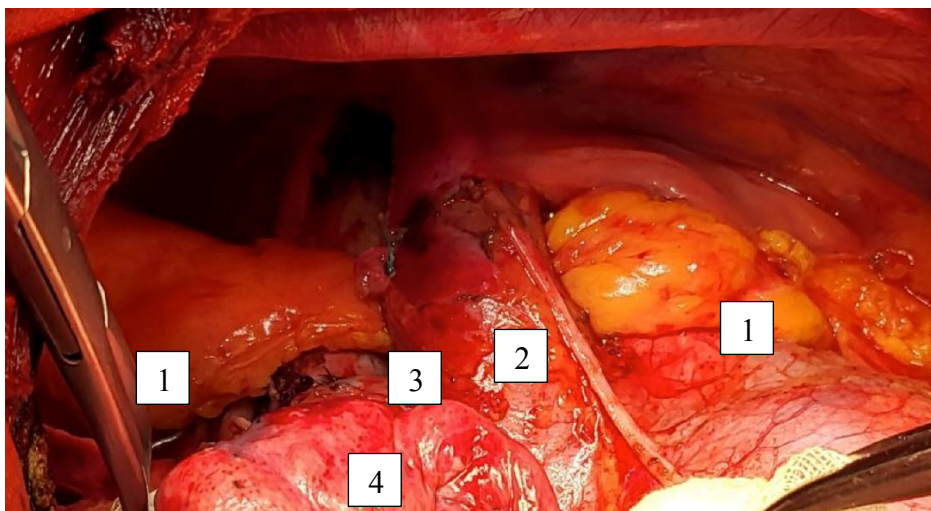
Далее аутопластический материал перемещался к линии бронхиального шва (рисунок 18).



1 – лоскут из жировой клетчатки; 2 – легочная артерия

Рисунок 18 – Лоскут из жировой клетчатки средостения на сосудистой ножке проведен к линии бронхиального анастомоза под легочной артерией

При операциях справа, лоскут всегда проводился позади верхней полой вены для более компактного размещения в области анастомоза (рисунок 19). Для этого при паратрахеальной и медиастинальной лимфодиссекции циркулярно мобилизовалась нижняя треть верхней полой вены.



1 – лоскут из жировой клетчатки; 2 – верхняя полая вена; 3 – бронхиальный анастомоз; 4 – легкое

Рисунок 19 – Лоскут жировой клетчатки проведен под верхней полой веной к зоне анастомоза

После укладки лоскута циркулярно по отношению к оси анастомоза он фиксировался по указанной выше методике (единичными П-образными швами ниже и выше линии бронхиального шва, к дистальному и проксимальному бронхам).

В открытой группе пациентов (n-61) у двоих развилась несостоятельность бронхиального анастомоза на 6-е и 8-е сутки. Однако клинических признаков недостаточности бронхиального шва не наблюдалось. Пациентам не потребовалось проведения повторных операций. На фоне консервативной терапии (антибактериальная терапия, курсы гипербарической оксигенации) удалось добиться полного заживления анастомоза. Осложнения со стороны хирургического доступа отсутствовали. Оба клинических случая с несостоятельностью бронхиального анастомоза приведены ниже.

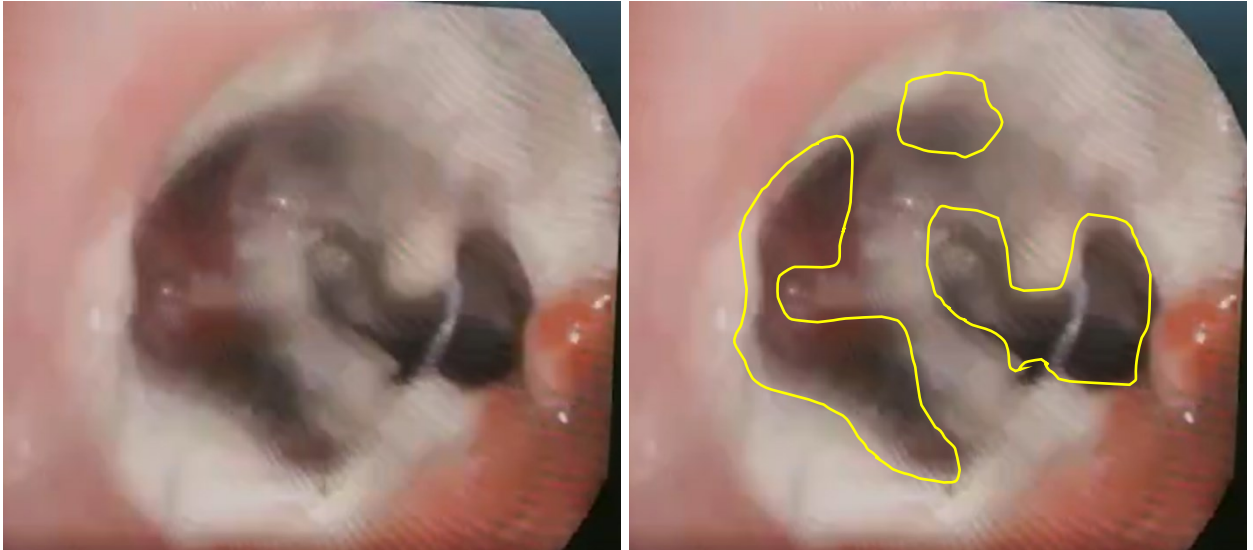
Клинический пример 1

Пациент К., 74 года. Диагноз: центральный рак верхней доли правого легкого pT2aN1M0, плоскоклеточный, Ib st., состояние после верхней лобэктомии справа, с циркулярной резекцией правого главного бронха и анастомозом правого главного и промежуточного бронха, лимфодиссекции, II кл. гр.

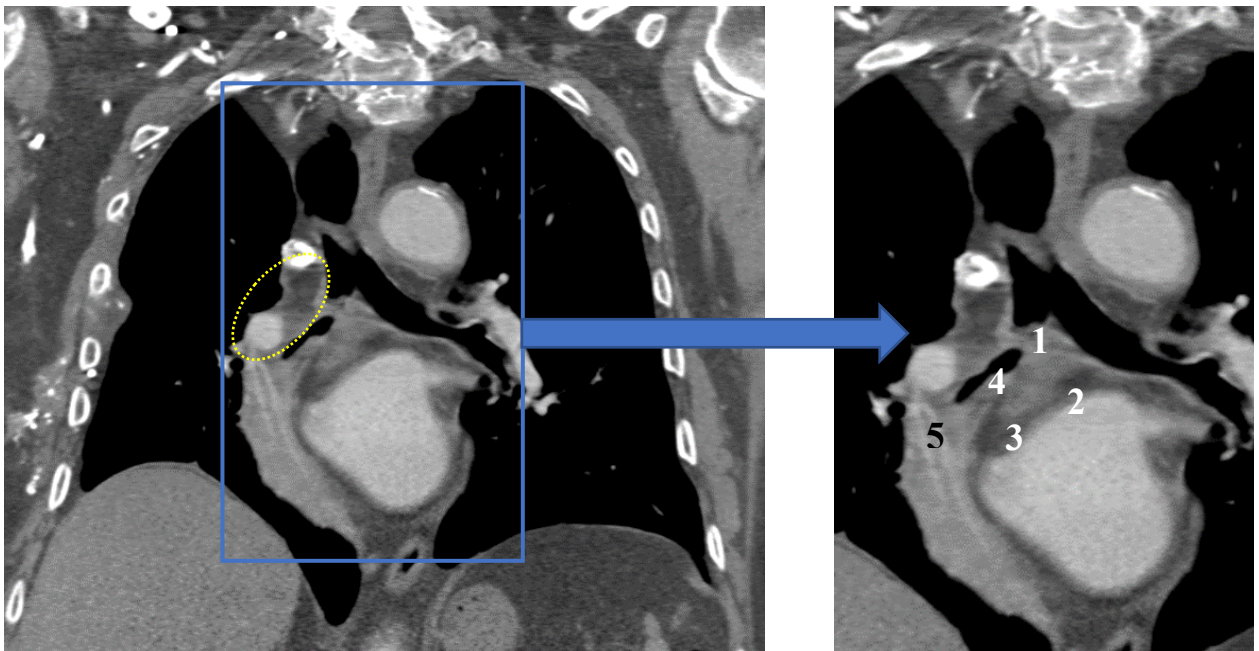
Сопутствующие заболевания: ИБС. Стенокардия напряжения II функциональный класс по New York Heart Association (NYHA). Частая суправентрикулярная экстрасистолия. Гипертоническая болезнь III ст, контролируемая артериальная гипертензия (АГ). Целевой уровень артериального давления (АД) 130-139/70-79 мм рт. ст. Риск 4, хроническая сердечная недостаточность I, функциональная классификация (ФК) II-III по NYHA. Сахарный диабет, 2 тип. Целевой уровень гликированного гемоглобина менее 7,5 %. Ожирение 1 ст.

Осложнение: Несостоятельность бронхиального анастомоза на 6-е сутки.

Фотография бронхоскопии представлена на рисунке 20, снимки компьютерной томографии – на рисунке 21.



Желтыми линиями указаны диастазы бронхиальной стенки
 Рисунок 20 – Фото бронхоскопии на 6-е сутки после операции –
 несостоятельность бронхиального анастомоза



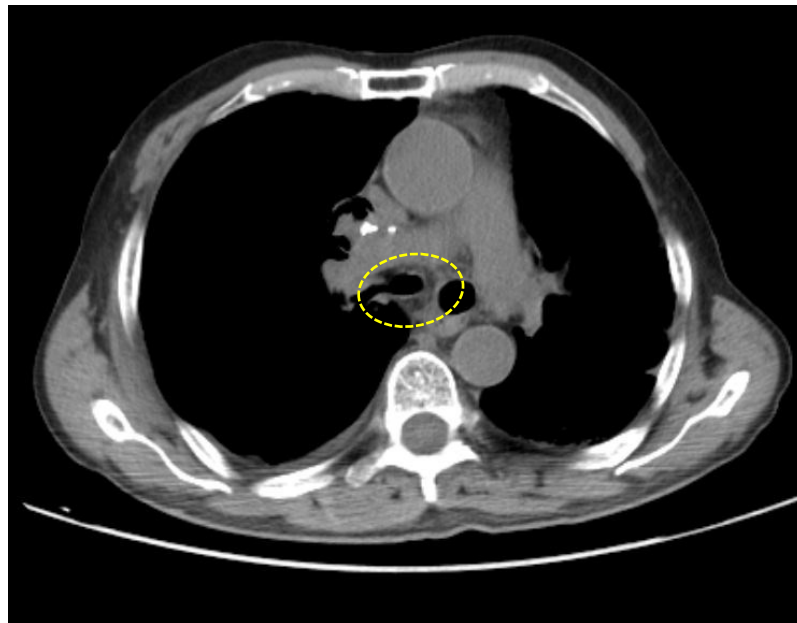
Пунктирной линией обозначена зона анастомоза, покрытая жировым лоскутом. 1 – правый главный бронх; 2 – бифуркация трахеи; 3 – промежуточный бронх; 4 – лоскут из жировой клетчатки (расположен между легочной артерией и бронхиальным анастомозом; 5 – легочная артерия

Рисунок 21 – Фотографии компьютерных томограмм демонстрирующие картину несостоятельности бронхиального анастомоза, укрытого лоскутом из жировой клетчатки

Примечание – скан компьютерной томографии пациента К. через 85 суток после диагностированной несостоятельности бронхиального анастомоза. Анастомоз проходим, герметичен. Паренхима легкого аэрирована.

После хирургического лечения (описанного выше): послеоперационный период протекал без особенностей, плевральный дренаж удален на 5-е сутки после операции. На 6-е сутки, у пациента диагностирована несостоятельность бронхиального анастомоза. Клинических симптомов развившейся несостоятельности при этом не наблюдалось.

По данным компьютерной томографии, выполненной после обнаружения несостоятельности шва - пневмоторакса и гемоторакса нет, средняя и нижняя доли легкого расправлены, инфильтративных изменений не обнаружено. Пациент был выписан на 10-е сутки после операции и через 14 дней при контрольном осмотре состояние пациента удовлетворительное. По данным фибробронхоскопии обнаружена положительная динамика несостоятельности бронхиального анастомоза в виде формирования фиброза по линии шва без признаков сужения просвета. Вся поверхность дефекта была равномерно покрыта фибрином, герметичность сохранялась. Спустя 12 месяцев после операции бронхиальный анастомоз оставался герметичным, проходимым, признаки прогрессирования онкологического процесса отсутствовали (рисунок 22).



Пунктирной линией выделен лоскут из жировой клетчатки, окружающий анастомоз

Рисунок 22 – Фотография скана компьютерной томографии через

12 месяцев с момента операции

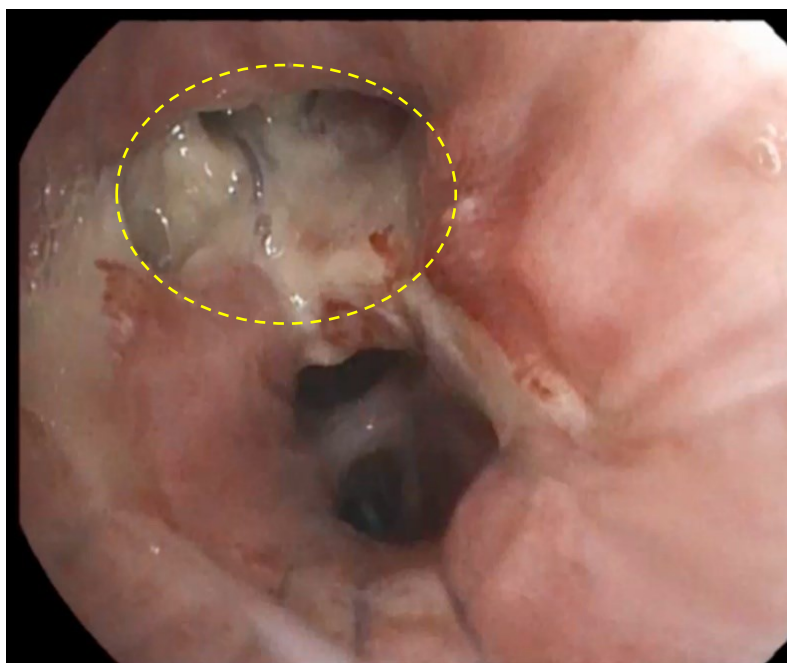
Клинический пример 2

Пациентка Р., 54 года. Диагноз: центральный рак верхней доли правого легкого pT2bN0M0, аденокарцинома, Pa st., состояние после верхней лобэктомии справа, с циркулярной резекцией правого главного бронха и анастомозом правого главного и промежуточного бронхов, лимфодиссекции, II кл. гр.

Сопутствующие заболевания: гипертоническая болезнь III ст., контролируемая АГ. Целевой уровень АД 130-139/70-79 мм рт. ст. Риск 4.

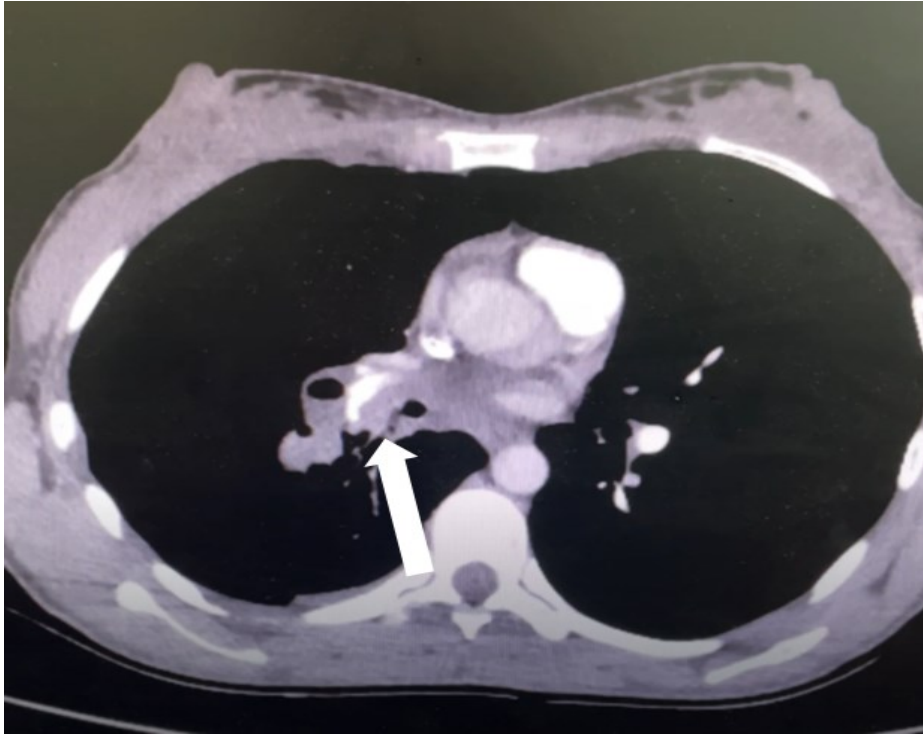
Осложнение: несостоятельность бронхиального анастомоза на 8-е сутки.

После хирургического лечения (описанного выше): послеоперационный период протекал без особенностей, плевральный дренаж удален на 3-е сутки после операции. На 8-е сутки после операции пациентке выполнена плановая бронхоскопия, выявившая дефект правой полуокружности анастомоза (рисунки 23, 24). На 18-е сутки после операции, на фоне проведения консервативной терапии (антибактериальная терапия и курсы гипербарической оксигенации), дефект полностью закрылся фибрином и эпителизировался.



Желтой линией выделен дефект латеральной (правой) полуокружности анастомоза

Рисунок 23 – Фото фибробронхоскопии на 8-е сутки после верхней лобэктомии справа с циркулярной резекцией правого главного бронха и анастомозом правого главного и промежуточного бронхов



Стрелкой указан дефект латеральной (правой) полуокружности анастомоза

Рисунок 24 – Фото скана компьютерной томографии на 8-е сутки после верхней лобэктомии справа с циркулярной резекцией правого главного бронха и анастомозом правого главного и промежуточного бронхов

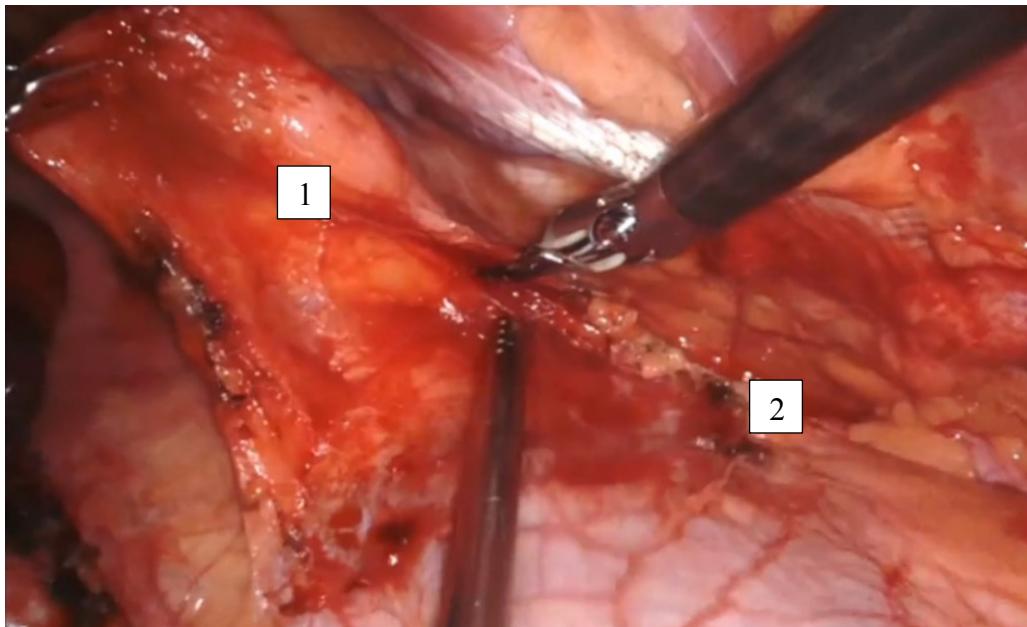
Примечание – между ветвью легочной артерии и бронхиальным анастомозом расположен лоскут из жировой клетчатки средостения. Спустя 14 суток с момента выявления дефекта на контрольной фибробронхоскопии данных за дефект нет. Пациентка без признаков несостоятельности бронхиального шва и без признаков прогрессирования онкологического процесса.

Таким образом, использование аутопластического материала из жировой клетчатки средостения в нашем анализе признано надежным способом профилактики осложнений при несостоятельности бронхиального шва. Ключевыми преимуществами данного материала являются простота и быстрота выделения, а также минимальная травматичность для пациента. В обоих рассмотренных случаях несостоятельности анастомоза жировая клетчатка успешно справилась с основной задачей – отграничением зоны несостоятельности от окружающих тканей и сосудов. В связи с полученными результатами, использование жирового лоскута было внедрено и при выполнении

бронхопластических операций с помощью миниинвазивных доступов (VATS и RATS).

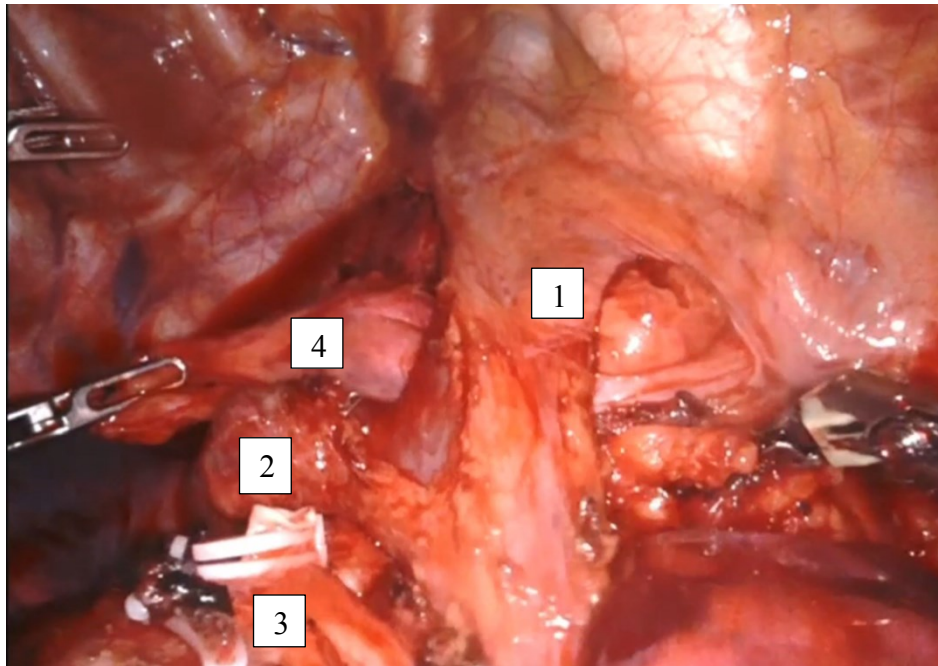
Использование жировой клетчатки средостения при миниинвазивном доступе

Всего 26 пациентов были оперированы через малоинвазивные доступы (VATS/RATS), и во всех случаях для изоляции анастомоза применялся лоскут из жировой клетчатки средостения. Детализированные этапы выделения и использования указанного лоскута при миниинвазивном доступе представлены на рисунках 25-27.



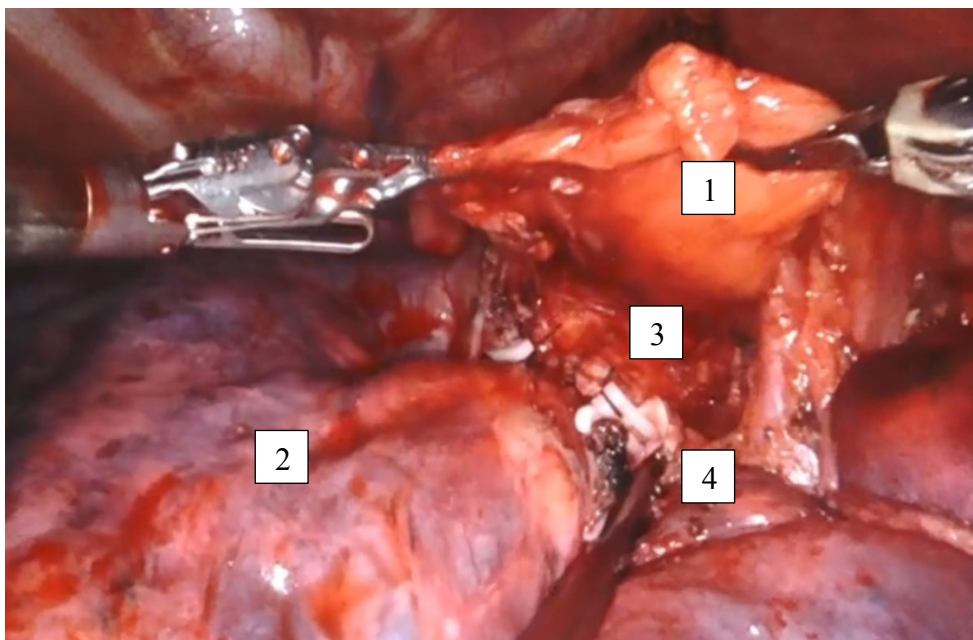
1 – лоскут из жировой клетчатки средостения; 2 – перикард

Рисунок 25 – Этап выделения лоскута из жировой клетчатки при робот-ассистированной торакальной хирургии верхней лобэктомии справа, с анастомозом правого главного и промежуточного бронхов



1 – верхняя полая вена; 2 – непарная вена; 3 – легочная артерия; 4 – лоскут из жировой клетчатки

Рисунок 26 – Этап проведения лоскута из жировой клетчатки под верхнюю полую вену при робот-ассистированной торакальной хирургии верхней лобэктомии справа, с анастомозом правого главного и промежуточного бронхов



1 – лоскут из жировой клетчатки; 2 – легкое; 3-бронхиальный анастомоз; 4 – легочная артерия

Рисунок 27 – Этап проведения лоскута из жировой клетчатки к анастомозу при робот-ассистированной торакальной хирургии верхней лобэктомии справа, с анастомозом правого главного и промежуточного бронхов

Осложнения, возникшие у пациентов с укрытием бронхиального анастомоза жировой клетчаткой средостения приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Осложнения, возникшие у пациентов с укрытием анастомоза лоскутом из жировой клетчатки средостения

Количество пациентов с укрытием жировой клетчаткой средостения	n=87 (100%)	
	Открытый доступ, n=61 (70%)	Миниинвазивный доступ, n=26 (30%)
Нагноение раны	0	0
Несостоятельность бронхиального анастомоза	2 (3,27%)	0
Летальность при несостоятельности анастомоза	0	0

При торакотомном доступе: среднее время необходимое для выделения лоскута $7,4 \pm 2,17$ минут; среднее время нахождения в реанимации составило $5,2 \pm 2,12$ суток; болевой синдром по ВАШ был $5,1 \pm 1,26$.

