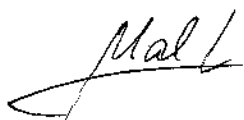


ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
“САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ”



На правах рукописи

Маслак Ольга Сергеевна

**Продленный сброс воздуха после видеоторакоскопических
анатомических резекций легких: возможности прогнозирования и
лечения**

3.1.9 - хирургия

Диссертация на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Научный руководитель:

доктор медицинских наук

В. Г. Пищик

Санкт-Петербург

2021 г.

Оглавление

Введение	4
Глава 1. Определение продленного сброса воздуха, факторы риска, осложнения, основные методы профилактики и лечения (обзор литературы)	11
1.1. Определение понятия “продленный сброс воздуха” и факторы риска его развития	11
Предоперационные факторы риска	12
Интраоперационные факторы риска	15
Послеоперационные факторы риска	17
Формулы для расчета риска продленного сброса воздуха	21
1.2. Осложнения продленного сброса воздуха	24
1.3. Интраоперационная профилактика сброса воздуха	26
1.4. Лечение продленного сброса воздуха	32
1.5. Амбулаторное ведение пациентов с продленным сбросом воздуха	37
Глава 2. Материал и методы	42
2.1. Дизайн исследования	42
2.2. Особенности предоперационного обследования, хирургического вмешательства и послеоперационного ведения пациентов	42
2.3. Характеристика пациентов, включенных в ретроспективную часть исследования	47
2.4. Характеристика пациентов, включенных в проспективную часть исследования	55
2.5. Особенности определения степени выраженности эмфиземы легких	59
2.6. Определение объема сброса воздуха сразу после операции	61
2.7. Статистическая обработка материала	63
Глава 3. Результаты	63
3.1. Результаты ретроспективного исследования	63
3.1.1. Предоперационные факторы риска	67
3.1.2. Интраоперационные факторы риска	71
3.1.3. Послеоперационные факторы риска	75
3.1.4. Возможности прогнозирования продленного сброса воздуха	77
3.1.5. Осложнения	83
3.1.6. Амбулаторное ведение пациентов с продленным сбросом воздуха	86
3.2. Результаты проспективного исследования	87

3.2.1. Результаты рандомизированного исследования	87
3.2.2. Результаты сравнения степени выраженности эмфиземы	91
3.2.3. Результаты определения объема сброса воздуха после операции	92
Заключение	93
Выводы	98
Практические рекомендации	99
Перспективы дальнейшей разработки темы исследования	101
Перечень сокращений и условных обозначений	102
Список литературы	103

Введение

Актуальность проблемы исследования

Сброс воздуха после операций на органах грудной клетки встречается часто, по данным разных авторов - в 26-58% случаев (Cerfolio R.J., 2002; Pompili C., Miserocchi G., 2016; Gonzales-Rivas D. et al., 2018), а при выполнении редукции легочного объема по поводу эмфиземы его частота достигает 90% (DeCamp M.M. et al., 2006). Учитывая такую высокую частоту, сброс воздуха расценивается большинством хирургов не как осложнение, а как нормальное течение послеоперационного периода.

Большая часть случаев сброса воздуха прекращается самостоятельно в течение нескольких дней после операции, не требует каких-либо манипуляций и не увеличивает продолжительность госпитализации.

Частота продленного сброса воздуха зависит от объема операции: после сегментэктомий она составляет 8%, а после редукции легочного объема - 45% (Wood D. et al., 2016). В среднем, частота продленного сброса воздуха составляет 15-18% (Isowa N. et al., 2002; Brunelli A. et al., 2004).

С широким распространением видеоторакоскопической хирургии и приверженностью концепции “fast track” (то есть хирургии ускоренной реабилитации) появилась потребность в более ранней выписке пациентов из стационара. В ряде случаев длительный сброс воздуха является единственным осложнением, препятствующим амбулаторизации пациентов.

Изначально продленным назывался сброс воздуха, продолжительность которого превышала среднюю длительность госпитализации. Так, по данным разных хирургических обществ, продленным считается сброс, длящийся более 4 - 10 дней (Порханов В.А. и соавт., 2012; Mueller M.R., Marzluf B.A., 2014). Однако, учитывая современные возможности торакоскопической хирургии, по мнению Европейского общества торакальных хирургов, наиболее рационально считать продленным сброс, продолжающийся более 5 дней (Fernandez F.G. et al., 2015).

Из-за необходимости более длительного дренирования плевральной полости при продленном сбросе воздуха увеличивается не только продолжительность госпитализации, но и ее стоимость. Так, S. Liang в исследовании показал, что длительная негерметичность паренхимы увеличивает продолжительность госпитализации в среднем на 4 дня (Liang S. et al., 2013). По данным ретроспективного анализа D.Wood, продленный сброс воздуха на 15% увеличивает стоимость госпитализации (Wood D. et al., 2016).

Помимо негативного экономического влияния, считается, что продленный сброс воздуха повышает риск других осложнений послеоперационного периода, таких как пневмония, тромбоэмболия легочной артерии, гиповентиляция участка легкого, эмпиема плевры и нарушения ритма. Пациенты с длительным сбросом воздуха имеют более высокий риск повторной госпитализации в отделение интенсивной терапии: 9% и 5% в контрольной группе (DeCamp et al., 2006). Летальность от осложнений (как респираторных, так и кардиогенных), возникших на фоне продленного сброса воздуха, составляет, по данным разных авторов, 1-12% (Бенян А.С., Корымасов Е.А., 2011). Наличие продленного сброса воздуха после операции по поводу рака легкого увеличивает интервал между хирургическим вмешательством и адъювантной химиотерапией, что отрицательно сказывается на исходе заболевания (Liang S. et al., 2013).

Степень разработанности темы исследования

Учитывая последствия продленного сброса воздуха, торакальные хирурги предпринимали неоднократные попытки выявления его факторов риска. Об актуальности данной проблемы свидетельствует большое число публикаций: за последние 5 лет опубликовано около 250 работ. Однако выводы исследований часто оказываются противоречивыми. Не выявлены однозначные факторы риска продленного сброса воздуха. Более того, не сформулированы рекомендации по методам профилактики и лечения сброса воздуха, что указывает на их недостаточную эффективность. Также большой интерес представляет анализ группы исключительно торакоскопических вмешательств, так как нередко

исследования проводятся на смешанных когортах больных (как торакотомные, так и ВТС операции).

В современной российской медицинской литературе данная тема представлена в единичных статьях (Бенян А.С. и соавт., 2011; Корымасов Е.А. и соавт., 2018; Тонеев Е.А. и соавт., 2020), как правило, на небольшой выборке пациентов. Отсутствуют рандомизированные исследования по методам ведения плевральной полости после видеоторакоскопических лобэктомий.

Представленные сведения показывают, что тема продленного сброса воздуха активно изучается в мировой литературе, однако мало освещена в современной российской медицинской литературе, что и послужило основанием для написания данной работы.

Цель исследования: улучшение результатов лечения пациентов после видеоторакоскопических анатомических резекций легкого.

Задачи исследования:

1. Изучить частоту развития продленного сброса воздуха после видеоторакоскопических анатомических резекций легких.
2. Определить факторы риска, способствующие развитию продленного сброса воздуха.
3. Провести сравнительный анализ эффективности различных вариантов дренирования плевральной полости в послеоперационном периоде у больных, перенесших торакоскопические анатомические резекции легких.
4. Уточнить влияние продленного сброса воздуха на частоту развития других послеоперационных осложнений.
5. Оценить возможность амбулаторного ведения пациентов с продленным сбросом воздуха.

Научная новизна исследования

Впервые в Российской Федерации выполнено проспективное рандомизированное исследование, оценивающее влияние активной аспирации и дренирования по Бюлау на риск продленного сброса воздуха.

Выполнено крупное ретроспективное исследование, посвященное факторам риска продленного сброса воздуха после видеоторакоскопических анатомических лобэктомий и сегментэктомий.

На репрезентативном материале изучена возможность выписки на амбулаторное лечение пациентов с продленным сбросом воздуха с функционирующим дренажем, подключенным к клапану Хеймлиха.

Теоретическая и практическая значимость

На репрезентативном материале проведена всесторонняя оценка пред-, интра- и послеоперационных факторов риска продленного сброса воздуха после торакоскопических анатомических резекций легкого, на основе которой может быть построено планирование послеоперационного ведения больного.

Создана регрессионная модель, позволяющая прогнозировать вероятность возникновения продленного сброса воздуха в послеоперационном периоде. Использование этой модели позволяет изменить послеоперационную тактику ведения пациентов высокого риска, тем самым снизив частоту потенцированных осложнений, а также прогнозировать длительность госпитализации и сроки выписки данных пациентов с функционирующим дренажем.

Проведено рандомизированное исследование различных режимов послеоперационного дренирования плевральной полости после торакоскопических анатомических лобэктомий, в ходе которого показаны преимущества применения дренирования по Бюлау.

На основании оценки ближайших результатов продемонстрирована безопасность амбулаторного ведения пациентов с продленным сбросом воздуха с использованием клапана Хеймлиха.

Методология и методы исследования

Методологическая база данного диссертационного исследования основывалась на принципах надлежащей клинической практики. Для получения необходимой информации применялись основные клинические, лабораторные, инструментальные, а также общенаучные методы. Объектом исследования явились пациенты с разными клинико-демографическими характеристиками (включая пол, возраст, стаж курения, диагноз, данные функциональных, лучевых и лабораторных исследований). Однородность группы определялась спектром оперативных вмешательств: в исследование включались пациенты только после видеоторакоскопических лобэктомий и сегментэктомий. Предметом исследования были различия в ближайших результатах после видеоторакоскопических лобэктомий и сегментэктомий: наличие в послеоперационном периоде продленного сброса воздуха и иных осложнений. При проведении данного исследования соблюдались требования Национального стандарта Российской Федерации «Надлежащая клиническая практика» ГОСТ Р 52379-2005, использовались современные методы обработки информации и статистического анализа.

Основные положения исследования, выносимые на защиту

1. Продленный сброс воздуха после торакоскопических резекций легкого должен расцениваться как осложнение послеоперационного периода, поскольку приводит к удлинению госпитализации, более длительному использованию антибактериальной и анальгетической терапии. При этом продленный сброс воздуха является самым частым из послеоперационных осложнений - встречается у 23% пациентов.
2. Среди предоперационных параметров, позволяющих прогнозировать продленный сброс воздуха в послеоперационном периоде, наиболее значимыми являются низкий ИМТ, наличие гипопроотеинемии и бронхиальной обструкции.
3. В случае развития у пациента продленного сброса воздуха в послеоперационном периоде риск формирования вторичных осложнений со стороны дыхательной и сердечно-сосудистой системы не отличается от

такового у больных без осложнений. Это дает основание безопасно перевести пациента в амбулаторный режим лечения с функционирующим дренажем, подключенным к одностороннему клапану.

4. При наличии выбора в применении активного или пассивного режима дренирования плевральной полости предпочтение стоит отдавать дренированию по Бюлау, поскольку, в отличие от использования активной аспирации, оно не увеличивает продолжительности сброса воздуха.

Внедрение результатов исследования в практику

Результаты исследования внедрены в практику работы отделения торакальной хирургии ГБУЗ “Городская многопрофильная больница № 2” г. Санкт-Петербурга, Центра торакальной хирургии ФГБУЗ “Северо-Западный окружной научно-клинический центр имени Л.Г. Соколова” ФМБА РФ, отделения торакальной хирургии СПбГУЗ “Городской клинический онкологический диспансер”, в лечебно-диагностический процесс отделения дифференциальной диагностики Санкт-Петербургского научно-исследовательского института фтизиопульмонологии.

Апробация результатов исследования

Основные положения диссертации доложены и обсуждены на Международном конгрессе “Актуальные направления современной кардиоторакальной хирургии” (2019, 2021, Санкт-Петербург, Россия), на конгрессе Европейского респираторного сообщества (ERS International Congress 2019, 2020 г., Мадрид, Испания), на конгрессе Европейской ассоциации кардиоторакальных хирургов (European association for cardio-thoracic surgery annual meeting, Лиссабон, Португалия, 2019 г.), а также на Международной медико-биологической научной конференции молодых исследователей “Фундаментальная наука и клиническая медицина” (2019, 2020, Санкт-Петербург, Россия).

Публикации

По теме диссертации опубликовано 16 печатных работ, в которых изложены основные положения диссертационного исследования. Из них 3 статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук.

Личный вклад автора

Автором, совместно с научным руководителем, определена цель научной работы, поставлены задачи, разработан дизайн исследования, произведен анализ отечественной и зарубежной медицинской литературы, а также отбор пациентов, включенных в исследование. Самостоятельно произведен анализ результатов лечения 287 пациентов с различными хирургическими заболеваниями легких и 60 пациентов из проспективной части исследования. Автор участвовал в хирургических вмешательствах, пред- и послеоперационном ведении пациентов. Все результаты исследования получены, статистически обработаны и проанализированы автором самостоятельно.

Объем и структура диссертации

Диссертация состоит из введения, 3 глав, включающих 17 разделов, заключения, выводов, практических рекомендаций и библиографического указателя. Работа изложена на 116 листах, иллюстрирована 22 таблицами и 41 рисунком. Список литературы включает 143 источника, из них 135 зарубежных.

Глава 1. Определение продленного сброса воздуха, факторы риска, осложнения, основные методы профилактики и лечения (обзор литературы)

1.1. Определение понятия “продленный сброс воздуха” и факторы риска его развития

Сброс воздуха определяется как выход воздуха из паренхимы легкого в плевральную полость, связанный с любым видом оперативного вмешательства на грудной клетке (Mueller M.R., Marzluf B.A., 2014). Данное явление относится к особенностям течения послеоперационного периода у торакальных пациентов и обычно самостоятельно прекращается в течение нескольких суток. В то же время существует понятие “продленный сброс воздуха”, критерием которого, по данным разных исследователей, является длительность сброса более 4, 5, 7 и даже 10 дней (Порханов В.А. и соавт., 2012; Mueller M.R., Marzluf B.A., 2014).

R.J. Cerfolio предложил подразделить сброс воздуха на четыре степени (Cerfolio R.J. et al., 1998):

1 степень – сброс, возникающий только при форсированном выдохе (при кашле);

2 степень – сброс, возникающий только на выдохе;

3 степень – сброс, возникающий только на вдохе;

4 степень – сброс, продолжающийся в обеих фазах дыхательного цикла.

Сброс воздуха четвертой степени встречается реже остальных и наблюдается у пациентов, находящихся на искусственной вентиляции легких, а также при наличии бронхоплеврального свища. Сброс третьей степени возникает при нахождении на искусственной вентиляции, а также при крупных размерах дефектов в паренхиме. Сброс воздуха второй и первой степеней является самым частым наблюдением после торакальных операций (98% случаев) и встречается при наличии альвеоло-плеврального свища (Singh N., Agarwal R., 2006).

Для интраоперационной оценки сброса воздуха существует классификация P. Macchiarini (Macchiarini P. et al., 1999). Для этого после резекции необходимо выполнить подводную пробу с двухлегочной вентиляцией до достижения давления 30 мм. рт. ст. Сброс воздуха оценивают следующим образом:

- 1 степень – единичные пузырьки воздуха;
- 2 степень – поток пузырьков;
- 3 степень – группы пузырьков, сливающихся друг с другом.

Для определения источника сброса воздуха K. Nakanishi et al. предложили вводить пациентам в плевральную полость стерильный физиологический раствор, а затем проводить КТ грудной клетки на вдохе (Nakanishi K. et al., 2013). На снимках в окружающем дефект паренхимы растворе будут наблюдаться пузырьки воздуха. Авторы полагают, что по количеству, расположению и размеру пузырьков можно делать выводы об источнике сброса воздуха. Данный метод не вошел в широкую практику.

Факторы риска можно подразделить на три группы: предоперационные, интраоперационные и послеоперационные.

Предоперационные факторы риска

К предоперационным факторам риска относят демографические характеристики, показатели функции внешнего дыхания, данные компьютерной томографии, а также особенности анамнеза.

Мужской пол ассоциируется с высоким риском продленного сброса воздуха (Rivera C. et al., 2011; Zhao K. et al., 2017). Однако при более детальном анализе обнаруживается четкая корреляция между мужским полом и длительным стажем курения, а также наличием обструкции дыхательных путей. Таким образом, пол, вероятно, не является самостоятельным фактором риска, а лишь отражает общую тенденцию преобладания мужчин среди курильщиков.

Во многих статьях возраст рассматривается как возможный фактор риска. Однако, несмотря на то что пожилой возраст ассоциируется с низким

регенеративным потенциалом, а также более хрупкой паренхимой легкого, лишь одно исследование показало его независимое влияние на частоту продленного сброса воздуха (Brunelli A. et al., 2010).

Наиболее значимыми факторами риска во многих исследованиях (Brunelli A. et al., 2010; Lee L. et al., 2011; Elsayed H. et al., 2012) выступают показатели бронхиальной обструкции (низкий ОФВ1 и индекс Тиффно). Лишь единичные исследования не относят хроническую обструктивную болезнь легких к факторам риска (Okereke I. et al., 2005). Считается, что при наличии обструкции воздух получает меньшее сопротивление при выходе через дефекты в паренхиме, по сравнению с выходом через спазмированные дыхательные пути. Более того, наличие постоянного чрезмерного положительного давления в дыхательных путях мешает фиксации фибрина и поддерживает микрофистулы в легком. Курение, как основная причина бронхиальной обструкции, также относится к факторам риска (Gilbert S. et al., 2016). Однако из-за корреляции стажа курения со степенью обструкции он не может считаться самостоятельным предиктором.

Наличие эмфиземы легкого также рассматривается многими авторами в качестве фактора риска. Влияние эмфиземы особенно показательно при анализе послеоперационного периода у пациентов после объем редуцирующих вмешательств: средняя продолжительность сброса у них составляет 7 дней, а у 12% пациентов сброс воздуха сохраняется на 30-е сутки (DeCamp M.M. et al., 2006). Считается, что измененная паренхима более подвержена разрывам при минимальных травмах. Наличие эмфиземы может быть выявлено при анализе плотности по данным компьютерной томографии, либо на основании бодиплетизмографии (Gilbert S. et al., 2016). Считается, что клинические нарушения и изменение показателей функции внешнего дыхания наблюдаются при эмфизематозных изменениях более 30% легочной ткани (Refai M., 2019). В качестве объективного метода оценки эмфиземы J.Murakami было предложено использование индекса эмфиземы, то есть отношения объема эмфизематозной паренхимы к общему объему легкого (Murakami J. et al., 2018). Повышение данного показателя на 35% и более оказалось статистически более значимым фактором риска, чем наличие бронхиальной обструкции. Влияние эмфиземы на

сброс воздуха можно объяснить более высоким сопротивлением в дыхательных путях, по сравнению с коллатеральными путями (Eberlein M. et al., 2017). При плохой выраженности междолевых щелей коллатеральные пути, то есть поры Кона, могут соединять все отделы легкого. Поэтому при наличии минимальных дефектов в паренхиме эмфизематозного легкого выход через них воздуха является путем наименьшего сопротивления, по сравнению со спазмированными дыхательными путями. Кроме того, многие пациенты принимают глюкокортикоиды, которые снижают регенеративную способность легочной ткани после оперативного вмешательства. Согласно исследованию R.J. Cerfolio et al., применение более 10 мг стероидов более 1 месяца является самостоятельным фактором риска продленного сброса воздуха (Cerfolio R.J., 2002).

Несколько факторов, ассоциирующихся с репаративной способностью, также описаны в исследованиях. Например, в работе H. Inoue et al., низкая концентрация плазменного фактора XIII оказалась ведущим фактором риска (Inoue H. et al., 2014). К продленному сбросу воздуха может приводить как дефицит данного фактора, так и дефект его потребления. Влияние нутритивного статуса на риск продленного сброса воздуха неоднократно подчеркивалось исследователями. Считается, что пониженное питание приводит к ухудшению тканевой регенерации, что способствует более длительному заживлению паренхиматозных дефектов. Низкий индекс массы тела, как общепринятый показатель нутритивного статуса, включен в несколько формул для расчета риска пролонгированного сброса воздуха. В исследованиях S. Okada и N. Isowa низкий предоперационный уровень альбумина сыворотки, отражающий также дефицит питания, оказался единственным предиктором продленного сброса воздуха (Isowa N. et al., 2002; Okada S. et al., 2017).

В исследовании S.-J. Li et al. в качестве фактора риска оценивался безжировой индекс массы тела (fat-free mass index), который рассчитывается как отношение мышечной массы тела к квадрату роста (Li S.-J. et al., 2019). Его снижение более значимо коррелировало с высоким риском продленного сброса воздуха, по сравнению с ИМТ. Авторы объясняют это тем, что данный показатель является индикатором сниженного нутритивного и физиологического резерва.

Выраженный белковый катаболизм, вызванный хирургическим вмешательством, еще больше нарушает иммунологический и физиологический гомеостаз. Таким образом, пациенты со сниженной мышечной массой тела менее способны адекватно ответить на операционный стресс, что повышает риск осложнений. Более того, в данном исследовании была выявлена взаимосвязь между снижением безжирового индекса массы тела и снижением ОФВ1 как значимого фактора риска продленного сброса воздуха. Это может объясняться двумя факторами. Во-первых, при ХОБЛ патофизиологические изменения приводят к снижению мышечной массы тела за счет уменьшения физической активности и длительного приема кортикостероидов. Во-вторых, уменьшение мышечной массы ухудшает активность дыхательной мускулатуры, что приводит к уменьшению дыхательных объемов.

Наличие торакальной операции в анамнезе может повышать риск продленного сброса воздуха, так как после вмешательства в плевральной полости формируются сращения, особенно в области доступа, что увеличивает риск травмы легкого при манипуляции, а также ухудшает визуализацию (Zhao K. et al., 2017).

Интраоперационные факторы риска

Учитывая ограниченную возможность влияния на предоперационные факторы риска, большое внимание уделяется интраоперационным факторам. Среди них неоднократно упоминается выраженность междолевой щели. По классификации S. Craig и W. Walker (Craig S.R., Walker W.S., 1997) выделяются 4 вида междолевых щелей: 1 - полностью разделенная междолевая щель; 2 - отсутствие щели вблизи корня легкого, но полное разделение щели в латеральных отделах; 3 - разделение щели на ограниченном участке; 4 - полное отсутствие междолевой щели. A. Gomez-Caro et al., анализируя послеоперационный период 119 пациентов после лобэктомии, выявили, что неполная щель и полное отсутствие междолевой щели являются факторами риска продленного сброса воздуха (Gomez-Caro A. et al., 2007). Объяснить это можно двумя факторами: во-первых, отсутствие междолевой щели приводит к более длинному аппаратному

шву легкого, который может являться источником сброса воздуха, во-вторых, в исследованиях неоднократно подчеркивалась выраженность пор Кона при отсутствии междолевых щелей, что создает коллатеральные пути для выхода воздуха через дефекты паренхимы. Более того, данное исследование показало, что пересечение бронховаскулярных структур в первую очередь и лишь потом разделение междолевой щели, в отличие от техники *fissure first*, позволяют снизить риск продленного сброса воздуха с 22% до 3,2% за счет уменьшения объема паренхиматозной диссекции и предотвращения формирования девисцерированных поверхностей. Впервые данный метод описал R.T. Temes, показав значимое снижение частоты послеоперационных осложнений (Temes R.T. et al., 1998). Эффективность данного подхода в уменьшении риска послеоперационного сброса воздуха была позже подтверждена многими исследованиями (Gomez-Caro A. et al., 2007; Ng T. et al., 2010; Igai H. et al., 2016; Stamenovic D. et al., 2016 Li S.-J. et al., 2017).

Локализация удаляемой доли также считается фактором риска (Okereke I. et al., 2005; Rivera C. et al., 2011; Elsayed H. et al., 2012). Продленный сброс воздуха реже возникает после нижних лобэктомий слева, что может быть связано с более редким формированием остаточных полостей за счет смещения средостения и элевации купола диафрагмы. Более того, при выполнении верхней лобэктомии нижняя доля подвергается большему растяжению, так как форма ее верхушки, которая станет нео-апексом, и форма купола плевральной полости не соответствуют друг другу, и для их сопоставления требуется большое натяжение, что было подтверждено в экспериментах (Casha A.R. et al., 2018). При резекции нижней или средней доли конформность остающейся части легкого плевральной полости выше, что снижает риск возникновения остаточной полости. Более того, по закону Лапласа апикальные отделы легкого подвергаются большему отрицательному давлению, что повышает риск разрыва висцеральной плевры и возникновения сброса воздуха (Casha A.R. et al., 2014).

При анализе объема оперативного вмешательства, было выявлено, что выполнение лобэктомии и билобэктомии повышает риск продленного сброса воздуха по сравнению с сублобарными резекциями. Данный факт можно

объяснить более частым возникновением остаточных полостей после резекций большого объема (Elsayed H. et al., 2012). Остаточные полости мешают аппозиции висцеральной и париетальной плевры, в результате чего дефекты паренхимы дольше персистируют. Формированию остаточных полостей также может способствовать выраженный фиброз легких как следствие перенесенных воспалительных заболеваний.

В исследовании W. Kim (Kim W.H. et al., 2017) выполнение лобэктомии из открытого доступа явилось независимым фактором риска. Вероятно, связано это с тем, что во время открытой операции не достигается прецизионной визуализации, по сравнению с торакоскопией, что может привести к повреждениям легкого. Более того, открытым операциям подвергаются, как правило, пациенты с облитерированными плевральными полостями, что само по себе является фактором риска.

Наличие плевральных сращений, в том числе в результате проведения неоадьювантной терапии либо предыдущего оперативного вмешательства, входит в формулы для подсчета риска продленного сброса воздуха (Huang J. et al., 2013; Yang C.-F.J. et al., 2015). Места разделения спаек являются потенциальными источниками сброса воздуха, а наличие полной облитерации приводит к ухудшению визуализации и повышению риска повреждения легкого (Gonzales-Rivas D. et al., 2018).

Выбор сшивающего аппарата также может влиять на частоту продленного сброса воздуха. В экспериментальных моделях (Eckert C.E. et al., 2018) было показано, что использование кассет с градуированной высотой крепок является значимым фактором риска продленного сброса, особенно при прошивании тонких участков паренхимы. Было выявлено, что скрепки медиального ряда не создают достаточной компрессии легочной ткани, пропуская воздух в латеральные отделы.

Послеоперационные факторы риска

Предикторами продленного сброса воздуха в послеоперационном периоде могут быть выраженность сброса воздуха в первые послеоперационные сутки (Okada S. et al., 2017), а также интраоперационный объем потерь в контуре сразу

после операции. Так, в исследовании A. Brunelli et al. объем потерь в контуре более 500 мл/мин ассоциировался с более длительным сбросом, при этом средняя продолжительность сброса в данной группе пациентов составила 10 дней (Brunelli A. et al., 2017). Группой авторов была выведена формула подсчета длительности сброса воздуха, в которой, помимо объема потерь в контуре, учитывается сторона поражения и локализация удаляемой доли, при этом левостороннее расположение и выполнение верхней лобэктомии считается негативными предикторами. Таким образом, формула для расчета продолжительности сброса воздуха выглядит так: $1,3 + 2,4 \text{ (левая сторона)} + 2,2 \text{ (верхняя доля)} + 0,007 * \text{объем потери в контуре}$. A. Bille отмечает, что у 75% пациентов, у которых сброс воздуха при кашле наблюдался на вторые сутки после операции, выявлялся продленный сброс воздуха (Bille A. et al., 2011). Таким образом, оценка выраженности сброса воздуха в послеоперационном периоде важна для прогнозирования его длительности.