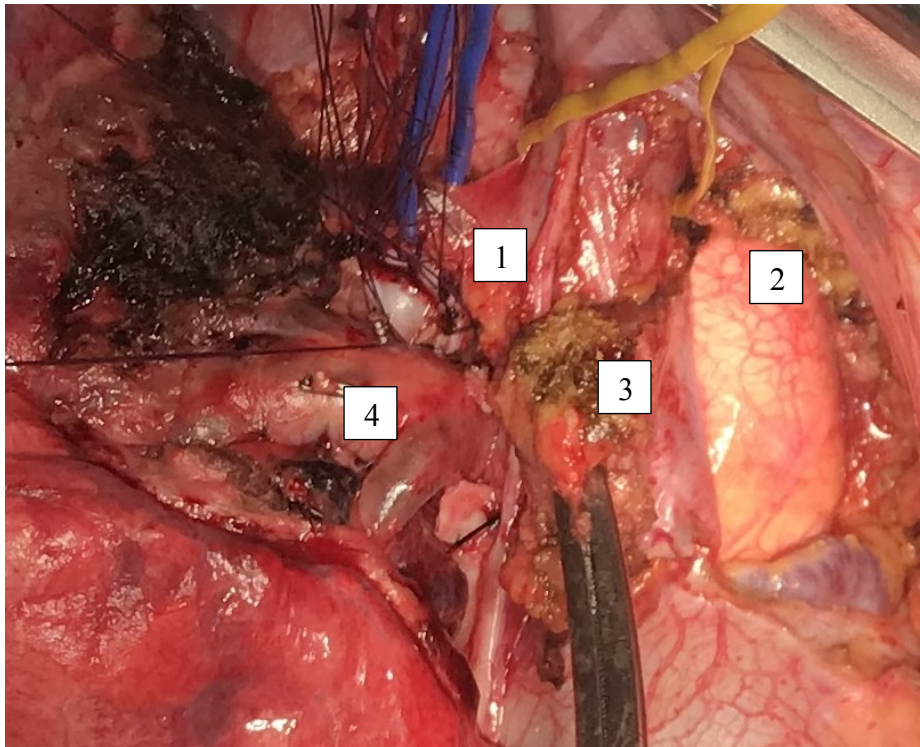
При миниинвазивном доступе: среднее время необходимое для выделения лоскута $12,3 \pm 3,21$ минут; среднее время нахождения в реанимации составило $1,5 \pm 1,22$ суток; болевой синдром по ВАШ был $4,1 \pm 1,21$.

Выбор такого способа укрытия определялся наличием жирового лоскута достаточной длины и сохраненным кровообращением.

Перикардиальный лоскут

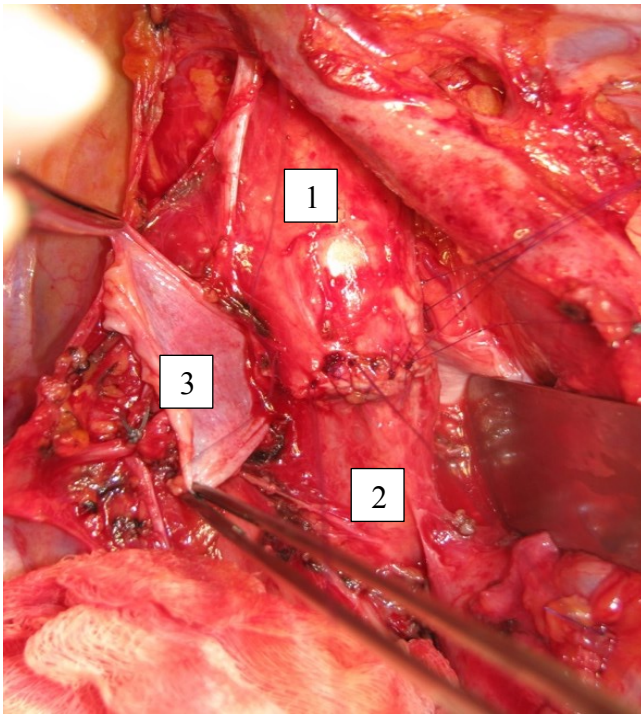
В случаях, когда использование жирового лоскута невозможно (например, при инвазии опухоли в средостение, присутствии метастатических лимфоузлов или недостаточном количестве жировой клетчатки средостения), использовали лоскут из перикарда (всего 20 пациентов). Такая очередность обусловлена тем, что выделение лоскута из перикарда по времени и уровню травматичности сопоставима с выделением жирового лоскута. Однако жировой лоскут является предпочтительным выбором, поскольку его использование не требует вскрытия

полости перикарда. Фрагмент перикарда выделялся таким образом, чтобы сохранить ветви перикардиально-диафрагмальной артерии. Этапы подготовки и использования лоскута из перикарда представлены на рисунках 28-32. В данной группе наблюдалась одна несостоятельность бронхиального анастомоза, связанного с продолженным опухолевым ростом в зоне бронхиального шва (по результатам планового патогистологического исследования). Клинических проявлений несостоятельности шва у пациента не наблюдалось, лоскут перикарда надежно отграничил зону дефекта. Однако пациенту была выполнена завершающая пневмонэктомия по онкологическим показаниям. Данный клинический пример описан ниже (клинический случай 3).



1 – бронхиальный анастомоз; 2 – «окно» в перикарде (видна восходящая часть дуги аорты);
3 – лоскут из перикарда; 4 – легочная артерия

Рисунок 28 – Выделен лоскут из перикарда, вскрыта полость перикарда



1 – левый главный бронх; 2 – нижнедолевой бронх; 3 – лоскут из перикарда; 4 – лоскут из перикарда циркулярно укрывает

Рисунок 29 – Лоскут из перикарда расположен под бронхиальным анастомозом

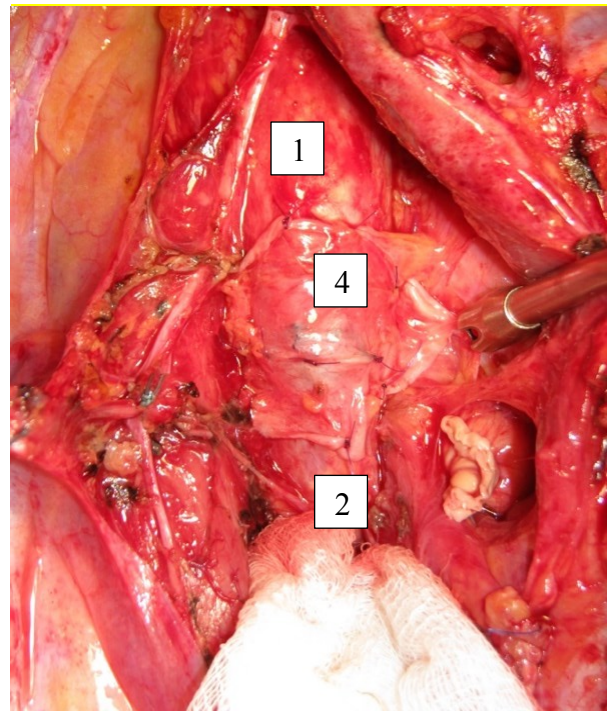
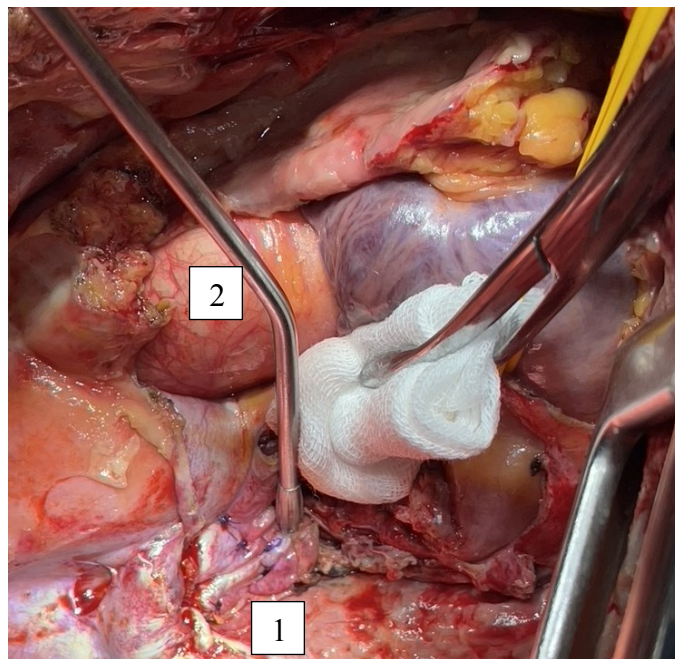


Рисунок 30 – Лоскут из перикарда укрывает бронхиальный анастомоз циркулярно, фиксирован выше и ниже линии бронхиального шва



1 – лоскут из перикарда циркулярно укрывает анастомоз; 2 – дефект в перикарде (дуга аорты)

Рисунок 31 – Дефект в перикарде (дуга аорты)

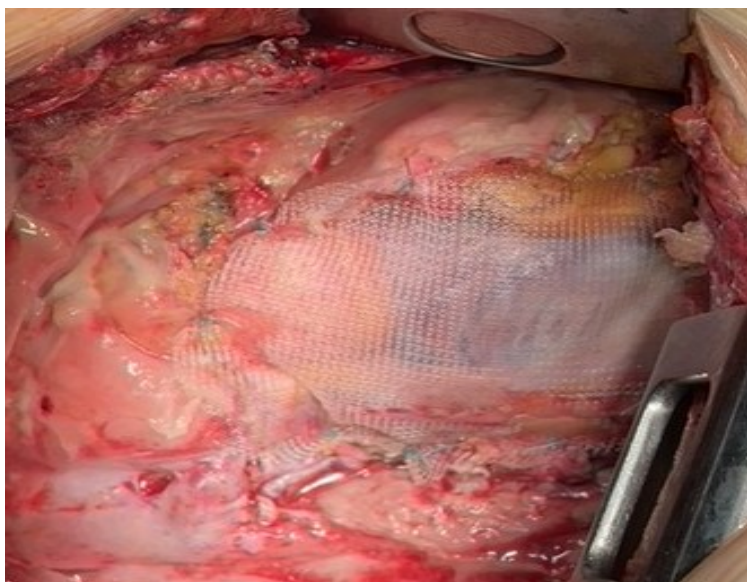


Рисунок 32 – Дефект перикарда замещен мерсиленовой сеткой

Среднее время необходимое для выделения лоскута $12,3 \pm 4,12$ минуты; среднее время нахождения в реанимации составило $4,5 \pm 1,71$ суток; болевой синдром по ВАШ был $5,3 \pm 1,42$.

Таблица 10 – Осложнения, возникшие у пациентов с укрытием анастомоза лоскутом из перикарда

Количество пациентов с укрытием лоскутом из перикарда	n=20 (100%)
Нагноение раны	0
Несостоятельность бронхиального анастомоза	1 (5%)

3.3 Мышечные лоскуты

Мышечные лоскуты являются распространенным материалом для укрытия бронхиального шва и могут применяться не только для укрытия бронхиального анастомоза, но и для замещения крупных дефектов при различных реконструктивных операциях. Большим преимуществом этого аутопластического материала является их массивный объем и хорошее кровоснабжение.

Межреберная мышца

У 11 пациентов мы использовали лоскут межрёберной мышцы. Рациональность выбора этого материала в качестве первоочередного варианта среди всех типов мышечных аутолоскутов объясняется тем, что при выполнении торакотомии межреберная мышца уже частично мобилизована, будучи отсеченной от нижележащего ребра на значительном участке. Для полной мобилизации оставалось лишь отсоединить сосудисто-нервный пучок от вышележащего ребра, сохранив питающие сосуды. Таким образом, частичная подготовка лоскута осуществлялась уже на этапе торакотомии.

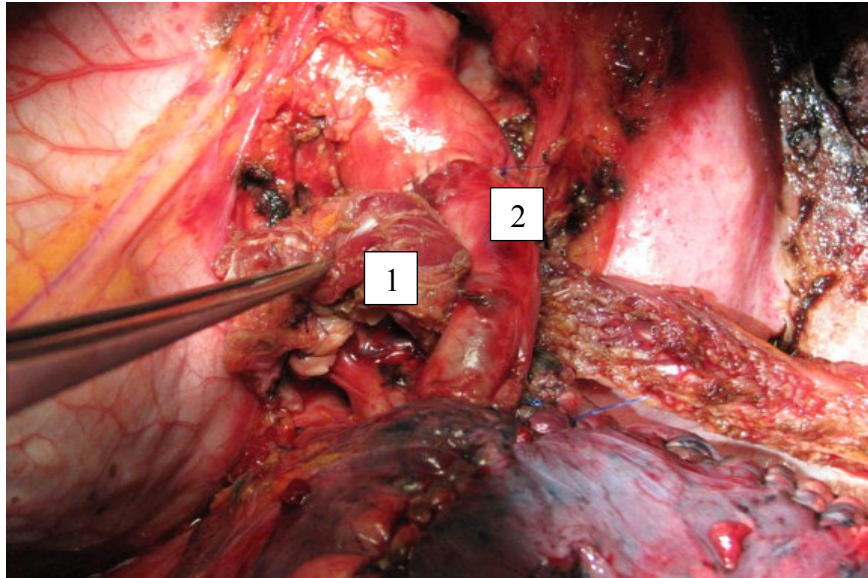
Чтобы предупредить ишемию и некроз мышечной ткани во время операции, нельзя допускать сдавливания мышцы между ранорасширителем и ребром. Во избежание этого, необходимо заранее подготовить площадку на вышележащем ребре, аккуратно отслоив мышцу в зоне контакта с ретрактором, установив ретрактор на свободный участок ребра. Окончательная мобилизация мышцы в качестве полноценного аутолоскута завершалась в конце операции, при необходимости его использования (рисунок 33).



Рисунок 33 – Лоскут межреберной мышцы

Мышечные лоскуты требуют сохранения кровоснабжения. Проверка адекватности кровоснабжения выполняется путем оценки периферического

кровотечения при срезании края мышцы ножницами – в дистальной части лоскута должно наблюдаться активное кровотечение. При достаточном размере для циркулярного укрытия линии швов и хорошем кровоснабжении лоскут является пригодным для использования (рисунок 34).



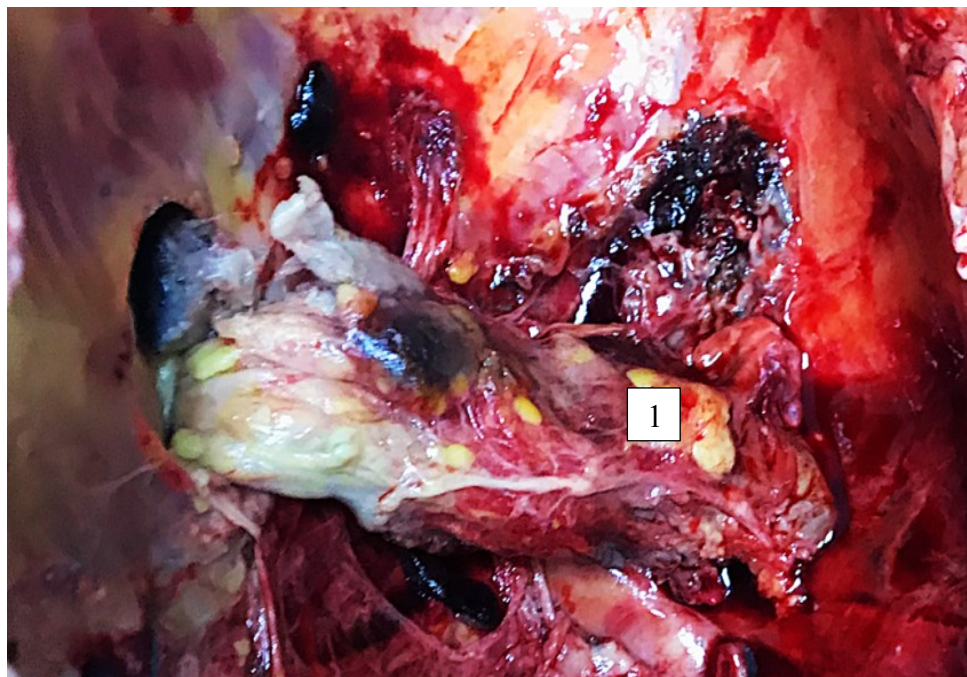
1 – лоскут межреберной мышцы отграничивает зону бронхиального анастомоза от легочной артерии; 2 – легочная артерия

Рисунок 34 – Лоскут межреберной мышцы отграничивает зону бронхиального анастомоза от легочной артерии

При отсутствии кровотока в мышце высок риск ее некроза. В таком случае лоскут превращается в хорошую питательную среду для бактериальной флоры, особенно при разгерметизации просвета бронхов, что приводит к отрицательному эффекту: вместо защиты анастомоза мышца становится источником инфекции. В результате формируется обширный гнойно-септический очаг со всеми вытекающими неблагоприятными последствиями [210].

По нашим данным, выделение межреберной мышцы увеличивает риск несостоятельности торакотомной раны, что связано со скелетизацией межреберного промежутка и утратой его тканевой наполненности. В одном случае из 11 наблюдений развилась несостоятельность послеоперационной торакотомной раны на 30-е сутки, потребовавшая санации плевральной полости и

наложения вторичных швов на рану. При интраоперационной ревизии лоскут из межреберной мышцы был жизнеспособен и полностью закрывал зону анастомоза (рисунок 35).



1 – мышечный лоскут

Рисунок 35 – Мышечный лоскут с появлением на нем сосудов и жировой ткани спустя 30 дней после операции

Примечание – Межреберный лоскут укрывает бронхиальный анастомоз. Визуально не отделим от линии бронхиальных швов, полностью их закрывает спустя месяц после операции. Пациенту выполнена реторакотомия санация плевральной полости наложение вторичных швов торакотомной раны. В связи с несостоятельностью последней через 30 дней после операции.

Осложнения, возникшие у пациентов с применением лоскута из межреберной мышцы отражены в таблице 11.

Таблица 11 – Осложнения, возникшие у пациентов с укрытием анастомоза лоскутом из межреберной мышцы

Количество пациентов с укрытием лоскутом из межреберной мышцы	n=11 (100%)
Нагноение раны	1 (9%)
Несостоятельность бронхиального анастомоза	0

Среднее время необходимое для выделения лоскута $16,3 \pm 2,32$ минуты; среднее время нахождения в реанимации составило $5,2 \pm 1,72$ суток; болевой синдром по ВАШ был $6,3 \pm 1,24$.

Широчайшая мышца спины

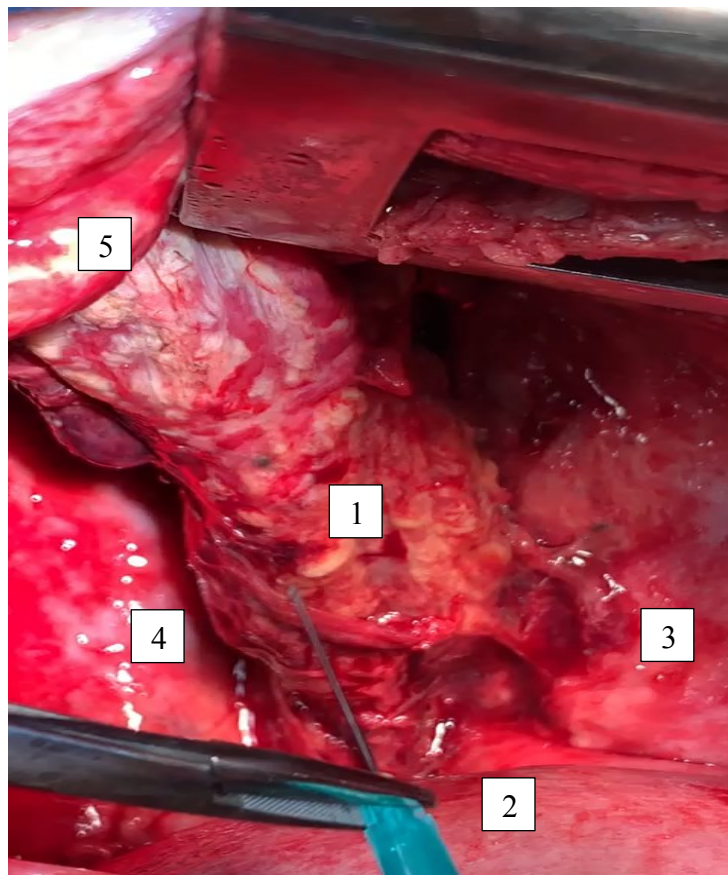
Подготовка лоскута из широчайшей мышцы спины (ШМС) является более травматичной процедурой по сравнению с вышеописанными способами, поскольку предполагает резекцию бокового отдела третьего ребра для беспрепятственного проведения лоскута в плевральную полость и предотвращения его ущемления ребрами. Непосредственно выделение лоскута требует дополнительной мобилизации мягких тканей и мышц грудной стенки, что делает данную процедуру более длительной. В нашем наблюдении среднее время выделения лоскута и укрытия анастомоза увеличилось в целом на 34 минуты. На рисунке 36 продемонстрирован выделенный лоскут из широчайшей мышцы спины.



Рисунок 36 – Лоскут из широчайшей мышцы спины

Этот способ незаменим в ситуациях, когда невозможно использовать медиастинальную ткань и межреберную мышцу. В нашем наблюдении данный тип лоскута был применен у 5 пациентов. В одном случае на 9-е сутки после

операции (верхняя лобэктомия с циркулярной резекцией промежуточного бронха и анастомозом правого главного и промежуточного бронхов) возникло нагноение послеоперационной раны. Данное осложнение потребовало выполнения реторакотомии, санации плевральной полости и хирургической обработки торакотомной раны. При реторакотомии и интраоперационной ревизии лоскут оказался жизнеспособным и полноценно выполнял свою функцию (циркулярно укрывал анастомоз, имел прочную фиксацию и хорошее кровоснабжение) (рисунок 37).



1 – лоскут из широчайшей мышцы спины; 2 – диафрагма; 3 – перикард; 4 – легкое; 5 – четвертое ребро, над ним зона резекции третьего ребра, для проведения лоскута

Рисунок 37 – Лоскут широчайшей мышцы спины, во время реторакотомии и интраоперационной оценке

Осложнения, возникшие при укрытии бронхиального анастомоза лоскутом из широчайшей мышцы спины представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Осложнения, возникшие у пациентов с укрытием анастомоза лоскутом из широчайшей мышцы спины

Количество пациентов с укрытием лоскутом из межреберной мышцы	n=5 (100%)
Нагноение раны	1 (20%)
Несостоятельность бронхиального анастомоза	0

Среднее время необходимое для выделения лоскута $22,2 \pm 3,11$ минуты; среднее время нахождения в реанимации составило $7,4 \pm 1,37$ суток; болевой синдром по ВАШ был $7,1 \pm 1,05$.

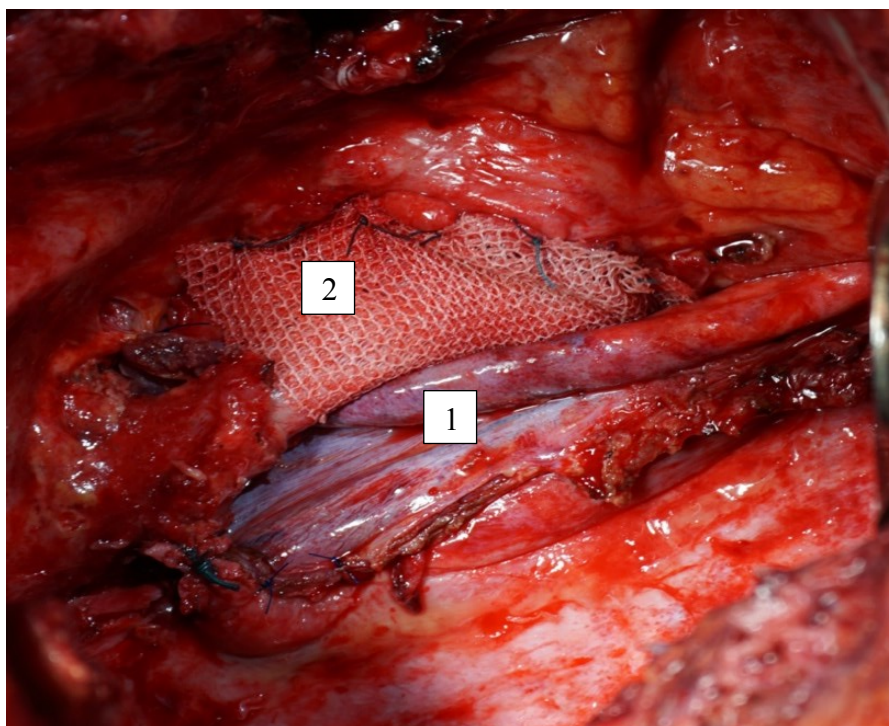
Передняя зубчатая мышца

Мы использовали данный аутопластический материал у 2-х пациентов. По своим характеристикам он схож с лоскутом из широчайшей мышцы спины, за исключением меньшего объема мышечной ткани, используемой для укрытия анастомоза, что обусловлено меньшим размером передней зубчатой мышцы по сравнению с широчайшей мышцей спины. Осложнений в данной группе пациентов не было.

Среднее время необходимое для выделения лоскута $19,2 \pm 1,34$ минуты; среднее время нахождения в реанимации составило $6,4 \pm 1,79$ суток; болевой синдром по ВАШ был $6,1 \pm 1,11$.

Диафрагмальный лоскут

В нашем исследовании диафрагмальный лоскут охарактеризовал себя как надежный материал, обладающий достаточной длиной и защитными свойствами. Однако его использование требует вскрытия брюшной полости, что увеличивает общее время операции. В ходе нашего наблюдения этот лоскут применялся однократно, осложнений не наблюдалось (рисунок 38).



1 – диафрагмальный лоскут, укрывающий анастомоз; 2 – дефект перикарда, замещенный мерсиленовой сеткой

Рисунок 38 – Диафрагмальный лоскут

Примечание – В данном клиническом случае использовался в связи с невозможностью использовать медиастинальные лоскуты и мышечные из грудной стенки

Время, потребовавшееся для выделения лоскута 18,5 минут; время нахождения в реанимации составило 3 суток; болевой синдром по ВАШ был 5. Осложнений в данной группе пациентов не было.

3.4 Обоснование целесообразности укрытия бронхиального анастомоза

Таким образом, из 201 пациента анастомоз был укрыт в 126 случаях, в 26 из них операция была выполнена с использованием малоинвазивного доступа. В группах VATS и RATS анастомоз всегда закрывали, используя лоскут из жировой клетчатки средостения, осложнений в данной группе не наблюдалось.

При анализе подгруппы пациентов с укрытым анастомозом, которым операция была выполнена через торакотомный доступ (n=100), выявлено 3 (3 %) случая несостоятельности анастомоза, при этом клинических и

рентгенологических проявлений дефекта бронхиального шва не наблюдалось, несмотря на расхождение швов зона анастомоза оставалась герметичной, за счет отграничения аутолоскутом. Двоим пациентам не пришлось выполнять повторных операций – дефект анастомоза эпителизировался на фоне консервативной терапии. В одном случае на фоне зарегистрированной несостоятельности шва был получен плановый патогистологический ответ, в котором был обнаружен продолженный опухолевый рост в линии анастомоза, в данном клиническом случае было принято решение о выполнении завершающей пневмонэктомии по онкологическим показаниям (случай описан в клиническом примере №3). Летальных исходов в данной группе зарегистрировано не было (таблица 13).

Таблица 13 – Данные по летальности

Количество пациентов с укрытием анастомоза через торакотомный доступ	100 (100%)
Несостоятельность бронхиального анастомоза	3 (2,38%)
Нагноение послеоперационной торакотомной раны	2 (2%)
Летальность при несостоятельности анастомоза	–

При сравнении групп с укрытием и без укрытия анастомоза установлено, что частота осложнений со стороны бронхиального анастомоза в группе с укрытием ниже на 10 %, по сравнению с группой без укрытия анастомоза и составляет всего 3 % против 13 % в контрольной группе ($p=0,02$). Среди пациентов с укрытым анастомозом случаев смерти не наблюдалось, тогда как в группе без укрытия летальность составила 6,6 % ($p=0,022$).

В группе с применением мышечных лоскутов наблюдалось два (2 %) нагноения послеоперационной торакотомной раны (одно при использовании межреберного мышечного лоскута, второе при применении лоскута из широчайшей мышцы спины).

Исследование продемонстрировало статистически значимое снижение числа осложнений со стороны анастомоза у пациентов, которым применялся аутопластический материал для закрытия бронхиального шва ($p=0,02$). На основании проведенного исследования наблюдается положительное воздействие аутолоскута для профилактики несостоятельности бронхиального шва.

В случаях, когда невозможно применить медиастинальные лоскуты, рекомендуется использовать мышечные лоскуты. Согласно предложенному нами алгоритму выбора, при переходе от медиастинальных к мышечным лоскутам, предпочтение следует отдавать межреберному лоскуту, поскольку его выделение осуществляется непосредственно во время торакотомии, позволяя избежать дополнительного повреждения окружающих структур (например, широчайшей мышцы спины или передней зубчатой мышцы) и уменьшить продолжительность оперативного вмешательства ($p=0,04$).

Полученные данные также показали различия в продолжительности операции и интенсивности болевых ощущений после хирургического вмешательства в зависимости от вида, используемого аутолоскута ($p=0,024$). Клинические наблюдения подтверждают высокую надежность и эффективность всех указанных методов закрытия бронхиального анастомоза. Учитывая анатомические характеристики тканей, мы разделили лоскуты на *медиастинальные* (из жировой клетчатки перикарда/средостения), *мышечные* (межреберная мышца, широчайшая мышца спины, передняя зубчатая мышца, диафрагма) и *экстраторакальные* (большой сальник), последний в выбранной группе пациентов не использовался. Характеристика аутолоскутов использованных в группе с торакотомным доступом, по параметрам времени операции, времени укрытия анастомоза и послеоперационному болевому синдрому представлена в таблице 14.

Таблица 14 – Характеристика лоскутов по времени операции и болевому синдрому (открытый доступ) ($M \pm \sigma$)

Лоскут	Среднее время выделения (минут)	Время укрытия (минут)	Общее время (минут)	Болевой синдром после операции по визуальной аналоговой шкале (3-е сутки после операции)
Медиастинальные				
Жировая клетчатка перикарда / средостения	7,4±2,17	7,1±2,11	14,7±2	5,1±1,26
Перикард	12,3±4,12	8,1±1,3	20±4	5,3±1,42
Мышечные				
Межреберная мышца	16,3±2,32	7,1±2,26	23±3	6,3±1,24
Широчайшая мышца спины	22,2±3,11	12,2±2,13	34±3	7,1±1,05
Передняя зубчатая мышца	19,2±1,34	13,2±2,14	32±3	6,1±1,11
Диафрагма	18,5	8	26	5
p	0,017	0,05	0,033	0,04

3.5 Сравнительная характеристика медиастинальных и мышечных лоскутов как пластического материала для укрытия бронхиального анастомоза

Развитие несостоятельности анастомоза обусловлено множеством факторов [184]. Одним из ключевых моментов является нарушение микроциркуляции тканей вследствие проведенной лимфодиссекции и прямое повреждение бронхиальной ткани в процессе мобилизации бронхов [10].

Возникновение такого дефекта запускает цепочку негативных последствий, характеризующихся чрезвычайно высоким риском развития гнойно-септических осложнений. Учитывая тяжесть возможных осложнений, профилактическое

покрытие бронхиального шва становится важнейшим аспектом в практике бронхопластической хирургии [176].

Задача хирурга заключается не только в обязательном укрытии анастомоза, но и в правильном выборе метода и качества применяемого аутопластического материала (его объема, длины и кровоснабжения). Наше исследование направлено на сравнение наиболее распространенных вариантов укрытия бронхиального анастомоза с целью оценить надежность выбранного лоскута как защитного материала, учитывая специфику операционной травмы для пациента и оценки времени, потраченного на выделение необходимого аутотрансплантата.

Для анализа эффективности использования аутопластического материала использовались медицинские карты и непосредственные результаты лечения 201 пациента, из которых у 126 человек бронхиальный анастомоз был укрыт различными видами аутолоскутов (рисунок 39).

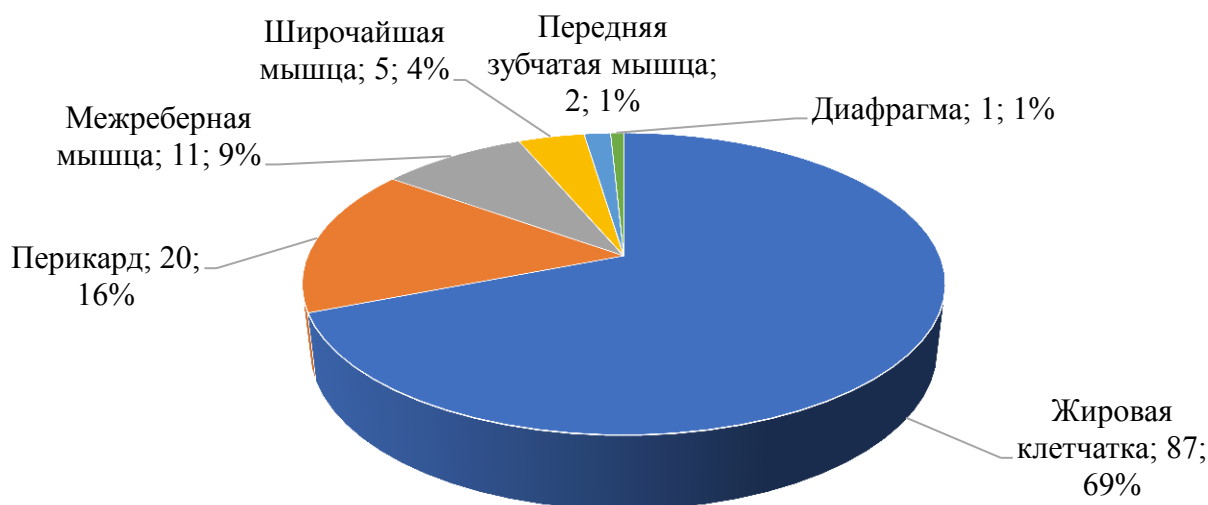


Рисунок 39 – Виды аутопластических материалов

В открытой группе время операции составляло от 142 до 312 мин. (среднее время – 223,3 мин.). При этом значимой разницы во времени между группами с укрытием и без укрытия анастомоза не получено ($p=0,06$). Среднее время операции отражено в таблице 15.

Таблица 15 – Среднее время операции

Всего 201 пациент	Без укрытия, открытый доступ, n=75	С укрытием медиастинальным лоскутом, открытый доступ, n=81	С укрытием мышечным лоскутом, открытый доступ, n= 19	С укрытием клетчаткой средостения, малоинвазивный доступ, n=26	p
Среднее время операции	217±9 мин.	219±11 мин.	234±12 мин.	228±18 мин.	0,06

Также не было достоверной разницы в интенсивности болевого синдрома между группами с открытым доступом ($p=0,06$), однако наблюдалось снижение выраженности боли в группе малоинвазивных доступов ($p=0,04$). Степень выраженности боли указана на рисунке 40.



Рисунок 40 – Степень выраженности болевого синдрома по визуальной аналоговой шкале

Пациенты, исходя из продолжительности пребывания в реанимационном отделении, распределены согласно представленным данным в таблице 16.

Таблица 16 – Среднее время нахождения в реанимационном отделении после операции

Всего 201 пациент	Без укрытия, открытый доступ, n=75	С укрытием медиастинальным лоскутом, открытый доступ, n=81	С укрытием мышечным лоскутом, открытый доступ, n=19	С укрытием клетчаткой средостения, малоинвазивный доступ, n=26	p
Среднее время (дни)	6,4±3,12	4,9±1,95	7,1±2,12	1,5±1,22	0,032

При сравнении длительности нахождения в реанимации получены статистически значимые различия в сравниваемых группах ($p=0,032$). Минимальное количество дней, проведенных в реанимационном отделении, после операции, наблюдалось у пациентов с малоинвазивными доступами, что обусловлено уменьшением болевого синдрома, снижением степени системного воспалительного ответа, более ранней активацией пациентов и более благоприятным психоэмоциональным состоянием по сравнению с группами с открытыми доступами.

Для оценки скорости реабилитации пациента оценивалось время дренирования плевральной полости. При определении этого критерия было установлено, что наиболее длительное дренирование плевральной полости было в группе пациентов с использованием мышечного лоскута в качестве аутопластического материала. Самое короткое дренирование плевральной полости наблюдалось в группе с малоинвазивными доступами (рисунок 41).

Длительность дренирования плевральной полости (дни) в зависимости от доступа и способа укрытия бронхиального анастомоза (достоверное уменьшение сроков дренирования было в группе малоинвазивных доступов $p=0,033$)

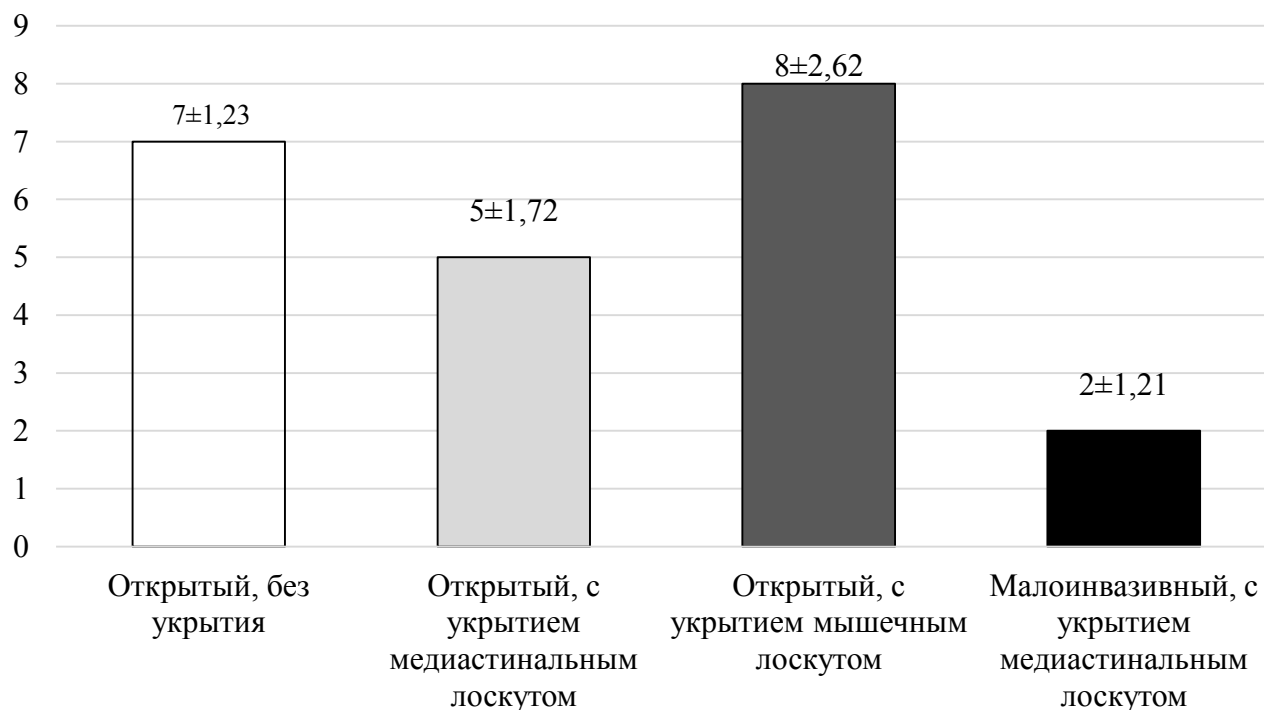


Рисунок 41 – Длительность дренирования плевральной полости в зависимости от доступа и способа укрытия бронхиального анастомоза

Для сопоставления темпов реабилитационного процесса и общего периода выздоровления пациентов проведен сравнительный анализ среднего количества койко-дней, проведенных пациентами в стационаре после БПО, в зависимости от способа укрытия анастомоза и типа хирургического доступа.

Статистически значимая разница зафиксирована при применении малоинвазивных методик хирургического доступа ($p=0,032$) и открытом доступе с использованием медиастинальных аутоканей ($p=0,002$): пациенты этих групп имели значительно меньшую длительность госпитализации по сравнению с больными, у которых анастомоз не укрывался либо был укрыт мышечным лоскутом (рисунок 42).

Послеоперационный койко-день в зависимости от хирургического доступа и способа укрытия анастомоза (достоверное уменьшение койко-дня наблюдалось в группе малоинвазивных доступов, $p=0,032$)



Рисунок 42 – Продолжительность послеоперационного койко-дня в зависимости от хирургического доступа и способа укрытия анастомоза

На основании проведенного исследования определяется тенденция к уменьшению осложнений и главное отсутствие летальных исходов в группе с укрытым бронхиальным анастомозом ($p=0,028$). Что в свою очередь подтверждает необходимость защиты бронхиального анастомоза аутопластическим материалом. Однако, при использовании мышечного аутопластического материала наблюдается статистически значимое ($p=0,031$) увеличение продолжительности нахождения пациента в реанимации и стационаре, а также более длительному дренированию плевральной полости по сравнению с пациентами, которым анастомоз укрывался медиастинальным лоскутом. Вероятно, это обусловлено более обширной интраоперационной травмой, которая требуется для выделения лоскутов из грудной стенки или диафрагмы по сравнению с наименьшей травматичностью при использовании медиастинальных лоскутов. Несостоятельность ран также наблюдалась преимущественно в группе с использованием мышечного аутотрансплантата ($p=0,037$). Наиболее выгодным сочетанием на основании проведенного анализа является использование

малоинвазивного хирургического доступа с укрытием анастомоза медиастинальным лоскутом. Но следует принимать во внимание, что малоинвазивный доступ может быть применен не во всех случаях, и как правило применяется на ранних стадиях онкологического заболевания, в отличие от открытых доступов.

3.6 Сравнительная оценка результатов бронхопластических операций с использованием мининвазивных доступов (VATS/RATS) и открытого

В группе пациентов с мининвазивным доступом (VATS/RATS) для укрытия анастомоза использовались только медиастинальные лоскуты. А именно, жировая клетчатка средостения. Для объективной оценки различий в течении раннего послеоперационного периода из пациентов с открытым доступом мы выбрали группу, которым анастомоз укрывался также клетчаткой средостения.

В критерии, на основании которых оценивался ранний послеоперационный период мы включили:

- уровень болевого синдрома на основании визуально-аналоговой шкалы 3-е сутки после операции;
- время нахождения в реанимации после операции;
- длительность стояния плеврального дренажа;
- уровень С-реактивного белка на 1-е и 3-е сутки после операции;
- частота хирургических осложнений, связанных с анастомозом и хирургическим доступом;
- общее время нахождения в стационаре после операции.

Данные представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Сравнительная оценка открытого и миниинвазивного хирургических доступов для выполнения бронхопластических операций с использованием медиастинальной клетчатки для укрытия анастомоза

Критерий	Открытый доступ, с укрытием медиастинальным лоскутом, n=81	Малоинвазивный доступ, с укрытием медиастинальным лоскутом, n=26	U-критерий Манна-Уитни
Болевой синдром, 3-е сутки после операции	5,2±1,33	4,1±1,21	p=0,019
Койко-день в реанимации	4,9±1,195	1,5±1,22	p=0,031
Количество суток в стационаре	7,7±1,22	3,1±1,12	p=0,02
Уровень С-реактивного белка на 1-е сутки после операции	121±22,34	72±19,17	p=0,019
Уровень С-реактивного белка на 3-е сутки после операции	94±17,22	56±12,34	p=0,016
Длительность стояния плеврального дренажа	5±1,72	2±1,21	p=0,022
Несостоятельность послеоперационной раны	0	0	p=0,042
Несостоятельность анастомоза	3	0	p=0,021

Анализируя вышеперечисленные критерии, мы определили, что выполнение малоинвазивного доступа позволяет улучшить непосредственные результаты хирургического лечения. В случаях, когда возможно использование малоинвазивного доступа, вероятно, он является приоритетным. Более быстрая активация пациента и возможность раннего удаления плеврального дренажа, в среднем уже на вторые сутки, позволяет выписать пациента из стационара через 3 суток после госпитализации. Такой подход, на наш взгляд, оказывает благоприятное влияние на физическое и психологическое состояние пациента.

Выгоден в экономическом плане. Низкий уровень болевого синдрома обусловлен не только малым хирургическим доступом, но и ускорением сроков дренирования плевральной полости. Критериями, позволяющими удалить плевральный дренаж были:

- аэростаз;
- уменьшения плеврального выпота до 300 мл в сутки.

В открытой группе более длительное стояние плеврального дренажа связано с гиперэкссудацией, вероятно, обусловленной объемом хирургического доступа и реакцией париетальной плевры на травму. В группе с использованием торакотомии уровень С-реактивного белка значительно превышал его значение при малоинвазивных доступах, как на первые ($p=0,019$), так и на третьи ($p=0,019$) сутки после операции, что так же свидетельствует о более высоком уровне системного воспалительного ответа организма на хирургическое вмешательство по сравнению с малоинвазивной группой.

Однако следует отметить, что в открытой группе были пациенты с более распространенными онкологическими процессами и сложными реконструкциями дыхательных путей. Кроме того, малоинвазивный доступ не может быть использован всегда, что связано не только с необходимостью соответствующего оборудования, опыта клинициста и хирурга, но и безопасностью для пациента. Так как, открытый доступ позволяет быстрее устранить неблагоприятные события, которые могут возникнуть во время операции. В сложных клинических ситуациях использования открытого доступа позволяет сократить время операции по сравнению с малоинвазивными, в следствие чего уменьшить вероятность осложнений, связанных с повышением вероятности нагноения раны, эмпиемы плевры, тромбоэмболия легочной артерии и т. д., частота которых увеличивается в два раза с превышением времени операции на каждые 120 минут [168].

3.7 Алгоритм выбора аутопластического материала для укрытия бронхиального анастомоза

Изучив характеристики аутопластического материала с теоретической и прикладной части, а также проанализировав непосредственные результаты хирургического лечения, мы разработали алгоритм выбора лоскута для укрытия бронхиального шва. Алгоритм предусматривает последовательный подход к выбору аутоматериала, начиная с наименее сложных и травматичных медиастинальных аутоматериалов и поэтапно переходя к более сложным и травматичным вариантам – мышечным лоскутам. Такая последовательность предполагает оптимизацию времени операции, так как первичное использование лоскутов из клетчатки средостения или перикарда требует меньше времени по сравнению с мышечными аутолоскутами ($p=0,017$). Выбор конкретного типа лоскута, основывается на средней продолжительности времени, требуемого для подготовки и его имплантации, уровне послеоперационных болей, частоте возникновения связанных с ним осложнений, длительности дренирования плевральной полости и послеоперационного уровня С-реактивного белка. Так все эти факторы, в совокупности, определяют степень травматичности пациента при использовании различного аутоматериала, и определяют алгоритм выбора лоскута (рисунок 43).

Детализация алгоритма

Этап 1. Оценка хирургического доступа: Малоинвазивный доступ (VATS/RATS): медиастинальная жировая клетчатка, перикард, межреберная мышца; Открытый доступ: полный спектр методов укрытия.

Этап 2. Оценка медиастинальной клетчатки: Объем достаточный: жировая клетчатка средостения – метод выбора; Объем недостаточный или вовлечение в патологический процесс: переход к следующей линии.

Этап 3. Последовательность выбора при открытом доступе:

1-я линия: жировая клетчатка средостения. Преимущества: быстрота, минимальная травма. Показания: достаточный объем клетчатки, отсутствие опухолевой инвазии.

2-я линия: перикардиальный лоскут. Преимущества: хорошая васкуляризация. Показания: недостаточность медиастинальной клетчатки.

3-я линия: межреберная мышца. Преимущества: близкое расположение, хорошая пластичность. Показания: невозможность использования медиастинальных лоскутов. Недостатки: риск несостоятельности торакотомной раны.

4-я линия: передняя зубчатая мышца либо широчайшая мышца спины. Преимущества: большой объем ткани. Показания: невозможность использования медиастинальных и межреберного лоскутов. Недостатки: функциональные нарушения, травматичность.

5-я линия: диафрагмальный лоскут. Показания: исчерпание других вариантов.



Рисунок 43 –Алгоритм выбора пластического материала

Представленная последовательность выбора лоскута позволяет оптимизировать время операции, уменьшить травматичность манипуляции при

первичном выборе лоскута. Также предполагает планирование выбора лоскута при необходимости повторных операций.

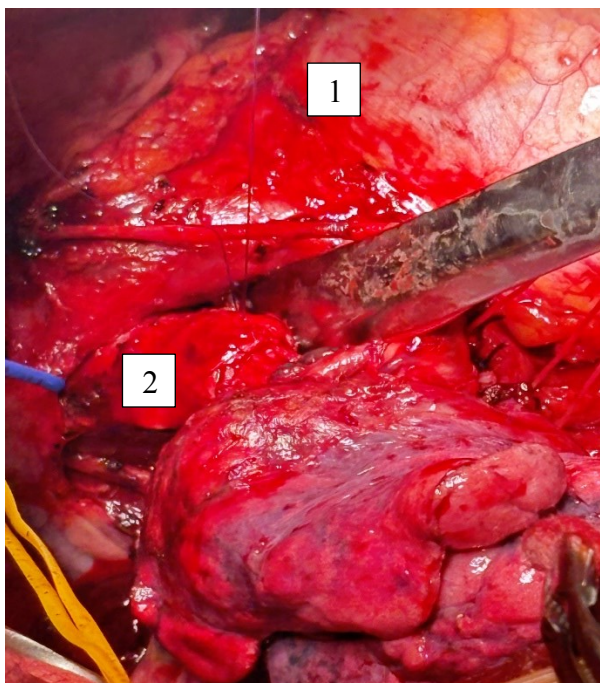
Клинический случай с использованием представленного алгоритма представлен ниже.

Клинический пример 3

Пациент Н., 62 года. Диагноз: центральный рак средней доли правого легкого pT2aN1M0, плоскоклеточный, IIb ст., состояние после верхней билобэктомии справа, с циркулярной резекцией правого главного бронха и анастомозом правого главного и нижнедолевого бронха, лимфодиссекции, II кл гр.

Осложнение: несостоятельность бронхиального анастомоза на 10-е сутки после операции.

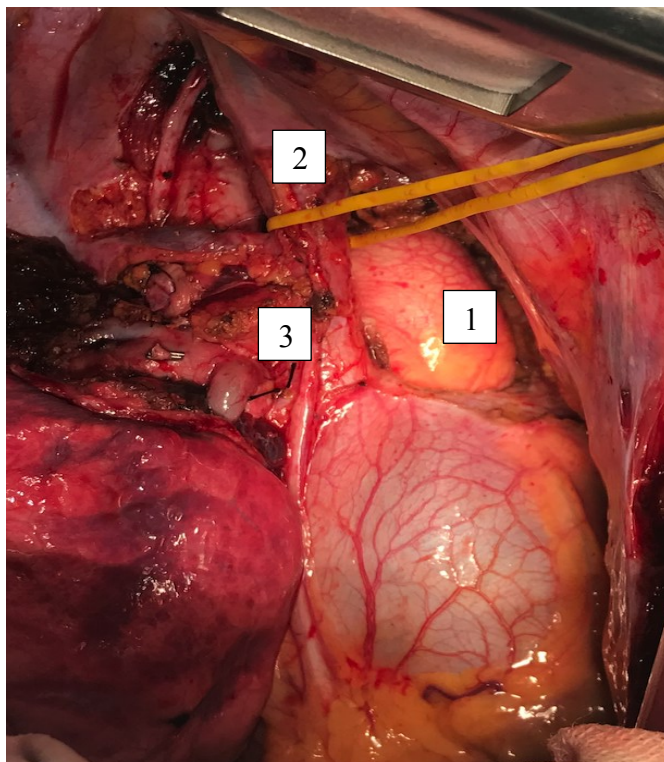
Первично у пациента анастомоз правого главного и нижнедолевого бронха планировался укрываться лоскутом из жировой клетчатки средостения, однако объема клетчатки не хватило для циркулярного укрытия бронхиального анастомоза (рисунок 44).