Одним из обсуждаемых вопросов в исследованиях по длительной негерметичности легочной паренхимы является режим дренирования плевральной полости. Применяются пассивное дренирование по Бюлау и активная аспирация, а также различные их сочетания, такие как активное дренирование в день операции с последующим переводом на дренирование по Бюлау, альтернативное дренирование, предложенное A. Brunelli, заключающееся в комбинации пассивного дренирования днем и активного - ночью (Brunelli A. et al., 2006). Также применяется метод ведения пациентов на активной аспирации до полного прекращения сброса воздуха, затем перевод на дренирование по Бюлау для контроля аэроза (Тонеев Е.А. и соавт., 2020). Считается, что активная аспирация способствует более быстрому расправлению легкого, сопоставлению висцеральной и париетальной плевры, сокращению объема остаточной полости и препятствует задержке воздуха и жидкости в плевральной полости. Однако излишнее разрежение может мешать заживлению дефектов паренхимы за счет затруднения фиксации фибрина, тем самым пролонгируя сброс воздуха. Более того, аспирация с большим разрежением может приводить к увеличению изначально небольших дефектов висцеральной плевры, приводя к увеличению

продолжительности сброса. Таким образом, метод дренирования рассматривается некоторыми авторами не только как способ лечения, но и как самостоятельный фактор риска продленного сброса воздуха. В тоже время, поскольку не существует обоснованных рекомендаций по ведению плевральной полости после легочных резекций, выбор метода дренирования основывается в основном на предпочтениях хирурга.

С 1960-х годов большинство хирургов ведет пациентов на активном дренировании (-20 см. вод. ст.) до прекращения видимого сброса воздуха и лишь после переводит на пассивное дренирование (Miller J.I. et al., 2001). Исключение составляют пациенты после редукции легочного объема, у которых отдается предпочтение дренированию по Бюлау, так как в данной группе было показано достоверное увеличение продолжительности сброса воздуха при использовании аспирации (Cooper J.D. et al., 1996). Однако M.B. Marshall показала, что применение пассивного дренирования позволяет достоверно сократить продолжительность сброса воздуха после анатомических резекций легкого (Marshall M.B. et al., 2002). После этого некоторые торакальные хирурги изменили подход к ведению пациентов. Большой вклад в современную торакальную хирургию внесло исследование R.J. Cerfolio (Cerfolio R.J., 2002). Согласно протоколу, все пациенты находились на активном дренировании в день операции, а затем часть пациентов переводилась на пассивное дренирование, а часть оставалась на активном дренировании. В результате продолжительность сброса воздуха была статистически меньше у пациентов на пассивном дренировании.

P. Lang et al. провели метаанализ 8 рандомизированных исследований, в которых изучалось влияние дренирования на длительность сброса воздуха (Lang P. et al., 2015). Оценив результаты и состав групп, авторы пришли к выводу, что активная аспирация оправдана при наличии большой остаточной полости, так как позволяет быстрее расправить легкое, что способствует прекращению сброса воздуха. Однако при отсутствии остаточной полости более рационально применение пассивного дренирования.

J. Zhou et al. провели метаанализ 10 рандомизированных исследований, выполненных в период с 2001 по 2016 г., включавших суммарно 1568 пациентов

(Zhou J. et al., 2018). Исследования отличались по объему оперативных вмешательств, определению срока продленного сброса воздуха, а также по показаниям к удалению дренажей относительно суточного дебета жидкости. Однако, несмотря на различия, анализ публикаций показал, что применение активной аспирации приводит к увеличению продолжительности дренирования, но снижает частоту послеоперационных пневмотораксов. Тем не менее не было выявлено статистически значимых различий по продолжительности сброса воздуха и частоте продленного сброса воздуха в зависимости от выбора метода дренирования.

Как бы ни расходились взгляды торакальных хирургов на ведение плевральной полости, большинство стремится эвакуировать воздух и жидкость из плевральной полости непосредственно после операции и уже в первые сутки оценивает эффективность дренирования по наличию или отсутствию воздуха на рентгенограммах органов грудной клетки. Однако экспериментальные модели показали, что это не является физиологичным подходом. Учитывая сниженный комплаенс оперированного легкого, для его расправления необходимо приложить большее давление, чем в физиологических условиях (Miserocchi G. et al. 1991; Salito C. et al., 2014). Увеличение давления приводит к перерастяжению паренхимы легкого, что в свою очередь провоцирует фрагментацию экстрацеллюлярного матрикса и повышение проницаемости биологических мембран. Данные нарушения клинически проявляются сбросом воздуха, гиперэкссудацией и отеком легкого.

В исследовании G. Miserocchi et al. изучался вопрос перерастяжения остающейся паренхимы легкого после лобэктомии при наличии эмфиземы или фиброза легкого (Miserocchi G. et al., 2010). Авторы оценивали изменение ЖЕЛ и давления в плевральной полости. Они предполагают, что для сохранения физиологичных условий после операции необходимо поддерживать соотношение ЖЕЛ и давления в пределах предоперационных значений. Так как ЖЕЛ при резекции снижается, необходимо оставлять свободный воздух в плевральной полости. Они посчитали, что при нормальной эластичности легочной ткани после

лобэктомии должно оставаться примерно 10% свободного воздуха, при эмфиземе - 12%, при фиброзе легкого - 7%.

В последнее время широкое распространение получили цифровые дренажные системы, позволяющие объективизировать оценку наличия и интенсивности сброса воздуха. Они позволяют определять минимальное количество воздуха, а также регистрируют его выраженность в течение всего дня. Исследование G. Varela et al. показало, что применение таких дренажных систем способствует сокращению длительности стояния дренажа и продолжительности госпитализации (Varela G. et al., 2010).

M.Goto et al. отметили, что массивный сброс воздуха по дренажам сразу после операции может прекращаться достаточно быстро и не всегда приводит к продленному сбросу воздуха. Проанализировав данные, полученные при помощи цифровых дренажных систем, они пришли к выводу, что фактором риска является не столько объем сброса воздуха, сколько отсутствие тенденции к его уменьшению. Наиболее значимым фактором в исследовании оказалось уменьшение объема сброса воздуха менее чем на 20% через 36 часов после операции (Goto M., et al., 2019).

В исследовании A.Brunelli et al. оценивался не только объем сброса воздуха, но и разница между максимальным и минимальным внутриплевральным давлением (Brunelli A. et al., 2011). Наиболее значимыми оказались объем сброса более 50 мл/мин и разница давления более 10%, измеренные на 6-й час после операции. При отсутствии данных факторов риск сохранения сброса воздуха более трех дней составляет всего 4%, при наличии обоих факторов - 52%.

Формулы для расчета риска продленного сброса воздуха

Учитывая большое количество факторов риска, которые показали свою значимость в предыдущих исследованиях, некоторыми хирургами были предприняты попытки создания формул для расчета вероятности возникновения продленного сброса воздуха.

На основании базы данных сообщества торакальных хирургов в 2019 году C.W.Seder et al. вывели следующую формулу:

ИМТ < 25 кг/м² (да - 7 баллов, нет - 0) + лобэктомия/билобэктомия (да - 6 баллов, нет - 0), ОФВ1 < 70% (да - 5 баллов, нет - 0), мужской пол (да - 4 балла, нет - 0), резекция верхней доли справа (да - 3 балла, нет - 0).

При сумме более 17 риск продленного сброса высокий (20%), если меньше - риск низкий (9%) (Seder C.W. et al., 2019).

В 2010 году A. Brunelli et al. на основании анализа более 600 пациентов, подвергшихся лобэктомии, предложили выделить четыре прогностические группы (Brunelli A. et al., 2010). По мнению авторов, риск возникновения продленного сброса воздуха зависит от следующих критериев: возраст старше 65 лет (1 балл), наличие спаек в плевральной полости (1 балл), ОФВ1 < 80% (1,5 баллов), ИМТ < 25,5 кг/м² (2 балла). На основании полученных данных были предложены следующие группы: группа А (0 баллов) – риск возникновения длительной негерметичности легочной паренхимы равен 0; группа В (1 балл) – риск равен 7%; группа С (1,5-3 балла) – риск 11%, группа D (> 3 баллов) – риск 26%.

В 2015 году на основании данных Французского сообщества торакальных хирургов был создан индекс IPAL (Orsini B. et al., 2015), который рассчитывается по следующей формуле:

пол пациента (ж = 0, м = 4) – (ИМТ-24) + 2 * степень одышки + плевральные спайки (нет = 0, да = 4) + объем резекции (клиновидная = 0, лобэктомия или сегментэктомия = 7, билобэктомия = 11, резекция буллы = 2, редукция легочного объема = 14) + локализация (нижняя или средняя доля = 0, верхняя = 4).

В зависимости от полученного результата определяется степень риска возникновения продленного сброса воздуха: IPAL < 5 – 5% и менее, 5 < IPAL < 10 – 5-10%, IPAL > 10 – 10% и более.

В таблице 1 представлены наиболее крупные исследования, посвященные проблеме факторов риска продленного сброса воздуха, и их результаты. К сожалению, исследователям до сих пор не удается прийти к единому мнению, какие же факторы являются наиболее значимыми.

Таблица 1 - Результаты исследований, посвященных проблеме факторов риска
продленного сброса воздуха

Автор	Количество наблюдений	% продленного сброса воздуха	Статистически значимые факторы риска
Brunelli A. et al., 2004	685	13	возраст более 65 лет, плевральные сращения, ОФВ1 < 80%, ИМТ < 25,5
Stolz A.J. et al., 2005	134	9,7	степень выраженности бронхиальной обструкции
Petrella F. et al., 2011	121	21,2	мужской пол, правосторонняя локализация, возраст, ОЕЛ, процент эмфиземы по КТ
Rivera C. et al., 2011	24113	6,9	мужской пол, ИМТ, степень одышки, плевральные сращения, вид резекции, редукция легочного объема, верхняя лобэктомия
Elsayed H. et al., 2012	1911	6,7	ОФВ1, верхняя лобэктомия, опыт хирурга
Liang S. et al., 2013	380	18	эмфизема, ОФВ1 < 80, лобэктомия
Gilbert S. et al., 2016	225	8	мужской пол, стаж курения, ИМТ < 25, степень одышки, ДСЛ < 80
Pompili C. et al., 2016	5069	9,9	мужской пол, ОФВ1 < 80%, ИМТ < 18,5
Attaar A. et al., 2017	2317	8,6	ОФВ1, стаж курения, билобэктомия, опыт хирурга, операция в анамнезе
Okada S. et al., 2017	146	16	уровень альбумина < 4 г/дл, выраженность сброса воздуха в первые сутки

Автор	Количество наблюдений	% продленного сброса воздуха	Статистически значимые факторы риска
Yoo A. et al., 2017	21150	24	выполнение операции открыто, лобэктомия, мужской пол, степень бронхиальной обструкции, CCI > 5
Zhao K. et al., 2017	1051	10,6	плевральные сращения
Murakami J. et al., 2018	284	5,3	наличие эмфиземы по КТ

Таким образом, существует множество факторов риска продленного сброса воздуха, каждый из которых может осложнить течение послеоперационного периода. В то же время, несмотря на значительное количество работ, в которых анализируются факторы риска длительной негерметичности легочной паренхимы, пока не удалось создать универсальные формулы и руководства по их применению.

1.2. Осложнения продленного сброса воздуха

Среди возможных осложнений длительной негерметичности легочной паренхимы рассматриваются следующие:

- пневмония;
- ателектаз, требующий выполнения эндоскопической санации или неинвазивной вентиляции легких;
- отек легких;
- ТЭЛА;
- нарушения сердечного ритма;
- острый коронарный синдром;
- эмпиема плевры (Attaar A. et al., 2019).

При этом учитывается, возникло ли осложнение в течение 30 дней после оперативного вмешательства, или в течение более длительного времени, если пациент все еще находится в стационаре (Brunelli A., 2006).

Механизм данных осложнений основан на наличии болевого синдрома от длительного стояния дренажа, который ограничивает двигательную активность, затрудняет экспекторацию мокроты, уменьшает экскурсии дыхательной мускулатуры. Все это приводит к повышению риска тромбообразования, инфицирования оперированного легкого. В то же время дренаж, как инородное тело, повышает риск развития эмпиемы плевры.

Некоторые исследователи подчеркивают увеличение риска осложнений в группе пациентов со сбросом воздуха, независимо от его продолжительности. Так, в исследовании I. Okereke et al. частота кардиопульмональных осложнений достоверно различалась в группе со сбросом воздуха и в контрольной - 30% и 18% соответственно (Okereke I. et al., 2005).

Однако A. Brunelli et al. показали, что сброс воздуха на 8% повышает риск эмпиемы плевры, но не влияет на кардиологические осложнения (Brunelli A. et al., 2006). A. Laskey отмечает более высокий риск развития эмпиемы плевры у пациентов с продленным сбросом воздуха (Laskey A., Mitchell J.D., 2010).

S. Liang отметил, что длительная негерметичность паренхимы увеличивает риск возникновения легочных осложнений, но не повышает риска сердечно-сосудистых осложнений. В его исследовании у пациентов с продленным сбросом воздуха частота возникновения фибрилляции предсердий была даже ниже, чем в контрольной группе. Среди пульмональных осложнений были отмечены эмпиема плевры, пневмония, гемоторакс и ТЭЛА (Liang S. et al., 2013).

В исследовании G. Varela et al. частота осложнений при наличии и отсутствии продленного сброса составила 21,7% и 8,8% соответственно. Однако данная разница оказалась статистически незначимой (Varela G. et al., 2004).

Отмечается также повышенный риск повторных вмешательств с целью аэрозаза, гемотрансфузий и повторных госпитализаций в течение 30 дней у пациентов с продленным сбросом воздуха (Attaar A. et al., 2019).

Таким образом, остается открытым вопрос, действительно ли продленный сброс воздуха повышает риск иных осложнений послеоперационного периода.

1.3. Интраоперационная профилактика сброса воздуха

Среди возможных методов профилактики сброса воздуха рассматриваются следующие: плевральный тент, силанты (герметики), прокладки в области аппаратного шва, интраоперационный пневмоперитонеум (Mueller M.R., Marzluf B.A., 2014).

Плевральный тент

Остаточные полости формируются примерно у 10% пациентов после резекции легких (Lesser T., 2019). Торакопластика позволяет уменьшить объем остаточной полости, однако ассоциирована с большим числом осложнений (Белов А.В., 2011), включая формирование выраженного сколиоза. Исторически применялось “пломбирование” плевральной полости (парафиновыми шариками, жировой тканью и мышечными лоскутами), однако без значимого эффекта и с высоким риском осложнений (Uzzaman M.M. et al., 2014).

Использование плеврального тента было предложено еще в 1950-х годах хирургами L. Miscal и J.L. Hansen в качестве завершающего этапа при проведении резекции легких по поводу туберкулеза (Miscal L. et al., 1956; Hansen J.L., 1957), для снижения риска перерастяжения легкого после резекции, а позже стал применяться для уменьшения риска продленного сброса воздуха после верхних лобэктомий. Целью данного метода является уменьшение остаточной полости между верхушкой остающегося легкого и париетальной плеврой, создание контакта между висцеральным и париетальным листком плевры. Методика заключается в отделении париетальной плевры от fascia endothoracica и подшивании свободного края плевры к межреберным мышцам и краю торакотомной раны (Россо G., 2010).

Наибольшее применение данный метод получил в области редукции легочного объема, где риск продленного сброса воздуха достигает 50%. Именно на этой группе пациентов была показана безопасность выполнения плеврального тента в ходе видеоторакоскопии (Venuta F. et al., 1998).

L. Robinson в 1998 году провел ретроспективный анализ 48 пациентов, перенесших верхнюю лобэктомию по поводу рака легкого, из них у 28 пациентов был сформирован плевральный тент (Robinson L.A., Preksto D., 1998). При анализе послеоперационного периода оказалось, что применение плеврального тента достоверно уменьшает продолжительность сброса воздуха (1,6 дней в группе плеврального тента и 3,9 дней в контрольной группе) и дренирования (4 и 6,6 дней соответственно), длительность госпитализации (6,4 и 8,6 дней соответственно), не увеличивая при этом риск иных осложнений.

E. Okur et al. показали достоверное уменьшение продолжительности дренирования при применении плеврального тента у пациентов после верхней лобэктомии, а также после верхней билобэктомии (4 и 7 дней соответственно) (Okur E. et al., 2001).

A. Brunelli et al. провели проспективное рандомизированное исследование 200 пациентов, перенесших верхнюю лобэктомию, в половине случаев выполнялось формирование плеврального тента (Brunelli A. et al., 2002). В данной группе длительность сброса воздуха (2,5 и 7,2 дней в контрольной группе), дренирования (7 и 11,2 дней соответственно) и продолжительность госпитализации (8,2 и 11,6 дней соответственно) были достоверно меньше, чем в контрольной группе. Важным выводом его исследования явилось то, что данная методика не увеличивает времени операции, объем кровопотери и риск иных осложнений послеоперационного периода.

В 2015 году P.I. McConnell опубликовал успешный результат применения искусственного плеврального тента (сформированного из экстрацеллюлярного матрикса) у 21-месячного ребенка, оперированного по поводу гигантской мальформации верхней доли левого легкого (McConnell P.I., 2015). В послеоперационном периоде сформировалась крупная остаточная полость, выбор материала был определен тем, что в ходе первой операции была выполнена механическая индукция плевродеза. На протяжении года не было выявлено осложнений методики. Данный подход может применяться в случае врастания опухоли в купол плевральной полости либо при наличии плотных сращений в области вершины и их экстраплевральном рассечении.

По данным метаанализа, использование плеврального тента не повышает риск эмпиемы плевры. Остается открытым вопрос, затрудняет ли плевральный тент выполнение при необходимости повторных операций (Uzzaman M.M. et al., 2014).

Пневмоперитонеум

Наложение интраоперационного пневмоперитонеума приводит к элевации купола диафрагмы и сокращению объема остаточной полости в нижних отделах. Данная методика имеет те же цели, что френикотрипсия, однако после пневмоперитонеума мобильность диафрагмы восстанавливается после рассасывания воздуха, а в случае френикотрипсии подвижность диафрагмы может не восстановиться. Более того, при наложении пневмоперитонеума можно контролировать степень поднятия диафрагмы в зависимости от количества введенного воздуха (Toker A. et al., 2003).

Е. Okur et al. провели рандомизированное исследование 30 пациентов после нижней лобэктомии и билобэктомии, которым был наложен пневмоперитонеум через катетер, проведенный через диафрагму из плевральной полости (Okur E. et al., 2009). В группе пневмоперитонеума продолжительность дренирования (3,5 и 4,9 дней в контрольной группе) и госпитализации (4,7 и 5,8 дней), а также число случаев наличия остаточной полости (1 и 8 пациентов) было достоверно меньше, чем в контрольной группе. При этом не было выявлено различий в числе осложнений. Интраоперационное введение воздуха обладает рядом преимуществ, по сравнению с послеоперационным: под визуальным контролем отмечается более низкий риск повреждения сосудов и печени, а также требуется меньший объем воздуха для элевации диафрагмы, что снижает выраженность болевого синдрома.

Герметики

Силанты (герметики) наносят на область аппаратного шва и на видимые повреждения висцеральной плевры. Различают фибриновые силанты (состоят из комбинации фибриногена и тромбина, может добавляться коллаген) и синтетические силанты, которые

- 1) способны полимеризоваться в присутствии белков, например полиэтиленгликоль,
- 2) полимеризуются без присутствия биологических продуктов, например полигликолевая кислота.

За последние 40 лет было проведено множество исследований, отражающих эффективность вновь появляющихся продуктов. Было отмечено, что они снижают частоту видимого сброса воздуха в конце операции на 25% (D'Andrilli A. et al., 2009). Однако в 2010 году был проведен метаанализ 16 исследований применения силантов, включающий более 1500 пациентов (Belda-Sanchís J. et al., 2010). Лишь в 6 исследованиях применение силантов способствовало сокращению длительности сброса воздуха и в 3 - уменьшению продолжительности стояния дренажа и длительности госпитализации. В остальных же исследованиях отмечалось, что применение силантов способствует уменьшению интенсивности сброса, но не оказывает статистически достоверного влияния на длительность дренирования и госпитализации. Таким образом, авторы не рекомендуют рутинное применение силантов.

C. Moser et al. изучали влияние силантов на течение послеоперационного периода у пациентов после торакоскопических двусторонних редукций легочного объема. Авторы наносили силанты только на одно легкое, оставляя второе контрольным. В результате ученые отметили, что на контрольной стороне частота сброса воздуха и длительность стояния дренажа оказались больше, чем на стороне, где применялись силанты (31,8% и 5,9 дней vs 4,5% и 2,8 дня соответственно) (Moser C. et al., 2008).

В 2019 году H. Gonde et al. опубликовали результаты ретроспективного исследования 299 пациентов, в ходе которого изучалась эффективность трех силантов в уменьшении продолжительности сброса воздуха после роботических анатомических резекций (Gonde H. et al., 2019). Оказалось, что в группе силантов частота длительной негерметичности легочной паренхимы и продолжительность дренирования были выше, чем в контрольной группе. Более того, в исследуемой группе было выше число повторных оперативных вмешательств с целью

плевродеза, а также частота осложнений II степени (аритмия, задержка мочи, ателектаз).

В то же время С. Porrello et al. в рандомизированном исследовании 189 пациентов, перенесших лоб- или билобэктомию, показали, что рутинное использование фибринового клея на области сброса воздуха, выявленные при подводной пробе, позволяет снизить риск продленного сброса воздуха с 8,1% в контрольной группе до 1,1% (Porrello C. et al., 2019).

Таким образом, применение как биологических, так и синтетических материалов не рекомендуется для рутинной профилактики послеоперационного сброса воздуха. Возможно, их применение оправдано у пациентов, подвергающихся редукции легочного объема (Rice T.W., Blackstone E.H., 2010).

Усиление аппаратного шва

Первым вариантом укрепления аппаратного шва являлось применение прокладок из бычьего перикарда. Однако в 1997, в связи с выявлением спонгиозной энцефалопатии (болезни Крейтцфельда-Якоба), ВОЗ рекомендовала приостановить использование тканей и материалов, полученных от быков, из-за возможности заражения прионами. Изучение вопроса о возможности передачи прионной болезни через перикард заняло 6 лет, что стимулировало разработку синтетических материалов. В 2003 году ВОЗ заявила, что в бычьем перикарде не содержатся прионы, а значит он может безопасно использоваться в медицинской продукции (Cecil C. et al., 1998).

Считая, что основным источником сброса воздуха являются отверстия от сшивающих аппаратов, J.D. Соорер предложил использовать прокладки из бычьего перикарда при проведении редукции легочного объема (Соорер J.D., 1994). Постепенно данная техника стала применяться у пациентов с менее выраженной эмфиземой, а кроме бычьего перикарда стали использоваться париетальная плевра, коллагеновые заплатки, различные синтетические материалы (Singhal S., Shrager J.B., 2010). Оставался открытым вопрос: оправдано ли применение прокладок у всех пациентов или только в выборочной группе. J.I. Miller et al. оценивали эффект от применения прокладок из бычьего перикарда у 80 пациентов, подвергшихся сегментэктомии и лобэктомии. В ходе исследования

авторы пришли к выводу, что применение прокладок при таких операциях незначительно снижает продолжительность сброса воздуха и не оказывает влияния на длительность стояния дренажа и длительность госпитализации (Miller J.I. et al., 2001).

U. Stammberger занимался исследованием сброса воздуха при редукции легочного объема (Stammberger U. et al., 2000). В ходе рандомизированного исследования оказалось, что применение прокладок позволяет снизить частоту (77% и 39% в контрольной и исследуемых группах, соответственно) и продолжительность сброса воздуха, длительность стояния дренажа у пациентов, перенесших редукцию легочного объема. Однако, по данным National Emphysema Treatment Trial, использование прокладок не оказывает влияние на продолжительность сброса воздуха и длительность стояния дренажа (DeCamp M.M. et al., 2006). Таким образом, не существует однозначных рекомендаций по применению прокладок, однако их использование может иметь преимущество при проведении резекций эмфизематозной паренхимы (Singhal S., Shrager J.B., 2010).

Описано несколько случаев бессимптомного откашливания металлических скрепок и кусочков перикарда после редукции легочного объема (Ahmed S. et al., 2000; Oey I, Waller D., 2001), а также один случай металлофтиза с интоксикационным синдромом и формированием гранулемы в области аппаратного шва (Shamji M.F. et al., 2002). В качестве осложнения описан также один случай миграции целого кусочка перикарда в просвет бронха с формированием обтурационной пневмонии и рецидивирующего кровохарканья (Provencher S., Deslauriers J., 2003).

D.M. Downey в опытах на свиных легких сравнил варианты прокладок и их способность сохранять аэростатические свойства при разных величинах внутрибронхиального давления (Downey D.M. et al., 2006). Он показал, что только один из вариантов (подслизистая тонкого кишечника) позволял выдерживать достоверно большее давление (75 см вод. ст.), чем группа без укрепления аппаратного шва. Легкие, в которых использовались кассеты с синтетическими прокладками, а также с бычьим перикардом, позволяли выдерживать несколько большее давление, чем в контрольной группе, однако разница оказалась

статистически незначимой. При этом в контрольной группе давление, после которого начинался сброс воздуха, составляло 44 см вод. ст., а при использовании прокладок - от 47 до 64 см вод. ст.

Z. Richardson сравнивал эффективность различных интраоперационных методов профилактики сброса воздуха. Он пришел к выводу, что ни одна из методик (применение силантов, прокладок) не имеет преимуществ перед другими. Применение любого из методов сократило длительность госпитализации в среднем на два дня (Richardson Z. et al., 2013).

1.4. Лечение продленного сброса воздуха

Для лечения продленного сброса воздуха описано несколько методов: химическая индукция плевродеза, пневмоперитонеум, клапанная бронхоблокация, повторная операция (Shrager J.B. et al., 2009). В то же время некоторые центры придерживаются тактики “watchful waiting”, то есть “бдительного ожидания”, когда, несмотря на сохранение сброса воздуха, не выполняются никакие вмешательства, а продолжается дренирование плевральной полости в выбранном режиме (Cerfolio R.J. et al., 2002).

Индукция плевродеза

Индукция плевродеза может оказаться эффективной при условии полного расправления легкого (то есть прямого контакта висцеральной и париетальной плевры) при отсутствии остаточной полости. В качестве склерозирующих агентов могут быть использованы тальк, блеомицин, доксициклин, миноциклин и др. (Venuta F., Rendina E.A., 2010).