1 – стрелкой показана длина лоскута относительно к бронхиальному анастомозу;
2 – бронхиальный анастомоз

Рисунок 44 – Этап мобилизации лоскута из жировой клетчатки средостения

В связи с чем был выделен лоскут из перикарда, которым циркулярно укрыли анастомоз (рисунок 45).

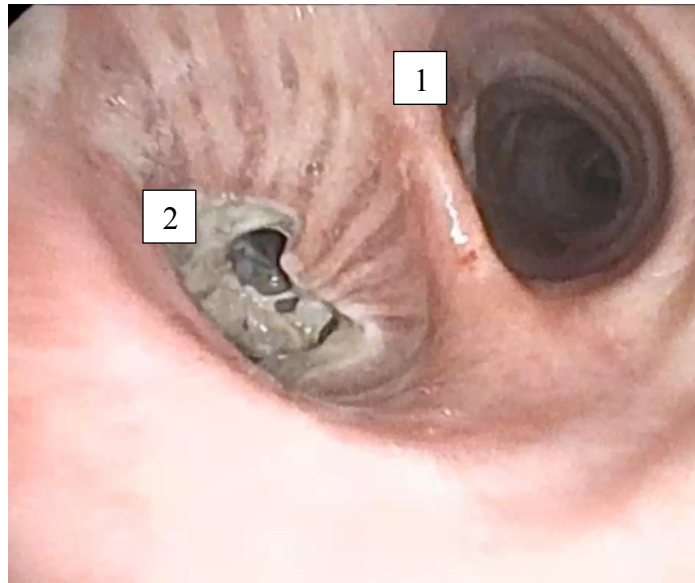


1 – дефект в перикарде, после выделения лоскута; 2 – верхняя полая вена, на держалке;
3 – анастомоз правого главного бронха с нижнедолевым циркулярно укрытый перикардальным лоскутом

Рисунок 45 – Этап укрытия анастомоза лоскутом из перикарда

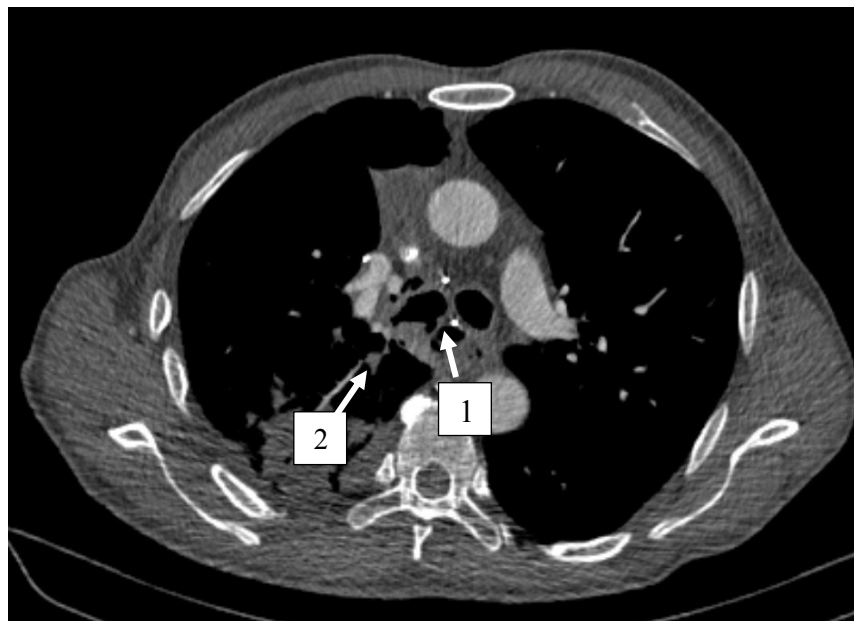
Послеоперационный период протекал без особенностей, плевральный дренаж был удален на 3-е сутки после операции. При контрольной фибробронхоскопии на 7-е сутки после операции у пациента выявлены эндоскопические признаки ишемии правого главного и нижнедолевого бронха в зоне анастомоза. На 12-е сутки при выполнении контрольной фибробронхоскопии выявлена несостоятельность бронхиального анастомоза (рисунок 46).

Однако выявленная несостоятельность бронхиального анастомоза не вызывала никаких клинических проявлений, лабораторные показатели находились в пределах нормы. Зона бронхиального шва была отграничена от плевральной полости и средостения лоскутом из перикарда (рисунок 47).



1 – киль карины; 2 – дистальный отдел правого главного бронха с дефектом в области анастомоза

Рисунок 46 – Фото фибробронхоскопии на 12-е сутки после верхней билобэктомии с анастомозом правый главный и нижнедолевой бронх – несостоятельность анастомоза

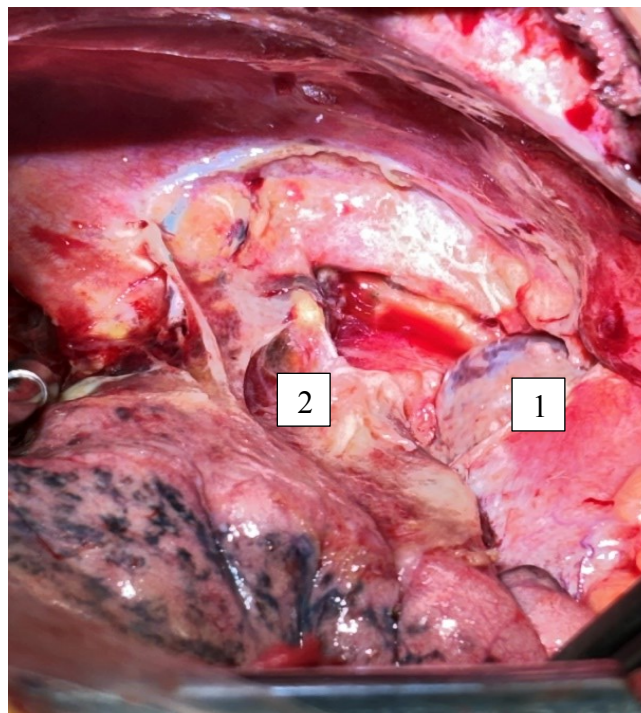


1 – бифуркация трахеи; 2 – зона бронхиального анастомоза укрытая лоскутом из перикарда, который бронхиальный отграничивает шов от сосудов

Рисунок 47 – Компьютерная томография фибробронхоскопии на 12-е сутки после верхней билобэктомии с анастомозом правый главный и нижнедолевой бронх – несостоятельность анастомоза

Несмотря на отсутствие клинических, лабораторных и рентгенологических признаков несостоятельности, пациенту было показано выполнение завершающей пневмонэктомии, так как в полученном заключении патогистологического исследования – выявлен продолженный опухолевый рост в зоне бронхиального анастомоза.

Выполнена реторакотомия, интраоперационно при ревизии плевральной полости зона анастомоза отграничена от окружающих тканей, прямого контакта с сосудами не имеет, водяная проба – отрицательная (рисунок 48).



1 – дефект в перикарде; 2 – бронхиальный анастомоз, укрытый перикардальным лоскутом, герметичен

Рисунок 48 – Интраоперационное фото ревизии плевральной полости перед завершающей пневмонэктомией

Пациенту выполнена завершающая пневмонэктомия с клиновидной резекцией правого главного бронха на уровне бифуркации трахеи. В связи с утратой медиастинальных и межреберного лоскутов, после первой операции, пациенту выполнена бронхомиопластика лоскутом из правой широчайшей мышцы спины (рисунок 49, 50).

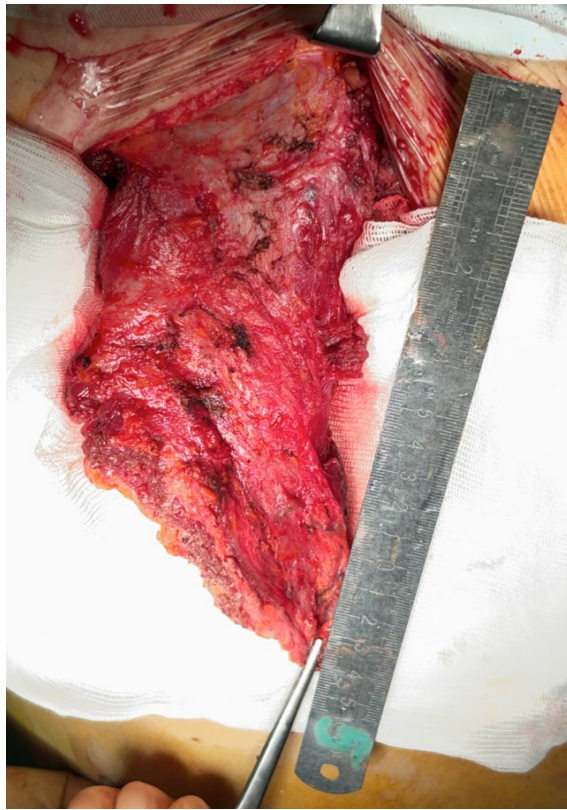
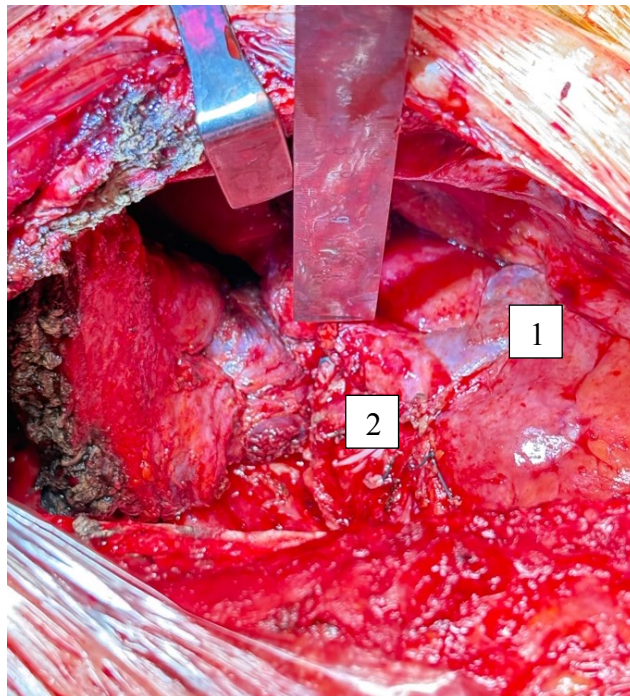


Рисунок 49 – Интраоперационное фото выделенного мышечного лоскута (лоскут из широчайшей мышцы спины)



1 – дефект в перикарде; 2 – лоскут из широчайшей мышцы спины, укрывает бронхиальный шов

Рисунок 50 – Интраоперационное фото укрытия бронхиального шва лоскутом из широчайшей мышцы спины

3.8 Непосредственные результаты бронхопластических операций

Задачей исследования был сравнительный анализ непосредственных результатов лечения пациентов после БПО без укрытия анастомоза и с укрытием аутопластическим материалом. Осложнения, выявленные в течение 30 дней после операции, были расценены как непосредственные результаты хирургического лечения. В послеоперационном периоде осложнился 51 пациент у которых наблюдалось 58 осложнений. Структура осложнений представлена в таблице 18.

Таблица 18 – Структура ранних послеоперационных осложнений

Осложнение (n=57/100%)	Без укры- тия	С укрытием анастомоза						p
		Жировая клетчатка	Перикард	Межреберная мышца	Широчайшая мышца спины	Передняя зубчатая мышца	Диафрагма	
	n=75 (100%)	n=87 (100%)	n=20 (100%)	n=11 (100%)	n=5 (100%)	n=2 (100%)	n=1 (100%)	
Пневмония, n=17	7 (9,33%)	6 (6,89%)	2 (10%)	1 (9%)	1 (20%)	–	–	0,042
Ателектаз, n=5	3 (4%)	2 (2,23%)						0,037
Несостоятель- ность шва анастомоза, n=13	10 (13,3%)	3 (3,33)	–	–	–	–	–	0,03
Несостоятель- ность послеоперацион- ной раны, n=3	1 (1,33%)	–	–	1 (9%)	1 (20%)	–	–	0,035
Эмпиема плевры (во всех случаях после несостоя- тельности анастомоза), n=7	5 (6,66%)	1 (1,14%)	–	1 (9%)	–	–	–	0,02

Продолжение таблицы 18

Осложнение (n=56/100%)	Без укры- тия	С укрытием анастомоза						p
		Жировая клетчатка	Перикард	Межреберная мышца	Широчайшая мышца спины	Передняя зубчатая мышца	Диафрагма	
	n=75 (100%)	n=87 (100%)	n=20 (100%)	n=11 (100%)	n=5 (100%)	n=2 (100%)	n=1 (100%)	
Нарушение ритма сердца, n=7	3 (4%)	-	1 (5%)	2 (18,18%)	1 (20%)	-	-	0,031
Хилоторакс, n=1	-	-	1 (5%)	-	-	-	-	0,021
Кровотечение, n=4	2 (2,66%)	1 (1,14%)	-	-	-	1 (50%)	-	0,031
Всего	31 (41,3%)	13 (14,9%)	4 (20%)	5 (45%)	3 (60%)	1 (50%)	0	

Тяжесть осложнений классифицирована, согласно критериям Clavien-Dindo, следующим образом. Осложнения I степени возникли у 3 (5,8 %) пациентов и проявлялись в виде пароксизмальной фибрилляции предсердий, которая купировалась самостоятельно, без медикаментозной коррекции.

Осложнения II степени имели место у 20 (39,2 %) пациентов и характеризовались следующим образом: 13 случаев пневмонии оперированного легкого, потребовавших назначения антибактериальной терапии (АБТ); 2 случая несостоятельности бронхиального анастомоза, также потребовавшие АБТ; 4 случая нарушений ритма сердца, скорректированных назначением антиаритмических препаратов; один случай хилоторакса, потребовавший введения парентерального питания и соблюдения специальной диеты.

III степень осложнений определялась в 13 (25,5 %) случаях, 5 из которых были представлены ателектазом оперированного легкого, потребовавшего серии санационных бронхоскопий в сочетании с АБТ. В 4 случаях – послеоперационный

гемоторакс, который был устранен методом видеоторакоскопии и санации плевральной полости. 2 пациента осложнились развитием пневмонии оперированного легкого, что потребовало АБТ и серии лечебно-диагностических фибробронхоскопий. В одном случае наблюдалась частичная несостоятельность анастомоза (укрытого медиастинальной клетчаткой), однако пациенту была проведена серия лечебно-диагностических фибробронхоскопий в сочетании с АБТ. И еще у одного пациента наблюдалась нагноение послеоперационной раны, которое было устранено серией вакуумных повязок в сочетании с АБТ.

Осложнения IV степени были зарегистрированы у 10 (19,6 %) пациентов, их спектр был представлен 6 несостоятельностью анастомоза (2 из которых сочетались с развитием эмпиемы плевры), 2 нагноения послеоперационной торакотомной раны, 2 пневмонии оперированного легкого. В данной группе всем пациентам выполнялась дилатационная трахеостомия, в связи с необходимостью длительного нахождения в реанимации и продленной искусственной вентиляции легких.

V степень осложнений была у 5 (9,8 %) пациентов, и являлась сочетанием несостоятельности бронхиального анастомоза с последующим формированием эмпиемы плевры (у всех 5 пациентов), сепсиса и полиорганной недостаточности приведшей к летальному исходу.

Сравнительная характеристика представленных осложнений отображена в таблице 19.

Таблица 19 – Число и тяжесть послеоперационных осложнений по классификации Clavien-Dindo

Степень тяжести осложнений	Без укрытия анастомоза, n (%)	С укрытием анастомоза, n (%)	Межгрупповые различия (критерий Фишера)
I	0 (0)	3 (5,9)	p=0,04
II	8 (15,7)	12 (23,5)	p=0,037
III	8 (15,7)	5 (9,8)	p=0,04

Продолжение таблицы 19

Степень тяжести осложнений	Без укрытия анастомоза, n (%)	С укрытием анастомоза, n (%)	Межгрупповые различия (критерий Фишера)
IV	5 (9,8) *	5 (9,8)	p=0,05
V	5/5 (9,8) *	0 (0)	p=0,02
Итого	26 (51)	25 (49)	p=0,028
Примечание – *сочетание осложнений (в IV группе 6 случаев несостоятельности анастомоза сочетались с 2 случаями эмпиемами плевры; в V группе 5 случаев несостоятельств анастомоза сочетались с 5 случаями эмпиемами плевры.			

3.9 Структура осложнений, способы их устранения и исходы

Основной задачей данной работы являлось исследование особенностей процесса регенерации бронхиального анастомоза у пациентов с различными способами защиты области швов. После каждой бронхопластики всем пациентам выполнялась диагностическая бронхоскопия. Регулярный контроль осуществлялся на 7-е сутки после операции, однако при необходимости процедура проводилась ранее либо повторялась дополнительно.

По результатам клинико-инструментального обследования признаки несостоятельности бронхиального шва обнаружены у 13 (6,5 %) пациентов. Важно отметить временной диапазон выявления дефектов: от 5 до 13 дня после операции.

Максимальное число осложнений, непосредственно связанных с процессом заживления анастомоза, отмечено в группе пациентов, которым швы не закрывали аутопластическим материалом: 10 (13 %) случаев против 3 (3 %) в группе с укрытием анастомоза (p=0,02).

При обнаружении дефекта бронхиального шва в 6 случаях пришлось прибегнуть к повторному оперативному вмешательству: у 5 пациентов выполнено завершение пневмонэктомии, у одного – реторакотомия с резекцией средней доли после ее реимплантации в промежуточный бронх. Остальные пациенты получали

консервативное лечение, включающее антибиотики, ингаляции, противовоспалительные препараты, физиотерапию и, при необходимости, гипербарическую оксигенотерапию.

Летальные исходы, вызванные нарушением целостности шва, зафиксированы исключительно в группе пациентов без укрытия анастомоза и составили 5 человек (6,6%) от общего числа пациентов в данной подгруппе. Данные о несостоятельности анастомозов представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Структура осложнений

Пациент, возраст	Объем операции	Вид анастомоза	Вариант укрытия анастомоза	Время выявления несостоятельности	Лечение	Результат
Н., 71 год	Верхняя лобэктомия справа	ПГБ-ПБ	Жировая клетчатка средостения	8-е сутки	АБТ	Выздоровление
З., 74 года	Верхняя лобэктомия слева	ЛГБ-ПБ	Жировая клетчатка средостения	13-е сутки	АБТ	Выздоровление
Н., 62 года	Верхняя билобэктомия справа	ПГБ-НДБ	Перикардальный лоскут	10-е сутки	Завершающая пневмонэктомия, с пластикой бронха лоскутом из ШМС	Выздоровление
А., 59 лет	Нижняя лобэктомия справа	ПБ-СДБ	-	5-е сутки	Резекция средней доли, ушивание промежуточного бронха	Выздоровление
Ч., 67 лет	Нижняя лобэктомия слева	ЛГБ-ВДБ	-	7-е сутки	Завершающая пневмонэктомия	Летальный исход
Г., 81 год	Верхняя лобэктомия справа	ПГБ-ПБ	-	6-е сутки	Завершающая пневмонэктомия	Летальный исход

Продолжение таблицы 20

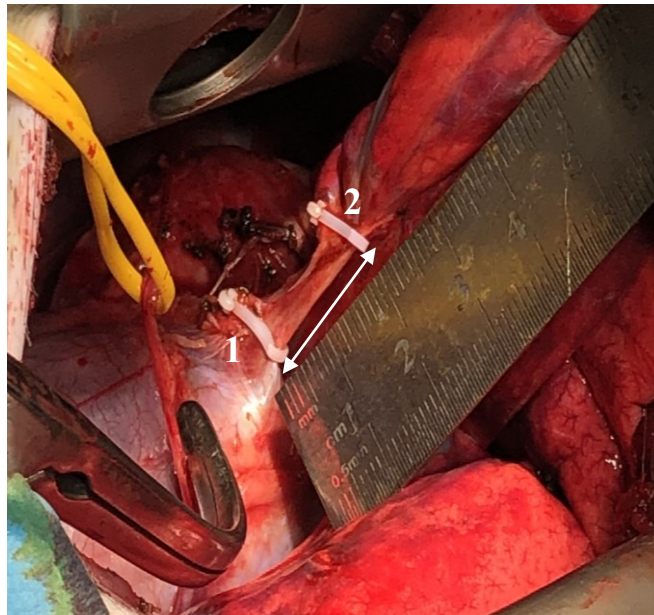
Пациент , возраст	Объем операции	Вид анасто- -моза	Вариант укрытия анастомоза	Время выявления несостоя- тельности	Лечение	Результа т
Ш., 70 лет	Верхняя лобэктомия слева	ЛГБ- НДБ	-	6-е сутки	Завершающая пневмонэкто- мия	Летальн ый исход
Б., 56 лет	Нижняя билобэкто- мия справа	ПГБ- ВДБ	-	5-е сутки	Завершающая пневмонэкто- мия	Выздор о- в-ление
Т., 42 года	Верхняя лобэктомия слева	ЛГБ- НДБ	-	7-е сутки	АБТ	Летальн ый исход
И., 69 лет	Верхняя лобэктомия справа	ПГБ- ПБ	-	7-е сутки	АБТ	Летальн ый исход
С., 74 года	Верхняя лобэктомия справа	ПГБ- ПБ	-	12-е сутки	АБТ	Выздор о- в-ление
П., 77 лет	Нижняя лобэктомия слева	ЛГБ- НДБ	-	7-е сутки	Завершающая пневмонэкто- мия	Выздор о- в-ление
Х., 68 лет	Верхняя лобэктомия справа	ПГБ- ПБ	-	9-е сутки	АБТ	Выздор о- в-ление
Примечание – ПГБ-правый главный бронх; ЛГБ – левый главный бронх; ВДБ – верхнедолевой бронх; НДБ – нижнедолевой бронх; СДБ – среднедолевой бронх; ПБ – промежуточный бронх; ШМС – широчайшая мышца спин.						

НОВЫЙ СПОСОБ УКРЫТИЯ БРОНХИАЛЬНОГО АНАСТОМОЗА И ЕГО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Все методики укрытия бронхиального анастомоза, указанные выше, помимо механического укрытия бронхиального шва обладают рядом свойств способными опосредовано улучшать заживление бронхиального анастомоз, за счет выделения цитокинов и активации ангиогенеза или реваскуляризации бронхиальной ткани из хорошо кровоснабжаемых лоскутов и т.д. Однако среди этих лоскутов нет таких, которые одновременно являются непосредственно строительным материалом для формирования новых сосудов – донором эндотелиальных клеток. В связи с чем нами был разработан и экспериментально изучен новый способ укрытия бронхиального шва аутовеной. За счет чего удастся добиться не только механического отграничения анастомоза, но и активации ангиогенеза в зоне ишемии, за счет имплантации зрелых эндотелиальных клеток из стенки собственной вены.

4.1 Способ выделения аутовены и укрытия бронхиального шва

В эксперименте нами выполнен новый способ укрытия бронхиального анастомоза собственной веной. Выбор такого материала для укрытия анастомоза обусловлен техническими аспектами операции. При лобэктомии всегда пересекается вена, относящаяся к удаляемой доле легкого. Однако в классическом варианте операции вена прошивается и пересекается, без сохранения сосудистой ткани. В эксперименте вена максимально выделялась на протяжении, клипировалась в центральной и дистальной частях, между центральной и проксимальной клипсой выдерживалось максимально длинное расстояние (рисунок 51).



1 – клипса Hem-o-lok (Teleflex, США) на центральной части венозного коллектора;
2 – клипса Hem-o-lok (Teleflex, США) на периферической части венозного коллектора; стрелкой
указано расстояние между клипсами, равное длине аутовенозного трансплантата (2 см)

Рисунок 51 – Выделенный венозный коллектор от верхней доли правого легкого
на экспериментальном животном

Далее вена отсекалась максимально близко к клипсам. Часть вены удалялась и помещалась в физиологический раствор (рисунок 52).

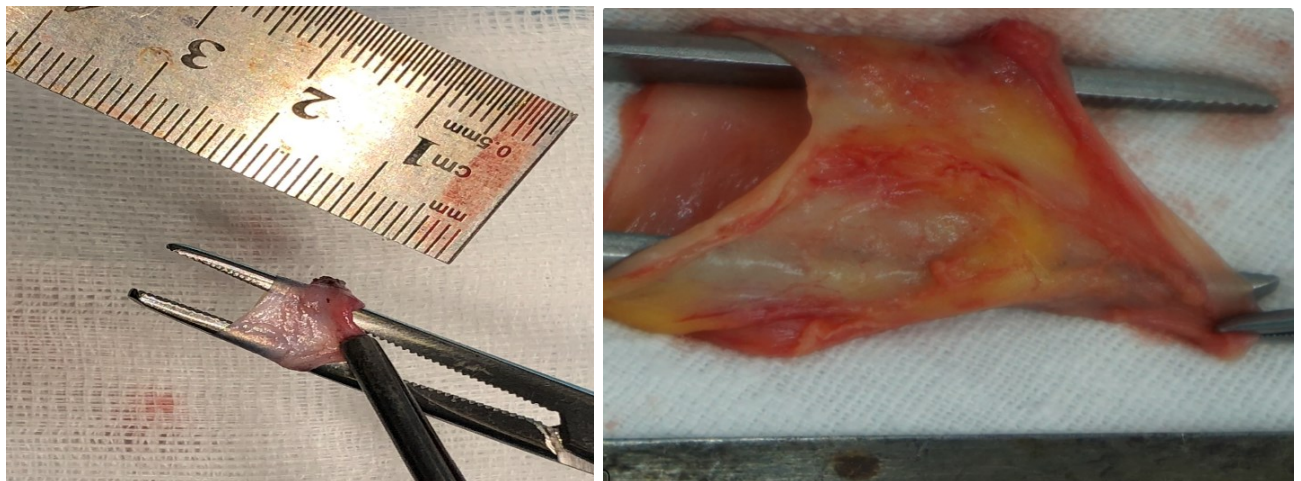
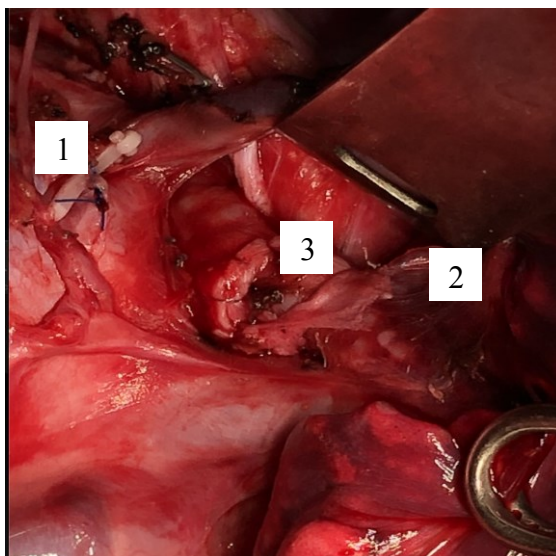


Рисунок 52 – Эксплантированный участок легочной вены

Центральная клипса дополнительно подшивалась насквозь через венозную стенку Z-образным швом, окутывая клипсу (для предотвращения соскальзывания

клипсы с центральной части вены). Затем ход операции продолжался стандартно (рисунок 53).



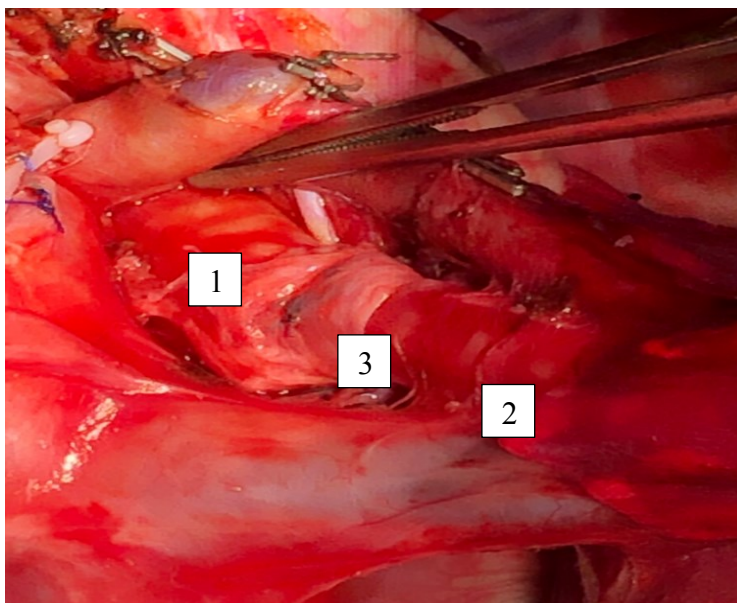
1 – z-образный шов на центральной части культи коллектора вены верхней доли правого легкого, вокруг оси клипсы, для дополнительной фиксации; 2 – венозный «чехол» надет на промежуточный бронх; 3 – сформированный межбронхиальный анастомоз (правый главный бронх + промежуточный бронх)

Рисунок 53 – Закрепление клипсы на с центральной части вены

После удаления препарата (верхняя доля правого легкого с частью правого главного и промежуточного бронхов), венозный аутотрансплантат накладывался (по типу чехла) на промежуточный бронх, низводился ниже линии будущего межбронхиального шва – внутренней (эндотелиальной) поверхностью в сторону бронхов. Следующим этапом формировался анастомоз.

Во всех случаях разницы между проксимальным и дистальным бронхами по диаметру не наблюдалось. Анастомозируемые бронхи сопоставлялись конец в конец, мембранозная часть бронхов ушивалась непрерывным швом нитью Biosyn 4-0 (Covidien, США). Затем отдельно накладывались единичные узловые швы в мембрано-хрящевом переходе, которые связывались с непрерывным швом с одноименной стороны. Далее формировался шов хрящевой части бронхов, единичными узловыми швами, в количестве от 6 до 8 швов, нитью Biosyn 4-0 (Covidien, США). После завершения формирования анастомоза ранее

перемещенная вена натягивалась на промежуточный бронх, и растянутая циркулярно закрывала линию бронхиального анастомоза и следы от введения иглы, частично прикрывая также главный и промежуточный правые бронхи. Степень натяжения вены на анастомозе обеспечивала ее надежную фиксацию, дополнительная фиксация нити не требовалась (рисунок 54). Далее операция заканчивалась стандартно, но без установки плеврального дренажа.



1 – правый главный бронх; 2 – промежуточный бронх; 3 – аутовеенозная манжета на линии анастомоза

Рисунок 54 – Аутовена циркулярно покрывает линию бронхиального шва выше и ниже его линии

Аутовеенозный трансплантат выполнял механическую функцию – дополнительную герметизацию анастомоза и зон вкола игл, отграничивал анастомоз от окружающих тканей. Следующей его функцией являлась имплантация зрелых эндотелиальных клеток, которые покрывают внутреннюю поверхность вены, по средствам их перемещения. Миграция эндотелиальных клеток – это сложный процесс, важный на протяжении всей жизни. Эндотелиальные клетки мигрируют подобно другим клеткам, но обладают специфическим арсеналом рецепторов и лигандов, которые координируют многие аспекты формирования сосудистой сети. Миграция эндотелиальных клеток не

только способствует формированию тканей, но и необходима для заживления ран и регенерации [143]. За счет непосредственного контакта с ишемизированной поверхностью бронхов, выделения цитокинов воспаления, которые инициируют миграцию эндотелиальных клеток в зону ишемии путем механотаксиса, дуротаксиса (миграция клеток в область среды с большей жесткостью) [91, 143]. Так, совершается коллективная клеточная миграция, которая обеспечивает правильное распределение клеток в процессе развития новых сосудов, она сохраняет целостность эндотелиальной ткани вовремя ремоделирования. При этом коллективная миграция клеток позволяет осуществить их взаимодействие с микроокружением [91, 103]. Все перечисленные механизмы способствуют формированию не только новой сосудистой сети, но и благоприятно влияют на рост и дифференцировку соединительной ткани в зоне венозного аутотрансплантата.

4.2 Результаты эксперимента

Сравнение результатов эксперимента показало преимущество группы Б, где использовалась собственная вена для укрытия анастомоза. В этой группе не произошло ни одного случая несостоятельности анастомоза, а также не было отмечено случаев гибели животных.

Напротив, в группе А, где анастомоз оставался открытым, трое животных погибли на 7-, 9- и 11-е сутки после операции из-за несостоятельности бронхиального анастомоза и последующего развития эмпиемы плевры (проведено патологоанатомическое исследование – аутопсия). В группе с использованием аутовенозного имплантата летальных исходов не отмечалось (таблица 21).

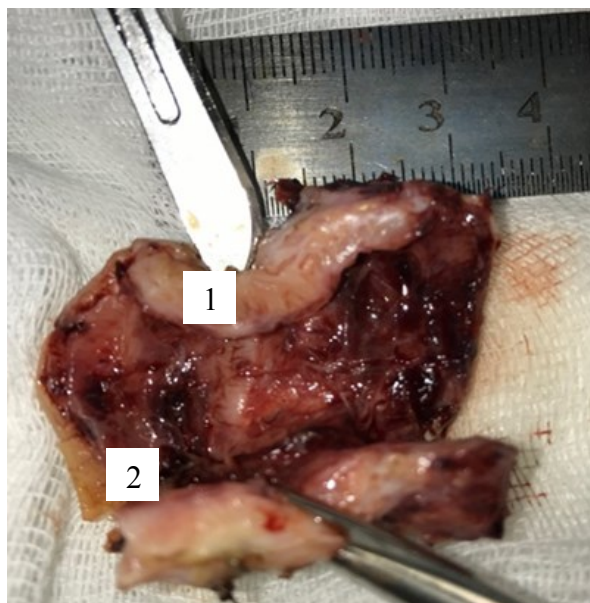
Все выжившие животные выводились из эксперимента на 30-е сутки. После реторакотомии выполнялась оценка герметичности анастомоза путем заполнения плевральной полости животного физиологическим раствором с погружением в

жидкость анастомоза с одновременным проведением принудительной аппаратной вентиляции правого оперированного легкого.

Таблица 21 – Несостоятельность анастомоза в группах экспериментальных животных, летальность

Результат	Без укрытия анастомоза (n=10), группа А	С укрытием анастомоза аутовеной (n=10), группа Б	U-критерий Манна-Уитни
Несостоятельность бронхиального анастомоза	3	0	p=0,012
Летальность	3	0	p=0,019

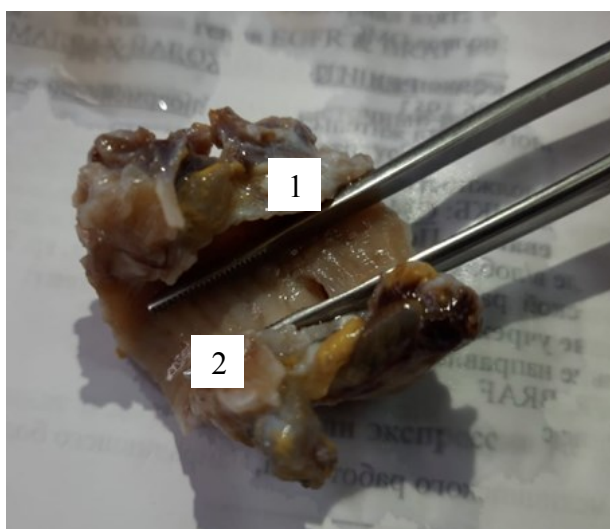
Затем проводилась эксплантация бронхиального анастомоза. Выполнялся его макроскопический осмотр, который включал в себя визуальную целостность линии шва, зондирование межшовных промежутков – оценку их состоятельности. При осмотре анастомоза группы А визуальных дефектов не наблюдалось. Линия анастомоза рыхлая, легко проходима зондом. Шовный материал визуализирован снаружи и внутри анастомоза (рисунок 55).



1 – бронхиальный шва; 2 – просвет анастомоза

Рисунок 55 – Группа А – эксплантированный бронхиальный анастомоз, без
укрытия аутовеной

Макроскопическая оценка анастомоза в группе Б показала наличие выраженных признаков гипертрофического разрастания фиброзной ткани вокруг линии шва, которое не сужает просвет анастомоза. Анастомоз полностью закрылся циркулирующим соединительнотканым слоем, зона шва оказалась непроходимой для зонда, шовный материал находится внутри рубцовой ткани, нити видны только в просвете самого анастомоза (рисунок 56).



1 – разрастание фиброзной ткани вокруг бронхиального шва; 2 – просвет анастомоза

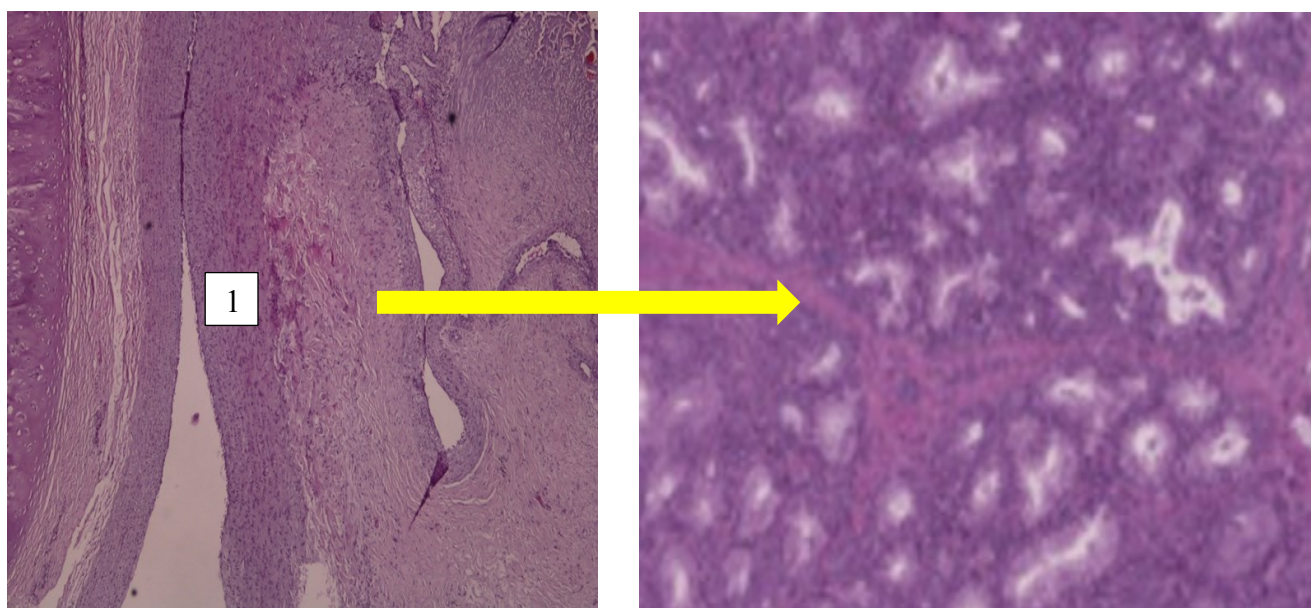
Рисунок 56 – Группа Б – эксплантированный бронхиальный анастомоз, с
укрытием аутовеной

Далее препарат помещали в 10%-й раствор формалина (рН 7.4) на срок 24 часа. Затем эксплантированный анастомоз фиксировали в парафине при температуре 56-58 °С. Следующим этапом готовили срезы толщиной 5 мкм с помощью микротомы («Microtome slices»).

Гистологическое исследование включало окрашивание препаратов гематоксилином и эозином с последующим микроскопическим изучением.

Микроскопическое изучение образцов из группы Б выявило наличие хорошо развитой новообразованной сосудистой сети, плотность которой в 1,76 выше по сравнению с группой А ($p=0,024$). Представленные препараты

демонстрируют стенку крупного бронха с созревшими гиалиновыми хрящевыми участками и перибронхиальным интерстицием. Непосредственно прилегающая к бронху стенка крупной вены сохраняет свою нормальную структуру. При большом увеличении видно активное разрастание малоклеточной фиброзной ткани, насыщенной многочисленными мелкими капиллярами, образующими густую сеть сосудов. Обнаруживаются отдельные небольшие очаги гранулематозного воспаления, состоящие из скоплений эпителиоидных клеток и крупных многоядерных гигантских клеток типа клеток инородных тел. Окружающие зоны характеризуются наличием рассеянного инфильтрата, состоящего из лимфоцитов, макрофагов и фибробластов. В области воспалительных изменений наблюдаются многочисленные тонкие щели, покрытые слоями гипертрофированных эндотелиальных клеток (рисунок 57).

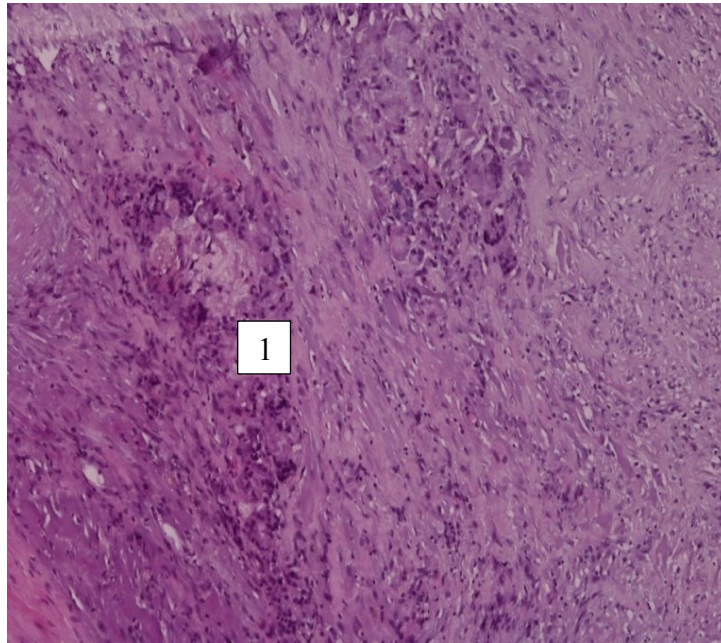


1 – линия эндотелиальной выстилки с формированием сосудов. Эндотелиальные клетки набухшие, имеют крупные светлые ядра и выступают в просвет, что является признаком их высокой функциональной активности и пролиферации

Рисунок 57 – Фотография гистологического исследования эксплантированного бронхиального анастомоза, укрытого аутовеной на 10-е сутки после операции

На рисунке 58, иллюстрирующем образцы из группы А, продемонстрированы аналогичные признаки: представлен крупный бронх с плотной структурой хряща и перибронхиальным интерстицием. Однако при увеличенном изображении видна область разрастания малоклеточной фиброзной

ткани, содержащей незначительное число тонких капилляров с редким расположением сосудов. Гранулемы здесь также присутствуют, но они имеют меньшие размеры и плотность расположения. Инфильтрация окружающего участка характеризуется слабостью и небольшим количеством клеток воспаления, таких как лимфоциты, макрофаги и фибробласты.



1-фибrousная ткань, без эндотелия

Рисунок 58 – Фотография гистологического исследования эксплантированного бронхиального анастомоза, без укрытия, 10-е сутки после операции

Непосредственные результаты представленной методики укрытия бронхиального анастомоза подтвердили эффективность данного метода в связи с полным отсутствием несостоятельности со стороны бронхиального шва ($p=0,02$), летальных исходов в группе Б ($p=0,02$). Результаты макро- и микроскопического исследований эксплантированных анастомозов также показали более выраженную регенерацию и ангиогенез в группе Б по сравнению с группой А.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В современной торакальной хирургии выполнение бронхопластических органосохраняющих операций представляет собой обоснованную стратегию комплексного лечения широкого спектра патологии лёгких - от злокачественных новообразований до рубцовых стенозов, доброкачественных опухолей и травматических повреждений трахеобронхиального дерева. Во всех этих случаях реконструкция дыхательных путей позволяет восстановить анатомическую непрерывность и сохранить функционирующую легочную паренхиму, избежав калечащей пневмонэктомии и улучшив качество жизни пациентов. Однако вне зависимости от этиологии основного заболевания любое бронхопластическое вмешательство сопряжено с риском такого грозного осложнения, как несостоятельность бронхиального шва.

Частота этого осложнения, по данным литературы, колеблется от 2 до 33%, а летальность при его развитии достигает 50% вследствие бронхоплевральных свищей, эмпиемы плевры, аррозивных кровотечений и сепсиса. Существующие способы укрытия анастомоза аутопластическими тканями носят разрозненный характер, отсутствуют единые алгоритмы выбора лоскута, а методы прямой стимуляции репаративного ангиогенеза в зоне шва практически не разработаны. В связи с этим целью работы стало улучшение непосредственных результатов хирургического лечения больных после бронхопластических вмешательств путем создания комплексного подхода к профилактике несостоятельности бронхиального анастомоза. Для ее достижения были поставлены и решены шесть задач, охватывающих сравнительный анализ исходов операций с укрытием и без укрытия анастомоза, обоснование целесообразности циркулярного отграничения шва, разработку алгоритма выбора пластического материала, экспериментальное создание и гистоморфологическое обоснование нового способа укрытия аутовеной, а также оценку эффективности миниинвазивных доступов.

Дизайн работы представляет собой экспериментально-клиническое исследование. Клиническая часть была основана на ретроспективно-

проспективном анализе лечения 201 пациента с немелкоклеточным раком легкого, типичными и атипичными карциноидами на базе ГБУЗ «НИИ – ККБ № 1» в период с 2020 по 2024 г. Все больные были разделены на четыре группы по способу защиты шва и виду оперативного доступа. В 1-й группе (n=75) анастомоз не укрывался, во 2-й (n=81) укрытие выполняли медиастинальными лоскутами (жировой клетчаткой средостения или перикардом), в 3-й (n=19) – мышечными лоскутами (межреберной, широчайшей мышцей спины, передней зубчатой мышцей или диафрагмой), а 4-ю группу (n=26) составили пациенты, оперированные миниинвазивными доступами VATS или RATS с обязательным циркулярным укрытием анастомоза жировой клетчаткой средостения. Группы были сопоставимы по возрасту, полу, индексу массы тела, стадии заболевания и коморбидности (ASA III у всех), что подтверждено критерием Краскела-Уоллиса ($p>0,05$). Все открытые операции выполнялись единой бригадой с идентичной техникой шва: непрерывный шов мембранозной части и отдельные узловы швы на хрящевых полукольцах рассасывающейся нитью Biosyn 3/0–4/0; миниинвазивные вмешательства отличались использованием самоблокирующейся нити V-LOC 3/0 и непрерывного шва по всей окружности. Экспериментальная часть была проведена на 20 половозрелых самцах павианов гамадрилов, которым выполнялась верхняя лобэктомия справа с циркулярной резекцией правого главного бронха и анастомозом конец-в-конец. Животные были разделены на контрольную группу А (n=10, анастомоз не укрывался) и опытную группу Б (n=10, линия шва циркулярно закрывалась аутовеной, полученной из венозного коллектора удаленной доли, эндотелиальной поверхностью к бронхиальной стенке). Выживших животных выводили из эксперимента на 30-е сутки с последующей реторакотомией, оценкой герметичности, макроскопическим и гистологическим исследованием зоны анастомоза.

Анализ ключевых клинических результатов и их сравнение между группами позволили получить ряд принципиальных выводов. Прежде всего, было установлено, что само по себе циркулярное укрытие бронхиального шва любым аутопластическим материалом является мощным фактором профилактики

несостоятельности. В группе без укрытия частота этого осложнения составила 13,3 % (10 из 75 пациентов), тогда как в объединенной группе с укрытием – лишь 4,0 % (4 из 100 пациентов, оперированных открыто; различие статистически значимо, $p=0,02$). Еще более важным оказалось влияние на летальность: если в 1-й группе пять из десяти пациентов с несостоятельностью погибли от гнойно-септических осложнений, что составило 6,6 % от численности всей подгруппы, то среди больных с укрытым анастомозом не зафиксировано ни одного летального исхода, прямо связанного с несостоятельностью шва ($p=0,022$). Анализ случаев несостоятельности при укрытии показал, что лоскут, даже при возникновении частичного дефекта, надежно отграничивал зону шва от прилежащей легочной артерии и плевральной полости, предотвращая образование бронхоплеврального свища и аррозивного кровотечения. Во всех четырех наблюдениях на фоне укрытия дефект удалось ликвидировать либо консервативно (антибактериальная терапия, гипербарическая оксигенация), либо путем завершающей пневмонэктомии, выполненной в одном случае по онкологическим показаниям, причем летального исхода не было. Это позволило заключить, что циркулярное укрытие выполняет двойную функцию, универсально необходимую вне зависимости от характера первичного заболевания: механическую изоляцию и создание биологического барьера для инфекции.

Детальное сравнение видов лоскутов показало, что они различаются не только по технической сложности выделения, но и по влиянию на течение послеоперационного периода. Медиастинальные лоскуты (жировая клетчатка средостения и перикард) потребовали наименьшего времени на мобилизацию: $7,4\pm 2,17$ мин для жировой клетчатки и $12,3\pm 4,12$ мин для перикарда, тогда как подготовка межреберной мышцы занимала $16,3\pm 2,32$ мин, широчайшей мышцы спины – $22,2\pm 3,11$ мин ($p=0,017$). Общее время операции также имело тенденцию к увеличению в группе мышечных лоскутов (234 ± 12 мин против 219 ± 11 мин в медиастинальной группе), однако межгрупповые различия не достигли статистической значимости ($p=0,06$). Болевой синдром, оцененный по визуальной аналоговой шкале на 3-и сутки, был заметно ниже при использовании жировой

клетчатки ($5,1 \pm 1,26$ балла) и перикарда ($5,3 \pm 1,42$), чем при выделении широчайшей мышцы ($7,1 \pm 1,05$) или передней зубчатой мышцы ($6,1 \pm 1,11$), что объясняется дополнительной травматизацией грудной стенки и необходимостью резекции ребра для проведения объемных мышечных массивов ($p=0,04$). Следствием более обширной хирургической травмы стали и другие показатели: длительность дренирования плевральной полости в подгруппе с мышечными лоскутами составила $8 \pm 2,62$ сут против $5,1 \pm 1,72$ сут для медиастинальных лоскутов, а продолжительность пребывания в реанимационном отделении – $7,7 \pm 2,72$ дня против $4,9 \pm 1,95$ дня соответственно ($p=0,032$). Случаи нагноения послеоперационной раны также регистрировались исключительно в группе мышечных лоскутов (2 из 19, или 10,5 %), что ассоциировано со скелетизацией межреберного промежутка и дополнительной мобилизацией мягких тканей ($p=0,037$). В то же время ни один вид лоскута не привел к развитию стеноза анастомоза.

На основании полученных данных был разработан и внедрен в клиническую практику алгоритм последовательного выбора аутопластического материала, применимый при любой бронхопластической операции. Он предполагает первоочередное использование наименее травматичных медиастинальных лоскутов (жировая клетчатка средостения как метод выбора при достаточном ее объеме и отсутствии вовлечения в патологический процесс; перикардиальный лоскут как вторая линия). При невозможности их применения переходят к мышечным лоскутам: межреберная мышца является предпочтительной, поскольку ее частичная мобилизация уже выполнена на этапе торакотомии; широчайшая мышца спины и передняя зубчатая мышца составляют четвертую линию, а диафрагмальный лоскут – резервную, применяемую при исчерпании других вариантов. Такая этапность не удлиняет общую продолжительность операции ($p=0,06$) и позволяет сохранить мышечные ресурсы грудной стенки для возможных повторных реконструктивных вмешательств.