M. Liberman оценивал эффективность плевродеза у пациентов с продленным сбросом воздуха после лобэктомий. Плевродез оказался эффективным у 97,6% пациентов, из них 12% потребовалось проведение повторного плевродеза (Liberman M. et al., 2010).

Среди осложнений химической индукции плевродеза отмечают болевой синдром, лихорадку, ОРДС (за счет попадания препаратов в паренхиму через легочные дефекты) и эмпиему плевры. Доля осложнений составляет около 1% (Dugan K.C. et al., 2017).

Несмотря на большое число клинически успешных случаев плевродеза, V. Acton высказывал сомнения в правильности понимания механизмов воздействия склерозантов на продленный сброс воздуха (Acton V., 2017). Он отмечает, что большую роль стоит отводить выпадению фибрина на поверхности легкого, утолщению и фиброзированию висцеральной плевры, а не облитерации плевральной полости.

Помимо стандартных склерозантов, описан эффект препарата ОК-432, который является лиофилизатом стрептококка, инактивированным бензилпенициллином. Он широко применяется в Японии из-за отсутствия иных стандартных препаратов для индукции плевродеза. Доля успешной индукции плевродеза при продленном сбросе воздуха и вторичном пневмотораксе составляет около 60%, а доля рецидива - 17%. Введение ОК-432 может осложняться болевым синдромом, лихорадкой, пневмонитом (Ogawa K. et al., 2018).

В 1987 году C.L. Robinson предложил вводить аутологичную кровь в плевральную полость для предотвращения рецидивов спонтанного пневмоторакса (Robinson C.L., 1987). Позже была доказана эффективность данного метода и для лечения послеоперационного продленного сброса воздуха (Rivas de Andres J.J. et al., 2000; Lang-Lazduski L., Coonar A.S., 2004). Механизм действия складывается из прямого механического влияния фибрина крови и последствий воспалительной реакции, вызванной нахождением крови в плевральной полости (Venuta F., Rendina E.A., 2010). Среди осложнений данного метода упоминают лихорадку и высевание из плевральной жидкости *Staphylococcus* (Lang-Lazduski L., Coonar A.S., 2004). Количество необходимой крови рассчитывается исходя из массы тела пациента - 2 мл/кг. В отличие от иных препаратов для индукции плевродеза, введение аутологичной крови не требует седации и анальгезии. Доля эффективных введений составляет от 59 до 100%, по данным разных авторов (Rivas de Andrés J.J. et al., 2000; Droghetti A. et al., 2006; Martínez-Escobar S. et al., 2006). За счет прямого влияния фибрина на паренхиматозные дефекты эффект от процедуры развивается быстро, в среднем через 48 часов; при его отсутствии рекомендуется повторить процедуру (Ozpolat B., 2010).

Пневмоперитонеум

Другим методом, заслуживающим внимания, является пневмоперитонеум. Механизм действия рассмотрен в предыдущей главе. В исследовании P.Carbognani et al., у пациентов, перенесших лобэктомию, сброс воздуха после применения пневмоперитонеума прекращался в среднем через 3 дня (Carbognani P. et al., 1999). Его эффективность показана после резекций не только базальных отделов, но и апикальных, в том числе после редукции легочного объема. Преимуществами данного метода является низкое число осложнений, временное ограничение подвижности диафрагмы, а также необходимость в большинстве случаев однократного введения воздуха. Данная процедура не показана пациентам после химиотерапии и лучевой терапии, так как она малоэффективна на фоне ригидности и фиброза легкого и структур средостения (De Giacomo T. et al., 2001).

Эндоскопическое лечение

Проблемным является вопрос лечения продленного сброса воздуха у пациентов с сопутствующей патологией, препятствующей проведению повторной операции, у которых консервативные методы лечения не привели к успеху. У таких пациентов предпринимались попытки воздействия бронхоскопическими методами. Однако в 2001 году вышли рекомендации Американской ассоциации пульмонологов, в которых с высоким уровнем доказательности показана низкая эффективность бронхоскопических методов окклюзии бронха у пациентов с продолжающимся сбросом воздуха (Baumann M.H. et al., 2001). Однако это не остановило исследователей от поиска эффективного бронхоскопического метода лечения сброса воздуха. Таким методом стал однонаправленный клапан, блокирующий прохождение воздуха в дистально расположенные бронхи, но не препятствующий отхождению мокроты из них. FDA одобрила установку таких клапанов пациентам, подвергшимся редукции легочного объема, а также лобэктомиям/сегментэктомиям, если сброс воздуха сохраняется на 7-е сутки (Wood D.E. et al., 2010).

I. Firlinger предложила следующий метод идентификации места установки клапана: при проведении бронхоскопии проводится баллонная окклюзия бронха катетером Фогарти: снижение сброса воздуха на 50% и более (по данным

электронного монитора либо снижение до 100 мл/мин и менее являются показателями удовлетворительного места для установки клапана. В ее исследовании у 77% пациентов установка клапана привела к прекращению сброса воздуха, у оставшейся части пациентов через сутки сброс воздуха превысил 100 мл/мин, что потребовало иного метода лечения (Firlinger I. et al., 2013).

Очевидным осложнением проведения данной процедуры является усиление одышки, связанной с ателектазом блокированной доли/сегмента (Aldeyturriaga J.F., 2015).

Ограничением данного метода является наличие у пациентов с эмфиземой пор Кона, которые обеспечивают вентиляцию соседних отделов легких. Поэтому в ряде случаев, несмотря на блокирование долевого/сегментарного бронха, сохраняется аэрация блокированных отделов и сброс воздуха продолжается.

Одно из самых больших исследований по применению однонаправленного клапана для лечения продленного сброса воздуха провели J.M. Travaline et al. В исследование вошли 40 пациентов, в том числе те, у кого ранее предпринимались попытки лечения сброса воздуха иными методами (инстилляция аутологичной крови, повторная операция, плевродез). Полное прекращение сброса воздуха наблюдалось у 48% пациентов, еще у 45% значительно снизилась интенсивность сброса (Travaline J.M. et al., 2009).

R. Cordovilla et al. оценивали эффективность применения клапана для лечения продленного сброса воздуха у пациентов с выраженной эмфиземой (Cordovilla R. et al., 2015). Полное прекращение сброса воздуха произошло у 75% пациентов. Удаление клапана производилось в среднем через 52 дня. У оставшихся 25% пациентов отсутствие эффекта от установки клапана объяснялось невозможностью точной локализации источника сброса воздуха.

I.D. Gkegkes провел метаанализ случаев применения эндобронхиального клапана для лечения продленного сброса воздуха. Согласно его данным, у 66% пациентов сброс воздуха прекратился в течение 24 часов после установки клапана. Среди осложнений были отмечены следующие: рецидив сброса воздуха, миграция клапана, пневмония, колонизация клапана Золотистым Стафилококком. Данные осложнения в разной степени наблюдались у 16,7% пациентов. Не было

отмечено ни одного случая летального исхода, связанного с применением клапана (Gkegkes I.D. et al., 2015).

Повторная операция

Если, несмотря на проведение консервативного лечения, сброс воздуха сохраняется, может рассматриваться вариант хирургического аэростаза. Стоит отметить, что, в отличие от иных осложнений послеоперационного периода, показания к повторной операции при продленном паренхиматозном сбросе воздуха не являются строго определенными и часто зависят от предпочтений и терпения хирурга. Наиболее часто в литературе отмечаются следующие показания: отсутствие динамики в интенсивности сброса воздуха на протяжении 5 дней после операции, а также отсутствие полного расправления легкого на фоне пассивного дренирования (Foroulis C.N. et al., 2014).

Е.А. Корымасов показанием к повторной операции считает сохранение сброса воздуха более 10 суток после операции. При этом, начиная с 3 дня после операции, рассматриваются показания к вспомогательным методам лечения: наложение пневмоперитонеума, индукция плевродеза аутологичной кровью и другое (Корымасов Е.А., Бенян А.С., 2011).

Повторные операции в случае продленного сброса воздуха выполняются достаточно редко - от 2 до 3,7% случаев, что связано с возможностью амбулаторизации пациентов с функционирующим дренажем (Merritt R.E. et al., 2010; Foroulis C.N. et al., 2014).

Для уменьшения риска инфекционных осложнений рекомендуется проводить повторную операцию в максимально ранние сроки, как только становится ясно, что другие методы аэростаза не подействовали. Более того, выполнение повторной операции в ранние сроки позволяет провести ее торакоскопически, так как снижается риск конверсии из-за облитерации плевральной полости.

C.N. Foroulis et al. на основе ретроспективного анализа отмечают, что наиболее частым источником сброса воздуха во время повторной операции является шов легкого (Foroulis C.N. et al., 2014). Помимо устранения источника сброса, рекомендуется выполнение индукции плевродеза химическим или

механическим методами (Mueller M.R., Marzluf B.A., 2014). При наличии большой остаточной полости необходимо применять методики, направленные на уменьшение ее объема: френикотрипсия, формирование плеврального тента, интраоперационный пневмоперитонеум, торакопластика (Murty S.C., 2006).

Описаны также единичные случаи лечения сброса воздуха с помощью лучевой терапии. E.Cetinckaya et al. представляют опыт успешного лечения 77-летнего пациента с пневмотораксом, которому была противопоказана операция. По данным вентиляционной сцинтиграфии был определен источник сброса воздуха, и данная область облучена дозой 10 Гр - сброс воздуха прекратился и через неделю был удален дренаж (Cetinskaya E. et al. 2012).

1.5. Амбулаторное ведение пациентов с продленным сбросом воздуха

В настоящее время имеется тенденция более ранней выписки пациентов из стационара с сохранением качества оказываемой помощи, что не только сокращает расходы на лечение, но и снижает риск внутрибольничных инфекций (McKenna R.J. et al., 2007). Причиной для длительного нахождения торакальных пациентов в стационаре в 15% случаев является продленный сброс воздуха (Rice T.W., Kirby T.J., 1992). Для решения данной проблемы и амбулаторизации пациентов с дренажем эффективно применяется клапан Хеймлиха.

Однонаправленный клапан был изобретен в 1968 г. Генри Хеймлихом, американским торакальным хирургом, предложившим также и маневр Хеймлиха при асфиксии (Heimlich H.J., 1968). Изначально клапан использовался для лечения пневмоторакса в военно-полевых условиях. Клапан состоит из пластикового цилиндра, в котором располагается резиновый рукав, а также двух наконечников: входного, который подключается к плевральному дренажу, и выходного, который открывается в емкость для сбора экссудата (рисунок 1). Резиновый рукав расположен таким образом, что смыкается на вдохе, препятствуя попаданию воздуха и жидкости в плевральную полость.



Рисунок 1 - Устройство клапана Хеймлиха

Простота данного клапана и удобство его использования привели к тому, что вскоре он получил широкое применение для амбулаторного ведения пациентов с функционирующими дренажами. Более того, в некоторых стационарах он активно используется для амбулаторного лечения спонтанных пневмотораксов: клапан подключается к дренажу непосредственно после его установки в приемном отделении, и спустя 2 часа наблюдения пациент выписывается домой (Lai S.M., Tee A.K., 2012).

По сравнению с дренированием по Бюлау, клапан Хеймлиха не обладает недостатками подводного дренирования, такими как хрупкость системы, необходимость низкого ее расположения и замены жидкости, играющей роль водяного затвора. Необходимо отметить также, что при накоплении жидкости в емкости при подводном дренировании пропорционально возрастает и сопротивление, что затрудняет процесс дренирования.

Применение клапана имеет и экономические преимущества. По данным британского исследования, выписка 20 пациентов с клапаном позволяет сократить расходы на 772 койко-дня (Southey D. et al., 2015).

Абсолютных противопоказаний к установке клапана Хеймлиха не описано. Относительным противопоказанием может служить значительный гидропневмоторакс с большим количеством богатой фибрином жидкости, что может стать причиной окклюзии клапана. Так, в исследовании A. Bernstein среди 18 случаев использования клапана Хеймлиха при дренировании пневмоторакса в 2 случаях произошло блокирование клапана фибрином (Bernstein A. et al., 1973).

Безопасность длительного стояния дренажа в плевральной полости - на сегодняшний день все еще не решенный вопрос. Хотя не существует научно доказанного подтверждения эффективности антибиотиков для профилактики эмпиемы плевры при продленном сбросе воздуха, некоторые хирурги

рекомендуют проводить антибиотикотерапию вплоть до момента удаления дренажа. Однако некоторые торакальные хирурги считают, что даже при наличии остаточной полости продленный сброс воздуха не повышает риска развития эмпиемы плевры (McKenna R.J.Jr. et al., 1996). В исследовании R. Cerfolio et al. из 33 пациентов, выписанных из стационара с клапаном Хеймлиха, не было выявлено ни одного инфекционного осложнения в течение 2 недель дренирования (Cerfolio R.J. et al., 2009). Наиболее частыми жалобами пациентов являлись дискомфорт в области дренажной раны, подтекание плевральной жидкости вокруг дренажа и нарушение сна.

Частота повторных госпитализаций после выписки пациентов с клапаном Хеймлиха составляет 2,2 - 8,3% - в большинстве случаев по поводу эмпиемы плевры. В качестве инфекционных осложнений описаны нагноение раны, эмпиема плевры и некротизирующий фасциит (Kuhajda I. et al., 2014). При этом доля раневых инфекций составляет 7,7%. Доля эмпием плевральной полости, по данным разных авторов, колеблется от 1 до 25%. Некротизирующий фасциит описан как специфическое осложнение вторичного пневмоторакса при туберкулезе, однако встречается у пациентов с сахарным диабетом, алкоголизмом, больных с иммунодефицитами и заболеваниями периферических сосудов (Hsu S.P. et al., 2006). Развивается заболевание, как правило, на 5-7 день дренирования, и смертность при нем может достигать 76%. При этом лечение требует не только антибактериальной терапии широкого спектра, но и хирургического иссечения некротизированных тканей.

По данным международной медицинской литературы, критерии для выписки пациентов с клапаном Хеймлиха варьируют. Однако все авторы подчеркивают, что желание пациента выписаться с функционирующим дренажем, а также понимание им принципов работы устройства являются обязательными условиями (Varela G. et al., 2010). Наиболее часто применяемая методика использования клапана Хеймлиха заключается в его подключении пациентам на 4-е сутки сброса воздуха. Через 24 часа осуществляется рентгенологический контроль, и при отсутствии нарастающего пневмоторакса и подкожной эмфиземы пациент выписывается на амбулаторное лечение. Наличие апикального

пневмоторакса не является противопоказанием к выписке. R. Cerfolio к противопоказаниям для амбулаторного дренирования относит пограничные показатели функции внешнего дыхания, а именно ОФВ1 менее 50% или диффузионную способность легких меньше 80%, а также выраженный болевой синдром (Cerfolio R.J. et al., 2009). Большой объем сброса воздуха, а также сохранение частичного коллапса легкого не являются противопоказаниями к амбулаторному дренированию (McKenna R.J.Jr. et al., 1996).

В алгоритме, разработанном R. Cerfolio, амбулаторизированные пациенты с клапаном Хеймлиха получали антибактериальную терапию весь срок до удаления дренажа (Cerfolio R.J. et al., 2009). При наличии сброса воздуха через 2 недели после выписки осуществлялась повторная госпитализация пациентов, рентгенография грудной клетки и пережатие плеврального дренажа на 24 часа. Если по прошествии 24 часов на рентгенограмме не наблюдалось нарастания пневмоторакса или подкожной эмфиземы, дренаж удалялся.

Необходимо отметить, что не все пациенты переносят подключение к клапану Хеймлиха – в 10% случаев отмечаются нарастание эмфиземы мягких тканей и коллабирование легкого, что требует возвращения к подводному дренированию или применения активной аспирации (Vega Nde A. et al., 2008).

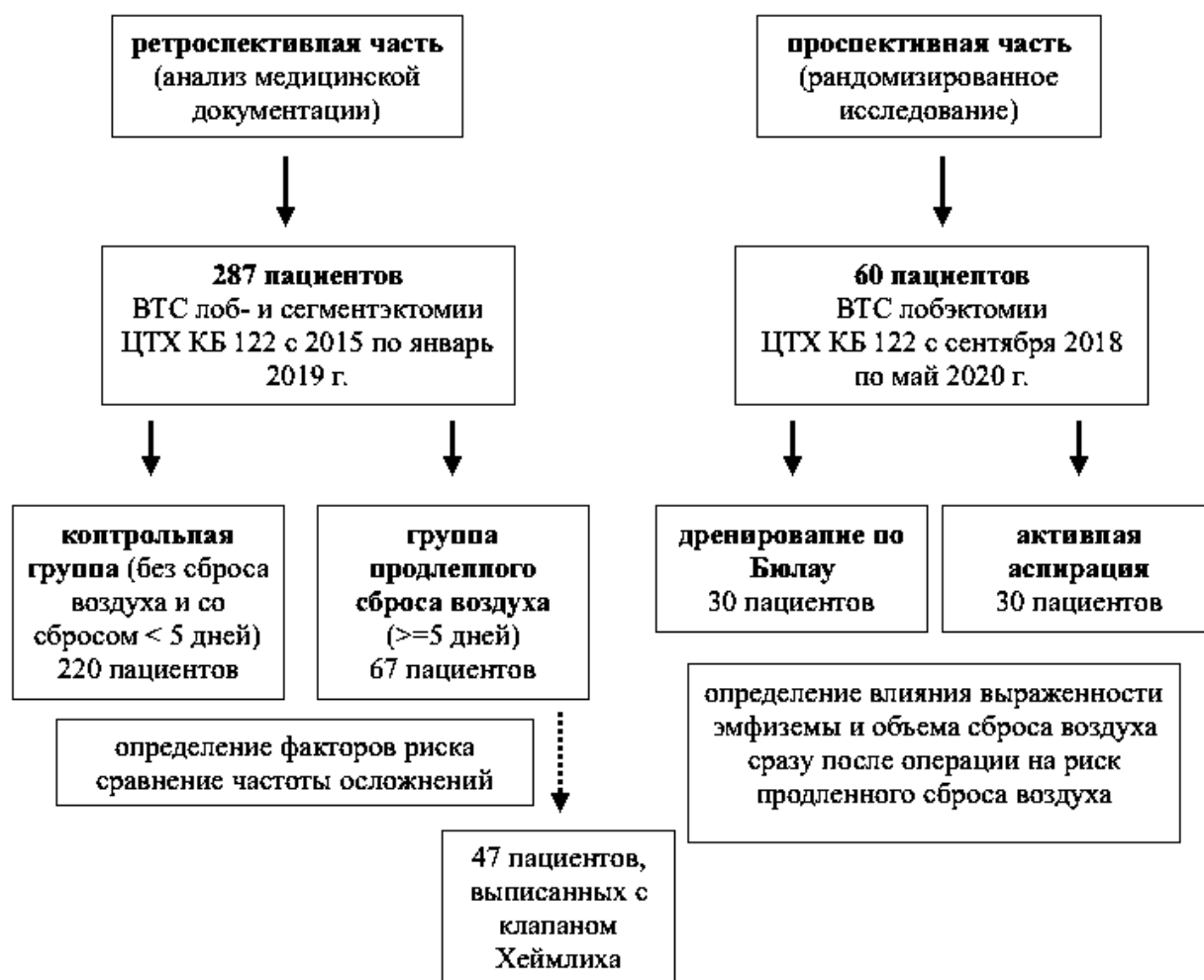
В работе R. McKenna et al. приводятся данные об успешном использовании клапана Хеймлиха у пациентов с массивным сбросом воздуха (при разговоре и дыхании) и у пациентов с нерасправленным легким (вплоть до 7 см воздуха над верхушкой легкого) после редукции легочного объема (McKenna R.J.Jr. et al., 1996). Нарастание подкожной эмфиземы, потребовавшее повторной госпитализации, наблюдалось лишь в 1 случае из 25. Исходя из выше представленных данных, этой группой авторов используется клапан Хеймлиха, начиная с 3 послеоперационного дня, несмотря на то что при подключении его может несколько нарасти пневмоторакс. Активная аспирация применяется лишь при клиническом ухудшении в виде усиления одышки.

Таким образом, в современной торакальной хирургии проблема продленного сброса воздуха остается актуальной. Не определены значимые факторы риска, нет четкого представления о влиянии его на иные осложнения

послеоперационного периода. Многие хирурги все еще отказываются от амбулаторного ведения таких пациентов из-за неуверенности в безопасности клапана Хеймлиха.

Глава 2. Материал и методы

2.1. Дизайн исследования



2.2. Особенности предоперационного обследования, хирургического вмешательства и послеоперационного ведения пациентов

Данное исследование базируется на анализе медицинской документации пациентов ЦТХ Северо-Западного окружного научно-клинического центра имени Л.Г. Соколова, которым с 2015 г. по 2019 г. выполнялись видеоторакоскопические лоб- и сегментэктомии. Все пациенты проходили стандартное предоперационное обследование: клинический и биохимический анализ крови, определение группы крови и резус-фактора, исследование крови на инфекции (гепатит В, С, ВИЧ, сифилис), общий анализ мочи, исследование функции внешнего дыхания, ЭКГ, КТ грудной клетки с внутривенным контрастированием, КТ брюшной полости с

внутривенным контрастированием. При необходимости обследование дополнялось ЭХО-КГ, ФБС, ФЭГДС, ПЭТ/КТ всего тела, МРТ головного мозга.

Оперативные вмешательства удовлетворяли критериям видеоторакоскопических операций в соответствии с консенсусом по видеоторакоскопии 2014 года (Yan T.D. et al., 2014). Все оперативные вмешательства выполнены одной хирургической и анестезиологической бригадой. Операции выполнялись из двухпортового доступа (рисунок 2) в условиях однологочной вентиляции.



Рисунок 2 - Расположение портов во время операции

Во всех случаях выполнялась раздельная обработка элементов корня доли или сегмента (рисунок 3).



Рисунок 3 - Препарат после анатомической резекции легкого с раздельной обработкой элементов корня

Разделение междолевых щелей, обработка бронхов и сосудистых элементов осуществлялись при помощи эндоскопических сшивающих аппаратов (рисунок 4).



Рисунок 4 - Инструменты, используемые во время операции

Для разделения междолевой щели использовалось два типа кассет: синие (высота закрытой скобки 1,5 мм) и зеленые (высота закрытой скобки 2,0 мм). Выбор кассеты основывался на толщине прошиваемой ткани. В большинстве случаев (67% - 192 пациент) прошивание междолевой щели осуществлялось комбинацией синих и зеленых кассет: по краям междолевой щели, где паренхима, как правило, тоньше, использовалась синяя кассета, а в центре щели, ближе к корню, зеленая. В четверти случаев (25,1% - 72 пациента) использовались только зеленые кассеты, редко (4,5% - 13 пациентов) применялись только синие кассеты, в 3,4% случаев (10 пациентов) разделение щели производилось только при помощи гармонического скальпеля.

В 25 случаях (8,7%) для дополнительного аэрозаза на участок междолевой щели накладывались лигирующие полимерные клипсы.

В данном исследовании не использовались интраоперационные методы профилактики продленного сброса воздуха.

В случае первичного рака легкого и метастатического поражения легкого резекция дополнялась систематической лимфодиссекцией. Устанавливался один дренаж (24 Fr) к куполу плевральной полости. Дренирование плевральной полости производилось двумя методами: с водяным затвором (рисунок 5) либо с

применением аппарата активной аспирации (Atmos компании Atmos Medizin Technik, рисунок 6).



Рисунок 5 - Дренирование с водяным замком



Рисунок 6 - Аппарат активной аспирации Atmos

Все пациенты в первые сутки после операции находились под наблюдением в отделении реанимации и интенсивной терапии. При переводе в хирургическое отделение пациенты получали стандартную терапию: антибактериальную, инфузионную, гастропротекторную, небулайзер- и кислород-терапию. Обезболивание в послеоперационном периоде осуществлялось при помощи

введения местного анестетика (наропин) в паравертебральный катетер, а также дополнялось применением ненаркотических анальгетиков.

Сброс воздуха оценивался по появлению пузырьков в случае дренирования по Бюлау или по данным электронных дренажных систем при применении активной аспирации. Сброс воздуха классифицировался по степени выраженности: минимальный при появлении после нескольких кашлевых эпизодов, умеренный - при кашле или форсированном выдохе и массивный - при разговоре и спокойном дыхании.

Продленным сброс воздуха считался при длительности более 5 дней после операции, что соответствует определению данного понятия Европейским сообществом торакальных хирургов (Mueller M.R., Marzluf B.A., 2014).

В первые и вторые сутки после операции выполнялась рентгенография органов грудной клетки. При наличии пневмоторакса, задержки жидкости или гиповентиляции выполнялись контрольные рентгенографии в индивидуальном режиме. Также рентгенография выполнялась при смене метода дренирования. Критерием удаления дренажа служило отсутствие сброса воздуха в течение 24 часов, а также суточный дебет жидкости менее 200 мл и ее серозный характер. Перед удалением дренажа выполнялась проба с пережатием на 4 часа. После удаления дренажа, на следующие сутки, выполнялось контрольное рентгенологическое исследование органов грудной клетки.

Послеоперационные осложнения оценивались при помощи Оттавской классификации осложнений в торакальной хирургии (Liang S. et al., 2013).

Часть пациентов была выписана с клапаном Хеймлиха на амбулаторное лечение. Критериями для выписки являлись отсутствие иных осложнений послеоперационного периода, требующих стационарного лечения, готовность пациента быть выписанным с дренажем, отсутствие нарастания пневмоторакса и подкожной эмфиземы при дренировании по Бюлау. Клапан подключался за сутки до выписки, утром выполнялась контрольная рентгенография органов грудной клетки, и при отсутствии отрицательной динамики пациент выписывался с дренажем. При появлении значимого пневмоторакса или нарастании подкожной

эмфиземы, а также усилении одышки дренаж переводился в режим по Бюлау. Апикальный пневмоторакс не являлся противопоказанием к выписке.

После выписки назначались контрольные осмотры через 3-4 дня для оценки динамики сброса воздуха, качества отделяемой жидкости и состояния дренажной раны. Во время каждого осмотра проводилась смена повязки. При отсутствии видимого сброса воздуха проводилась проба с пережатием дренажа на 2 часа, с последующим рентгенологическим исследованием органов грудной клетки. При расправленном легком дренаж удалялся, при появлении признаков пневмоторакса дренаж сохранялся.

2.3. Характеристика пациентов, включенных в ретроспективную часть исследования

Нами был проведен сплошной нерандомизированный ретроспективный анализ медицинских данных 287 пациентов, находившихся на лечении в Центре торакальной хирургии Северо-Западного окружного научно-клинического центра имени Л.Г. Соколова с различными хирургическими заболеваниями легких с января 2015 г. по январь 2019 г. Критериями включения являлись видеоторакоскопические анатомические резекции легких в объеме лобэктомии или сегментэктомии. В исследование не включались пациенты, которым были выполнены неанатомические резекции, бронхопластические и комбинированные операции, билобэктомии и пневмонэктомии, а также операции из торакотомного доступа (включая случаи технической или экстренной конверсии). Пациенты, у которых послеоперационный период осложнился несостоятельностью культи бронха, были исключены из работы, так как такие случаи имеют отличные от альвеолярных свищей патогенез и подходы к лечению. Подтверждение наличия свища культи бронха проводилось при помощи бронхоскопии.