Экспериментальная часть работы была направлена на разработку метода активной стимуляции репаративных процессов в зоне анастомоза

(положительный результат формальной экспертизы заявки на изобретение № 2025132101 от 23.12.2025). Частота несостоятельности анастомоза у животных контрольной группы А (без укрытия) составила 30 % (3 из 10), причем все три особи погибли от эмпиемы плевры на 7–11-е сутки. В опытной группе Б, где анастомоз был укрыт аутовенозной манжетой, не зафиксировано ни одного случая несостоятельности или летального исхода ($p=0,02$). При макроскопической оценке на 30-е сутки анастомозы контрольных животных были рыхлыми, проходимыми для зонда по линии шва; в опытной группе зона шва оказалась полностью окутана плотной фиброзной тканью, непроницаемой для зонда, а шовный материал был инкорпорирован в рубец. Гистоморфологическое исследование с окраской гематоксилином и эозином продемонстрировало кардинальные различия. В группе Б выявлена хорошо развитая сеть новообразованных капилляров в перибронхиальной клетчатке, свидетельствующее о высокой пролиферативной активности. Плотность микрососудов в зоне шва, по данным морфометрии, в 1,76 раза превышала таковую в контроле ($p=0,024$). В контрольной группе А фиброзная ткань была скудной, содержала единичные тонкие капилляры с низкой плотностью, а клеточный инфильтрат – менее выраженным. Таким образом, впервые экспериментально было доказано, что аутовена, имплантированная к ишемизированной бронхиальной стенке, выполняет функцию не только механической манжеты, но и донора зрелых эндотелиальных клеток, которые под влиянием цитокинов воспаления мигрируют в зону шва и запускают процессы неоангиогенеза. Это делает технологию укрытия аутовеной универсальным инструментом ускорения регенерации любого бронхиального анастомоза.

Сравнительная оценка хирургических доступов подтвердила универсальные преимущества миниинвазивных технологий. Сопоставление группы VATS/RATS с открытыми операциями, в которых также применялось укрытие медиастинальной жировой клетчаткой, показало статистически значимые различия. При использовании VATS/RATS не было ни одного случая несостоятельности анастомоза (0 из 26 против 3 из 81 в открытой подгруппе, $p=0,021$). Интенсивность болевого синдрома по ВАШ на 3-и сутки оказалась

достоверно ниже ($4,1 \pm 1,21$ против $5,2 \pm 1,33$ баллов, $p=0,019$), что коррелировало с меньшей концентрацией С-реактивного белка – суррогатного маркера системного воспалительного ответа: на 1-е сутки $72 \pm 19,17$ мг/л против $121 \pm 22,34$ мг/л, на 3-и – $56 \pm 12,34$ мг/л против $94 \pm 17,22$ мг/л ($p=0,019$ и $p=0,016$ соответственно). Снижение воспалительной реакции способствовало более раннему прекращению экссудации и удалению плеврального дренажа: в миниинвазивной группе дренаж удаляли в среднем через $2 \pm 1,21$ дня, после торакотомии – через $5 \pm 1,72$ дня ($p=0,022$). Закономерно сократились сроки пребывания в реанимации ($1,5 \pm 1,22$ против $4,9 \pm 1,95$ сут, $p=0,031$) и общая продолжительность госпитализации ($3,1 \pm 1,22$ против $7,7 \pm 1,22$ койко-дней, $p=0,02$). Эти преимущества делают миниинвазивные доступы предпочтительными для любой бронхопластической операции, если это допускает клиническая ситуация и имеется достаточный опыт хирурга.

Таким образом, комплексный подход, включающий циркулярное укрытие бронхиального анастомоза, рациональный выбор пластического материала по разработанному алгоритму, использование нового метода аутовенозной пластики для стимуляции ангиогенеза и внедрение миниинвазивных технологий, позволил снизить частоту несостоятельности бронхиального шва с 13,3 до 4,0 %, полностью исключить ассоциированную с ней летальность и сократить сроки стационарного лечения в 2,5 раза. Результаты исследования внедрены в работу торакального отделения ГБУЗ «НИИ – ККБ № 1» и могут служить основой для широкого клинического применения не только в онкологической, но и в любой другой торакальной патологии, требующей выполнения бронхопластических операций.

Выводы

1. Использование аутопластического материала обеспечивает статистически значимое снижение частоты развития несостоятельности бронхиального анастомоза с 13 до 3 % ($p=0,02$) и послеоперационной летальности с 6,6 % до 0% ($p=0,022$).

2. Циркулярное укрытие анастомоза аутопластическим материалом позволило полностью исключить случаи летальности, вызванные гнойно-септическими осложнениями, возникающими при несостоятельности бронхиального шва, такой подход при бронхоскопических операциях является целесообразным, за счет улучшения непосредственных результатов хирургического лечения пациентов.

3. Разработан алгоритм выбора аутопластического материала для укрытия бронхиального анастомоза на основе последовательности выбора лоскута, который позволяет оптимизировать использование аутопластического материала путем сохранения мышечных лоскутов при первичном вмешательстве и даёт возможность их использования в случае повторных операций. Такой алгоритм не увеличивает время операции в различных группах пациентов ($p=0,06$) и может быть использован для повышения эффективности хирургического лечения при выполнении бронхопластических операций.

4. Создан новый способ укрытия бронхиального шва с использованием аутовены, эффективность которого подтверждена экспериментально, у животных которым применялся данный способ отсутствовала несостоятельность бронхиального шва и не наблюдалось летальности ($p=0,02$), за счет стимуляции ангиогенеза в зоне бронхиального шва, путем имплантации аутологичных эндотелиальных клеток.

5. Гистоморфологическое изучение тканей при экспериментальном методе укрытия бронхиального шва аутовеной выявило улучшение процессов регенерации бронхиальной стенки за счет ускорения процессов ангиогенеза.

6. Выполнение бронхопластических операций с помощью минимально инвазивного доступа (VATS, RATS) при сравнении с открытым доступом позволяет достоверно снизить количество послеоперационных осложнений, связанных с анастомозом с 3 % до 0 % ($p=0,02$), уменьшить выраженность послеоперационного болевого синдрома с $5,2\pm 1,33$ до $4,1\pm 1,21$ баллов по ВАШ ($p=0,019$), а также сократить послеоперационный койко-день с $7,7\pm 1,22$ до $3,1\pm 1,22$ суток ($p=0,02$).

Практические рекомендации

1. При осуществлении бронхопластических операций рекомендуется циркулярное укрытие линии анастомоза аутопластическим материалом.

2. Подбор аутопластического материала необходимо планировать при подготовке к операции. Рекомендуется в качестве приоритетного материала использовать медиастинальные лоскуты, однако при невозможности их использования следует переходить к выделению мышечной ткани. Такой подход базируется на последовательном переходе от менее травматичного к более травматичному способу, в зависимости от интраоперационной ситуации.

3. В связи с потенциальной необходимостью использования мышечного лоскута для укрытия анастомоза необходимо, при использовании торакотомного доступа отслаивать межреберную мышцу от ребра в зоне установки ранорасширителя. Такой маневр позволяет сохранить жизнеспособность межреберных мышц и позволит, в случае необходимости, использовать данный лоскут для укрытия анастомоза, а в случае неостребованности позволит сохранить жизнеспособность тканей и улучшит заживление торакотомной раны.

4. В условиях технической возможности рекомендуется использовать малоинвазивные хирургические доступы для выполнения бронхопластических операций. Однако, эти методы должны применяться при наличии достаточного опыта клиники и хирурга. Не следует выбирать малоинвазивный путь, если существует угроза кровотечения или значительное увеличение времени операции.

Перспективы дальнейшей разработки темы

Перспективы развития бронхопластической хирургии представляются актуальными в настоящее время, как лучшая альтернатива пневмонэктомии. Совершенствование хирургической техники, способов профилактики осложнений и внедрение миниинвазивных доступов позволит улучшить непосредственные и отдаленные результаты лечения. Изучение различных подходов профилактики несостоятельности бронхиального шва позволяет интегрировать и использовать эти знания в различных клинических ситуациях и разделах медицины

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

АБТ – антибактериальная терапия

АГ – артериальная гипертензия

АД – артериальное давление

БПО – бронхопластические операции

ВАШ – визуальная аналоговая шкала боли

ВДБ – верхнедолевой бронх

ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения

ДИ – доверительный интервал

ДФМ – дефероксамин мезилат

ЗНО – злокачественное новообразование

ЛГБ – левый главный бронх

НБШ – несостоятельность бронхиального шва

НДБ – нижнедолевой бронх

НМКРЛ – немелкоклеточный рак легкого

ОФВ1 – объем форсированного выдоха за 1 секунду

ПБ – промежуточный бронх

ПГБ – правый главный бронх

СДБ – среднедолевой бронх

ФК – функциональная классификация

ШМС – широчайшая мышца спины

ASA – American Society of Anesthesiologists – классификация Американского общества анестезиологов

NYHA – New York Heart Association – шкала оценки тяжести хронической сердечной недостаточности

PDS – полидиоксаноновая нить

RATS – робот-ассистированная торакальная хирургия

VATS – video-assisted thoracoscopic surgery – видеоассистированная торакоскопическая хирургия

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксарин, А. А. Бронхопластические операции в лечении больных немелкоклеточным раком легкого / А. А. Аксарин, М. Д. Тер-Ованесов, С. М. Копейка // Сибирский онкологический журнал. – 2022. – Т. 21, № 1. – С. 85-90.
2. Альтман, Э. И. Материалы о функции легкого после резекций бронха : автореф. дис. ... канд. мед. наук / Альтман Эдуард Израилевич. – Свердловск, 1967. – 14 с.
3. Альтман, Э. И. Реконструктивные операции на бронхах : автореф. дис. ... д-ра мед. наук / Альтман Эдуард Израилевич. – Москва, 1979. – 21 с.
4. Ближайшие результаты бронхопластических лобэктомий, выполненных из видеоторпоскопического и торакотомного доступов / М. А. Атюков, И. Ю. Земцова, А. С. Петров [и др.] // Вестник хирургии им. И. И. Грекова. – 2022. – Т. 181, № 4. – С. 20-28.
5. Богуш, Л. К. Операции на главных бронхах через полость перикарда / Л. К. Богуш. – Москва : Изд-во Медицина, 1972. – 206 с.
6. Бронхиальные осложнения после трансплантации легких / И. В. Пашков, М. Т. Беков, С. В. Готье [и др.] // Вестник трансплантологии и искусственных органов. – 2021. – Т. 23, № 1. – С. 140-149.
7. Бронхо- и ангиопластическая лобэктомия как альтернатива пневмонэктомии в лечении немелкоклеточного рака легкого / А. В. Решетов, А. В. Елькин, Г. В. Николаев [и др.]. // Вестник хирургии им. И. И. Грекова. – 2018. – № 3. – С. 19-24.
8. Бронхоангиопластические операции в онкопульмонологии / М. И. Давыдов, В. А. Нормантович, Б. Е. Полоцкий [и др.] // Вестн. РОНЦ им. Н. Н. Блохина РАМН. – 1995. – № 1. – С. 32-38.
9. Бронхопластические операции по поводу опухолей легкого различной этиологии. Собственный опыт / Р. О. Каменев, М. С. Руденко, А. П. Елисеева [и др.] // Уральский медицинский журнал. – 2024. – Т. 23. № 4. – С. 138-147.

10. Васильев, В.С. Биологическая характеристика жировой ткани / В. С. Васильев, Н. Е. Мантурова, С. А. Васильев, Ж. И. Терюшкова // Пластическая хирургия и эстетическая медицина. – 2019. – № 2. – С. 33-42.

11. Гатятов, Р. Р. Применение свободного плеврально-жирового лоскута в профилактике бронхоплевральных свищей после анатомических резекций легкого по поводу злокачественных новообразований / Р. Р. Гатятов, Н. А. Шаназаров, С.В. Зинченко // Поволжский онкологический вестник. – 2025. – Т. 16, № 3. – С. 32-43.

12. Гатятов, Р. Р. Формирование анастомоза при центральном раке легкого и изменениях с укрытием бронхиального шва / Р. Р. Гатятов, С. В. Иванченко, Н. А. Шаназаров // Хирургия и онкология. – 2023. – Т. 4, № 3. – С. 17-25.

13. Гатятов, Р. Р. Формирование полибронхиального анастомоза при центральном раке легкого и буллезных изменениях с укрытием бронхиального шва свободным плеврально-жировым лоскутом. Случай из клинической практики / Р. Р. Гатятов, С. В. Зинченко, Н. А. Шаназаров // Креативная хирургия и онкология. – 2025. – Т. 15, № 2. – С. 179-185.

14. Еремеева, М. В. Возможности применения стволовых клеток и клеток-предшественников для стимуляции реваскуляризации и регенерации органов // Вестник трансплантологии и искусственных органов. – 2010. – Т. 12, № 1. – С. 86-93.

15. Зюрина, Ю. В. Поиск путей предупреждения несостоятельности швов культуры бронха / Ю. В. Зюрина, Р. А. Сулиманов // Медико-фармацевтический журнал «Пульс». – 2017. – Т. 19, №3. – С. 51-54.

16. Изменение уровня NT-PROBNP и среднего давления в легочной артерии после бронхопластических лобэктомий и пневмонэктомий как маркер дисфункции правого желудочка / В. Ф. Ларин, В. А. Жихарев, А. С. Бушуев [и др.] // Инновационная медицина Кубани. – 2021. – Т. 21. № 1. – С. 6-13.

17. Использование диафрагмального лоскута для укрепления культуры главного бронха при правосторонней пневмонэктомии у больных деструктивным

туберкулезом легких с лекарственной устойчивостью микобактерий туберкулеза / А. О. Аветисян, И. С. Серезвин, Г. Г. Кудряшов [и др.] // Вестник хирургии им. И.И. Грекова. – 2022. – Т. 181, № 2. – С. 16-23.

18. Каприн, А. Д. Злокачественные новообразования в России в 2022 г. (заболеваемость и смертность) / А. Д. Каприн, В. В. Старинский, Г. В. Петрова. – Москва : Издательство ФГБУ «МНИОИ им. П.А. Герцена» Минздрава России, 2022. – 250 с.

19. Куницын, А. Г. Опыт применения лобэктомии с резекцией и пластикой бронхов при раке легкого // Клиническая хирургия. – 1971. – № 8. – С. 19-22.

20. Левченко, Н. Е. Совершенствование бронхопластических вмешательств в хирургии злокачественных новообразований легкого : дис. ... канд. мед. наук : 14.01.12 / Левченко Никита Евгеньевич. – Санкт-Петербург, 2016. – 167 с.

21. Методы закрытия культи бронха путем сдавления извне / Г. Ц. Дамбаев, В. Э. Гюнтер, Н. Э. Куртсеитов [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2021. – № 2. – URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=30628> (дата обращения: 25.03.2024).

22. Непосредственные результаты бронхопластических операций в хирургии злокачественных новообразований легкого / Е. В. Левченко, Н. Е. Левченко, С. М. Ергнян [и др.] // Вопросы онкологии. – 2016. – Т. 62, № 1. – С. 91-95.

23. Нидюлин, В. А. Об эпидемиологии рака легких / В. А. Нидюлин, Б. В. Эрдниева // Медицинский вестник Башкортостана. – 2009. – Т. 4, № 1. – С. 66-71.

24. Общероссийский союз общественных объединений Ассоциация Онкологов России : Клинические рекомендации по диагностике и лечению больных раком легкого / М. Б. Бычков, В. А. Горбунова. – Москва, 2014. – 26 с.

25. Оментопластика как метод профилактики и лечения несостоятельности культи правого главного бронха и трахеобронхиального (трахеотрахеального) анастомоза / П. К. Яблонский, И. В. Мосин,

А. Б. Сангинов [и др.] // Вестник Авиценны. – 2014. – Т. 59, № 2. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/omentoplastika-kak-metod-profilaktiki-i-lecheniya-nesostoyatelnosti-kulti-pravogo-glavnogo-bronha-i-traheobronhialnogo> (дата обращения: 20.02.2023).

26. Отдаленные результаты бронхопластических оперативных вмешательств по сравнению с пневмонэктомиями при раке легкого / Е. В. Левченко, А. Михин, С. Ергян [и др.] // Вопросы онкологии. – 2016. – Т. 63, № 2. – С. 234-239.

27. Отдаленные результаты бронхопластических оперативных вмешательств по сравнению с пневмонэктомиями при раке легкого / Е. В. Левченко, Н. Е. Левченко, Р. И. Юрин [и др.] // Вопросы онкологии. – 2017. – Т. 68, № 4. – С. 234-240.

28. Паршин, В. Д. Хирургия трахеи с атласом оперативной хирургии / В. Д. Паршин, В. А. Порханов. // Хирургия. Журнал им. Н. И. Пирогова. – 2010. – № 7. – С. 79.

29. Патент № 2012249 С1 Российская Федерация МПК А61В 17/11, А61В 17/24. Способ наложения трахеобронхиального анастомоза при правосторонней пневмонэктомии : № 90 4898390 : заявлено 29.12.1990 : опубликовано 15.05.1994 / Д. Б. Гиллер, Б. М. Гиллер, Г. В. Гиллер: патентообладатель Д. Б. Гиллер. – 1994. – 4 с.

30. Патент № 2237445 С2 Российская Федерация, МПК А61В 17/24. Способ трахеобронхиального анастомоза после расширенно-комбинированной пневмонэктомии справа с циркулярной резекцией бифуркации трахеи : № 2002130867/14 : заявлено 18.11.2002 : опубликовано 10.10.2004 / Е. В. Левченко, А. А. Тришин, В. А. Шутов; патентообладатель Е. В. Левченко – 2004. – Бюл. № 28. – 7 с.

31. Патент № 2237445 С2 Российская Федерация, МПК А61В 17/24. Способ трахеобронхиального анастомоза после расширенно-комбинированной пневмонэктомии справа с циркулярной резекцией бифуркации трахеи : № 2002130867/14 : заявлено 18.11.2002 : опубликовано 10.10.2004 /

Е. В. Левченко, А. А. Тришин, В. А. Шутов ; патентообладатель – Е. В. Левченко. – 2004. – 7 с.

32. Пахомова, Р. А. Исторические аспекты и перспективы развития пересадки аутологичной жировой ткани (обзор литературы) / Р. А. Пахомова, К. В. Клименко // Московский хирургический журнал. – 2023. – № 4. – С. 81-87.

33. Перельман, М. И. Хирургия трахеи / М. И. Перельман. – Москва : Медицина, 1972. – 208 с.

34. Петрова, Л. В. Фактор роста эндотелия сосудов как показатель гипоксии тканей, его возможная роль в патогенезе плоского лишая слизистой оболочки рта / Л. В. Петрова, Н. Е. Кушлинский, Л. В. Ильина. // Вестник дерматологии и венерологии. – 2004. – № 5. – С. 7-8.

35. Петровский, Б. В. Резекция и пластика бронхов / Б. В. Петровский, М. И. Перельман, А. П. Кузьмичев. – Москва : Медицина, 1966. – 192 с.

36. Петровский, Б. В. Трахеобронхиальная хирургия / Б. В. Петровский, М. И. Перельман, Н. С. Королёва. – Москва : Медицина, 1978. – 296 с.

37. Порханов, В. А. Торакоскопическая и видео-контролируемая хирургия легких, плевры и средостения : дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.27 / Порханов Владимир Алексеевич. – Санкт-Петербург, 1996. – 233 с.

38. Превентивная эзофагомиобронхопластика — надежный способ профилактики несостоятельности культи бронха и развития бронхоплеврального свища при пульмонэктомии по поводу рака легкого / Р. А. Сулиманов, Е. С. Спасский, Р. Р. Сулиманов, Е. Ю. Шестакова // Креативная хирургия и онкология. – 2023. – № 4. – С. 298-303.

39. Резекция бифуркации трахеи в лечении больных немелкоклеточным раком легкого (Обзор литературы) / И. А. Дадыев, М. М. Давыдов, А. К. Чекини [и др.] // Сибирский онкологический журнал. – 2018. – Т. 17, № 5. – С. 94-105.

40. Резекция и реконструкция карины трахеи в онкохирургии: технические аспекты и результаты / С. М. Ергнян, В. А. Шутов, Н. Е. Левченко [и др.] // Вестник хирургии имени И. И. Грекова. – 2016. – Т. 175, № 3. – С. 111-115.

41. Результаты бронхопластических операций в хирургии злокачественных новообразований легкого / Е. В. Левченко, Н. Е. Левченко, С. М. Ергян [и др.] // Вопросы онкологии. – 2018. – Т. 62, № 1. – С. 91-95.

42. Решетов, А. В. Непосредственные результаты ангио- и бронхопластических лобэктомий при немелкоклеточном раке легкого у пациентов старше 70 лет // Хирургия. Журнал им. Н. И. Пирогова. – 2022. – № 6. – С. 48-54.

43. Романцова, Т. И. Жировая ткань: цвета, депо и функции // Ожирение и метаболизм. – 2021. – Т. 18, № 3. – С. 282-301.

44. Сачек, М. Г. Восстановительная хирургия внутригрудных дыхательных путей : практическое пособие / М. Г. Сачек, В. В. Аничкин. – Минск : Изд-во Беларусь, 1982. – 160 с.

45. Сачек, М. Г. Резекция трахеи и главных бронхов : автореф. дис. ... канд. мед. наук : 14.00.27 / Сачек Михаил Григорьевич. – Минский гос. мед. ин-т. – Витебск, 1965. – 15 с.

46. Северов, В. С. Пластические операции на крупных бронхах в эксперименте и клинике : автореф. дис. ... д-ра. мед. наук / Северов Владимир Станиславович – . Москва, 1963. – 32 с.

47. Сельващук, А. П. Реконструкция и эндопротезирование трахеобронхиального дерева при доброкачественных и злокачественных поражениях : дис. ... д-ра мед. наук : 14.00.27 / Сельващук Андрей Петрович. – Краснодар, 2009. – 45 с.

48. Симонова, М. С. Бронхиальные осложнения после трансплантации легких / М. С. Симонова, М. А. Русаков, В. Д. Паршин // Хирургия. Журнал им. Н. И. Пирогова. – 2021. – № 7. – С. 77-83.

49. Синев, Е. Н. Бронхопластические лобэктомии с максимальной резекцией бронхиального ствола / Е. Н. Синев, Д. А. Чичеватов. // Поволжский онкологический вестник. – 2015. – № 1. – С. 31-36.

50. Синев, Е. Н. Пневмонэктомия с циркулярной резекцией бифуркации трахеи при местно-распространенном раке легкого / Е. Н. Синев,

Д. А. Чичеватов // Онкология. Журнал им. П. А. Герцена. – 2012. – Т. 2, № 1. – С. 12-17.

51. Соломаха, А. А. Клиническая оценка риска развития несостоятельности ушитой культи бронха в послеоперационном периоде // Хирург. – 2025. – № 1. – С. 18-27.

52. Способ формирования трахео-трахеального анастомоза непрерывным однорядным швом в эксперименте / Е. О. Иноземцев, И. С. Курганский, С. А. Лепехова [и др.] // Acta Biomedica Scientifica. – 2018. – Т. 6, № 3. – С. 144-149.

53. Сравнение результатов лечения немелкоклеточного рака легкого после бронхопластических резекций и пневмонэктомий / Е. В. Левченко, В. И. Шабинская, Н. Е. Левченко [и др.] // Вопросы онкологии. – 2024. – № 2. – С. 316-323.

54. Сравнительная характеристика результатов бронхоангиопластических операций с пневмонэктомиями / Д. А. Харагезов, Э. А. Мирзоян, И. Н. Туркин [и др.] // Главный врач Юга России. – 2022. – Т. 82, № 1. – С. 10-13.

55. Старчикова, М. В. Психологическое состояние хирургических больных после операционного вмешательства / М. В. Старчикова, А. Ю. Бендрикова, Ю. Ю. Кочетова. // Baikal Research Journal. – 2020. – Т. 11, № 3. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/psihologicheskoe-sostoyanie-hirurgicheskikh-bolnyh-posle-operatsionnogo-vmeshatelstva> (дата обращения: 28.06.2023).

56. Трансстернальная окклюзия свища главного бронха после пневмонэктомии / В. А. Порханов, И. С. Поляков, В. Б. Кононенко [и др.] // Хирургия. Журнал имени Н.И. Пирогова. – 2020. – № 10. – С. 11-22.

57. Трахтенберг, А. Х. Клиническая онкопульмонология / А. Х. Трахтенберг, В. И. Чиссов. – Москва : ГЕОТАР-Медицина, 2000. – 600 с.

58. Трахтенберг, А. Х. Рак легкого. Руководство, атлас / А. Х. Трахтенберг, В. И. Чиссов. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2009. – 656 с.

59. Харченко, В.П. Реконструктивные операции на бронхах и бифуркации трахеи при хирургическом и комбинированном лечении рака легкого / В. П. Харченко, В. Д. Чхиквадзе // Онкология. Журнал им. П.А. Герцена. – 2020. – Т. 9, № 5. – С. 5-12.
60. Хирургическое лечение рака легкого у больных старше 75 лет / А. Б. Рябов, О. В. Пикин, В. А. Глушко [и др.] // Хирургия. Журнал им. Н. И. Пирогова. – 2022. – № 12. – С. 20-30.
61. Хирургия при раке легкого / А. Б. Рябов, А. Х. Трахтенберг, О. В. Пикин [и др.] // Онкология. Журнал им. П. А. Герцена. – 2017. – Т. 6, № 3. – С. 82-87.
62. Хирургия трахеи и бронхов / М. И. Перельман, Ю. В. Бирюков, Л. М. Гудовский [и др.] // Анналы хирургии. – 2001. – № 1. – С. 30-35.
63. Шевченко, Ю. Л. Стимуляция ангиогенеза эндогенными факторами роста / Ю. Л. Шевченко, Г. Г. Борщев // Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н.И. Пирогова. – 2018. – Т. 13, № 3. – С. 96-102.
64. Шов после циркулярной резекции трахеи / В. Д. Паршин, А. А. Волков, В. В. Паршин [и др.] // Хирургия. Журнал им. Н. И. Пирогова. – 2011. – № 12. – С. 4-9.
65. Эволюция трахеобронхиальной хирургии / А. Б. Рябов, А. Х. Трахтенберг, О. В. Пикин [и др.] // Онкология. Журнал им. П. А. Герцена. – 2017. – Т. 6, № 3. – С. 82-87.
66. Эндоскопическая диагностика бронхиальных осложнений у пациентов после трансплантации легких / А. М. Гасанов, М. Ш. Хубутя, Е. А. Тарабрин [и др.] // Пульмонология. – 2022. – Т. 32, № 1. – С. 7-12.
67. A Comparative Analysis of Long-Term Survival of Robotic Versus Thoracoscopic Lobectomy / J. Sesti, R. C. Langan, J. Bell [et al.] // The Annals of Thoracic Surgery. – 2020. – Vol. 110, № 4. – P. 1139-1146.
68. A National Analysis of Short-term Outcomes and Long-term Survival Following Thoracoscopic Versus Open Lobectomy for Clinical Stage II Non-Small-Cell

Lung Cancer / C. J. Yang, A. Kumar, J. Z. Deng [et al.] // *Annals of Surgery*. – 2021. – Vol. 273, № 3. – P. 595-605.