Материалом исследования являлись данные приемных статусов, протоколов операций, наркозных карт, лабораторных и инструментальных исследований и выписных эпикризов.

На основании изученной литературы нами были выбраны показатели, которые, возможно, являются факторами риска продленного сброса воздуха. Учитывая их большое количество, они были подразделены на три группы: пред-, интра- и послеоперационные.

К предоперационным факторам риска мы отнесли пол, возраст, индекс массы тела, стаж курения, показатели функции внешнего дыхания (ОФВ1, ЖЕЛ, индекс Тиффно), наличие эмфиземы по данным компьютерной томографии (рисунок 7), диагноз, уровень общего белка плазмы крови, наличие сахарного диабета, предыдущие торакальные операции в анамнезе.



Рисунок 7 - Скиалогические признаки эмфиземы легких по данным КТ грудной клетки

К интраоперационным факторам относились объем резекции, локализация удаляемых сегментов, замедленное коллабирование легкого во время операции, наличие и выраженность плевральных сращений (рисунок 8), выраженность междолевой щели, длина аппаратного шва, применение тоннельной техники при разделении междолевых щелей, размер скрепок аппаратного шва, применение клипс для дополнительного аэрозаза. Под “тоннельной техникой” мы понимаем диссекцию легочной паренхимы над сосудистыми структурами при выделении их в междолевой щели.



Рисунок 8 - Плевральные сращения между легким и париетальной плеврой

Среди послеоперационных факторов мы рассматривали: метод дренирования, время полного расправления легкого (по данным рентгенографии органов грудной клетки, рисунок 9), выраженность сброса воздуха в первые сутки и наличие эмфиземы мягких тканей.



Рисунок 9 - Частичный коллапс правого легкого и эмфизема мягких тканей грудной стенки по данным рентгенографии органов грудной клетки

Средний возраст пациентов составил 60 ± 14 лет (минимальный возраст - 19 лет, максимальный - 90 лет). Распределение пациентов по полу было примерно одинаковое (49,5% женщин и 50,5% мужчин). При анализе распределения пациентов по возрастным группам оказалось, что большая часть пациентов была представлена группой от 55 до 70 лет (таблица 2).

Таблица 2 - Распределение пациентов по полу и возрасту

Возраст Пол	до 40 лет	от 40 до 55 лет	от 55 до 70 лет	70 лет и старше	Итого
Мужчины	14	21	78	32	145
Женщины	22	24	70	26	142
Итого	36	45	148	58	287

Масса пациентов оценивалась при помощи индекса массы тела (рисунок 10).



Рисунок 10 - Распределение пациентов согласно ИМТ

Как следует из диаграммы, большая часть пациентов (70%) имела нормальный ИМТ (от 18 до 25 кг/м²), и лишь 6% пациентов имели недостаточную массу тела (ИМТ менее 18 кг/м²).

По данным окончательного гистологического и иммуногистохимического исследований у 64% пациентов был подтвержден диагноз первичный немелкоклеточный рак легкого (рисунок 11). У 10% пациентов операции выполнялись по поводу туберкулеза легких (как правило, туберкулем). Все пациенты обследовались у фтизиатра и не имели признаков активного процесса. У 12% пациентов было выявлено метастатическое поражение легкого. У 14% были выявлены доброкачественные процессы - доброкачественные образования

(гамартома, хондрома) и хронические нагноительные заболевания легких (бронхоэктазы и секвестрации легких).

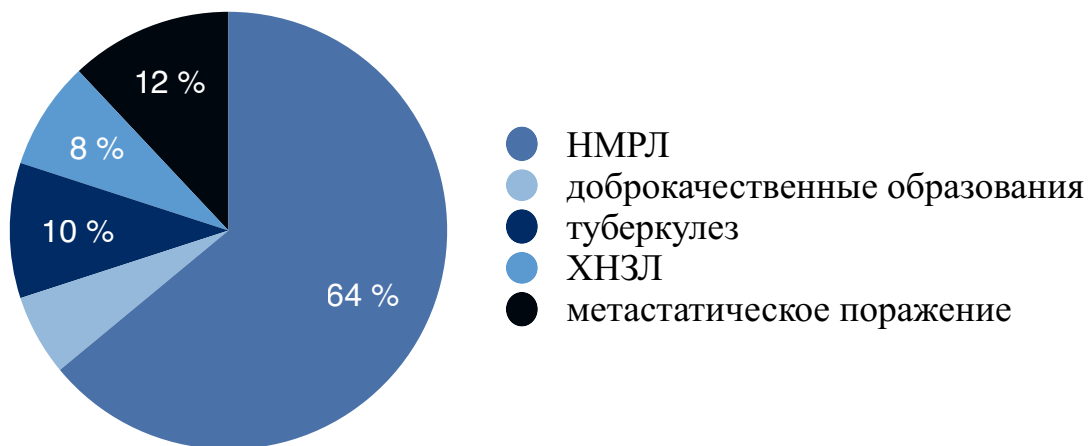


Рисунок 11 - Распределение пациентов согласно окончательным гистологическим диагнозам

Курение в анамнезе, независимо от его продолжительности и факта отказа от курения на момент операции, наблюдалось у 156 пациентов (54%).

Всего у 11 пациентов (3,8%) в анамнезе имелись торакальные операции со стороны планируемого оперативного вмешательства.

Умеренная гипопроотеинемия (< 64 г/л), не требующая коррекции, в предоперационном периоде отмечалась у 24 человек (8%).

У 23 пациентов (8%) был диагностирован сахарный диабет, чаще всего инсулин независимый (СД I типа - 2 человека, СД II типа - 21 человек).

Эмфизема по данным КТ грудной клетки была описана у 60 пациентов (21%).

Для оценки выраженности ХОБЛ использовался показатель ОФВ₁, индекс Тиффно. Более трети пациентов имели сниженный показатель ОФВ₁, у 5% пациентов ОФВ₁ составлял менее 50% (таблица 3).

Таблица 3 - Распределение пациентов по значению ОФВ1

ОФВ1	N	%
<50%	15	5,2
50-80%	90	31,4
>80%	182	63,4

В 182 случаях (63,4%) была выполнена лобэктомия, в 105 случаях (36,6%) - сегментэктомия. Количество операций, в зависимости от локализации удаляемой доли и варианта сегментэктомии, представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Виды оперативных вмешательств

Локализация удаляемых отделов	N	%
верхняя доля справа	64	22
средняя доля	17	6
нижняя доля справа	36	12,5
верхняя доля слева	33	11,5
нижняя доля слева	32	11,1
S4-5 слева	11	4
S2 справа	11	4
S1-2 слева	14	5
S6 справа	15	5,2
S6 слева	7	2,4
базальная пирамида слева	6	2
базальная пирамида справа	5	1,7
S1-3 слева	9	3,1
другое	27	9,5

Наиболее частым видом оперативного вмешательства являлась верхняя лобэктомия справа (22%). С примерно одинаковой частотой выполнялись верхняя и нижняя лобэктомия слева, а также нижняя лобэктомия справа. Средняя

лобэктомия выполнялась всего в 6% случаев. Самыми частыми видами сегментэктомий были S6 справа (5,2%), а также S1-2 слева.

У 40 пациентов (13,9%) во время операции выявлялось неполное коллабирование легкого при правильном позиционировании интубационной трубки, что является косвенным показателем эмфиземы легкого с наличием воздушных ловушек.

Во время операции оценивалась выраженность междолевых щелей и спаечного процесса в плевральной полости.

Выраженность междолевых щелей оценивалась при помощи классификации Craig-Walker (Craig S.R., Walker W.S., 1997). По данной классификации выделяется 4 степени выраженности щелей: 1 степень - полностью разделенные доли, 2 степень - отсутствие щели вблизи корня доли, но полное разделение на остальном протяжении, 3 степень - наличие щели на небольшом участке, 4 степень - полное отсутствие междолевой щели на всем промежутке. Мы объединили 2 и 3 степени, так как интраоперационно различия между этими двумя вариантами бывают крайне субъективны.

В 11% случаев (31 пациент) щель полностью отсутствовала, что приводило к увеличению длины аппаратного шва и повышало вероятность диссекции паренхимы в проекции сосудов (рисунок 12).

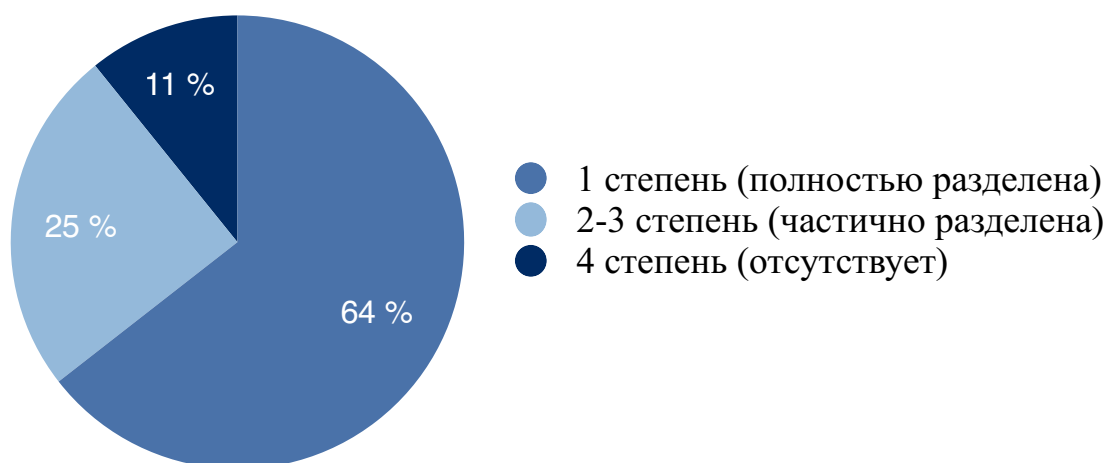


Рисунок 12 - Степень выраженности междолевой щели

Степень выраженности спаечного процесса представлена в таблице 5. Наличие сращений в плевральной полости отмечалось у 37,3% пациентов, при этом у 2,8% была выявлена полная облитерация плевральной полости.

Таблица 5 - Распределение пациентов по степени выраженности спаечного процесса

плевральные сращения	N	%
отсутствуют	180	62,7
единичные	79	27,5
множественные	20	7
полная облитерация	8	2,8

Длина аппаратного шва оценивалась в мм по количеству потраченных на шов легкого кассет. Средняя длина аппаратного шва составила 180 мм.

Тоннельная техника применялась в 61 случае (21,%).

У 70 пациентов (24%) дренирование осуществлялось путем активной аспирации с момента окончания операции. Еще у 12 человек (4%) происходила смена дренирования по Бюлау на активную аспирацию из-за нарастающей подкожной эмфиземы. В остальных случаях (72%) пациенты находились на дренировании с водяным замком с момента окончания операции до удаления дренажа или подключения к клапану Хеймлиха (рисунок 13).



Рисунок 13 - Тип дренирования плевральной полости

У 43 пациентов (15%) в послеоперационном периоде отмечалась эмфизема мягких тканей.

Также у 40 пациентов (14%) отмечалось замедленное расправление легкого, по данным рентгенографии органов грудной клетки. У 17 человек легкое расправилось уже на вторые сутки, максимально легкое оставалось частично коллабированным в течение 15 дней (рисунок 14).

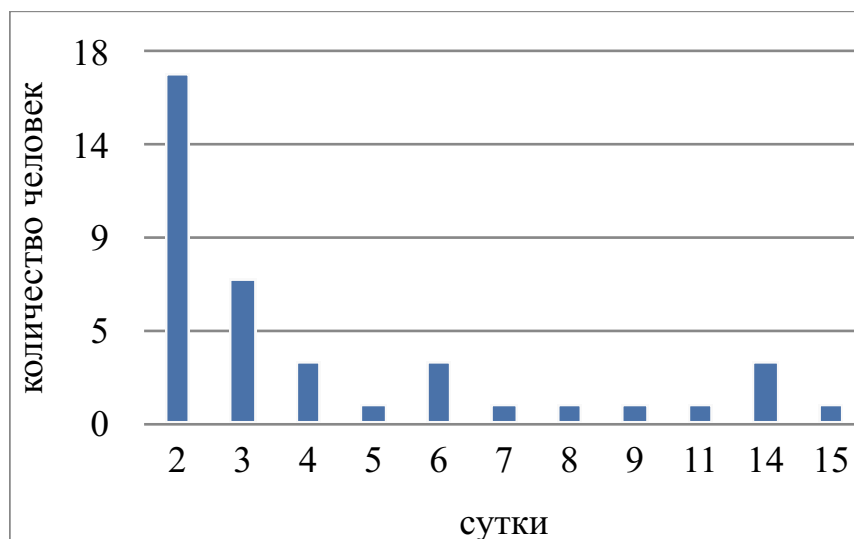


Рисунок 14 - Расправление легкого, по данным рентгенографии органов грудной клетки

2.4. Характеристика пациентов, включенных в проспективную часть исследования

На основании результатов ретроспективного исследования, нами было принято решение о выполнении рандомизированного исследования. С сентября 2018 г. по май 2020 г. 60 пациентов, оперированных в Центре торакальной хирургии ФГБУЗ “Северо-Западный окружной научно-клинический центр имени Л.Г.Соколова” ФМБА РФ по поводу различных хирургических заболеваний, были включены в проспективное исследование. Критериями включения являлись видеоторакоскопические лобэктомии. Исследование являлось открытым параллельным контролируемым рандомизированным с двумя группами: группой контроля (дренирование по Бюлау) и исследуемой группой (активная аспирация). Основной гипотезой исследования являлось более длительное течение сброса воздуха при применении активной аспирации, по сравнению с дренированием по

Бюлау. В качестве первичной конечной точки была выбрана продолжительность сброса воздуха, также оценивались и другие параметры послеоперационного периода. Вторичными конечными точками являлись продолжительность дренирования, длительность госпитализации, наличие и характер осложнений. С учетом предполагаемых различий в первичной конечной точке с мощностью исследования 85% и статистически значимой разницей при $p < 0,05$, был определен объем выборки: в каждую группу было включено по 30 человек. Ни один пациент не был исключен из исследования.

Рандомизация производилась по блочному типу, с использованием таблицы случайных чисел. У всех пациентов было получено информированное согласие на участие в исследовании. Исследование было одобрено Локальным этическим комитетом Клинической больницы 122 им Л.Г.Соколова (выписка из протокола №2 от 11 марта 2019 г.).

Средний возраст пациентов составил 65 ± 2 года, минимальный возраст - 30 лет, максимальный - 87 лет.

Мужской пол составил 60% пациентов (36 человек), женский - 40% (24 человека).

Средний стаж курения составил 25 ± 3 пачка/лет, при этом 17% пациентов (10 человек) не курили больше месяца перед операцией.

У 2 пациентов был выявлен низкий ИМТ ($< 18 \text{ м}^2/\text{кг}$), у 31 пациента - высокий (рисунок 15).

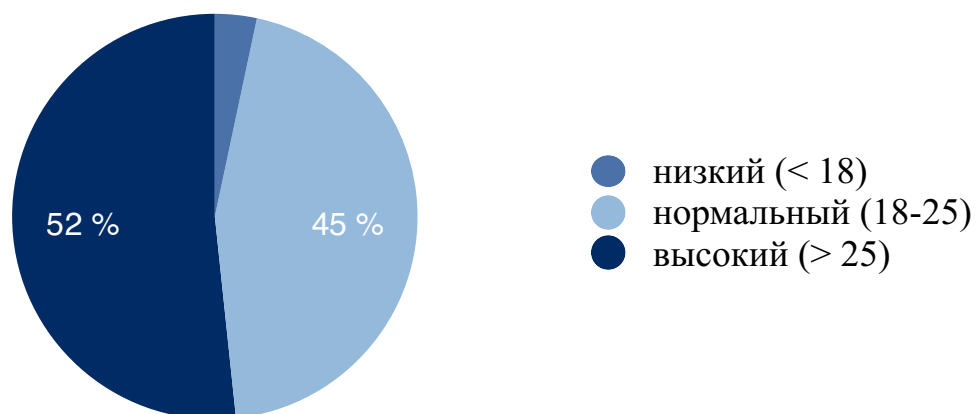


Рисунок 15 - Распределение пациентов согласно ИМТ

Предоперационная гипопроотеинемия наблюдалась лишь у одного человека.

Сахарный диабет был выявлен у 9 пациентов: I типа - у одного пациента (1,7%), II типа - у 8 (13,3%).

Наиболее часто лобэктомия выполнялась по поводу первичного немелкоклеточного рака легкого - 80% (рисунок 16). В 7% случаев у пациентов были верифицированы доброкачественные образования (как правило, гамартомы) и с той же частотой - туберкулемы. Реже (3%) операции выполнялись по поводу ХНЗЛ и метастатического поражения легких.

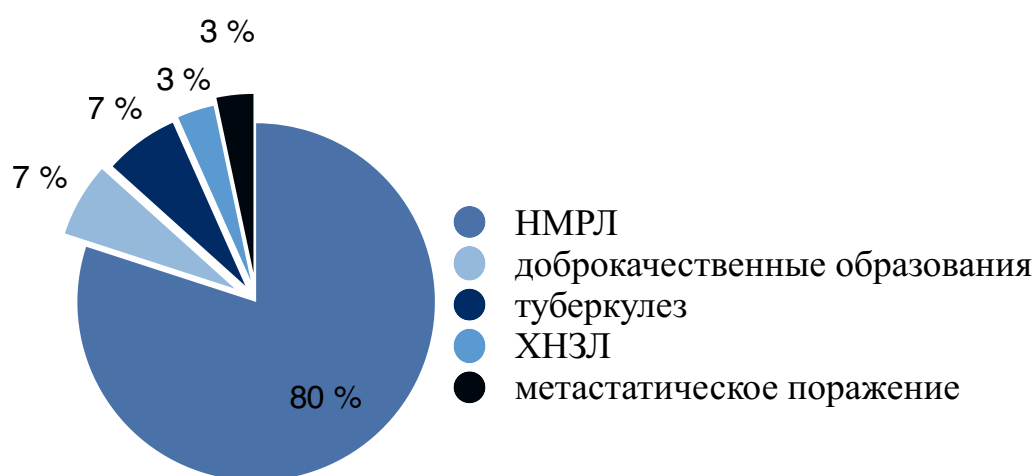


Рисунок 16 - Распределение пациентов согласно окончательным диагнозам

Самым частым видом оперативного вмешательства являлась верхняя лобэктомия справа - выполнялась в 50% случаев (таблица 6).

Таблица 6 - Виды оперативных вмешательств в исследуемых группах

вид лобэктомии	группа 1 (активная аспирация)	группа 2 (дренирование по Бюлау)
верхняя справа	6 (20%)	9 (30%)
средняя	6 (20%)	3 (10%)
нижняя справа	6 (20%)	4 (13%)
верхняя слева	5 (17%)	9 (30%)

вид лобэктомии	группа 1 (активная аспирация)	группа 2 (дренирование по Бюлау)
нижняя слева	7 (23%)	5 (17%)

В данном исследовании не применялись методы интраоперационной профилактики сброса воздуха: индукция плевродеза, формирование плеврального тента, наложение пневмоперитонеума, френикотрипсия, использование кассет с прокладками и др.

Плевральные сращения выявились у 24 человек (40%), полная облитерация плевральной полости - у одного человека. Выраженность плевральных сращений представлена в таблице 7.

Таблица 7 - Распределение пациентов по степени выраженности спаечного процесса в плевральной полости

плевральные сращения	число наблюдений	%
отсутствуют	36	60
единичные	12	20
множественные	11	18,3
полная облитерация	1	1,7

В 5% случаев междолевая щель отсутствовала, в 35% была выражена частично. Средняя длина аппаратного шва составила 120 мм.

Дренирование плевральной полости производилось двумя методами: с водяным затвором либо с применением аппарата активной аспирации (Atmos компании Atmos Medizin Technik). Выбранный способ дренирования применялся сразу после ушивания операционных ран.

В послеоперационном периоде оценивалась степень выраженности сброса воздуха (таблица 8). У 45% пациентов (27 человек) сброс воздуха отсутствовал в первые сутки после операции. Массивный сброс воздуха наблюдался лишь у 2 пациентов (3%).

Таблица 8 - Степень выраженности сброса воздуха в первые сутки после операции

степень выраженности сброса воздуха	число наблюдений	%
отсутствует	27	45
минимальный	12	20
умеренный	19	32
массивный	2	3

Эмфизема мягких тканей наблюдалась у 12 пациентов (20%).

10 пациентов (16,7%) были выписаны с клапаном Хеймлиха на амбулаторное лечение.

2.5. Особенности определения степени выраженности эмфиземы легких

Так как в ретроспективной части исследования наличие эмфиземы оценивалось по заключению КТ органов грудной клетки, для более объективной оценки влияния выраженности эмфиземы на продленный сброс воздуха мы решили рассчитать в процентах объем эмфизематозной ткани. Для определения данного параметра мы воспользовались программой Slicer CIP Workstation (рисунок 17) и модулем Parenchyma Analysis, произведенной Applied Chest Imaging Laboratory (Brigham and Women's Hospital), позволяющей выполнять количественную оценку объема измененной плотности паренхимы.



Рисунок 17 - Программа Slicer CIP Workstation, используемая для расчета объема эмфиземы

Эмфизема определялась при плотности легочной ткани менее - 910 HU (Murakami J.). Программа самостоятельно разделяла легкие на три отдела, позволяла строить 3D реконструкции (рисунок 18) и рассчитывала процент эмфиземы в целом легком и в его отделах.



Рисунок 18 - Пример разделения легких на отделы, а также построение 3D реконструкции

Более того, программа позволяла построить график процента эмфизематозной ткани в каждом отделе легкого (рисунок 19).

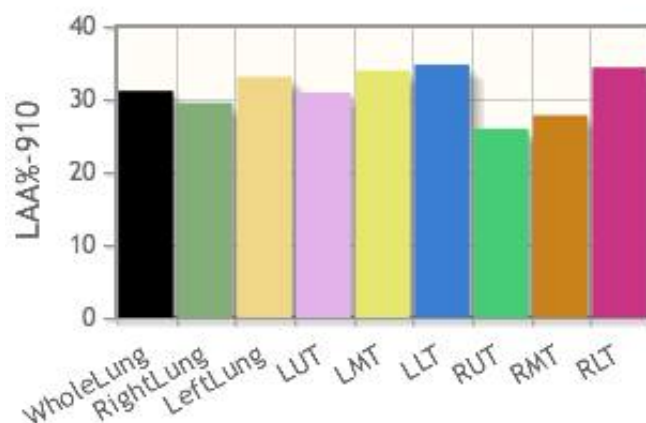


Рисунок 19 - Пример графика выраженности эмфиземы легких

Расчет степени выраженности эмфиземы производился у 60 пациентов, включенных в проспективное исследование. Средний процент эмфиземы составил $17 \pm 2\%$. Распределение пациентов в зависимости от процента эмфизематозной ткани в оперированном легком представлено на рисунке 20.

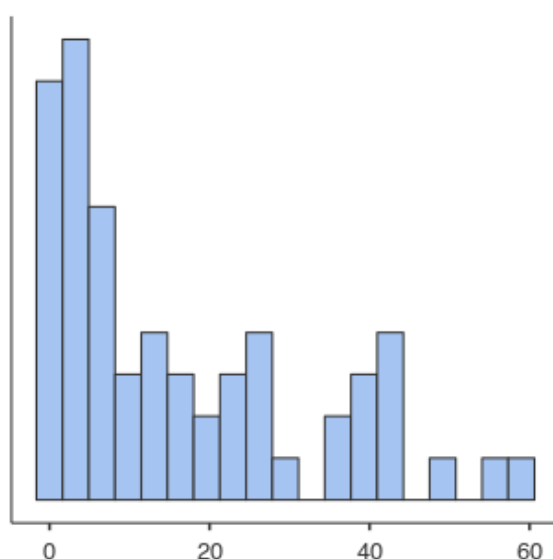


Рисунок 20 - Распределение пациентов в зависимости от процента эмфиземы оперированного легкого

2.6. Определение объема сброса воздуха сразу после операции

Для объективизации подсчета объема сброса воздуха сразу после операции нами рассчитывались потери в дыхательном контуре во время проведения ИВЛ. Объем потерь в дыхательном контуре определялся как разница между вдыхаемым

и выдыхаемым объемом. В данную часть исследования были включены все пациенты из проспективной группы.

Анестезиологическое пособие осуществлялось при помощи аппарата Drager Primus. Условиями проведения данной части исследования являлись:

- сочетанная анестезия с концентрацией анестетиков 0,7-1 МАК,
- сохранение миорелаксации,
- возобновление двулегочной ИВЛ,
- положение на спине.

По завершении операции, поворота на спину и подключения дренажной системы (в соответствии с рандомизацией), в течение 5 минут пациенты вентилировались по объему с расчетом по формуле: $V = \text{идеальная масса тела} * 8$ мл, где идеальная масса тела = рост (см) - 100. Затем в течение минуты продолжалась вентиляция с прежними показателями, при этом оценивалась разница между вдыхаемым и выдыхаемым объемом, что и составило объем потерь в контуре. На основании полученных данных производился расчет среднего значения потери в контуре в мл и в процентах от вентилируемого объема.

Средний вдыхаемый объем составил 526 ± 15 мл. У 10 пациентов не было выявлено потерь в контуре, максимальный объем потери составил 80 мл (рисунок 21), что составило 11% от вдыхаемого объема. Средний объем потери - 24 ± 3 мл и $4,0 \pm 0,4\%$ (рисунок 22).

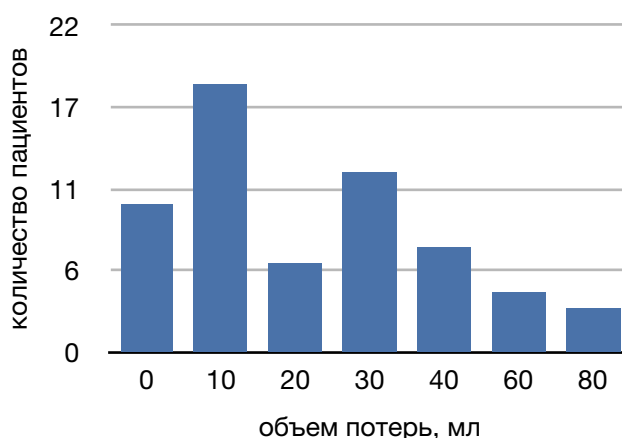


Рисунок 21 - Количество пациентов с различным объемом потерь вдыхаемой смеси в контуре

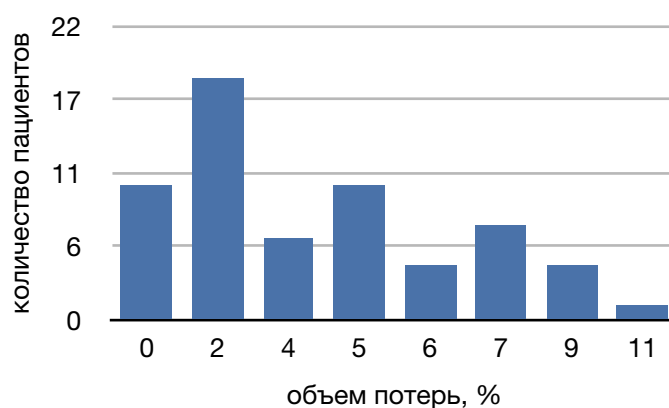


Рисунок 22 - Количество пациентов с различной долей потерь вдыхаемой смеси в контуре

2.7. Статистическая обработка материала

Статистический анализ проводился при помощи программы IBM SPSS Statistics v.23. Нормальность распределения оценивалась тестом Колмогорова-Смирнова. Численные показатели с нормальным распределением анализировались при помощи теста Стьюдента или коэффициента корреляции Пирсона. При анализе показателей с ненормальным распределением использовался тест Манна - Уитни. Категориальные параметры исследовались при помощи критерия Хи-квадрат. В качестве многофакторного анализа была выполнена бинарная логистическая регрессия.

Глава 3. Результаты

3.1. Результаты ретроспективного исследования

Сброс воздуха отмечался у 61% больных (175 пациентов), при этом продленный сброс осложнил течение послеоперационного периода у 23% пациентов (67 человек, рисунок 23).

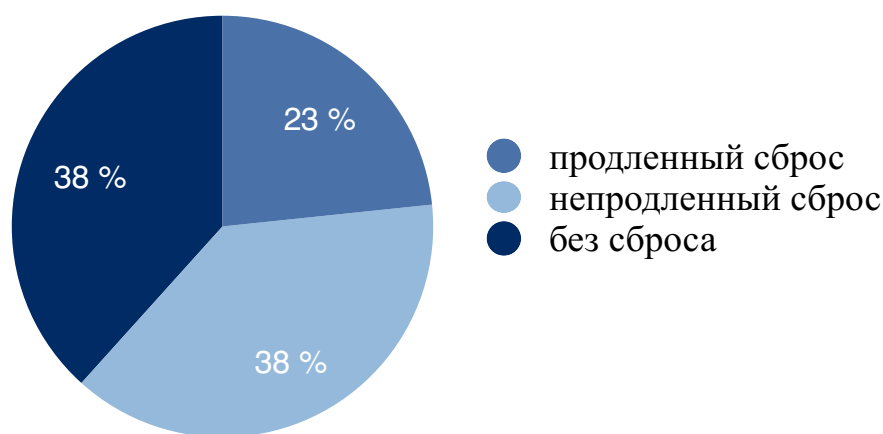


Рисунок 23 - Частота сброса воздуха в послеоперационном периоде

При этом минимальная продолжительность сброса воздуха составила 1 день, максимальная - 46 дней, средняя продолжительность сброса - $3,8 \pm 0,4$ дня.

Средняя продолжительность дренирования в контрольной группе составила $3,3 \pm 0,1$ день, а в исследуемой группе - $13,0 \pm 0,9$ дней ($p < 0,001$). Максимальное время стояния дренажа в контрольной группе составило 6 дней, в исследуемой - 46 дней.

Средняя длительность госпитализации в контрольной группе составила $5,8 \pm 0,1$ дней, в исследуемой - $8,0 \pm 0,5$ ($p < 0,001$). При этом максимальная длительность госпитализации в контрольной группе составила 15 дней, а в исследуемой - 31 день.

При анализе степени выраженности сброса воздуха в первые сутки оказалось, что массивный сброс воздуха, то есть сброс при разговоре и спокойном дыхании, наблюдался только у 5,2% пациентов, а в 37,6% случаев сброс воздуха был минимальный (Таблица 9).

Таблица 9 - Степень выраженности сброса воздуха в первые послеоперационные сутки

степень выраженности сброса воздуха	число наблюдений	%
отсутствует	110	38,4
минимальный	108	37,6

степень выраженности сброса воздуха	число наблюдений	%
умеренный	54	18,8
массивный	15	5,2

Результаты анализа факторов риска представлены в сводной таблице 10.

Таблица 10 - Результаты анализа исследуемых факторов риска продленного сброса воздуха

факторы риска	группа продленного сброса	контрольная группа	p
пол (мужчины)	63 %	47 %	0,02
возраст	58 ± 2 года	60 ± 1 год	0,6
индекс массы тела	низкий - 10% средний - 30% высокий - 60%	низкий - 4% средний - 28% высокий - 68%	0,03
стаж курения	23 ± 3 года	17 ± 1 год	0,05
спирометрические показатели обструкции	ОФВ1 л - 2,55±0,06 ОФВ1 % - 71,4±3,6 индекс Тиффно - 69 ± 2	ОФВ1 л - 2,99±0,5 ОФВ1 % - 89,3±1,4 индекс Тиффно - 77,0 ± 0,8	0,05
наличие эмфиземы, по данным КТ	22 %	20 %	0,3
диагноз	НМРЛ - 66% доброкачественные образования - 6% ХНЗЛ - 6% туберкулез - 9% метастазы - 13%	НМРЛ - 63% доброкачественные образования - 7% ХНЗЛ - 9% туберкулез - 10% метастазы - 11%	0,9
гипопротеинемия	13 %	7 %	0,05
наличие сахарного диабета	I типа - 1,5% II типа - 4,5%	I типа - 0,5% II типа - 8%	0,4
торакальные операции в анамнезе	6 %	3 %	0,2

факторы риска	группа продленного сброса	контрольная группа	р
объем резекции	лобэктомии - 64% сегментэктомии - 36%	лобэктомии - 63% сегментэктомии - 37%	0,9
локализация удаляемых сегментов	верхняя доля - 74% нижняя доля - 21% средняя доля - 5%	верхняя доля - 47% нижняя доля - 42% средняя доля - 11%	0,05
неполное спадение легкого во время операции	21 %	12 %	0,06
длина аппаратного шва	184 ± 12 мм	163 ± 6 мм	0,1
выраженность плевральных сращений	отсутствуют - 54,5% единичные - 31% множественные - 13% облитерация - 1,5%	отсутствуют - 66% единичные - 26% множественные - 5% облитерация - 3%	0,2
выраженность междолевой щели	I степень - 63% II-III степень - 28% IV степень - 9%	I степень - 65% II-III степень - 24% IV степень - 11%	0,7
применение тоннельной техники	25 %	20 %	0,3
тип дренирования	активная аспирация - 42% по Бюлау - 58%	активная аспирация - 19% по Бюлау - 81%	< 0,001
время полного расправления легкого	3,0 ± 0,4 дня	1,1 ± 0,03 дня	< 0,001
выраженность сброса воздуха в первые сутки	минимальный - 24% умеренный - 57% массивный - 19%	минимальный - 92% умеренный - 7% массивный - 1%	< 0,001
наличие эмфиземы мягких тканей	46 %	5,5 %	< 0,001

3.1.1. Предоперационные факторы риска

Среди пациентов с продленным сбросом воздуха мужской пол составил 63% (42 пациента), а женский - 37% (25 пациентов), а в контрольной группе - 47% (103 человека) и 53% (117 пациентов), соответственно ($p = 0,02$). Таким образом, мужской пол является фактором риска продленного сброса воздуха (рисунок 24).

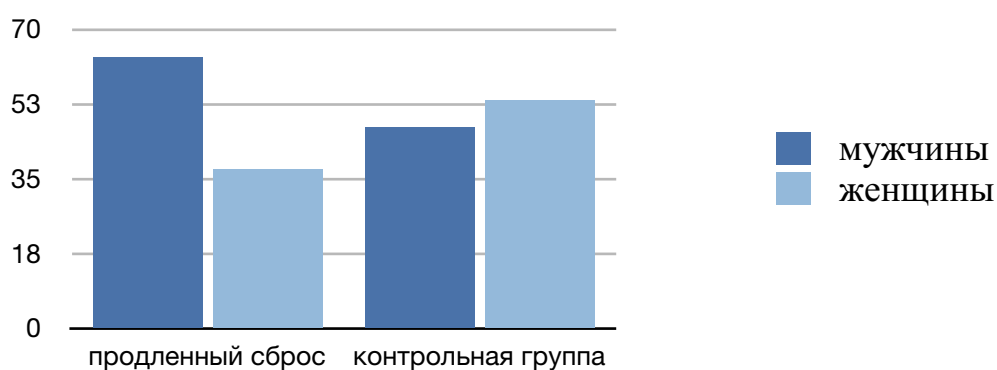


Рисунок 24 - Сравнение пациентов по полу в контрольной и исследуемой группах

При анализе фактора возраста оказалось, что между двумя группами отсутствуют достоверные различия ($p = 0,6$). В группе продленного сброса воздуха средний возраст составил 58 ± 2 года, а в контрольной группе - 60 ± 1 год (рисунок 25).

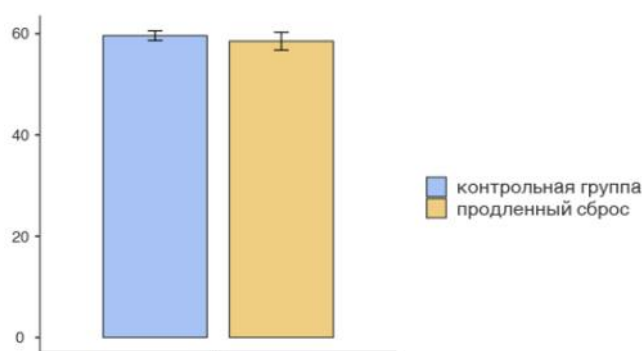


Рисунок 25 - Сравнение возраста в контрольной и исследуемой группах

Распределение диагнозов в исследуемой и контрольной группах представлено в таблице 11. Разница между двумя группами оказалась статистически незначимой ($p = 0,9$).

Таблица 11 - Распределение диагнозов в исследуемых группах

диагноз	группа продленного сброса	контрольная группа
НМРЛ	44 (66%)	139 (63%)
доброкачественные образования легкого	4 (6%)	15 (7%)
ХНЗЛ	4 (6%)	19 (9%)
туберкулез	6 (9%)	22 (10%)
метастатическое поражение легкого	9 (13%)	25 (11%)

Стаж курения, как основная причина бронхиальной обструкции, оказался значимым фактором риска в нашем исследовании ($p = 0,05$). В группе продленного сброса воздуха средний стаж курения составил 23 ± 3 года, а в контрольной группе - 17 ± 1 год (рисунок 26).

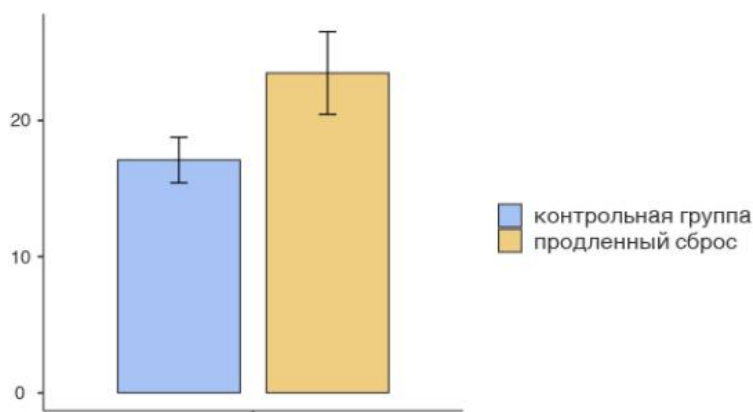


Рисунок 26 - Сравнение стажа курения в контрольной и исследуемой группах

Наличие у пациента сахарного диабета также оказалось незначимым фактором ($p = 0,4$). Анализ данного показателя представлен в таблице 12.

Таблица 12 - Распределение диагноза сахарный диабет в исследуемых группах

диагноз	группа продленного сброса	контрольная группа
СД I типа	1 (1,5%)	1 (0,5%)
СД II типа	3 (4,5%)	18 (8%)

При анализе ИМТ оказалось, что в группе с продленным сбросом воздуха преобладали пациенты, имеющие более низкий ИМТ (рисунок 27), чем в контрольной группе ($p = 0,03$).

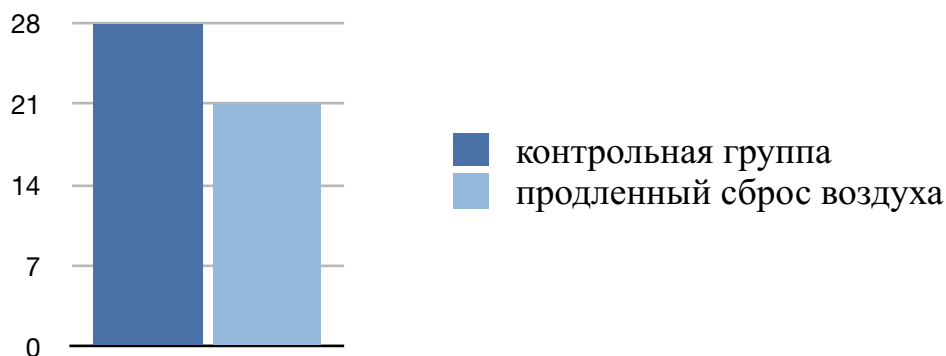


Рисунок 27 - Сравнение показателя ИМТ в исследуемых группах

При анализе ИМТ по степени было выявлено еще большее различие между двумя группами ($p < 0,001$). При этом оказалось, что в группе продленного сброса воздуха процент пациентов с низким ИМТ оказался выше, чем в контрольной группе (10% и 4%, соответственно, рисунок 28).

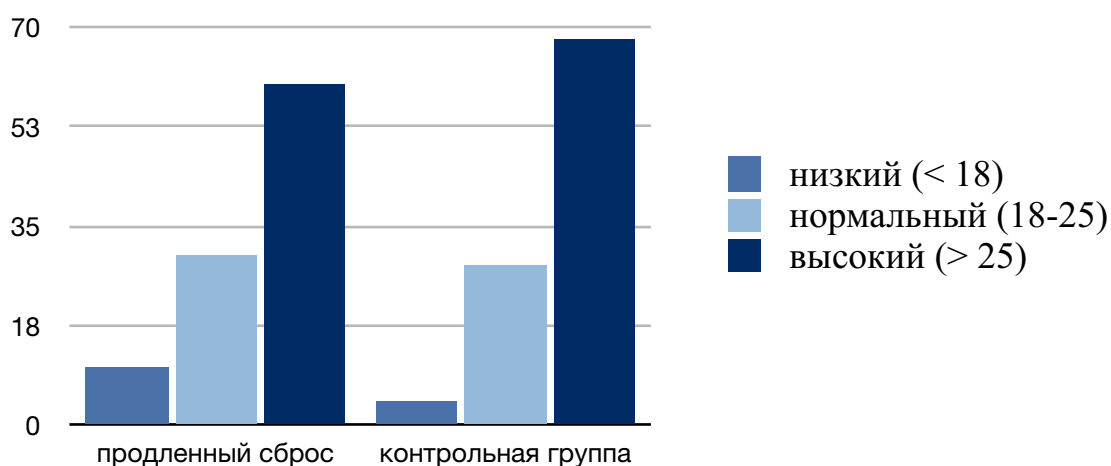


Рисунок 28 - Сравнение пациентов по степени ИМТ

Высокий ИМТ оказал обратное влияние: в контрольной группе его процент был выше (68% и 60% соответственно).

Наличие предоперационной гипопроотеинемии ассоциировалось с более высоким риском продленного сброса воздуха ($p = 0,05$). Гипопроотеинемия наблюдалась у 15 пациентов в контрольной группе (7%) и у 9 - в группе продленного сброса воздуха (13%).

Наличие торакальных операций в анамнезе не оказало влияния на риск продленного сброса воздуха ($p = 0,2$). В исследуемой группе пациентов операции выполнялись в 4 случаях (6%), а в контрольной - в 7 (3%).

Наличие эмфиземы, по данным КТ, также не оказалось фактором риска ($p = 0,3$). В контрольной группе эмфизема была диагностирована у 45 человек (20%), а в исследуемой группе - у 15 (22%).

При анализе спирометрических данных оказалось, что снижение ОФВ1 и индекса Тиффно коррелировало с риском продленного сброса воздуха (Таблица 13). При этом группы достоверно не различались по ЖЕЛ.

Таблица 13 - Сравнение средних значений спирометрических показателей в контрольной и исследуемой группах

показатель	контрольная группа	группа продленного сброса воздуха	p
ОФВ1 л	$2,99 \pm 0,05$	$2,55 \pm 0,06$	0,05
ОФВ1 %	$89,3 \pm 1,4$	$71,4 \pm 3,6$	0,05
ЖЕЛ л	$3,4 \pm 0,6$	$3,2 \pm 0,4$	0,8
ЖЕЛ %	$91,63 \pm 1,30$	$91,0 \pm 2,3$	0,7
индекс Тиффно	$77,0 \pm 0,8$	69 ± 2	0,05

При более детальном анализе предоперационных факторов оказалось, что существует корреляция между мужским полом и более продолжительным стажем курения ($p < 0,001$). У мужчин средний стаж курения составил $32,2 \pm 2,0$ пачка/лет, а у женщин - $4,05 \pm 0,90$ пачка/лет. Стаж курения, в свою очередь, коррелирует с индексом Тиффно и ОФВ1 ($p < 0,001$). Таким образом, мужской пол и стаж курения не являются самостоятельными факторами риска, а лишь отражают общую тенденцию к более выраженной обструкции у мужчин.

Таким образом, значимыми предоперационными факторами риска оказались низкий ИМТ, наличие бронхиальной обструкции и предоперационной гипопротеинемии.

3.1.2. Интраоперационные факторы риска

Незначимым оказался фактор объема операции ($p = 0.9$). В исследуемой группе пациентов было выполнено 43 (64%) лобэктомии и 24 (36%) сегментэктомии, а в контрольной - 139 (63%) и 81 (37%) соответственно (рисунок 29).

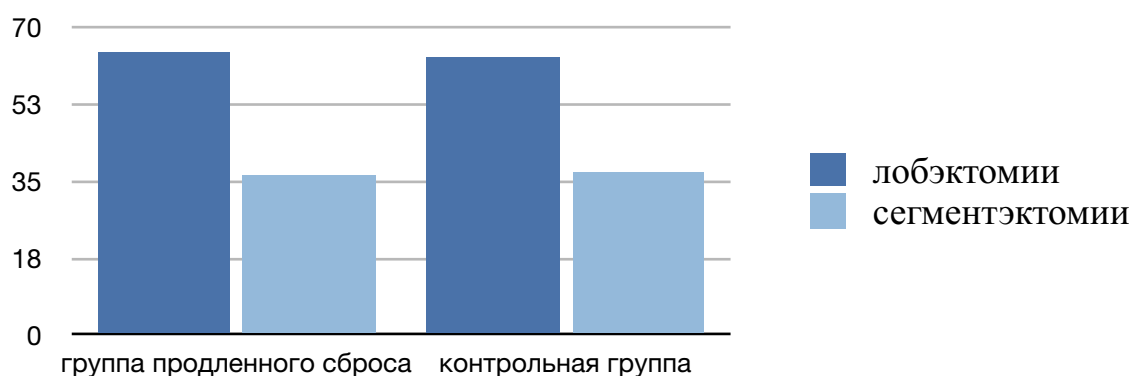


Рисунок 29 - Сравнение объема оперативных вмешательств в исследуемых группах

Не оказало значимого влияния и замедленное спадение легкого во время операции ($p = 0,06$), однако имеется некоторая тенденция к увеличению продолжительности сброса при неполном коллапсе легкого в начале операции. В контрольной группе данная характеристика выявлялась при 26 операциях (12%), а в исследуемой группе - в 14 (21%).

Удаление верхней доли ассоциировалось с более высоким риском продленного сброса воздуха ($p = 0,05$), что отображено в таблице 14. В группе продленного сброса воздуха более 70% пациентов перенесли верхнюю лобэктомию, а в контрольной - менее 50%.

Таблица 14 - Сравнение локализации удаляемых долей в исследуемых группах

локализация удаляемой доли	контрольная группа	группа продленного сброса воздуха
верхняя доля	65 (47%)	32 (74%)
нижняя доля	59 (42%)	9 (21%)
средняя доля	15 (11%)	2 (5%)

Количество удаляемых сегментов, однако, не оказало влияния на риск продленного сброса воздуха ($p = 0,2$). Данные представлены в таблице 15.

Таблица 15 - Сравнение объема резекции в исследуемых группах

количество удаляемых сегментов	контрольная группа	группа продленного сброса воздуха
1	38 (17,2%)	9 (13,4%)
2	42 (19%)	8 (12%)
3	57 (26%)	24 (35,8%)
4	34 (15,5%)	7 (10,4%)
5	49 (22,3%)	19 (28,4%)

Наличие плевральных сращений, а также степень их выраженности не оказали влияния на риск продленного сброса воздуха ($p = 0,2$, рисунок 30).

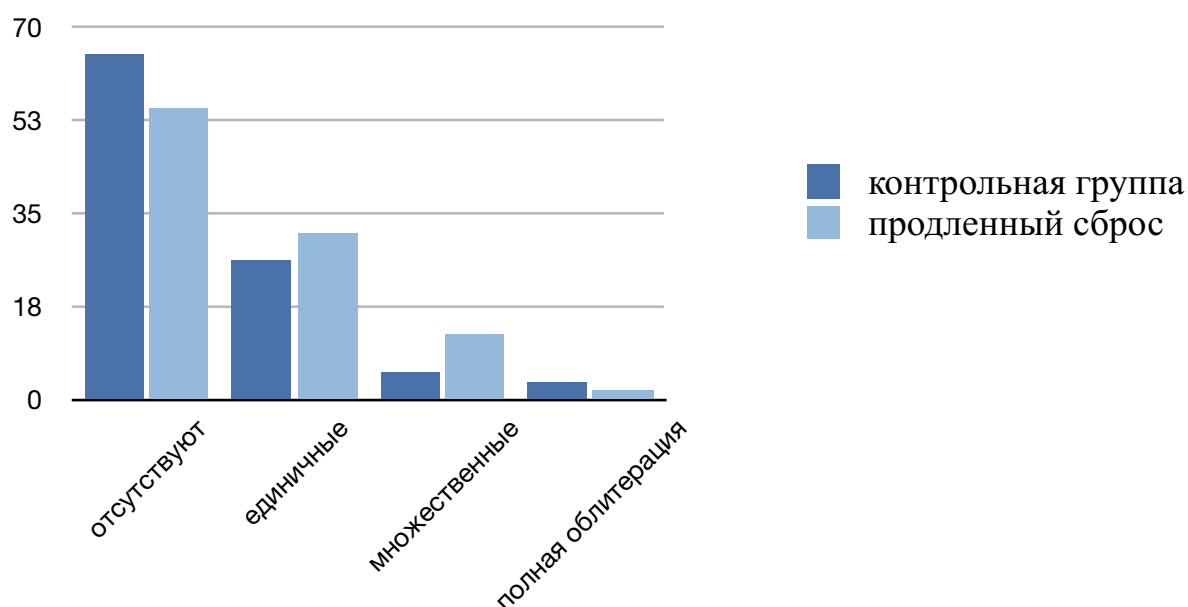


Рисунок 30 - Сравнение степени выраженности плевральных сращений в исследуемых группах

В исследуемой группе спайки присутствовали у 30 человек (45%), а в контрольной группе - у 77 (35%). Полная облитерация наблюдалась в 3% случаев контрольной группы (7 человек) и в 1,5% исследуемой группы (1 человек). Единичные и множественные спайки наблюдались в контрольной группе в 26%

(57 человек) и в 5% (11 человек) соответственно, а в группе продленного сброса - в 31% (22 человека) и 13% (9 человек) соответственно.

Анализируя степень выраженности междолевой щели, мы пришли к результату, что между двумя группами не было выявлено значимых различий ($p = 0,7$, рисунок 31). Отсутствие междолевой щели наблюдалось в 11% случаев контрольной группы и в 9% группы продленного сброса воздуха.



Рисунок 31 - Сравнение степени выраженности междолевой щели в исследуемых группах

Средняя длина аппаратного шва не имела значимых различий между двумя группами ($p = 0,1$). В группе продленного сброса воздуха средний показатель составил 184 ± 12 мм, а в контрольной группе - 163 ± 6 мм (рисунок 32).

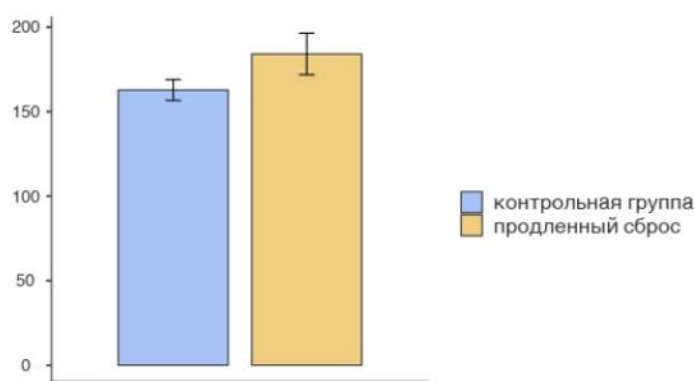


Рисунок 32 - Сравнение длины аппаратного шва в контрольной и исследуемой группах

Использование тоннельной техники также не повлияло на риск продленного сброса воздуха ($p = 0,3$, рисунок 33). В контрольной группе данная техника применялась у 44 человек (20%), а в исследуемой группе - у 17 (25%).

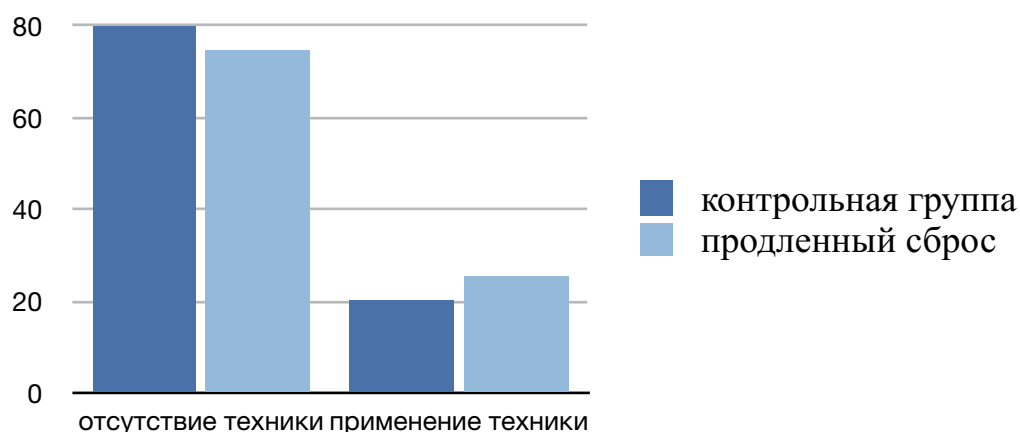


Рисунок 33 - Применение тоннельной техники в исследуемых группах

При анализе влияния высоты скрепок эндоскопических сшивающих аппаратов на риск продленного сброса воздуха оказалось, что между группами отсутствовали достоверные различия ($p = 0,08$, рисунок 34). В контрольной группе комбинация кассет применялась в 153 случаях (73%), зеленая кассета - в 49 случаях (23%) и синяя - в 8 (4%), а в группе продленного сброса воздуха - 39 (58%), 23 (34,5%) и 5 (7,5%) соответственно.