69. A systematic review and meta-analysis of robotic versus open and video-assisted thoracoscopic surgery approaches for lobectomy / K. E. O'Sullivan, U. S. Kreaden, A. E. Hebert [et al.] // *Interdisciplinary Cardio Vascular and Thoracic Surgery*. – 2019. – Vol. 28. – P. 526-534.

70. Amador, C. Anatomy, Thorax, Bronchial / C. Amador, C. Weber, M. Varacallo. – StatPearls, 2023. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30726038/>.

71. Barta, J. A. Global Epidemiology of Lung Cancer / J. A. Barta, C. A. Powell, J. P. Wisnivesky // *Annals of Global Health*. – 2019. – Vol. 85, № 1 : 8. – <https://doi.org/10.5334/aogh.2419>.

72. Batchelor, T. J. P. Enhanced recovery after surgery and chest tube management // *Journal of Thoracic Disease*. – 2023. – Vol. 15, № 2. – P. 901-908.

73. Bronchial anastomotic complications as a microvascular disruption in a mouse model of airway transplantation / M. A. Khan, S. Bhusal, C. L. Lau [et al.] // *Frontiers in Immunology*. – 2025. – Vol. 16 : 1567657. – <https://doi.org/10.3389/fimmu.2025.1567657>.

74. Bronchial closure in pulmonary resection: a clinical and experimental study using a pedicled pericardial fat graft reinforcement / L. A. Brewer, E. L. King, L. J. Lilly, A. F. Bai // *Journal of Thoracic Surgery*. – 1953. – Vol. 26, № 5. – P. 507-532.

75. Bronchovascular versus bronchial sleeve resection for central lung tumors / H. F. Lausberg, T. P. Graeter, D. Tscholl [et al.] // *Annals of Thoracic Surgery*. – 2005. – Vol. 79, № 4. – P. 1147-1152.

76. Cahan, W. G. Radical lobectomy // *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. – 1960. – Vol. 39. – P. 555-572.

77. Cerfolio, R. J. Intercostal Muscle Flap to Buttress the Bronchus at Risk and the Thoracic Esophageal-Gastric Anastomosis / R. J. Cerfolio, A. S. Bryant, M. Yamamuro // *Annals of Thoracic Surgery*. – 2005. – Vol. 80, № 3. – P. 1017-1020.

78. Cerfolio, R. J. Robotic sleeve lobectomy: technical details and early results // *Journal of Thoracic Disease*. – 2016. – Vol. 8, № 2 : S223-S226. – <https://doi.org/10.3978/j.issn.2072-1439.2016.01.70>.

79. Changes in pulmonary function test and cardio-pulmonary exercise capacity in COPD patients after lobar pulmonary resection / A. Bobbio, A. Chetta, P. Carbognani [et al.] // *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. – 2005. – Vol. 28, № 5. – P. 754-758.

80. Clinical and bronchoscopic aspects of bronchial healing after sleeve resection for lung cancer: a multivariate analysis on 541 cases / A. Lopez-Pastorini, C. Eckermann, A. Koryllos [et al.] // *Journal of Thoracic Disease*. – 2022. – Vol. 14, № 4. – P. 927-938.

81. Clinical experience with carinal resection / J. D. Mitchell, D. J. Mathisen, C. D. Wright [et al.] // *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. – 1999. – Vol. 117, № 1. – P. 39-53.

82. Clinical results of bronchial stump coverage using free pericardial fat pad / K. Matsuoka, N. Imanishi, T. Yamada [et al.] // *Interdisciplinary Cardio-vascular and Thoracic Surgery*. – 2016. – Vol. 23, № 4. – P. 553-559.

83. Comparative Effectiveness of Robotic-Assisted Surgery for Resectable Lung Cancer in Older Patients / R. R. Veluswamy, S. A. Whittaker Brown, G. Mhango [et al.] // *Chest*. – 2020. – Vol. 157, № 5. – P. 1313-1321.

84. Comparison of operative mortality and complications between bronchoplastic lobectomy and pneumonectomy in lung cancer patients / E. S. Lee, S. I. Park, Y. H. Kim [et al.] // *Journal of Korean Medical Science*. – 2007. – Vol. 22, № 1. – P. 43-47.

85. Comparison of the surgical results of lobectomy with bronchoplasty and pneumonectomy for lung cancer / I. Yoshino, H. Yokoyama, T. Yano [et al.] // *Journal of Surgery Oncology*. – 1997. – Vol. 64, № 1. – P. 32-35.

86. Complete resection in lung cancer surgery: Proposed definition / R. Rami-Porta, C. Wittekind, P. Goldstraw, International Association for the Study of Lung Cancer // *Lung Cancer*. – 2005. – Vol. 49, № 1. – P. 25-33.

87. Continuous absorbable suture technique for tracheobronchial sleeve / M. J. Chakaramakkil, L. Y. Jim, J. L. Soon, T. Agasthian // *Asian Cardiovascular and Thoracic Annals*. – 2011. – Vol. 19, № 1. – P. 44-47.
88. Conventional clinicopathologic prognostic factors in surgically resected nonsmall cell lung carcinoma. A comparison of prognostic factors for each pathologic TNM stage based on multivariate analyses / K. Suzuki, K. Nagai, J. Yoshida [et al.] // *Cancer*. – 1999. – Vol. 86, № 10. – P. 1976-1984.
89. Credentialing for robotic lobectomy: what is the learning curve? A retrospective analysis of 272 consecutive cases by a single surgeon / J. J. Baldonado, M. Amaral, J. Garrett [et al.] // *Journal of Robotic Surgery*. – 2018. – Vol. 13, № 5. – P. 663-669.
90. De novo cartilage growth after implantation of a 3-D-printed tracheal graft in a porcine model / S. E. Shai, Y. L. Lai, Y. W. Hung [et al.] // *American Journal of Translational Research*. – 2020. – Vol. 12, № 7. – P. 3728-3740.
91. Directed cell migration towards softer environments / A. Isomursu, K. Y. Park, J. Hou [et al.] // *Nature Materials*. – 2022. – Vol. 21, № 9. – P. 1081-1090.
92. Does pleural bronchial wrapping improve wound healing in right sleeve lobectomy? / T. Ishihara, E. Nemoto, K. Kikuchi [et al.] // *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. – 1985. – Vol. 89, № 5. – P. 65-672.
93. Early and locally advanced non-small-cell lung cancer (NSCLC): ESMO Clinical Practice Guidelines for diagnosis, treatment and follow-up / P. E. Postmus, K. M. Kerr, M. Oudkerk [et al.] // *Annals of Oncology*. – 2017. – Vol. 28, Suppl 4 : iv1-iv21. – <https://doi.org/10.1093/annonc/mdx222>.
94. Elevated serum interleukin-6 (IL-6) in solid-organ transplant recipients is positively associated with tissue destruction and IL-6 gene expression in the periodontium / E. Ioannidou, D. Kao, N. Chang [et al.] // *Journal of Periodontology*. – 2006. – Vol. 77, № 11. – P. 1871-1878.
95. Ernest, A. F. Tracheobronchial Reconstruction: Principles and Practice / A. F. Ernest, D. P. John // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* – 2019. – Vol. 157, № 1. – P. 147-165.

96. ESTS guidelines for intraoperative lymph node staging in non-small cell lung cancer / D. Lardinois, P. De Leyn, P. Van Schil [et al.] // *The European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. – 2006. – Vol. 30. – P. 787-792.
97. Feasibility and safety of robot-assisted thoracic surgery for lung lobectomy in patients with non-small cell lung cancer: A systematic review and meta-analysis / S. Wei, M. Chen, N. Chen, L. Liu // *World Journal of Surgical Oncology*. – 2017. – Vol. 15, № 1 : 98. – <https://doi.org/10.1186/s12957-017-1168-6>.
98. Ferguson, J. Developing a VATS lobectomy programme – can VATS lobectomy be taught? / J. Ferguson, W. Walker// *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. – 2006. – Vol. 29, № 5. – P. 806-809.
99. Ferguson, M. K. Sleeve lobectomy or pneumonectomy: optimal management strategy using decision analysis techniques / M. K. Ferguson, A. G. Lehman// *Annals Thoracic Surgery*. – 2003. – Vol. 76, № 6. – P. 1782-1788.
100. Ginsberg, R. J. Randomized trial of lobectomy versus limited resection for T1 N0 non-small cell lung cancer / R. J. Ginsberg, L. V. Rubinstein // *The Annals of Thoracic Surgery*. – 1995. – Vol. 60, № 3. – P. 615-623.
101. Ginsberg, R. J. The role of induction therapy and surgery for stage IIIA lung cancer // *Annals of Oncology*. – 1995. – Vol. 6, № 3 : S29-S32. – https://doi.org/10.1093/annonc/6.suppl_3.s29.
102. Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries / F. Bray, J. Ferlay, I. Soerjomataram [et al.] // *CA: a cancer journal for clinicians*. – 2018. – Vol. 68, № 6. – P. 394-424.
103. Gov, N. S. Traction forces during collective cell motion // *HFSP Journal*. – 2009. – Vol. 3, № 4. – P. 223-227.
104. Graft microvascular disease in solid organ transplantation / X. Jiang, Y. K. Sung, W. Tian [et al.] // *Journal of Molecular Medicine (Berlin)*. – 2014. – Vol. 92, № 8. – P. 797-810.

105. Graham, E. A. Successful Removal of an Entire Lung for Carcinoma of the Bronchus / E. A. Graham, J. J. Singer // *CA: a cancer journal for clinicians*. – 1974. – Vol. 24, № 4. – P. 238-242.
106. Grillo, H. C. Surgery of the trachea and bronchi / H. C. Grillo. – London : BC Decker Inc Hamilton, 2004. – 872 p.
107. Growth of tracheal anastomoses in lambs: comparison of PDS and Vicryl suture material and interrupted and continuous techniques / E. Friedman, A. R. Perez-Atayde, M. Silvera, R. A. Jonas // *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. – 1990. – Vol. 100, № 2. – P. 188-193.
108. Hasse, J. Patch-closure of tracheal defects with pericardium/PTFE. A new technique in extended pneumonectomy with carinal resection // *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. – 1990. – Vol. 4, № 8. – P. 412-415.
109. Horn, L. Evarts A. Graham and the First Pneumonectomy for Lung Cancer / L. Horn, D. H. Johnson // *Journal of Clinical Oncology*. – 2008. – Vol. 26, № 19. – P. 3268-3275.
110. Huang, L. Comparative study of anatomic lung resection by robotic vs. video-assisted thoracoscopic surgery / L. Huang, Y. Shen, M. Onaitis // *Journal of Thoracic Disease*. – 2019. – Vol. 11, № 4. – P. 1243-1250.
111. Hybrid video-assisted thoracic surgery–robotic minimally invasive right upper lobe sleeve lobectomy / T. Schmid, F. Augustin, G. Kainz [et al.] // *Annals of Thoracic Surgery*. – 2011. – Vol. 91, № 6. – P. 1961-1965.
112. Ibrahim, M. Bronchial and pulmonary arterial sleeve resection / M. Ibrahim, F. Venuta, E. A. Rendina // *Multimedia Manual of Cardiothoracic Surgery*. – 2005. – Vol. 2005, № 425 : mmcts.2004.000067. – <https://doi.org/10.1510/mmcts.2004.000067>.
113. Impact of duration of chest tube drainage on pain after cardiac surgery / X. M. Mueller, F. Tinguely, H. T. Tevæarai [et al.] // *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. – 2000. – Vol. 18, № 5. – P. 570-574.

114. Indications and results of sleeve carinal resection / V. A. Porhanov, I. S. Poliakov, A. P. Selvaschuk [et al.] // *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. – 2002. – Vol. 22, № 5. – P. 685-694.

115. Induction of cell migration by pro-urokinase binding to its receptor: possible mechanism for signal transduction in human epithelial cells / N. Busso, S. K. Masur, D. Lazega [et al.] // *Journal of Cell Biology*. – 1994. – Vol. 126, № 1. – P. 259-270.

116. Inhalation with tobramycin to improve healing of tracheobronchial reconstruction / C. Ludwig, R. Riedel, J. Schnell, E. Stoelben // *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. – 2009. – Vol. 35, № 5. – P. 797-800.

117. Initial Multicenter Community Robotic Lobectomy Experience: Comparisons to a National Database / R. D. Adams, W. D. Bolton, J. E. Stephenson [et al.] // *Annals of Thoracic Surgery*. – 2014. – Vol. 97, № 6 – P. 1893-1900.

118. Kutlu, C. A. Tracheobronchial sleeve resection with the use of a continuous anastomosis: Results of one hundred consecutive cases / C. A. Kutlu, P. Goldstraw // *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. – 1999. – Vol. 117, № 6. – P. 1112-1117.

119. Lamalice, L. Endothelial cell migration during angiogenesis / L. Lamalice, F. Le Boeuf, J. Huot // *Circulation Research*. – 2007. – Vol. 100, № 6. – P. 782-794.

120. Left main bronchus resection and reconstruction: a single institution experience / M. Ragusa, J. Vannucci, L. Cagini [et al.] // *Journal of Cardiothoracic Surgery*. – 2012. – Vol. 7 : 29. – <https://doi.org/10.1186/1749-8090-7-29>.

121. Levashev, Y. N. The possibilities of greater omentum usage in thoracic surgery / Y. N. Levashev, A. L. Akopov, I. V. Mosin // *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. – 1999. – Vol. 15, № 4. – P. 465-468.

122. Levchenko, E. Evaluation of risk factors for early insufficiency after bronchial sleeve resections / E. Levchenko, V. Shabinskaya, N. Levchenko [et al.] // *Thoracic and Cardiovascular Surgery*. – 2025. – Vol. 73, № 2. – P. 165-173.

123. Li, S. Mechanotransduction in endothelial cell migration / S. Li, N. F. Huang, S. Hsu // *Journal of Cellular Biochemistry*. – 2005. – Vol. 96, № 6. – P. 1110-1126.

124. Li, Y. The horizon of materiobiology: a perspective on material-guided cell behaviors and tissue engineering / Y. Li, Y. Xiao, C. Liu // *Chemical Reviews*. – 2017. – Vol. 117, № 5. – P. 4376-4421.

125. Li, Y. Video-assisted thoracoscopic surgery sleeve lobectomy with bronchoplasty: an improved operative technique / Y. Li, J. Wang // *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. – 2013. – Vol. 44, № 6. – P. 1108-1112.

126. Local control of disease related to lymph node involvement in non-small cell lung cancer after sleeve lobectomy compared with pneumonectomy / Y. T. Kim, C. H. Kang, S. W. Sung, J. H. Kim // *Annals of Thoracic Surgery*. – 2005. – Vol. 79, № 4. – P. 1153-1161.

127. Long term survival with thoracoscopic versus open lobectomy: Propensity matched comparative analysis using SEER-Medicare database / S. Paul, A. Isaacs, T. Treasure [et al.] // *BMJ*. – 2014. – Vol. 349 : g5575. – <https://doi.org/10.1136/bmj.g5575>.

128. Long-Term Oncologic Outcomes After Robotic Lobectomy for Early-stage Non-Small-cell Lung Cancer Versus Video-assisted Thoracoscopic and Open Thoracotomy Approach / P. J. Kneuert, D. M. D'Souza, M. Richardson [et al.] // *Clinical Lung Cancer*. – 2020. – Vol. 21, № 3 : 214-224.e2. – <https://doi.org/10.1016/j.clcc.2019.10.004>.

129. Ludwig, C. Prophylaxis and management of postoperative complications after tracheobronchial surgery // *Journal of Thoracic Disease*. – 2020. – Vol. 12, № 10. – P. 6179-6184.

130. Ludwig, C. Suture material and technique in bronchial surgery / C. Ludwig, E. Stoelben // *Thorac. Surg. Clin*. – 2018. – Vol. 28, № 2. – P. 201-208.

131. Lung conservation techniques: bronchial sleeve resection and reconstruction of the pulmonary artery / E. A. Rendina, T. De Giacomo, F. Venuta [et al.] // *Seminars in Surgical Oncology*. – 2000. – Vol. 18, № 2. – P. 165-172.

132. Lymph Node Evaluation by Open or Video-Assisted Approaches in 11,500 Anatomic Lung Cancer Resections / D. J. Boffa, A. S. Kosinski, S. Paul [et al.] // *Annals of Thoracic Surgery*. – 2012. – Vol. 94, № 2. – P. 347-353.

133. Ma, Z. Does sleeve lobectomy concomitant with or without pulmonary artery reconstruction (double sleeve) have favorable results for non-small cell lung cancer compared with pneumonectomy? A meta-analysis / Z. Ma, A. Dong, J. Fan, H. Cheng // *European Journal of Cardiothoracic Surgery*. – 2007. – Vol. 32, № 1. – P. 20-28.

134. Madhyastha, H. *Nanopharmaceuticals in Regenerative Medicine* / H. Madhyastha, D. N. Chauhan. – Boca Raton London New York : CRC Press Naylor & Francis Group, 2022. – <https://doi.org/10.1201/9781003153504>.

135. Main bronchial sleeve resection with pulmonary conservation / J. R. Newton Jr, H. C. Grillo, D. J. Mathisen // *Annals of Thoracic Surgery*. – 1991. – Vol. 52, № 6. – P. 1272-1280.

136. Management of persistent air leaks / K.C. Dugan, B. Laxmanan, S. Murgu, D. K. Hogarth // *Chest*. – 2017. – Vol. 152, № 2. – P. 417-423.

137. Mansour, K. A. Tracheal resections: lessons learned / K. A. Mansour, R. B. Lee, J. I. Miller Jr // *Annals of Thoracic Surgery*. – 1994. – Vol. 57, № 5. – P. 1120-1125.

138. Martini, N. The Role of Surgery in N2 Lung Cancer / N. Martini, B. J. Flehinger // *Surgical Clinics of North America*. – 1987. – Vol. 67, № 5. – P. 1037-1049.

139. Massard, G. Local control of disease and survival following bronchoplastic lobectomy for non-small cell lung cancer / G. Massard, R. Kessler, B. Gasser [et al.] // *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. – 1999. – Vol. 16, № 3. – P. 276-282.

140. Mathisen, D. J. Carinal resection / D. J. Mathisen, H. C. Grillo, H. A. Gaissert // *Thoracic surgery – 2nd edition* / F. G. Pearson, J. D. Cooper, J. Deslauriers [et al.]. – New York : Churchill Livingstone, 2002. – P. 415-425.

141. Mathisen, D. J. The omentum in the management of complicated cardiothoracic problems / D. J. Mathisen, H. C. Grillo, G. J. Vlahakes, W. M. Daggett // *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. – 1988. – Vol. 95, № 4 – P. 677-684.
142. Merritt, R. E. Lymph Node Evaluation Achieved by Open Lobectomy Compared with Thoracoscopic Lobectomy for N0 Lung Cancer / R. E. Merritt, C. D. Hoang, J. B. Shrager // *Annals of Thoracic Surgery*. – 2013. – Vol. 96, № 4. – P. 1171-1177.
143. Michaelis, U. R. Mechanisms of endothelial cell migration // *Cellular and Molecular Life Sciences*. – 2014. – Vol. 71, № 21. – P. 4131-4148.
144. Modified bronchial anastomosis in video-assisted thoracoscopic sleeve lobectomy: a report of 32 cases / H. Chen, L. Huang, G. Xu [et al.] // *Journal of Thoracic Disease*. – 2016. – Vol. 8, № 8. – P. 2233-2240.
145. Moghissi, K. Tracheal reconstruction with a prosthesis of marlex mesh and pericardium // *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. – 1975. – Vol. 69, № 4. – P. 499-506.
146. Multiple-running suture technique for bronchial anastomosis in difficult sleeve resection / A. M. Hamad, G. Marulli, G. Rizzardi [et al.] // *Annals of Thoracic Surgery*. – 2009. – Vol. 87, № 3. – P. 975-976.
147. National Analysis of Long-term Survival Following Thoracoscopic Versus Open Lobectomy for Stage I Non-small-cell Lung Cancer / C. J. Yang, A. Kumar, J. A. Klapper [et al.] // *Annals of Surgery*. – 2019. – Vol. 269, № 1. – P. 163-171.
148. Neutralizing IL-6 reduces human arterial allograft rejection by allowing emergence of CD161+ CD4+ regulatory T cells / B. Fogal, T. Yi, C. Wang [et al.] // *Journal of Immunology*. – 2011. – Vol. 187, № 12. – P. 6268-6280.
149. Nicolls, M. R. Bronchial blood supply after lung transplantation without bronchial artery revascularization / M. R. Nicolls, M. R. Zamora // *Current Opinion in Organ Transplantation*. – 2010. – Vol. 15, № 5. – P. 563-567.
150. Nodal upstaging evaluation in NSCLC patients treated by robotic lobectomy / C. Zirafa, V. Aprile, S. Ricciardi, [et al.] // *Surgical Endoscopy*. – 2019. – Vol. 33, № 1. – P. 153-158.

151. Nodal Upstaging Is More Common with Thoracotomy than with VATS During Lobectomy for Early-Stage Lung Cancer: An Analysis from the National Cancer Data Base / R. L. Medbery, T. W. Gillespie, Y. J. Liu [et al.] // *Journal of Thoracic Oncology*. – 2016. – Vol. 11, № 2. – P. 222-233.

152. Nonbronchial systemic collateral arteries: significance in percutaneous embolotherapy for hemoptysis / F. S. Keller, J. Rosch, T. G. Loflin [et al.] // *Radiology*. – 1987. – Vol. 164, № 3. – P. 687-692.

153. North, L. B. Bronchial and intercostal arteriography in non-neoplastic pulmonary disease / L. B. North, S. F. Boushy, V. N. Houk // *American Journal of Roentgenology, Radium Therapy, and Nuclear Medicine*. – 1969. – Vol. 107, № 2. – P. 328-342.

154. NT-proBNP can be used to detect right ventricular systolic dysfunction in pulmonary hypertension / K. G. Blyth, B. A. Groenning, P. B. Mark [et al.] // *European Respiratory Journal*. – 2007. – Vol. 29, № 4. – P. 737-744.

155. Omentum is highly effective in the management of complex cardiothoracic surgical problems / J. B. Shrager, J. C. Wain, C. D. Wright [et al.] // *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. – 2003. – Vol. 125, № 3. – P. 526-532.

156. Open, Video-Assisted Thoracic Surgery, and Robotic Lobectomy: Review of a National Database / M. Kent, T. Wang, R. Whyte [et al.] // *Annals of Thoracic Surgery*. – 2014. – Vol. 97, № 1. – P. 236-244.

157. Optimal Approach to Lobectomy for Non-Small Cell Lung Cancer: Systemic Review and Meta-Analysis / C. S Ng, J. K. MacDonald, S. Gilbert [et al.] // *Innovations (Philadelphia, Pa.)*. – 2019. – Vol. 14, № 2. – P. 90-116.

158. Outcomes after lobectomy using thoracoscopy vs thoracotomy: A comparative effectiveness analysis utilizing the Nationwide Inpatient Sample database / S. Paul, A. Sedrakyan, Y. L. Chiu [et al.] // *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. – 2013. – Vol. 43, № 4. – P. 813-817.

159. Padilla, G. V. Defining the content domain of quality of life for cancer patients with pain / G. V. Padilla, B. Ferrell, M. M. Grant, M. Rhiner // *Cancer Nursing*. – 1990. – Vol. 13. – P. 108-115.

160. Palade, E. Bronchus anastomosis after sleeve resection for lung cancer: does the suture technique have an impact on postoperative complication rate? / E. Palade, H. Holdt, B. Passlick // *Interdisciplinary CardioVascular and Thoracic Surgery*. – 2015. – Vol. 20, № 6. – P. 798-804.

161. Peleg, H. An experimental comparison of suture materials for tracheal and bronchial anastomoses / H. Peleg, U. N. Rao, L. J. Emrich // *Thoracic and Cardiovascular Surgery*. – 1986. – Vol. 34, № 6. – P. 384-388.

162. Pericardial fat pad tissue produces angiogenic factors for healing the bronchial stump / F. Shoji, T. Yano, N. Miura [et al.] // *Interactive Cardio Vascular and Thoracic Surgery*. – 2011. – Vol. 13, № 3. – P. 271-275.

163. Pericardial flap-plasty for protection of the tracheal anastomosis in heart-lung transplantation / A. Haverich, K. Frimpong-Boateng, T. Wahlers, H. J. Schäfers // *Journal of Cardiac Surgery*. – 1989. – Vol. 4, № 2. – P. 136-139.

164. Porcel, J. M. Chest Tube Drainage of the Pleural Space: A Concise Review for Pulmonologists // *Tuberculosis and Respiratory Diseases*. – 2018. – Vol. 81, № 2. – P. 106-115.

165. Post-operative infections are associated with the development of airway complications and increased mortality in lung transplant recipients / N. Mahdi, I. Nadeem, S.A. Ul Munamm [et al.] // *Thorax*. – 2023. – Vol. 78, № 5 : A1-A311. – <https://doi.org/10.1136/thorax-2023-btsabstracts.234>.

166. Postoperative pain and quality of life after lobectomy via video-assisted thoracoscopic surgery or anterolateral thoracotomy for early stage lung cancer: A randomised controlled trial / M. Bendixen, O. D. Jørgensen, C. Kronborg [et al.] // *Lancet Oncology*. – 2016. – Vol. 17, № 6. – P. 836-844.

167. Practical issues in the surgical treatment of non-small cell lung cancer. Recommendations from the French Society of Thoracic and Cardiovascular Surgery / P. Thomas, M. Dahan, M. Riquet [et al.] // *Revue des Maladies Respiratoires*. – 2008. – Vol. 25, № 8. – P. 1031-1036.

168. Prolonged operative duration increases risk of surgical site infections: a systematic review / H. Cheng, B.P. Chen, I.M. Soleas [et al.] // *Surgical Infections (Larchmont)*. – 2017. – Vol. 18, № 6. – P. 722-735.

169. Promotion of airway anastomotic microvascular regeneration and alleviation of airway ischemia by deferoxamine nanoparticles / X. Jiang, A. V. Malkovskiy, W. Tian [et al.] // *Biomaterials*. – 2014. – Vol. 35, № 2. – P. 803-813.

170. Promotion of Primary Murine Breast Cancer Growth and Metastasis by Adipose-Derived Stem Cells Is Reduced in the Presence of Autologous Fat Graft / S. Gebremeskel, J. Gencarelli, A. J. [et al.] // *Plast Reconstr Surg*. – 2019. – Vol. 143, № 1. – P. 137-147.

171. Propensity Score Analysis Comparing Videothoroscopic Lobectomy With Thoracotomy: A French Nationwide Study / P. B. Pagès, J. P. Delpy, B. Orsini [et al.] // *The Annals of Thoracic Surgery*. – 2016. – Vol. 101, № 4. – P. 1370-1378.

172. Quality of life after lung cancer surgery: a prospective pilot study comparing bronchial sleeve lobectomy with pneumonectomy / B. Balduyck, J. Hendriks, P. Lauwers, P. Van Schil // *Journal of Thoracic Oncology*. – 2008. – Vol. 6, № 3. – P. 604-608.

173. Rees, G. M. Lobectomy with sleeve resection in the treatment of bronchial tumours / G. M. Rees, M. Paneth // *Thorax*. – 1970. – Vol. 25, № 2. – P. 160-164.

174. Ribatti, D. History of research on angiogenesis // *Chemistry, Immunology and Allergy*. – 2014. – Vol. 99. – P. 1-14. – <https://doi.org/10.1159/000353311>.

175. Rienhoff, W. F. Closure of the bronchus following total pneumonectomy: experimental and clinical observations / W. F. Rienhoff, J. Gannon, I. Sherman // *Annals of Surgery*. – 1942. – Vol. 116, № 4. – P. 481-531.

176. Risk factors and outcomes of bronchopleural fistula after bronchoplasty in patients with non-small cell lung cancer: a retrospective multivariate analysis / Z. Peng, J. Mei, C. Liu [et al.] // *Translational Lung Cancer Research*. – 2022. – Vol. 11, № 5. – P. 744-756.

177. Robotic Approach Offers Similar Nodal Upstaging to Open Lobectomy for Clinical Stage I Non-small Cell Lung Cancer / A. Tang, S. Raja, A. C. Bribriescio [et al.] // *Annals of Thoracic Surgery*. – 2020. – Vol. 110. – P. 424-433.

178. Robotic harvest of intercostal muscle flap / R. S. Lazzaro, M. Guerges, B. Kadosh, I. Gulkarov // *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. – 2013. – Vol. 146, № 2. – P. 486-487.

179. Robotic lobectomy for non-small cell lung cancer (NSCLC): Long-term oncologic results / B. J. Park, F. Melfi, A. Mussi [et al.] // *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. – 2012. – Vol. 143. – P. 383-389.

180. Robotic sleeve resection for pulmonary disease / C. Li, B. Zhou, Y. Han [et al.] // *World Journal of Surgical Oncology*. – 2018. – Vol. 16, № 1 : 74. – <https://doi.org/10.1186/s12957-018-1374-x>.

181. Robotic sleeve resection of the airway: outcomes and technical conduct using video vignettes / T. C. Geraci, D. Ferrari-Light, S. Wang [et al.] // *Annals of Thoracic Surgery*. – 2020. – Vol. 110, № 1. – P. 236-240.

182. Robotic-assisted, video-assisted thoracoscopic and open lobectomy: propensity-matched analysis of recent premier data / D. S. Oh, R. M. Reddy, M. L. Gorrepati [et al.] // *The Annals of Thoracic Surgery*. – 2017. – Vol. 104. – P. 1733-1740.

183. Role of cystic fibrosis bronchial epithelium in neutrophil chemotaxis / G. Cabrini, A. Rimessi, M. Borgatti [et al.] // *Frontiers in Immunology*. – 2020. – Vol. 11 : P. 1438. – <https://doi.org/10.3389/fimmu.2020.01438>.

184. Santacruz, J. F. Airway complications and management after lung transplantation: ischemia, dehiscence, and stenosis / J. F. Santacruz, A. C. Mehta // *Proc Am Thorac Soc*. – 2009. – Vol. 6, № 1. – P. 79-93.

185. Siegel, R. L. Cancer statistics, 2017 / R. L. Siegel, K. D. Miller, A. Jemal // *CA: A Cancer Journal for Clinicians*. – 2017. – Vol. 67, № 1. – P. 7-30.

186. Sleeve lobectomy by video-assisted thoracic surgery versus thoracotomy for non-small cell lung cancer / S. Zhou, G. Pei, Y. Han [et al.] // *Journal of*

Cardiothoracic Surgery. – 2015. – Vol. 10 : 116. – <https://doi.org/10.1186/s13019-015-0318-6>.

187. Sleeve lobectomy for carcinoma of the lung / R. D. Weisel, J. D. Cooper, N. C. Delarue [et al.] // Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery. – 1979. – Vol. 78, № 6. – P. 839-849.

188. Sleeve Lobectomy: To Wrap or Not to Wrap the Bronchial Anastomosis? / A. Campisi, A.P. Ciarrocchi, S. Congiu [et al.] // The Annals of Thoracic Surgery. – 2022. – Vol. 113, № 1. – P. 250-255.

189. Sleeve resections with unprotected bronchial anastomoses are safe even after neoadjuvant therapy / E. Storelli, M. Tutic, P. Kestenholz [et al.] // European Journal of Cardio-Thoracic Surgery. – 2012. – Vol. 42, № 1. – P. 77-81.

190. Spaggiari, L. A Brief Report on Survival After Robotic Lobectomy for Early-Stage Lung Cancer / L. Spaggiari, G. Sedda, P. Maisonneuve [et al.] // Journal of Thoracic Oncology. – 2019. – Vol. 14. – P. 2176-2180.

191. Study protocol for video assisted thoracoscopic lobectomy versus conventional open lobectomy for lung cancer, a UK multicentre randomised controlled trial with an internal pilot (the VIOLET study) / E. Lim, T. Batchelor, M. Shackcloth, [et al.] // BMJ Open. – 2019. – Vol. 9, № 10 : e029507. – <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2019-029507>.

192. Surgical management of post-transplant bronchial stenoses: a single-center experience / E. Faccioli, A. Dell'Amore, P. Ferrigno [et al.] // Surg Today. – 2022. – Vol. 52, № 3. – P. 449-457.

193. Survival and function after sleeve lobectomy for lung cancer / H. A. Gaissert, D. J. Mathisen, A. C. Moncure [et al.] // The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery. – 1996. – Vol. 111, № 5. – P. 948-953.

194. Survival related to lymph node involvement in lung cancer after sleeve lobectomy compared with pneumonectomy / M. Okada, H. Yamagishi, S. Satake [et al.] // Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery. – 2000. – Vol. 119, № 4 Pt 1. – P. 814-819.

195. Tanimoto, H. A simple force-motion relation for migrating cells revealed by multipole analysis of traction stress / H. Tanimoto, M. Sano // *Biophysical Journal*. – 2014. – Vol. 106, № 1. – P. 16-25.

196. Techniques of protection and revascularization of the bronchial anastomosis / F. Venuta, D. Diso, M. Anile, E. A. Rendina // *Journal of Thoracic Disease*. – 2016. – Vol. 8, Suppl 2 : S181-S185. – <https://doi.org/10.3978/j.issn.2072-1439.2016.01.68>.

197. Ten Years' Experience in Robotic-Assisted Thoracic Surgery for Early Stage Lung Cancer / M. Casiraghi, D. Galetta, A. Borri [et al.] // *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. – 2018. – Vol. 67, № 7. – P. 564-572.

198. The association of nodal upstaging with surgical approach and its impact on long-term survival after resection of non-small-cell lung cancer / M. W. Hennon, L. H. Degraaff, A. Groman [et al.] // *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. – 2019. – Vol. 57. – P. 888-895.

199. The impact of thoracic surgical access on early shoulder function: video-assisted thoracic surgery versus posterolateral thoracotomy / W. W. Li, R. L. Lee, T. W. Lee [et al.] // *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. – 2003. – Vol. 23, № 3. – P. 390-396.

200. The long-term survival of robotic lobectomy for non-small cell lung cancer: A multi-institutional study / R. Cerfolio, A. F. Ghanim, M. Dylewski [et al.] // *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. – 2018. – Vol. 155, № 2. – P. 778-786.

201. The Prevalence of Nodal Upstaging During Robotic Lung Resection in Early Stage Non-Small Cell Lung Cancer / J. L. Wilson, B. E. Louie, R. Cerfolio [et al.] // *Annals of Thoracic Surgery*. – 2014. – Vol. 97. – P. 1901-1907. – <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2014.01.064>.

202. The Role of Surgery in Lung Cancer Treatment: Present Indications and Future Perspectives-State of the Art / F. Montagne, F. Guisier, N. Venissac, J. M. Baste // *Cancers (Basel)*. – 2021. Vol. 13, № 15 : 3711. – <https://doi.org/10.3390/cancers13153711>.

203. The surgical management of carcinoma of the lung; a study of the cases treated at the Massachusetts General Hospital from 1930 to 1950 / E. D. Churchill, R. H. Sweet, L. Soutter, J. G. Cannell // *Journal of Thoracic Oncology*. – 1950. – Vol. 20, № 3. – P. 349-365.
204. Thomas, C. P. Conservative resection of the bronchial tree // *The Royal College of Surgeons of Edinburgh*. – 1956. – Vol. 1, № 3. – P. 169-186.
205. Thompson, D. A technique for bronchial anastomosis after resection of a portion of bronchus // *Thorax*. – 1964. – Vol. 19, № 4. – P. 347-349.
206. Thoracoscopic lobectomy facilitates the delivery of chemotherapy after resection for lung cancer / R. P. Petersen, D. Pham, W. R. Burfeind [et al.] // *Annals of Thoracic Surgery*. – 2007. – Vol. 83, № 4. – P. 1245-1250.
207. Thoracoscopic lobectomy is associated with lower morbidity than open lobectomy: A propensity-matched analysis from the STS database / S. Paul, N. K. Altorki, S. Sheng [et al.] // *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. – 2010. – Vol. 139. – P. 366-378.
208. Thoracotomy is associated with significantly more profound suppression in lymphocytes and natural killer cells than video-assisted thoracic surgery following major lung resections for cancer / C. S. Ng, T. W. Lee, S. Wan [et al.] // *Journal of Investigative Surgery*. – 2005. – Vol. 18, № 2. – P. 81-88.
209. Tieu, B. Video-assisted harvest of an intercostal muscle flap // *The Cardiothoracic Surgery Network*. – 2011. – URL: http://www.ctsnet.org/sections/clinicalresources/thoracic/expert_tech-45.html. (дата обращения: 18.06.2013).
210. Tracheo-carinal reconstructions using extrathoracic muscle flaps / H. B. Ris, T. Krueger, C. Cheng [et al.] // *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. – 2008. – Vol. 33, № 2. – P. 276-283.
211. Transdiaphragmatic harvesting of the omentum through thoracotomy for bronchial stump reinforcement // A. D'Andrilli, M. Ibrahim, C. Andreotti [et al.] // *Annals of Thoracic Surgery*. 2009. – Vol. 88, № 1. – P. 212-215.

212. Transitioning from video-assisted thoracic surgical lobectomy to robotics for lung cancer: are there outcomes advantages? / B. E. Lee, R. J. Korst, E. Klersman, J. R. Rutledge // *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. – 2014. – Vol. 147, № 2. – P. 724-729.

213. Upstaging and survival after robotic-assisted thoracoscopic lobectomy for non-small cell lung cancer / K. Toosi, F. O. Velez-Cubian, J. Glover [et al.] // *Surgery*. – 2016. – Vol. 160, № 5. – P. 1211-1218.

214. Use and outcomes of minimally invasive lobectomy for stage a non-small cell lung cancer in the national cancer data base / C. J. Yang, Z. Sun, P. J. Speicher [et al.] // *The Annals of Thoracic Surgery*. – 2016. – Vol. 101, № 3. – P. 1037-1104.

215. Use of a pericardial fat pad flap for preventing bronchopleural fistula: an experimental study focusing on the angiogenesis and cytokine production of the fat pad / Y. Ichinose, H. Asoh, T. Yano [et al.] // *Surgery Today*. – 1995. – Vol. 25, № 9. – P. 811-815.

216. Vanpeperstraeten, F. Bronchial resection–anastomosis: iconography of a case // *Acta Chirurgica Belgica*. – 1957. – Vol. 56, Suppl 2. – P. 28-35.

217. Vansteenkiste, J. 2nd ESMO Consensus Conference on Lung Cancer: Early-stage non-small-cell lung cancer consensus on diagnosis, treatment and follow-up / J. Vansteenkiste, L. Crino, C. Doms // *Annals of Oncology*. – 2014. – Vol. 25, № 8. – P. 1462-1474.

218. VATS lobectomy reduces cytokine responses compared with conventional surgery / A. P. Yim, S. Wan, T. W. Lee, A. A. Arifi // *Annals of Thoracic Surgery*. – 2000. – Vol. 70, № 1. – P. 243-247.

219. Video-assisted bronchial stump reinforcement with an intercostal muscle flap / M. Sagawa, M. Sugita, Y. Takeda [et al.] // *Annals of Thoracic Surgery*. – 2004. – Vol. 78, № 6. – P. 216-2166.

220. Video-assisted sleeve lobectomy for mucoepidermoid carcinoma of the left lower lobar bronchus: a case report / L. Santambrogio, U. Cioffi, M. De Simone [et al.] // *Chest*. – 2002. – Vol. 121, № 2. – P. 635-636.

221. Video-assisted thoracic surgery lobectomy for lung cancer is associated with less immunochemokine disturbances than thoracotomy / C. S. Ng, S. Wan, C. W. Hui [et al.] // *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. – 2007. – Vol. 31, № 1. – P. 83-87.

222. Video-assisted thoracic surgery major lung resection can be safely taught to trainees / I. Y. Wan, K. H. Thung, M. K. Hsin [et al.] // *Annals of Thoracic Surgery*. – 2008. – Vol. 85, № 2. – P. 416-419.

223. Video-assisted thoracoscopic surgery lobectomy for lung cancer is associated with a lower 30-day morbidity compared with lobectomy by thoracotomy / L. Ø. Laursen, R. H. Petersen, H. J. Hansen [et al.] // *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. – 2016. – Vol. 49, № 3. – P. 870-875.

224. Video-assisted thoracoscopic surgery versus muscle-sparing thoracotomy for non-small cell lung cancer: a systematic review and meta-analysis / Z. Wang, L. Pang, J. Tang [et al.] // *BMC Surgery*. – 2019. – Vol. 19, № 1 : 144. – <https://doi.org/10.1186/s12893-019-0618-1>.

225. Video-assisted thoracoscopic surgery versus open lobectomy for primary non-small-cell lung cancer: a propensity-matched analysis of outcome from the European Society of Thoracic Surgeon database / P. E. Falcoz, M. Puyraveau, P. A. Thomas [et al.] // *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. – 2016. – Vol. 49, № 2. – P. 602-609.

226. Virchow, R. *Über die Standpunkte in den Wissenschaftlichen Medizin* // *Virchows Arch*. – 1847. – Vol. 1. – P. 3-19.

227. Yang, C. J. A National Analysis of Short-term Outcomes and Long-term Survival Following Thoracoscopic Versus Open Lobectomy for Clinical Stage II Non-Small-Cell Lung Cancer / C. J. Yang, A. Kumar, J. Z. Deng [et al.] // *Annals of Surgery*. – 2021. – Vol. 273, № 3. – P. 595-605.

228. Yang, H. X. Long-term Survival Based on the Surgical Approach to Lobectomy for Clinical Stage I Nonsmall Cell Lung Cancer: Comparison of Robotic, Video-assisted Thoracic Surgery, and Thoracotomy Lobectomy / H. X. Yang, K. M. Woo, C. S. Sima [et al.] // *Annals of Surgery*. – 2017. – Vol. 265, № 2. – P. 431-437.

СПИСОК ИЛЛЮСТРАТИВНОГО МАТЕРИАЛА

Рисунок 1. Книги, посвященные органосохраняющим операциям в хирургии легкого (Союз Советских Социалистических Республик)	18
Рисунок 2. Книги, посвященные реконструктивной хирургии трахеи (Российская Федерация)	19
Рисунок 3. Способ формирования межбронхиального анастомоза с использованием трех непрерывных швов, нитью 4.0 PDS	33
Рисунок 4. Способ и этапность формирования анастомоза при видеоассистированной торакоскопической хирургии (по Чжоу С., 2015)	34
Рисунок 5. Фото страницы журнала Annals of Surgery (октябрь, 1942 г.)	37
Рисунок 6. Описание изобретения для интраоперационной оценки упругости стенок бронха г. Свердловск, Альтман Э. И. и соавторы, 1986 г.	38
Рисунок 7. Схема максимальной резекции бронхиального ствола.....	39
Рисунок 8. Характеристика пациентов в зависимости от вида укрытия бронхиального шва и хирургического доступа.....	53
Таблица 1. Общая характеристика больных с оценкой достоверности различий между группами, включая статистические тесты и предполагаемую значимость.....	54
Рисунок 9. Жалобы пациентов.....	56
Рисунок 10. Вид малоинвазивного доступа видеоассистированной торакоскопической хирургии.....	59
Рисунок 11. Вид малоинвазивного доступа робот-ассистированной торакальной хирургии.....	59
Таблица 2. Распределение пациентов по видам операций.....	60
Таблица 3. Характеристика сопутствующей патологии пациентов	61
Рисунок 12. Схема и интраоперационная фотография способа формирования межбронхиального анастомоза у пациентов с открытым хирургическим доступом.....	62

Рисунок 13. Интраоперационное фото: этап формирования межбронхиального анастомоза у пациентов с миниинвазивным доступом (RATS).....	63
Рисунок 14. Циркулярная укладка аутопластического материала (в данном случае – жировая клетчатка средостения) вокруг всей линии шва анастомоза.....	63
Таблица 4. Патогистологическая характеристика первичной опухоли	64
Таблица 5. Классификация пациентов в зависимости от размера первичной опухоли	65
Таблица 6. Классификация пациентов в зависимости от метастатического поражения локорегиональных лимфоузлов	65
Рисунок 15. Характеристика экспериментальных животных	66
Рисунок 16. Внешний вид экспериментального животного	66
Таблица 7. Фенотипическая характеристика экспериментальных животных.....	67
Таблица 8. Осложнения, возникшие у пациентов без укрытия бронхиального анастомоза.....	69
Рисунок 17. Лоскуты из жировой клетчатки средостения на сосудистой ножке с сохраненным осевым кровотоком.....	70
Рисунок 18. Лоскут из жировой клетчатки средостения на сосудистой ножке проведен к линии бронхиального анастомоза под легочной артерией.....	71
Рисунок 19. Лоскут жировой клетчатки проведен под верхней полой веной к зоне анастомоза	71
Рисунок 20. Фото бронхоскопии на 6-е сутки после операции – несостоятельность бронхиального анастомоза	73
Рисунок 21. Фотографии компьютерных томограмм демонстрирующие картину несостоятельности бронхиального анастомоза, укрытого лоскутом из жировой клетчатки	73

Рисунок 22. Фотография скана компьютерной томографии через 12 месяцев с момента операции.....	74
Рисунок 23. Фото фибробронхоскопии на 8-е сутки после верхней лобэктомии справа с циркулярной резекцией правого главного бронха и анастомозом правого главного и промежуточного бронхов	75
Рисунок 24. Фото скана компьютерной томографии на 8-е сутки после верхней лобэктомии справа с циркулярной резекцией правого главного бронха и анастомозом правого главного и промежуточного бронхов	76
Рисунок 25. Этап выделения лоскута из жировой клетчатки при робот-ассистированной торакальной хирургии верхней лобэктомии справа, с анастомозом правого главного и промежуточного бронхов	77
Рисунок 26. Этап проведения лоскута из жировой клетчатки под верхнюю полую вену при робот-ассистированной торакальной хирургии верхней лобэктомии справа, с анастомозом правого главного и промежуточного бронхов	78
Рисунок 27. Этап проведения лоскута из жировой клетчатки к анастомозу при робот-ассистированной торакальной хирургии верхней лобэктомии справа, с анастомозом правого главного и промежуточного бронхов	78
Таблица 9. Осложнения, возникшие у пациентов с укрытием анастомоза лоскутом из жировой клетчатки средостения	79
Рисунок 28. Выделен лоскут из перикарда, вскрыта полость перикарда	80
Рисунок 29. Лоскут из перикарда расположен под бронхиальным анастомозом	81
Рисунок 30. Лоскут из перикарда укрывает бронхиальный анастомоз циркулярно, фиксирован выше и ниже линии бронхиального шва.....	81
Рисунок 31. Дефект в перикарде (дуга аорты)	81
Рисунок 32. Дефект перикарда замещен мерсифеновой сеткой	82
Таблица 10. Осложнения, возникшие у пациентов с укрытием анастомоза лоскутом из перикарда.....	82
Рисунок 33. Лоскут межреберной мышцы	83

Рисунок 34. Лоскут межреберной мышцы отграничивает зону бронхиального анастомоза от легочной артерии.....	84
Рисунок 35. Мышечный лоскут с появлением на нем сосудов и жировой ткани спустя 30 дней после операции.....	85
Таблица 11. Осложнения, возникшие у пациентов с укрытием анастомоза лоскутом из межреберной мышцы.....	85
Рисунок 36. Лоскут из широчайшей мышцы спины.....	86
Рисунок 37. Лоскут широчайшей мышцы спины, во время реторакотомии и интраоперационной оценке.....	87
Таблица 12. Осложнения, возникшие у пациентов с укрытием анастомоза лоскутом из широчайшей мышцы спины.....	88
Рисунок 38. Диафрагмальный лоскут.....	89
Таблица 13. Данные по летальности.....	90
Таблица 14. Характеристика лоскутов по времени операции и болевому синдрому (открытый доступ) ($M \pm \sigma$).....	91
Рисунок 39. Виды аутопластических материалов.....	93
Таблица 15. Среднее время операции.....	94
Рисунок 40. Степень выраженности болевого синдрома по визуальной аналоговой шкале.....	94
Таблица 16. Среднее время нахождения в реанимационном отделении после операции.....	95
Рисунок 41. Длительность дренирования плевральной полости в зависимости от доступа и способа укрытия бронхиального анастомоза.....	96
Рисунок 42. Продолжительность послеоперационного койко-дня в зависимости от хирургического доступа и способа укрытия анастомоза.....	97
Таблица 17. Сравнительная оценка открытого и миниинвазивного хирургических доступов для выполнения бронхопластических операций с использованием медиастинальной клетчатки для укрытия анастомоза.....	99
Рисунок 43. Алгоритм выбора пластического материала.....	102

Рисунок 44. Этап мобилизации лоскута из жировой клетчатки средостения.....	103
Рисунок 45. Этап укрытия анастомоза лоскутом из перикарда	104
Рисунок 46. Фото фибробронхоскопии на 12-е сутки после верхней билобэктомии с анастомозом правый главный и нижнедолевой бронх – несостоятельность анастомоза.....	105
Рисунок 47. Компьютерная томография фибробронхоскопии на 12-е сутки после верхней билобэктомии с анастомозом правый главный и нижнедолевой бронх – несостоятельность анастомоза.....	105
Рисунок 48. Интраоперационное фото ревизии плевральной полости перед завершающей пневмонэктомией.....	106
Рисунок 49. Интраоперационное фото выделенного мышечного лоскута (лоскут из широчайшей мышцы спины).....	107
Рисунок 50. Интраоперационное фото укрытия бронхиального шва лоскутом из широчайшей мышцы спины.....	107
Таблица 18. Структура ранних послеоперационных осложнений.....	108
Таблица 19. Число и тяжесть послеоперационных осложнений по классификации Clavien-Dindo.....	110
Таблица 20. Структура осложнений.....	112
Рисунок 51. Выделенный венозный коллектор от верхней доли правого легкого на экспериментальном животном.....	115
Рисунок 52. Эксплантированный участок легочной вены.....	115
Рисунок 53. Закрепление клипсы на с центральной части вены.....	116
Рисунок 54. Аутовена циркулярно покрывает линию бронхиального шва выше и ниже его линии.....	117
Таблица 21. Несостоятельность анастомоза в группах экспериментальных животных, летальность	119
Рисунок 55. Группа А – эксплантированный бронхиальный анастомоз, без укрытия аутовеной	119

Рисунок 56. Группа Б – эксплантированный бронхиальный анастомоз, с укрытием аутовеной.....	120
Рисунок 57. Фотография гистологического исследования эксплантированного бронхиального анастомоза, укрытого аутовеной на 10-е сутки после операции	121
Рисунок 58. Фотография гистологического исследования эксплантированного бронхиального анастомоза, без укрытия, 10-е сутки после операции	122

ПРИЛОЖЕНИЯ**Приложение А****Уведомление о положительном результате формальной экспертизы заявки
на изобретение**

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2025 132 101** (13) **A**

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ЗАЯВКА НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

Состояние делопроизводства:

Экспертиза по существу (последнее изменение статуса: 10.04.2026)

(21) Заявка: **2025132101****Делопроизводство**

Исходящая корреспонденция		Входящая корреспонденция	
Уведомление об удовлетворении ходатайства	04.02.2026	Ходатайство о проведении экспертизы заявки по существу	02.02.2026
Уведомление о положительном результате формальной экспертизы	03.12.2025		
Уведомление о зачете пошлины	03.12.2025	Платежный документ	17.11.2025
Уведомление о поступлении документов заявки	19.11.2025		