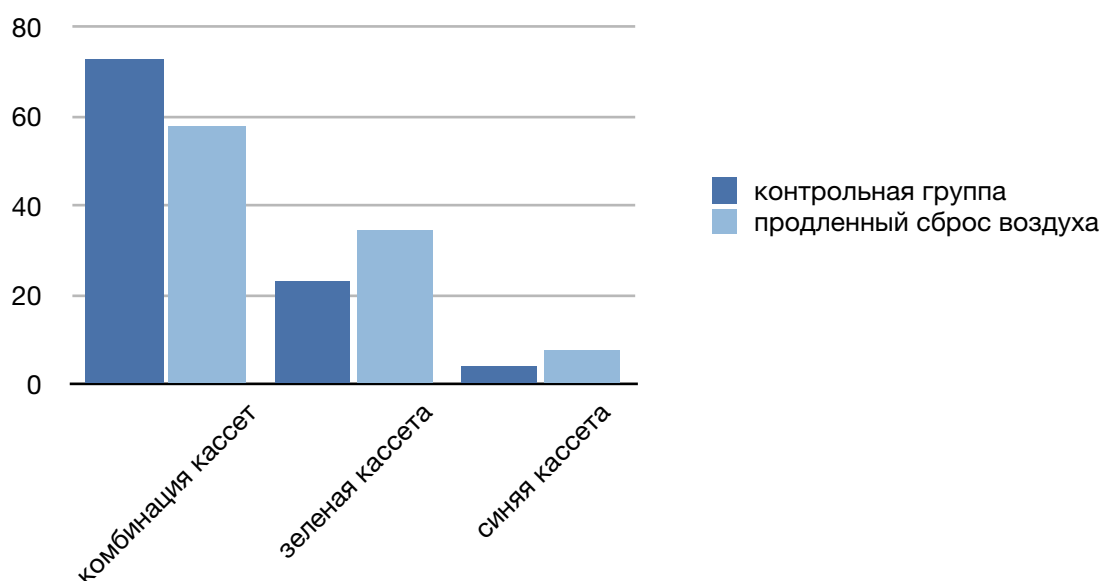


Рисунок 34 - Сравнение используемых кассет в исследуемых группах

Частота использования клипс для дополнительного аэростаза также не различалась между двумя группами ($p = 0,188$). В контрольной группе клипсы использовались в 19 случаях (8,6%), а в исследуемой группе - в 6 (8,9%).

Таким образом, среди интраоперационных факторов риска значимым оказалась только резекция верхних отделов легкого.

3.1.3. Послеоперационные факторы риска

Выраженность сброса воздуха в первые сутки после операции оказалась значимым фактором риска ($p < 0,001$). Умеренный и массивный сброс воздуха являлись неблагоприятными факторами развития продленного сброса воздуха: массивный сброс воздуха наблюдался в 19% случаев в исследуемой группе и в 0,9% в контрольной группе, а умеренный сброс - в 57% и 7% соответственно (рисунок 35).

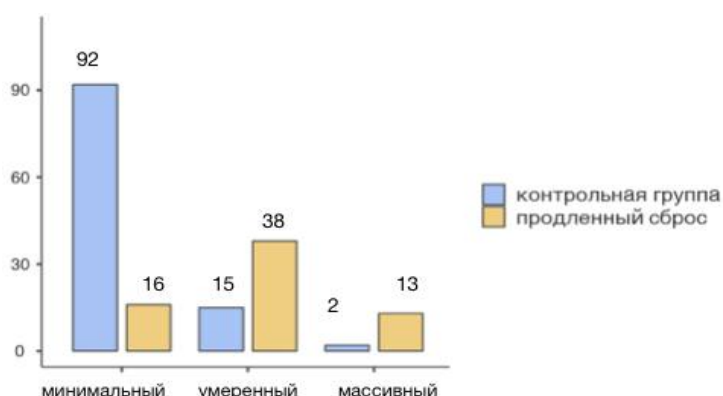


Рисунок 35 - Степень выраженности сброса воздуха в первые сутки после операции

Появление эмфиземы мягких тканей также являлось неблагоприятным прогностическим фактором ($p < 0,001$, рисунок 36). Она осложнила течение послеоперационного периода у 31 пациента с продленным сбросом (46%) и у 12 человек в контрольной группе (5,5%).

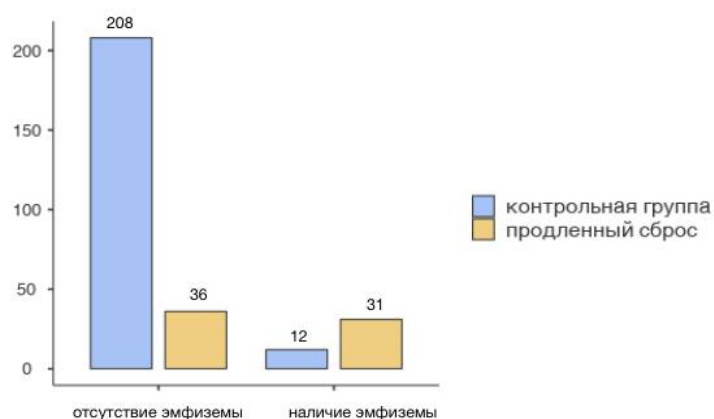


Рисунок 36 - Сравнение наличия эмфиземы мягких тканей в послеоперационном периоде

Замедленное расправление легкого в послеоперационном периоде значительно увеличивало продолжительность сброса воздуха ($p < 0,001$) - $1,10 \pm 0,03$ дня в контрольной группе и $3,0 \pm 0,4$ дня в исследуемой группе (рисунок 37).

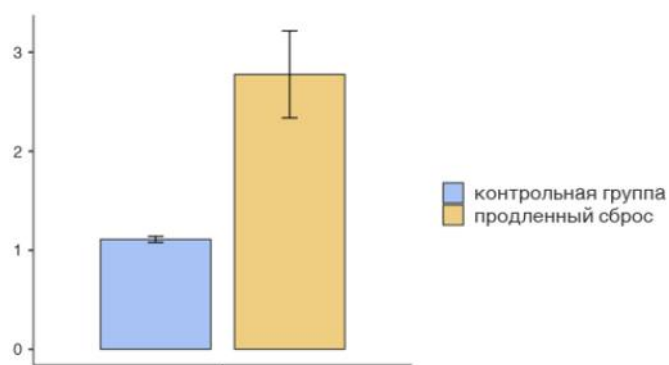


Рисунок 37 - Сравнение среднего времени расправления легкого в контрольной и исследуемой группах

Применение аспирационных систем оказалось ассоциированным с повышенным риском продленного сброса воздуха ($p < 0,001$, рисунок 38). Так, в контрольной группе активная аспирация сразу после операции применялась у 42 пациентов (19%), а в исследуемой группе - у 28 человек (42%).

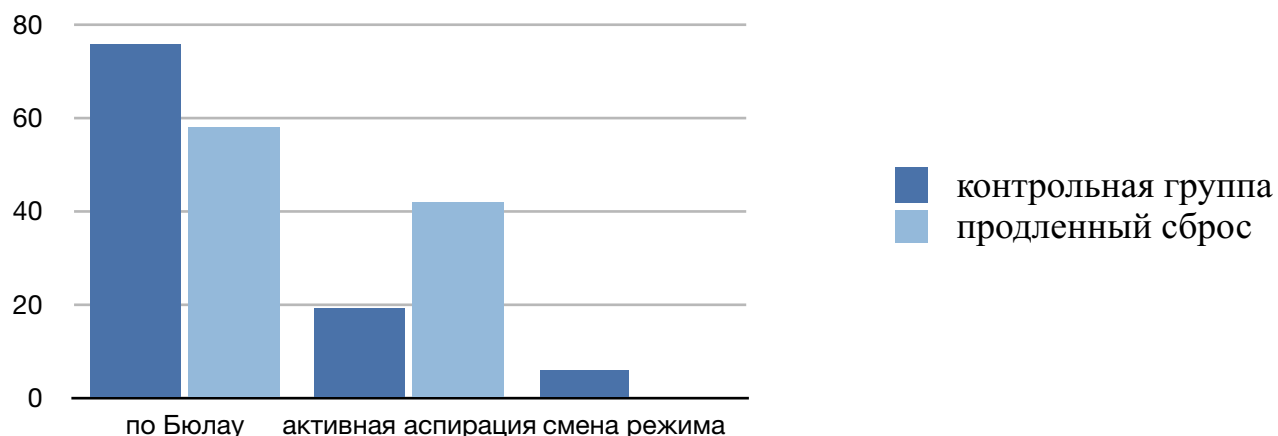


Рисунок 38 - Методы дренирования плевральной полости в исследуемых группах

Смена режима дренирования на активную аспирацию производилась в случаях нарастания подкожной эмфиземы. Наличие коллапса легкого само по себе не являлось показанием к переводу на активный режим, так как во всех случаях в итоге происходило расправление легкого.

При более детальном анализе оказалось, что наличие эмфиземы коррелировало со степенью выраженности сброса в первые сутки после операции ($p < 0,001$). При этом при наличии эмфиземы умеренный сброс наблюдался в 15 случаях и массивный в 15 (35%), а при отсутствии эмфиземы - в 38 случаях наблюдался умеренный сброс (16%) и ни разу не было выявлено массивного сброса воздуха. Исходя из этого, эмфизема мягких тканей являлась отражением выраженности сброса воздуха, а не самостоятельным фактором риска.

Таким образом, значимыми факторами риска в послеоперационном периоде оказались умеренный и массивный сброс воздуха в первые сутки после операции, замедленное расправление легкого в послеоперационном периоде и применение активной аспирации.

3.1.4. Возможности прогнозирования продленного сброса воздуха

С целью возможного прогнозирования риска продленного сброса воздуха был выполнен регрессионный анализ исследуемых в ходе работы параметров. Использовался метод бинарной логистической регрессии (учитывая бинарный результат конечной точки: продленный или непродленный сброс воздуха).

Ковариатами явились следующие параметры:

- возраст,
- стаж курения,
- наличие эмфиземы, по данным КТ органов грудной клетки,
- окончательный морфологический диагноз,
- сахарный диабет,
- наличие предоперационной гипопроотеинемии,
- торакальные операции в анамнезе,
- степени ИМТ,
- ОФВ1 (л и %),
- ЖЕЛ (л и %),
- индекс Тиффно,
- объем операции,
- локализация удаляемой доли,
- применение дополнительных методов азростаза,
- выраженность плевральных сращений,
- выраженность междолевой щели,
- применение тоннельной техники,
- длина аппаратного шва,
- высота крепок аппаратного шва,
- замедленное спадение легкого во время операции,
- выраженность сброса воздуха в первые сутки после операции,
- применение активной аспирации,
- время полного расправления легкого в послеоперационном периоде, по данным рентгенографии органов грудной клетки,
- эмфизема мягких тканей.

В регрессию были включены параметры всех групп: пред-, интра- и послеоперационные. Таким образом, среди ковариат были как количественные (возраст, стаж курения, уровень белка плазмы крови, ОФВ1, ЖЕЛ, индекс Тиффно, длина аппаратного шва, время полного расправления легкого после операции), так и категориальные параметры (наличие эмфиземы, по КТ,

окончательный морфологический диагноз, сахарный диабет, торакальные операции в анамнезе, степень ИМТ, объем операции, локализация удаляемой доли, применение дополнительных методов аэростаза, выраженность плевральных сращений, выраженность междолевой щели, применение тоннельной техники, высота скрепок аппаратного шва, замедленное спадение легкого во время операции, выраженность сброса воздуха в первые сутки после операции, применение активной аспирации, эмфизема мягких тканей). Все категориальные переменные были представлены в виде дихотомических.

Для исключения коллинеарности для каждого параметра был рассчитан фактор инфляции дисперсии (VIF, таблица 16).

Таблица 16 - Фактор инфляции дисперсии для рассматриваемых параметров

факторы	VIF
возраст	1,37
стаж курения	1,3
наличие эмфиземы	1,3
диагноз	1,36
сахарный диабет	1,15
предоперационная гипопроотеинемия	1,4
торакальные операции в анамнезе	1,39
ИМТ	1,41
ОФВ1	4,6
ЖЕЛ	1,5
индекс Тиффно	4,3
объем операции	1,8
локализация удаляемой доли	1,4
применение дополнительных методов аэростаза	1,23

факторы	VIF
выраженность плевральных сращений	1,3
выраженность междолевой щели	1,45
применение тоннельной техники	1,37
длина щели	2,01
высота скрепок сшивающего аппарата	1,48
замедленное спадение легкого во время операции	1,36
выраженность сброса воздуха в первые сутки	1,36
применение активной аспирации	1,73
время полного расправления легкого	1,27
эмфизема мягких тканей	1,79

Как следует из таблицы, между ОФВ1 и индексом Тиффно существовала линейная связь. Так как VIF не достигал порогового значения = 5, данные факторы не были удалены из регрессионного анализа. Между иными параметрами нами не было выявлено выраженной коллинеарности.

Вероятность развития продленного сброса воздуха рассчитывалась по формуле:

$$P = \frac{1}{1 + e^{-z}}$$

Где $Z = A + B_1X_1 + B_2X_2 + \dots + B_kX_n$,

X_n — значения независимых переменных, $B_{1,2}$ — коэффициенты, расчёт которых являлся задачей бинарной логистической регрессии, A — вычисленная константа. Таким образом, если для p получится значение меньше 0,5, то можно предположить, что событие не наступит (сброс воздуха не будет продленным); в

противном случае предполагается наступление события (продленный сброс воздуха).

Результаты логистической регрессии приведены в таблице 17. Показатели полученной модели следующие: $R^2_{McF} = 0,5$, $R^2_N = 0,6$, $p < 0,001$.

Таблица 17 - Результаты логистической регрессии

факторы	р
возраст	0,107
стаж курения	0,867
наличие эмфиземы	0,2
диагноз	0,9
сахарный диабет	0,8
предоперационная гипопроотеинемия	0,08
торакальные операции в анамнезе	0,3
ИМТ	0,09
ОФВ1	0,1
ЖЕЛ	0,5
индекс Тиффно	0,1
объем операции	0,7
локализация удаляемой доли	0,5
применение дополнительных методов аэростаза	0,9
выраженность плевральных сращений	0,9
выраженность междолевой щели	0,7
применение тоннельной техники	0,2
длина щели	0,1

факторы	p
высота скрепок сшивающего аппарата	0,4
замедленное спадение легкого во время операции	0,6
выраженность сброса воздуха в первые сутки	< 0,001
применение активной аспирации	0,008
время полного расправления легкого	0,2
эмфизема мягких тканей	< 0,01

При проведении регрессионного анализа значимыми параметрами явились только послеоперационные факторы:

- выраженность сброса воздуха в первые сутки после операции,
- применение активной аспирации,
- наличие эмфиземы мягких тканей.

Зная константы и коэффициенты параметров, уравнение регрессии приобрело следующий вид:

$$Z = -4 + 0,36X_1 + 2,06X_2 + 2X_3,$$

где X_1 - применение активной аспирации (1 - да, 0 - нет),

X_2 - наличие эмфиземы мягких тканей (1 - да, 0 - нет),

X_3 - выраженность сброса воздуха (1 - минимальный, 2 - умеренный и массивный).

Например, если у пациента есть умеренный сброс воздуха, эмфизема мягких тканей, дренаж функционирует на активной аспирации, то

$$Z = -4 + 0,36 + 2,06 + 4 = 2,42$$

$p = 1 / (1 + e^{-2,42}) = 92\%$: соответственно, риск продленного сброса воздуха у данного пациента составляет 92%.

Если же у пациента минимальный сброс воздуха, без эмфиземы, дренирование осуществляется по Бюлау, то

$$Z = -4 + 2 = -2$$

$$p = 1 / (1 + e^2) = 12\%.$$

Таким образом, при отрицательных значениях Z , вероятность наступления продленного сброса воздуха будет меньше 50%, при положительных значениях - более 50%.

Предполагаемая специфичность формулы составляет 0,96, чувствительность - 0,8.

При выполнении ROC анализа площадь под ROC-кривой составляла 0,957 (рисунок 39).

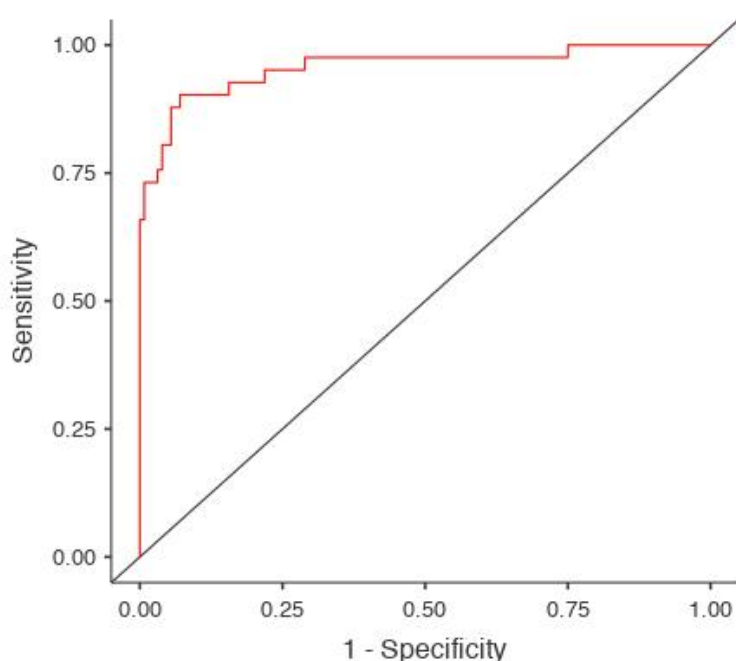


Рисунок 39 - ROC-кривая для построенного уравнения регрессии

В логистической регрессии только послеоперационные факторы оказались ведущими, поскольку позволяли отчетливо выделить больных, у которых не стоит ждать быстрого окончания сброса воздуха.

3.1.5. Осложнения

При анализе послеоперационных осложнений оказалось, что послеоперационная летальность составила 0%.

Из 287 человек осложнения послеоперационного периода наблюдались у 29 пациентов (10%, таблица 18).

Таблица 18 - Осложнения послеоперационного периода в исследуемой группе

вид осложнения	количество пациентов	%
фибрилляция предсердий	12	4%
пневмоторакс, потребовавший редренирования	6	2%
гиперэкссудация	3	1%
кровотечение, остановившееся на фоне консервативной терапии	1	0,3%
ателектаз части легкого, потребовавший назначения СРАР	4	1,4%
тампонада мочевого пузыря	1	0,3%
реВТС	2	0,7%

Среди них самыми частыми осложнениями были пароксизм фибрилляции предсердий - 12 человек (41% всех осложнений), а также пневмоторакс, потребовавший редренирования плевральной полости, - 6 человек (21% всех осложнений, рисунок 40). Все случаи пароксизма фибрилляции предсердий были купированы на фоне медикаментозной терапии, без установки кардиостимулятора или применения электрической кардиоверсии. Гиперэкссудация чаще всего была связана с хилотораксом, и, помимо продленного дренирования, пациентам назначалась безжировая диета. Выполнение клипирования грудного протока у данной группы пациентов не потребовалось. У 4 пациентов возник ателектаз участка легкого, который потребовал назначения СРАР терапии. Гиповентиляция во всех случаях разрешилась без применения бронхоскопической санации. У одного пациента было выявлено интраплевральное кровотечение на 2-е сутки после операции, была назначена гемостатическая терапия, инфузия свежзамороженной плазмы и эритроцитарной массы, с положительным эффектом, кровотечение остановилось консервативно. У одного пациента с ДГПЖ

в послеоперационном периоде была выявлена острая задержка мочи с формированием тампонады мочевого пузыря, которая потребовала наложения эпицистостомы.

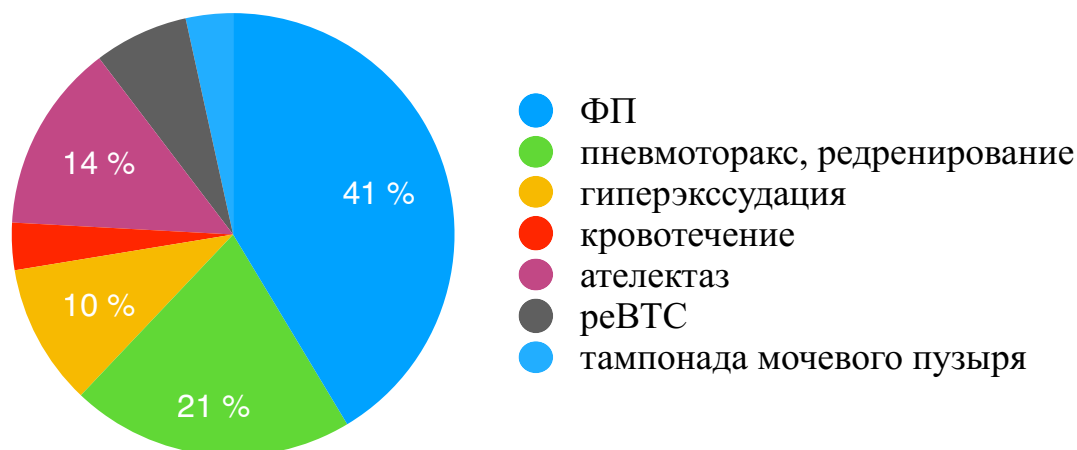


Рисунок 40 - Доля осложнений в исследуемых группах

Распределение осложнений по двум группам представлено в таблице 19. Несмотря на то что в группе продленного сброса воздуха доля осложнений была несколько выше, чем в контрольной группе (16% и 8% соответственно), различия оказались статистически незначимы ($p = 0,1$).

Таблица 19 - Сравнение доли осложнений в послеоперационном периоде в контрольной и исследуемой группах

вид осложнения	степень	контрольная группа	группа продленного сброса воздуха	всего
фибрилляция предсердий	II	9 (4%)	3 (4%)	12 (4,1%)
пневмоторакс, потребовавший редренирования	II	2 (1%)	4 (6%)	6 (2%)
гиперэкссудация	II	3 (1,3%)	0	3 (1%)

вид осложнения	степень	контрольная группа	группа продленного сброса воздуха	всего
кровотечение, остановившееся на фоне консервативной терапии	II	0	1 (1,5%)	1 (0,3%)
ателектаз части легкого, потребовавший назначения СРАР	IIIa	3 (1,3%)	1 (1,5%)	4 (1,4%)
тампонада мочевого пузыря	IIIa	1 (0,4%)	0	1 (0,3%)
реВТС	IIIb	0	2 (3%)	2 (0,7%)
всего		18 (8%)	11 (16%)	29 (10%)

У двух пациентов с продленным сбросом воздуха выполнялось повторное вмешательство. Показаниями являлись массивный сброс воздуха при отсутствии положительной динамики его интенсивности и нарастании подкожной эмфиземы на фоне активной аспирации и сохранении частичного коллапса легкого. Во всех случаях выполнялось ушивание дефекта паренхимы, которое в одном случае было дополнено френикотрипсией.

В исследуемой группе не было ни одного инфекционного осложнения: эмпиемы плевры или нагноения дренажной раны.

Таким образом, продленный сброс воздуха не ассоциировался с повышенным риском иных осложнений послеоперационного периода.

3.1.6. Амбулаторное ведение пациентов с продленным сбросом воздуха

Из 67 пациентов в группе продленного сброса воздуха 47 пациентов (70%) были выписаны на амбулаторное лечение с клапаном Хеймлиха.

Средняя длительность койко-дня пациентов, выписывающихся на амбулаторное лечение с клапаном Хеймлиха, составила 7 ± 2 дня, а при

продолжении стационарного лечения до полного прекращения сброса воздуха и удаления дренажа - 10 ± 3 дня ($p=0.001$).

Среднее время амбулаторного дренирования составило 8 ± 2 дня (максимально - 38, минимально - 3 дня). На все время дренирования пациентам назначалась антибактериальная и анальгетическая терапия.

Из 47 у 40 пациентов (85%) подключение клапана Хеймлиха было успешным с первого раза, у 7 пациентов подключение клапана приводило к нарастанию подкожной эмфиземы, что требовало подсоединения активной аспирации и повторного перевода на клапан при уменьшении сброса воздуха; из них у 5 пациентов подключение было успешным со 2 попытки (11%), у 2 - только с 3 попытки (4%).

В исследуемой группе пациентов не было выявлено ни одного осложнения продленного дренирования плевральной полости: нагноения дренажной раны, эмпиемы плевры, пневмонии, миграции дренажа, появления пневмоторакса и подкожной эмфиземы. Ни в одном случае не потребовалась повторная госпитализация или хирургическое вмешательство. Обезболивание нестероидными противовоспалительными средствами было достаточным у всех пациентов. Ни в одном случае онкологической нозологии сроки химиотерапии не переносились из-за наличия плеврального дренажа.

Таким образом, амбулаторное ведение пациентов с клапаном Хеймлиха, при условии адекватной анальгетической и антибактериальной терапии, является безопасным методом лечения.

3.2. Результаты проспективного исследования

3.2.1. Результаты рандомизированного исследования

Две группы были сопоставимы по клинико-демографическим характеристикам и интраоперационным особенностям (таблица 20).

Таблица 20 - Клинико-демографические и интраоперационные характеристики

критерии	группа 1 (активная аспирация)	группа 2 (дренирование по Бюлау)	p
пол (мужчины)	15 (50%)	21 (70%)	0,1
возраст (лет)	63±2	66±2	0,3
ОФВ1 л	2,33±0,20	2,37±0,20	0,8
ОФВ1 %	79,0±4,4	79,3±4,7	0,9
индекс Тиффно	77,2±2,8	73,4±3,0	0,37
уровень белка плазмы (г/л)	74,55±0,90	72,15±1,20	0,1
стаж курения (пачка/лет)	20,0±4,6	29,0±4,8	0,16
ИМТ (кг/м²)	27,5±0,9	27,3±0,9	0,88
диагноз			0,7
<i>НМРЛ</i>	24 (80%)	24 (80%)	
<i>доброкачественные образования</i>	3 (10%)	1 (3,3%)	
<i>туберкулема</i>	1 (3,3%)	3 (10%)	
<i>ХНЗЛ</i>	1 (3,3%)	1 (3,3%)	
<i>метастатическое поражение</i>	1 (3,3%)	1 (3,3%)	
торакальная операция в анамнезе	0	1 (3,3%)	0,3
наличие плевральных сращений	13 (43%)	11 (37%)	0,75
выраженность междолевой щели			0,78
<i>полностью разделена</i>	17 (57%)	19 (63,3%)	
<i>частично разделена</i>	11 (37%)	10 (33,3%)	
<i>отсутствует</i>	2 (6%)	1 (3,3%)	
длина аппаратного шва (мм)	130±15	116±15	0,5

Доля продленного сброса воздуха в группе пациентов, включенных в ретроспективное исследование, составила 23%.

При анализе послеоперационного периода (таблица 21) оказалось, что у пациентов на активной аспирации продолжительность сброса воздуха была достоверно больше, чем в контрольной группе ($5,3 \pm 1,3$ и $3,7 \pm 0,9$ дней соответственно, $p = 0,04$). Максимальная продолжительность сброса в исследуемой группе составила 23 дня, а в контрольной - 20 дней. Однако при оценке длительности дренирования и продолжительности госпитализации данные группы достоверно не различались ($p = 0,2$ и $0,3$ соответственно). Максимальное время дренирования в контрольной группе составило 21 день, а в исследуемой - 26 дней. Несмотря на то что в группе активной аспирации количество случаев продленного сброса воздуха было несколько выше, чем в контрольной группе (8 и 6 пациентов соответственно), различия также оказались незначимы ($p = 0,57$). Группы также достоверно не различались по степени выраженности сброса воздуха в первые сутки после операции ($p = 0,4$).

Две группы также не различались по количеству кардиопульмональных осложнений. В группе активной аспирации было выявлено 4 осложнения: 2 случая фибрилляции предсердий и 2 случая гиперэкссудации, а в контрольной группе только 2 случая фибрилляции предсердий ($p = 0,2$). Все случаи фибрилляции предсердий были купированы на фоне медикаментозной терапии, не требовали установки кардиостимулятора или выполнения кардиоверсии. В контрольной группе было выше число случаев эмфиземы мягких тканей (8 в контрольной группе и 4 в группе активной аспирации), однако различия оказались также недостоверны. Стоит отметить, что один пациент из контрольной группы был переведен на активную аспирацию из-за нарастающей подкожной эмфиземы на фоне массивного сброса воздуха и через 2 дня был снова переведен в режим дренирования по Бюлау. В исследуемой группе пациентов не было ни одного повторного оперативного вмешательства с целью аэростаза.

Таблица 21 - Особенности послеоперационного периода исследуемых групп

послеоперационные критерии	группа 1 (активная аспирация)	группа 2 (дренирование по Бюлау)	p
продолжительность сброса воздуха (дни)	5,3±1,3	3,7±0,9	0,04
длительность дренирования (дни)	7,6±1,2	5,8±0,8	0,2
послеоперационный койко-день	8,7±0,9	7,6±0,7	0,3
продленный сброс воздуха	8 (27%)	6 (20%)	0,57
иные осложнения	4 (13%)	2 (6,7%)	0,2
<i>ФП</i>	2 (6,7%)	2 (6,7%)	
<i>гиперэкссудация</i>	2 (6,7%)	0	
наличие эмфиземы мягких тканей	4 (13%)	8 (27%)	0,2
выраженность сброса воздуха в первые сутки	минимальный - 10 (33%) умеренный - 16 (53%) массивный - 4 (13%)	минимальный - 16 (53%) умеренный - 12 (40%) массивный - 2 (7%)	0,4

Среди 10 пациентов, выписанных на амбулаторное лечение с клапаном Хеймлиха, 4 пациента были из группы активной аспирации и 6 из контрольной группы. Одного пациента из группы активной аспирации не удалось подключить к клапану Хеймлиха с первого раза из-за нарастания подкожной эмфиземы. Пациент был переведен обратно на активную аспирацию и через сутки успешно подключен к клапану Хеймлиха. Ни у одного пациента не было выявлено осложнений продленного дренирования: нагноения дренажной раны, эмпиемы плевры, пневмонии, миграции дренажа. Среднее время дренирования при применении клапана Хеймлиха составило 15 ± 3 дня, минимальное - 12 дней, максимальное - 20 дней.

3.2.2. Результаты сравнения степени выраженности эмфиземы

При анализе процента эмфиземы оказалось, что в группе продленного сброса воздуха процент эмфиземы в расчете на целое легкое и на отдельную область был выше, чем в контрольной группе, однако разница оказалась статистически незначима (таблица 22).

Таблица 22 - Анализ процента эмфиземы в исследуемых группах

область исследования	пациенты без сброса воздуха и со сбросом менее 5 дней	пациенты с продленным сбросом воздуха	p
правое легкое	14,5±2,0	20,6±4,0	0,3
верхняя треть правого легкого	12,4±2,0	20±5	0,2
средняя треть правого легкого	15,8±3,0	19,6±4,4	0,4
нижняя треть правого легкого	15,7±2,0	20,8±3,8	0,2
левое легкое	17±3	18,5±4,6	0,9
верхняя треть левого легкого	16,0±3,7	18,9±4,4	0,4
средняя треть левого легкого	17,1±3,5	18,9±4,4	0,7
нижняя треть левого легкого	14,4±2,6	17,3±4,0	0,6

Также мы проанализировали отдельно области, по которым проходили линии аппаратных швов, однако различия между двумя группами оказались также незначимы ($14,2 \pm 2,0\%$ в контрольной группе и $19,6 \pm 4,0\%$ в группе продленного сброса воздуха, $p = 0,4$).

При анализе взаимосвязи продолжительности сброса воздуха и процента эмфизематозной ткани также не было выявлено корреляции: для левого легкого $p = 0,4$, для правого легкого - 0,15, для области аппаратных швов - 0,1.

Таким образом, в нашем исследовании эмфизема не оказалась значимым фактором риска продленного сброса воздуха.

3.2.3. Результаты определения объема сброса воздуха после операции

Нами не было выявлено достоверных различий между объемом потерь в контуре (в абсолютном и процентном значении) между контрольной группой и группой продленного сброса воздуха, хотя и была выявлена тенденция к более выраженной потере в группе продленного сброса воздуха (рисунок 41). В контрольной группе средние значения потерь в контуре составили $13,3 \pm 2,0$ мл, а в группе продленного сброса воздуха - 26 ± 4 мл ($p = 0,1$), а в процентных значениях - $2,5 \pm 0,5\%$ и $4,4 \pm 2,0\%$ соответственно ($p = 0,2$).

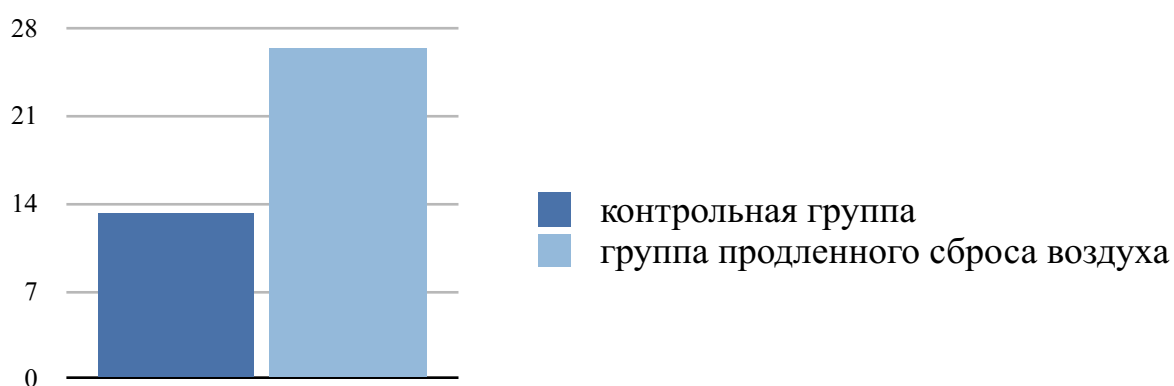


Рисунок 41 - Объем потери в контуре сразу после операции

Мы также не выявили корреляцию между объемом потерь в контуре и продолжительностью сброса воздуха ($p = 0,8$).

Заключение

Продленный сброс воздуха осложнил течение послеоперационного периода у 23% пациентов в нашем исследовании, что коррелирует с данными мировой медицинской литературы (Дробязгин Е.А. и соавт., 2019; Petrella F. et al., 2011; Yoo A. et al., 2017).

В качестве значимых факторов риска в исследованиях рассматривались различные показатели.

Наиболее часто признается ведущая роль низкого ОФВ1 как показателя наличия бронхиальной обструкции и эмфиземы легкого, из-за которой снижается прочность паренхимы легкого, повышается вероятность ее разрыва, а также снижается способность легочной ткани к расправлению (Горбунков С.Д. и соавт., 2016; Brunelli A. et al., 2004; Stolz A.J. et al., 2005; Brunelli A. et al., 2010; Liang S. et al., 2013; Attaar A. et al., 2017). В нашем исследовании значимыми факторами риска оказались низкий ОФВ1 и индекс Тиффно, однако эмфизема не оказывала влияния на продленный сброс воздуха. На наш взгляд, именно повышенное бронхиальное сопротивление, мешающее фиксации фибрина в области дефектов паренхимы, приводит к пролонгированию сброса воздуха, в то время как эмфизема является предрасполагающим фактором к возникновению источников сброса, но не оказывает влияния на их заживление, а значит и на длительность сброса воздуха. Поэтому именно бронхиальная обструкция является негативным предиктором продленного сброса воздуха.

Большое внимание уделяется факторам, свидетельствующим о сниженной репарации тканей. Например, низкий нутритивный статус приводит к ухудшению заживления дефектов легочной паренхимы. Такое же влияние оказывает гипопротеинемия, которая оказалась значимым фактором риска в исследованиях N. Isowa и S. Okada (Isowa N. et al., 2002; Okada S. et al., 2017). Более того, низкий ИМТ часто бывает у пациентов с длительным стажем курения и тяжелой степенью ХОБЛ, что может также объяснять его влияние на риск продленного сброса воздуха. В исследовании H. Inoue et al. XIII фактор свертывания показал важную роль в закрытии альвеолоплевральной фистулы, при этом в основе

продленного сброса может лежать как дефицит самого фактора, так и дефект его потребления (Inoue H. et al., 2014).

Наличие сахарного диабета может приводить к замедленной репарации тканей, однако в нашем исследовании данный диагноз не повлиял на результаты лечения. Вероятно, это связано с постоянным контролем уровня глюкозы до и после операции и своевременным приемом инсулина в адекватных дозах.

Наличие множественных плевральных сращений, в том числе после неoadьювантной терапии и предыдущих торакальных операций, ухудшает интраоперационную визуализацию, что может приводить к повреждению легкого и появлению сброса воздуха (Zhao K. et al., 2017). Более того, места разделения самих спаек могут являться источниками сброса. В нашем исследовании они не оказались значимым фактором, что вероятно, связано с тем, что их разделение выполнялось ультразвуковым скальпелем, который обладает некоторыми аэростатическими свойствами.

Локализация удаляемой доли также является фактором риска (Rivera C. et al., 2011; Elsayed H. et al., 2012; Liang S. et al., 2013). Наиболее неблагоприятным в прогностическом плане является выполнение верхней лобэктомии, так как в этом случае выше вероятность формирования остаточной полости из-за несоответствия формы остающейся части легкого и плевральной полости. Более того, по закону Лапласа верхние отделы легкого подвергаются большему отрицательному давлению, что повышает риски разрыва висцеральной плевры. После нижней лобэктомии происходит смещение средостения в оперированную сторону, купол диафрагмы поднимается, что препятствует формированию остаточной полости. H. Pan et al. проанализировали данный фактор в разных этнических группах, и оказалось, что выполнением верхней лобэктомии являлось фактором риска в группе жителей Европы и Северной Америки, но не в Азиатской популяции (Pan H. et al., 2019). Авторы объясняют это возможной разной геометрией грудной клетки.

Еще один часто упоминаемый интраоперационный фактор - это выраженность междолевых щелей (Gomez-Caro A. et al., 2007). Их отсутствие увеличивает длину шва на легком, который является потенциальным источником

сброса воздуха. Однако, на наш взгляд, при отсутствии иных факторов риска данные дефекты быстро закрываются, не приводя к пролонгированию сброса воздуха.

Наибольшую статистическую значимость в нашем исследовании имеют именно послеоперационные факторы. Один из самых важных среди них - это тип дренирования. Выбор метода дренирования плевральной полости - один из самых активно обсуждаемых вопросов. Например, R. Cerfolio (Cerfolio R.J., 2002) и M. Marshall (Marshall M.B. et al., 2002) показывали преимущества пассивного дренирования, исследования F. Leo (Leo F. et al., 2013) и A. Kakhki (Kakhki A.D. et al., 2006) свидетельствовали о преимуществах активной аспирации, а A. Brunelli (Brunelli A. et al., 2004) и S. Coughlin (Coughlin S.M. et al., 2012) показывали отсутствие значимых различий между двумя методами. На наш взгляд, использование активной аспирации может способствовать поддержанию дефектов в легком. Конечно, есть случаи, когда только с применением активной аспирации можно добиться хороших результатов лечения, однако, на наш взгляд, в большинстве случаев дренирование по Бюлау является адекватным способом ведения плевральной полости.

Наличие умеренного или массивного сброса воздуха в первые сутки после операции и наличие эмфиземы мягких тканей - это предикторы продленного сброса, которые отражают массивность повреждения легочной ткани. В исследовании S.G. Oh et al. степень выраженности сброса воздуха в первые трое суток после операции оказалась единственным значимым предиктором продленного сброса воздуха (Oh S.G. et al., 2017).

Еще один значимый фактор - это замедленное расправление легкого после операции. Отсутствие соприкосновения висцеральной и париетальной плевры, на наш взгляд, пролонгирует заживление паренхиматозных дефектов. Таким образом, чем скорее расправится легкое, тем быстрее прекратится сброс воздуха.

Долгое время считалось, что продленный сброс воздуха сам по себе является причиной многих осложнений, таких как ТЭЛА, аритмия, эмпиема плевры, пневмония (Okereke I. et al., 2005; Brunelli A. et al., 2006; Liang S. et al., 2013). Однако в нашем исследовании не было выявлено различий по числу

осложнений между контрольной и исследуемой группой. Важно отметить, что все пациенты получали антибактериальную терапию в течение всего срока стояния дренажа, что, вероятно, снизило риск инфекционных заболеваний плевральной полости. Более того, с первых суток пациенты начинали повышать физическую активность, что снизило риск ТЭЛА и пневмонии.

С риском инфекционных осложнений связано и опасение хирургов выписывать пациентов с функционирующим дренажем, подключенным к клапану Хеймлиха. В исследуемой группе не было выявлено осложнений продленного дренирования, ни одному пациенту не потребовалась повторная госпитализация или хирургическое вмешательство. Отсутствие осложнений амбулаторного дренирования, вероятно, связано с назначением адекватной антибиотикотерапии и анальгетической терапии, а также с регулярной сменой повязки и наблюдением за состоянием дренажной раны. Не всегда удается успешно подключить клапан с первого раза, так как может нарасти эмфизема мягких тканей. Однако всех пациентов в итоге нам удалось выписать на амбулаторное лечение с клапаном. Поэтому мы считаем, что клапан Хеймлиха является безопасным методом амбулаторного ведения пациентов с продленным сбросом воздуха.

Во время операции, после удаления препарата, хирурги нередко используют подводную пробу для оценки наличия сброса воздуха, поиска его источников и рассмотрения необходимости ушивания дефектов. В исследовании W.H. Kim et al. оценивался процент потерь в контуре сразу после возобновления двулегочной вентиляции до закрытия операционных ран (Kim W.H. et al., 2017). Оказалось, что потери в контуре более 9,5% от изначального объема являются фактором риска продленного сброса воздуха. Для приближения к послеоперационным условиям мы решили оценивать потери в контуре после ушивания ран, поворота пациента на спину (чтобы не препятствовать полноценной экскурсии грудной клетки), через 5 минут после возобновления двулегочной вентиляции (давая время ателектазированным участкам легкого расправиться). Однако при анализе данных оказалось, что ни абсолютные значения потерь в контуре, ни процентные отношения не являлись факторами риска продленного сброса воздуха. Данным результатам есть несколько объяснений. Во-первых, как показали M. Goto et al.

(Goto M. et al., 2019), важным фактором может являться не абсолютное значение сброса воздуха, а его тенденция. Во-вторых, С.Е. Eckert et al. на экспериментальной модели показали, что вентиляция положительным давлением, осуществляемая во время искусственной вентиляции легких, и вентиляция при естественном дыхании, создаваемая субатмосферным внутриплевральным давлением, оказывают разное влияние на сброс воздуха (Eckert С.Е. et al., 2018). В эксперименте на свиных легких при переходе с искусственной вентиляции легких на модель, имитирующую естественное дыхание, частота и выраженность сброса воздуха увеличивались. Такую закономерность отмечает и А. Brunelli (Brunelli A. et al., 2011). В его исследовании в 44% случаев интраоперационно был выявлен сброс воздуха, источники сброса ушиты. Однако у части пациентов, несмотря на отсутствие сброса воздуха во время первичной или повторной подводной пробы, после операции наблюдался сброс воздуха. При искусственной вентиляции легких за счет более высокого давления в дыхательных путях повышается бронхиальное сопротивление, меньше воздуха достигает дистальных отделов легких. При естественном дыхании давление действует более равномерно на все отделы легкого, способствуя лучшей вентиляции дистальных отделов и расправлению ателектазов. Таким образом, на наш взгляд, оценка сброса воздуха на фоне искусственной вентиляции легких не позволяет оценить риск продленного сброса воздуха.

Выводы

1. Частота продленного сброса воздуха после ВТС лоб- и сегментэктомий составляет 23%, что делает его самым частым осложнением данных операций.
2. Основными факторами риска развития продленного сброса воздуха являются: низкий ИМТ, наличие бронхиальной обструкции, предоперационная гипопроотеинемия, резекция верхней доли, умеренный и массивный сброс воздуха в первые сутки после операции, а также замедленное расправление легкого.
3. У пациентов, перенесших ВТС лобэктомии, дренирование плевральной полости по Бюлау уменьшает продолжительность сброса воздуха, по сравнению с дренированием в активном режиме. Использование активной аспирации показано в случае нарастания подкожной эмфиземы или усиления выраженности дыхательной недостаточности.
4. Продленный сброс воздуха сам по себе не повышает риска иных послеоперационных осложнений.
5. Использование клапана Хеймлиха для амбулаторного ведения пациентов с продленным сбросом воздуха после торакоскопических лобэктомий является безопасным и эффективным способом уменьшения продолжительности госпитализации.

Практические рекомендации

1. Объем сброса воздуха в момент окончания операции не позволяет прогнозировать риск развития продленного сброса воздуха, поэтому выполнение подводной пробы, при отсутствии специальных показаний, после торакоскопических лобэктомий не является обязательным.
2. Для определения больных с высоким риском развития послеоперационного сброса воздуха рекомендуется использовать предложенную регрессионную модель:

$p = 1 / (1 + e^{-Z})$, где p - вероятность развития продленного сброса воздуха,

e - основание натурального логарифма ($=2,71828$),

$$Z = -4 + 0,36X1 + 2,06X2 + 2X3,$$

где $X1$ - применение активной аспирации (1 - да, 0 - нет),

$X2$ - наличие эмфиземы мягкой тканей (1 - да, 0 - нет),

$X3$ - выраженность сброса воздуха (1 - минимальный, 2 - умеренный и массивный).

При отрицательных значениях Z , вероятность наступления продленного сброса воздуха будет меньше 50%, при положительных значениях - более 50%.

3. При выборе способа ведения плевральной полости после торакоскопических анатомических лоб- и сегментэктомий предпочтение рекомендуется отдавать дренированию по Бюлау. Вопрос о подключении активной аспирации следует рассматривать при выявлении нарастания подкожной эмфиземы или усиления признаков дыхательной недостаточности.
4. При выявлении немассивного продленного сброса воздуха после ВТС лобэктомий рекомендуется выжидательная тактика с активным наблюдением, поскольку в большинстве случаев это не требует повторных оперативных вмешательств.
5. У пациентов с продленным послеоперационным сбросом воздуха без дополнительных показаний к лечению в стационаре может использоваться выписка на амбулаторное лечение с функционирующим дренажем, подключенным к клапану Хеймлиха. Основываясь на предоперационной

оценке факторов риска продленного сброса воздуха, такую возможность следует обсуждать с больным до операции.

Перспективы дальнейшей разработки темы исследования

Данная диссертационная работа является первым российским исследованием, в котором на репрезентативном материале рассмотрены факторы риска, осложнения продленного сброса воздуха, а также возможность выписки пациентов с данным осложнением на амбулаторное лечение. Непрерывающийся рост числа исследований, посвященных данной проблеме, свидетельствует об актуальности темы и отсутствии однозначных ответов.

Результаты проведенного диссертационного исследования открывают перспективы для дальнейшего изучения возможности интраоперационной профилактики, а также необходимости и подходах к лечению продленного сброса воздуха. Особый интерес представляет проблема сброса воздуха при наличии больших остаточных полостей и тактика ведения подобных случаев.

Перечень сокращений и условных обозначений

ВАК - высшая аттестационная комиссия

ВИЧ - вирус иммунодефицита человека

ВТС - видеоторакоскопия

ГБУЗ - государственное бюджетное учреждение здравоохранения

ДГПЖ - доброкачественная гиперплазия предстательной железы

ДСЛ - диффузионная способность легких

ИМТ - индекс массы тела

КТ - компьютерная томография

МАК - минимальная альвеолярная концентрация

МРТ - магнитно-резонансная томография

НМРЛ - немелкоклеточный рак легкого

ОЕЛ - общая емкость легких

ПЭТ - позитронно-эмиссионная томография

УЗИ - ультразвуковое исследование

ФБС - фибробронхоскопия

ФГБУЗ - федеральное государственное бюджетное учреждение здравоохранения

ФМБА РФ - федеральное медико-биологическое агентство Российской Федерации

ФП - фибрилляция предсердий

ФЭГДС - фиброэзофагогастродуоденоскопия

ХНЗЛ - хронические нагноительные заболевания легких

ЭКГ - электрокардиография

ЭХО-КГ - эхокардиография

ERS (European respiratory society) - Европейское респираторное сообщество

Список литературы

1. Белов А.В. Профилактика остаточной плевральной полости после резекции легкого // Харківська хірургічна школа. - 2011. - №2. - С. 62-65.
2. Беньян А.С., Корымасов Е.А. Диагностика причин длительного просачивания воздуха после резекций легких // Тольяттинский медицинский консилиум. - 2011. - № 5-6. - С. 14-21.
3. Горбунков С.Д., Варламов В.В., Черный С.М. и соавт. Критерии хирургического риска у больных с диффузной эмфиземой легких с крупными или гигантскими буллами // Вестник хирургии им. Грекова. - 2016. - №3. - С. 13-16.
4. Дробязгин Е.А., Чикинев Ю.В., Литвинцев К.И. Оценка эффективности “ранней” клапанной бронхоблокации при осложнениях после торакоскопических операций у пациентов с буллезной эмфиземой легких // Вестник хирургии имени И.И.Грекова. - 2019. - № 178(4). - С. 15-19.
5. Корымасов Е.А., Беньян А.С. Повторные операции при длительном просачивании воздуха после видеоторакоскопических резекций легких // Эндоскопическая хирургия. - 2011. - № 17(4). - С. 10-13.
6. Корымасов Е.А., Беньян А.С. Просачивание воздуха после резекции легких // Наука и инновации в медицине. - 2018. - № 4(12). - С. 36-40.
7. Порханов В.А., Барбухатти К.О., Кононенко В.Б. и соавт. Симультантные операции на открытом сердце у больных раком легкого // Онкохирургия. - 2012. - №3. - С. - 73-81.
8. Тонеев Е.А., Базаров Д.В., Пикин О.В. Продлённый сброс воздуха после лобэктомии у больных раком легкого // Сибирский онкологический журнал. - 2020. - № 19(1). - С. 103–110.
9. Acton V. Pleurodesis // Chest. - 2017. - Vol. 152(6). - pp. 1351-1352.
10. Ahmed S., Marzouk K., Bhuiya T. et al. Asymptomatic expectoration of surgical staples complicating lungvolume reduction surgery // Chest. - 2000. - Vol. 119. - pp. 307–8.
11. Aldeyturriaga J.F. Endobronchial valve therapy in prolonged air leak// Arch. Bronconeumol. – 2015. – Vol. 51. – pp. 1-2.

12. Attaar A., Winger D.G., Luketich J.D. et al. A clinical prediction model for prolonged air leak after pulmonary resection // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* - 2017. - Vol. 153 - pp. 690-9.
13. Attaar A., Luketich J.D., Schuchert M.J. et al. Prolonged air leak after pulmonary resection increases risk of noncardiac complications, readmission, and delayed hospital discharge: a propensity score-adjusted analysis // *Ann. Surg.* - 2019. doi:10.1097/SLA.0000000000003191.
14. Baumann M.H., Strange C., Heffner J.E. ACCP consensus panel. Management of spontaneous pneumothorax // *Chest.* – 2001. – Vol. 119. – pp. 590-602.
15. Belda-Sanchís J., Serra-Mitjans M., Iglesias Sentis M. et al. Surgical sealant for preventing air leaks after pulmonary resections in patients with lung cancer // *Cochrane Database Syst. Rev.* - 2010. - Vol. (1):CD003051. doi:10.1002/14651858.CD003051.pub3.
16. Bernstein A., Waqaruddin M., Shah M. Management of spontaneous pneumothorax using a Heimlich flutter valve // *Thorax.* - 1973. - Vol. 28. - pp. 386-389.
17. Bille A., Borasio P., Gisabella M. et al. Air leaks following pulmonary resection for malignancy: risk factors, qualitative and quantitative analysis // *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* - 2011. - Vol. 13(1). - pp. 11-5.
18. Brunelli A., Refai M.A., Muti M. Pleural tent after upper lobectomy: a prospective randomized study // *Ann. Thorac. Surg.* – 2000. – Vol. 69. – pp. 1722-1724.
19. Brunelli A., Monteverde M., Borri A. et al. Predictors of prolonged air leak after pulmonary lobectomy // *Ann. Thorac. Surg.* - 2004. - Vol. 77(4). - pp. 1205–1210.
20. Brunelli A., Xiume F., Refai M.A. et al. Air leaks after lobectomy increase the risk of empyema but not of cardiopulmonary complications: a case-matched analysis // *Chest.* - 2006. - Vol. 130(4). - pp. 1150-1156.
21. Brunelli A., Varela G., Refai M. et al. A scoring system to predict the risk of prolonged air leak after lobectomy // *Ann. Thorac. Surg.* - 2010. - Vol. 90. - pp. 204-209.
22. Brunelli A., Cassivi S. D., Salati M. et al. Digital measurements of air leak flow and intrapleural pressures in the immediate postoperative period predict risk of prolonged

- air leak after pulmonary lobectomy // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* - 2011. - Vol. 39(4). - pp. 584–588.
23. Brunelli A., Salati M., Pompili C. et al. Intraoperative air leak measured after lobectomy is associated with postoperative duration of air leak // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* - 2017. - Vol. 52. - pp. 963-968.
 24. Carbognani P., Spaggiari L., Solli P.G. et al. Postoperative pneumoperitoneum for prolonged air leaks and residual spaces after pulmonary resections // *J. Cardiovasc. Surg. (Torino)*. - 1999. - Vol. 40. - pp. 887-8.
 25. Casha A.R., Manché A., Gauci M. et al. Is there a biomechanical cause for spontaneous pneumothorax? // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* - 2014. Vol. 45. - pp. 1011-6.
 26. Casha A.R., Bertolaccini L., Camilleri L. et al. Pathophysiological mechanism of post-lobectomy air leaks // *J. Thorac. Dis.* - 2018. - Vol. 10. - pp. 3689-3700.
 27. Cerfolio R.J., Tummala R.P., Holman W.L. A prospective algorithm for the management of air leaks after pulmonary resection // *Ann. Thorac. Surg.* – 1998. – Vol. 66. – pp. 1726-1731.
 28. Cerfolio R.J. Chest tube management after pulmonary resection // *Chest. Surg. Clin. N. Am.* - 2002. Vol. 12. - pp. 507–27.
 29. Cerfolio R.J., Minnich D.J., Bryant A.S. The removal of chest tubes despite an air leak or a pneumothorax // *Ann. Thorac. Surg.* - 2009. Vol. 87. - pp. 1690–6.
 30. Cetinkaya E., Ozgul M.A., Gul S. et al. Treatment of prolonged air leak with radiotherapy: a case report // *Case Rep. Pulmonol.* - 2012. - 158371. doi: 10.1155/2012/158371.
 31. Clark J.M., Cooke D., Brown L. Management of complications after lung resection: prolonged air leak and bronchopleural fistula // *Thorac. Surg. Clin.* - 2020. doi: 10.1016/j.thorsurg.2020.04.008.
 32. Cooper J.D. Technique to reduce air leaks after resection of emphysematous lung // *Ann. Thorac. Surg.* – 1994. – Vol. 57. – pp. 1038-1039.
 33. Cooper J.D., Patterson G.A., Sundaresan R.S. et al. Results of 150 consecutive bilateral lung volume reduction procedures in patients with severe emphysema // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* -1996. - Vol. 112. - pp. 1319-1330.

34. Cordovilla R., Torracchi A.M., Novoa N., Jimenez M. Endobronchial valves in the treatment of persistent air leak, an alternative to surgery // Arch. Bronconeumol. – 2015. – Vol. 51. – pp. 10-15.
35. Coughlin S.M., Emmerton-Coughlin H.M., Malthaner R. Management of chest tubes after pulmonary resection: a systematic review and meta-analysis // Can. J. Surg. - 2012. Vol. 55. - pp. 264-70.
36. Craig S.R., Walker W.S. A proposed anatomical classification of the pulmonary fissures // J. R. Coll. Surg. Edinb. - 1997. - Vol. 42. - pp. 233-4.
37. D'Andrilli A., Andreetti C., Ibrahim M. A prospective randomized study to assess the efficacy of a surgical sealant to treat air leaks in lung surgery// Eur. J. Cardiothorac. Surg. – 2009. – Vol.35. – pp.817-821.
38. DeCamp M.M., Blackstone E.H., Naunheim K.S. et al. Patient and surgical factors influencing air leak after lung volume reduction surgery: lessons learned from the National Emphysema Treatment Trial // Ann. Thorac. Surg.2006. - Vol.82. - pp. 197-207.
39. De Giacomo T., Rendino E.A., Venuta F. et al. Pneumoperitoneum for the management of pleural air space problems associated with major pulmonary resections // Ann. Thorac. Surg. - 2001. - Vol. 72. - pp. 1716-9.
40. Downey D. M., Harre J. G., Pratt J. W. Functional Comparison of Staple Line Reinforcements in Lung Resection // Ann. Thorac. Surg. - 2006. - Vol. 82(5). - pp. 1880–1883.
41. Droghetti A., Schiavini A., Muriana P. et al. Autologous blood patch in persistent air leaks after pulmonary resection // J. Thorac. Cardiovasc. Surg. - 2006. - Vol. 132. - pp. 556–559.
42. Dugan K.C., Laxmanan B., Murgu S. Management of persistent air leaks // Chest. - 2017. - Vol. 152. - pp. 417-423.
43. Eberlein M., Parekh K.R., Keech J. et al. Prolonged Air Leak After Lung Resection and Emphysema // Ann. Thorac. Surg. - 2017. - Vol. 104. - pp. 723–724.
44. Eckert C.E., Harris J.L., Wong J. et al. Preclinical quantification of air leaks in a physiologic lung model: effects of ventilation modality and staple design // Med. Devices. - 2018. - Vol. 11. - pp. 433-442.

45. Elsayed H., McShane J., Shackcloth M. Air leaks following pulmonary resection for lung cancer: is it a patient or surgeon related problem? // *Ann. R. Coll. Surg. Engl.* - 2012. - Vol. 94. - pp. 422-427.
46. Fernandez F.G., Falcoz P.E., Kozower B.D. et al. The Society of Thoracic Surgeons and the European Society of Thoracic Surgeons general thoracic surgery databases: joint standardization of variable definitions and terminology // *Ann. Thorac. Surg.* - 2015. - Vol. 99. - pp. 368-76.
47. Firlinger I., Stubenberger E., Muller M.R. Endoscopic one-way valve implantation in patients with prolonged air leak and the use of digital air leak monitoring // *Ann. Thorac. Surg.* – 2013. – Vol. 95. – pp. 1243-1249.
48. Foroulis C.N., Kleontas A., Karatzopoulos A. et al. Early reoperation performed for the management of complications in patients undergoing general thoracic surgical procedures // *J. Thorac. Dis.* - 2014. - Vol. 6. - pp. 21-31.
49. Gilbert S., Maghera S., Seely A.J. et al. Identifying Patients at Higher Risk of Prolonged Air Leak After Lung Resection // *Ann. Thorac. Surg.* - 2016. - Vol. 102(5). - pp. 1674–1679.
50. Gkegkes I.D., Mourtarakos S., Gakidis I. Endobronchial valves in treatment of persistent air leaks: a systematic review of clinical evidence // *Med. Sci. Monit.* – 2015. – Vol. 21. – pp. 432-438.
51. Gómez-Caro A., Calvo M.J., Lanzas J.T. et al. The approach of fused fissures with fissureless technique decreases the incidence of persistent air leak after lobectomy // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* - 2007. Vol. 31. - pp. 203-8.
52. Gonde H., Le Gac C., Gillibert A. et al. Feedback on the use of three surgical sealants for preventing prolonged air leak after robot-assisted anatomical lung resection // *J. Thorac. Dis.* - 2019. Vol. 11(7). - pp. 2705-14.
53. Gonzales-Rivas D., Kuo Y.C., Wu C.Y. et al. Predictive factors of postoperative complications in single-port video-assisted thoracoscopic anatomical resection. // *Medicine (Baltimore)*. - 2018. - Vol. 97(40). - e12664.
54. Goto M., Aokage K., Sekihara K. et al. Prediction of prolonged air leak after lung resection using continuous log data of flow by digital drainage system // *Gen. Thorac. Cardiovasc. Surg.* - 2019. - Vol. 67(8). - pp. 684-689.

55. Hansen J.L. Parietal pleurolysis (the pleural tent) as a simultaneous space — reducing procedure in combination with pulmonary resection // *Acta Chir. Scand.* — 1957. — Vol. 112. — pp. 485-488.
56. Heimlich H.J. Valve drainage of the pleural cavity // *Dis. Chest.* - 1968. - Vol. 53. - pp. 282-287.
57. Hsu S.P., Wang H.C., Huang I.T. et al. Tube thoracostomy-related necrotizing fasciitis: a case report // *Kaohsiung J. Med. Sci.* - 2006. - Vol. 22. - pp. 636-40.
58. Huang J., Xu X., Chen H. et al. Feasibility of complete video-assisted thoracoscopic surgery following neoadjuvant therapy for locally advanced non-small cell lung cancer // *J. Thorac. Dis.* - 2013. Vol. 5(3). - pp. 267–73.
59. Igai H., Kamiyoshihara M., Yoshikawa R. et al. The efficacy of thoracoscopic fissureless lobectomy in patients with dense fissures // *J. Thorac. Dis.* - 2016. - Vol. 8. - pp. 3691-6.
60. Inoue H., Nishiyama N., Suehiro S. et al. Clinical value of exogenous factor XIII for prolonged air leak following pulmonary lobectomy: a case control study // *BMC Surg.* - 2014. Vol. 14. - pp. 109.
61. Isowa N., Hasegawa S., Bando T., Wada H. Preoperative risk factors for prolonged air leak following lobectomy or segmentectomy for primary lung cancer // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* - 2002. - Vol. 21(5). - pp. 951.
62. Kakhki A.D., Pooya M., Pejhan S. Effect of chest tube suction on air leak following lung resection // *Tanaffos.* - 2006. - Vol. 5. - pp. 37-43.
63. Kim W.H., Lee H.-C., Ryu H.-G. et al. Intraoperative ventilatory leak predicts prolonged air leak after lung resection: A retrospective observational study // *PLoS One.* - 2017. - Vol. 12. - e0187598.
64. Kuhajda I., Zarogoulidis K., Kougioumtzi I. et al. Tube thoracostomy; chest tube implantation and follow up // *J. Thorac. Dis.* - 2014. - Vol. 6(4). - pp. 470-479.
65. Lackey A., Mitchell J.D. The cost of air leak: physicians' and patients' perspectives // *Thorac. Surg. Clin.* - 2010. - Vol. 20. - pp. 407-411.
66. Lai S.M., Tee A.K. Outpatient treatment of primary spontaneous pneumothorax using a small-bore chest drain with a Heimlich valve: the experience of a Singapore emergency department // *Our J. Emerg. Med.* - 2012. - Vol. 19(6). - pp. 400-4.

67. Lang P., Manickavasagar M., Burdett C. et al. Suction on chest drains following lung resection: evidence and practise are not aligned // Eur. J. Cardiothorac. Surg. - 2015. - Vol. 49. - pp. 611-6.
68. Lang–Lazduski L., Coonar A.S. A prospective study of autologous blood patch pleurodesis for persistent air leak after pulmonary resection// Eur. J. Cardiothorac. Surg. – 2004. – Vol.26. – pp.897-900.
69. Lee L., Hanley S.C., Robineau C. et al. Estimating the Risk of Prolonged Air Leak after Pulmonary Resection Using a Simple Scoring System // J.Am. Coll. Surg. - 2011. - Vol. 212. - pp. 1027–1032.
70. Leo F., Duranti L., Girelli L. Does external pleural suction reduce prolonged air leak after lung resection? Results from the AirINTrial after 500 randomized cases // Ann. Thorac. Surg. - 2013. - Vol. 96. - pp. 1234-9.
71. Lesser T. Residual pleural space after lung resection // Zentralbl. Chir. - 2019. - Vol. 144. - pp. 31-S42.
72. Li S.-J., Zhou K., Li Y.J. et al. Efficacy of the fissureless technique on decreasing the incidence of prolonged air leak after pulmonary lobectomy: A systematic review and meta-analysis // Int. J. Surg. - 2017. - Vol. 42. - pp. 1-10.
73. Li S.-J., Wang Z.-Q., Zhang W.-B. Fat-free mass index is superior to body mass index as a novel risk factor for prolonged air leak complicating video-assisted thoracoscopic surgery lobectomy for non-small-cell lung cancer // J. Thorac. Dis. - 2019. - Vol. 11(5). - pp. 2006-2023.
74. Liang S., Ivanovic J., Gilbert S. Quantifying the incidence and impact of postoperative prolonged alveolar air leak after pulmonary resection // J. Thorac. Cardiovasc. Surg. - 2013. - Vol. 145(4). - pp. 948–954.
75. Liberman M., Muzikansky A., Wright C.D. Incidence and risk factors of persistent air leak after major pulmonary resection and use of chemical pleurodesis // Ann. Thorac. Surg. – 2010. – Vol. 89. – pp. 891-898.
76. Macchiarini P., Wain J., Almy S. Experimental and clinical evaluation of a new synthetic, absorbable sealant to reduce air leaks in thoracic operations // J. Thorac. Cardiovasc. Surg. – 1999. – Vol. 117. – pp. 751-758.

77. Marshall M.B., Deeb M.E., Bleier J.I. et al. Suction versus water seal after pulmonary resection: a randomized prospective study // *Chest*. - 2002. - Vol. 121. - pp. 831-835.
78. Martínez-Escobar S., Ruiz-Bailén M., Lorente-Acosta M.J. et al. Pleurodesis using autologous blood: a new concept in the management of persistent air leak in acute respiratory distress syndrome // *J. Crit. Care*. - 2006. - Vol. 21. - pp. 209–216.
79. McConnell P.I. Extracellular matrix pleural tent for persistent air leak and air space in a child after upper lobectomy // *Ann. Thorac. Surg.* - 2015. - Vol. 99. - pp. 321-3.
80. McKenna R.J.Jr., Fischel R.J., Brenner M. Gelb A.F. Use of the Heimlich Valve to Shorten Hospital Stay After Lung Reduction Surgery for Emphysema // *Ann. Thorac. Surg.* - 1996. - Vol. 61. - pp. 1115-7.
81. McKenna R.J., Mahtabifard A., Pickens A. et al. Fast-Tracking after video-assisted thoracoscopic surgery lobectomy, segmentectomy and pneumonectomy // *Ann. Thorac. Surg.* - 2007. - Vol. 84. - pp. 1663-8.
82. Merritt R.E., Singhal S., Shrager J.B. Evidence-based suggestions for management of air leaks // *Thorac. Surg. Clin.* – 2010. – Vol. 20. – pp. 435-448.
83. Miller J.I., Landreneau R.J., Wright C.E. et al. A comparative study of buttressed versus nonbuttressed staple line in pulmonary resections // *Ann. Thorac. Surg.* - 2001. - Vol. 71. - pp. 319-323.
84. Miscall L., Duffy R.W., Nolan R.B., Klopstock R. The pleural tent as a simultaneous tailoring procedure in combination with pulmonary resection // *Am. Rev. Tuberc.* – 1956. – Vol. 73. – pp. 831-852.
85. Miserocchi G., Negrini D., Conano C. Parenchymal stress affects interstitial and pleural pressures in in situ lung // *J. Appl. Physiol.* - 1991. - Vol. 71(5). - pp. 1967-1972.
86. Miserocchi G., Beretta E., Rivolta I. Respiratory mechanics and fluid dynamics after lung resection surgery // *Thor. Surg. Clin.* - 2010. - Vol. 20(3). - pp. 345-357.
87. Moser C., Opitz I., Zhai W., Rousson V. Autologous fibrin sealant reduces the incidence of prolonged air leak and duration of chest tube drainage after lung volume reduction surgery: a prospective randomized blinded study // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* – 2008. – Vol. 136. – pp. 843-849.

88. Mueller M.R., Marzluf B.A. The anticipation and management of air leaks and residual spaces post lung resection // J. Thorac. Dis.- 2014. - Vol. 6. - pp. 271-284.
89. Murakami J., Ueda K., Tanaka T.et al. Grading of Emphysema Is Indispensable for Predicting Prolonged Air Leak After Lung Lobectomy // Ann. Thorac. Surg. - 2018. - Vol. 105. - pp. 1031–1037.
90. Murty S.C. Air leak and pleural space management // Thorac. Surg. Clin. - 2006. - Vol. 16. - pp. 261-265.
91. Nakanishi K., Shimotakahara A., Asato Y., Ishihara T. A new method to detect air leakage in a patient with pneumothorax using saline solution and multidetector-row spiral CT scan // Chest. – 2013. – Vol. 144. - Vol. 3. – pp. 940-946.
92. Ng T., Ryder B.A., Machan J.T. et al. Decreasing the incidence of prolonged air leak after right upper lobectomy with the anterior fissureless technique // J. Thorac. Cardiovasc. Surg. - 2010. - Vol. 139. - pp. 1007-11.
93. Ogawa K., Takahashi Y., Murase K. et al. OK-432 pleurodesis for the treatment of pneumothorax in patients with interstitial pneumonia // Respir. Investig. - 2018.- Vol. 56(5). - pp. 410-417.
94. Oey I., Waller D. Metalloptysis: a late complication of lung volume reduction surgery // Ann. Thorac. Surg. - 2001. - Vol. 71. - pp. 1694–5.
95. Oh S.G., Jung Y., Jheon S. et al. Postoperative air leak grading is useful to predict prolonged air leak after pulmonary lobectomy // J. Cardiothorac. Surg. - Vol. 2017. - Vol. 12. - p. 1.
96. Okada S., Shimada J., Kato D.et al. Prolonged air leak following lobectomy can be predicted in lung cancer patients // Surg. Today. - 2017. - Vol. 47(8). - pp. 973–979.
97. Okereke I., Murthy S.C., Alster J.M. et al. Characterization and importance of air leak after lobectomy // Ann. Thorac. Surg.- 2005. - Vol. 79. - pp. 1167-1173.
98. Okur E., Kir A., Halezeroglu S. Pleural tenting following upper lobectomies or bilobectomies of the lung to prevent residual air space and prolonged air leak // Eur. J. CardioThorac. Surg. – 2001. – Vol. 20. – pp. 1012-1015.
99. Okur E., Ansoy Y., Baysungur V. et al. Prophylactic intraoperative pneumoperitoneum decreases pleural space problems after lower lobectomy or bilobectomy of the lung // Thorac. Cardiovasc. Surg. - 2009. - Vol. 57. - pp. 160-164.

100. Orsini B., Baste J.M., Gossot D. et al. Index of prolonged air leak score validation in case of video-assisted thoracoscopic surgery anatomical lung resection: results of nationwide study based on the French national thoracic database, EPITHOR // Eur. J. Cardiothorac. Surg. - 2015. - Vol. 48(4). - pp. 608-11.
101. Ozpolat B. Autologous blood patch pleurodesis in the management of prolonged air leak // Thorac. Cardiovasc. Surg. - 2010. - Vol. 58(1). - pp. 52-4.
102. Pan H., Chang R., Zhou Y. et al. Risk factors associated with prolonged air leak after video-assisted thoracic surgery pulmonary resection: a predictive model and meta-analysis // Ann. Transl. Med. - 2019. - Vol. 7(5). - pp. 103.
103. Petrella F., Rizzo S., Radice D. et al. Predicting prolonged air leak after standard pulmonary lobectomy: computed tomography assessment and risk factors stratification // Surgeon. - 2011. - Vol. 9. - pp. 72-7.
104. Pompili C., Miserocchi G. Air leak after lung resection: pathophysiology and patients' implications // J. Thorac. Dis. - 2016. - Vol. 8. - pp. 46-54.
105. Porrello C., Iadicola D., Grutta E.M. et al. Routinary use of fibrin sealants to prevent prolonged air leak in thoracic surgery: our experience // G. Chir. - 2019. - Vol. 40(3). - pp. 170-3.
106. Provencher S., Deslauriers J. Late complication of bovine pericardium patches used for lung volume reduction surgery // Eur. J. Cardiothorac. Surg. - 2003. - Vol. 23. - pp. 1059-1061.
107. Refai M. Assessment of emphysema in patients undergoing major lung resections // J. Thorac. Dis. - 2019. - Vol. 11(9). - pp. 3689-3691.
108. Rice T.W., Kirby T.J. Prolonged air leak // Chest. Surg. Clin. N. Am. - 1992. - Vol. 2. - pp. 803-11.
109. Rice T.W., Blackstone E.H. Use of sealants and buttressing material in pulmonary surgery: an evidence-based approach // Thorac. Surg. Clin. - 2010. - Vol. 20. - pp. 377-389.
110. Richardson Z., Saucedo J., Wigfield C. Assessment of intraoperative techniques to minimize the impact of pleural air leaks for pulmonary resection // Chest. - 2013. - Vol. 144. - pp. 115A.

111. Rivas de Andres J.J., Blanco S., de la Torre M. Post-surgical pleurodesis with autologous blood in patients with persistent air leak // *Ann. Thorac. Surg.* – 2000. – Vol. 70. – pp. 270-272.
112. Rivera C., Bernard A., Falcoz P.-E. et al. Characterization and prediction of prolonged air leak after pulmonary resection: a nationwide study setting up the index of prolonged air leak // *Ann. Thorac. Surg.* - 2011. - Vol. 92. - pp. 1062-1068.
113. Robinson C.L. Autologous blood for pleurodesis in recurrent and chronic spontaneous pneumothorax // *Can. J. Surg.* – 1987. – Vol. 30. – pp. 428-429.
114. Robinson L.A., Preksto D. Pleural tenting during upper lobectomy decreases chest tube time and total hospitalization days // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* - 1998. - Vol. 115. - pp. 319-26.
115. Rocco G. Intraoperative measures for preventing residual air spaces // *Thorac. Surg. Clin.* – 2010. – Vol. 20. – pp. 371-375.
116. Romano P.S., Mark D.H. Patient and hospital characteristics related to in-hospital mortality after lung cancer resection // *Chest.* - 1992. - Vol. 101. - pp. 1332-1337.
117. Salito C., Bovio D., Mazzuca E. et al. Experimental model to evaluate the effect of hydrothorax and lobar resection on lung compliance // *Eur. J. CardioThorac. Surg.* - 2014. - Vol. 45. - pp. 489-495.
118. Seder C.W., Basu S., Ramsay T. et al. A prolonged air leak score for lung cancer resection: an analysis of the society of thoracic surgeons general thoracic surgery database // *Ann. Thorac. Surg.* - 2019. - Vol. 108(5). - pp. 1478-83.
119. Shamji M.F., Maziak D.E., Shamji F.M. et al. Surgical staple metalloptysis after apical bullectomy: a reaction to bovine pericardium? // *Ann. Thorac. Surg.* - 2002. - Vol. 74. - pp. 258-61.
120. Shrager J.B., DeCamp M.M., Murthy S. Intraoperative and postoperative management of air leaks in patients with emphysema // *Thorac. Surg. Clin.* – 2009. – Vol. 19. – pp. 223-231.
121. Singh N., Agarwal R. Bronchopleural fistula or alveolopleural fistula: not just semantics // *Chest.* – 2006. – Vol. 130. - pp. 1948-1949.

122. Singhal S., Shrager J.B. Should buttresses and sealants be used to manage pulmonary parenchymal air leaks? // J. Thorac. Cardiovasc. Surg. – 2010. – Vol.140. – pp. 1220-1225.
123. Southey D., Pullinger D., Loggos S. et al. Discharge of thoracic patients on portable digital suction: Is it cost-effective? // Asian Cardiovasc. Thorac. Ann. - 2015. - Vol. 23. - pp. 832-8.
124. Stamenovic D., Bostanci K., Messerschmidt A. et al. Fissureless fissure-last video-assisted thoracoscopic lobectomy for all lung lobes: a better alternative to decrease the incidence of prolonged air leak? // Eur. J. Cardiothorac. Surg. - 2016. - Vol. 50. - pp. 118-23.
125. Stammberger U., Klepetko W., Stamatis G. Buttressing the staple line in lung volume reduction surgery: a randomized three-center study // Ann. Thorac. Surg. – 2000. – Vol. 70. – pp. 1820-1825.
126. Stolz A.J., Schutzner J., Lischka R. et al. Predictors of prolonged air leak following pulmonary lobectomy // Our J. Cardiothorac. Surg. - 2005. - Vol. 27(2). - pp. 334-6.
127. Temes R.T., Willms C.D., Endara S.A. et al. Fissureless lobectomy // Ann. Thorac. Surg. - 1998. - Vol. 65. - pp. 282-4.
128. Toker A., Dilege S., Tanju S. et al. Perioperative pneumoperitoneum after lobectomy - bilobectomy operations for lung cancer: a prospective study // Thorac. Cardiovasc. Surg. - 2003. - Vol. 51. - pp. 93-96.
129. Travaline J.M., McKenna R.J., De Giacomo T., Venuta F. Treatment of persistent pulmonary air leaks using endobronchial valves // Chest. – 2009. – Vol. 136. – pp.355-360.
130. Uzzaman M.M., Robb J.D., Mhandu P.C. A meta-analysis assessing the benefits of concomitant pleural tent procedure after upper lobectomy // Ann. Thorac. Surg. – 2014. – Vol. 97. – pp. 365-372.
131. Varela G., Jimenez M.F, Novoa N.M., Aranda J.L. Estimating hospital costs attributable to prolonged air leak in pulmonary lobectomy // Eur. J. CardioThorac. Surg. - 2004. - Vol. 27. - pp. 329-333.
132. Varela G., Jimenez M.F., Novoa N. Portable chest drainage systems and outpatient chest tube management // Thorac. Surg. Clin. - 2010. - Vol. 20. - pp. 421-426.

133. Vaughn C.C., Vaughn P.L., Vaughn C.C. III et al. Tissue response to biomaterials used for staple-line reinforcement in lung resection: A comparison between expanded polytetrafluoroethylene and bovine pericardium // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* - 1998. - Vol. 13(3). - pp. 259–265.
134. Vega Nde A., Ortega H.A., Tincani A.J., Toro I.F. Use of a one-way flutter valve drainage system in the postoperative period following lung resection // *J. Bras. Pneumol.* - 2008. - Vol. 34(8). - pp. 559-566.
135. Venuta F., De Giacomo T.D., Rendina E.A. et al. Thoracoscopic pleural tent // *Ann. Thorac. Surg.* - 1998. - Vol. 66. - pp. 1833-4.
136. Venuta F., Rendina E.A. Postoperative strategies to treat permanent air leaks // *Thorac. Surg. Clin.* – 2010. – Vol. 20. – pp. 391-397.
137. Wood D.E., Cerfolio R.J., Gonzalez X., Springmeyer S.C. Bronchoscopic management of prolonged air leak // *Clin. Chest. Med.* – 2010. - Vol. 31. – pp.127-133.
138. Wood D., Lauer L., Layton A., Tong K. Prolonged length of stay associated with air leak following pulmonary resection has a negative impact on hospital margin // *Clinicoecon. Outcomes Res.* - 2016. - Vol. 8. - pp. 187-195.
139. Yan T.D., Cao C., D’Amico T.A. et al. Viseo-assisted thoracoscopic surgery lobectomy at 20 years: a consensus statement // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* - 2014. - Vol. 45(4). - pp. 633-9.
140. Yang C.-F.J., Meyerhoff R.R., Mayne N.R. et al. Long-term survival following open versus thoracoscopic lobectomy after preoperative chemotherapy for non-small cell lung cancer // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.*- 2015. - Vol. 49. - pp. 1615–23.
141. Yoo A., Ghosh S.K., Danker W. et al. Burden of air leak complications in thoracic surgery estimated using national hospital billing database // *Clinicoecon. Outcomes Res.* - 2017. - Vol. 9. - pp. 373-383.
142. Zhao K., Mei J., Xia C. et al. Prolonged air leak after video-assisted thoracic surgery lung cancer resection: risk factors and its effect on postoperative clinical recovery // *J. Thorac. Dis.* - 2017. - Vol. 9. - pp. 1219-1225.

143. Zhou J., Chen N., Hai Y. et al. External suction versus simple water-seal on chest drainage following pulmonary surgery: an updated meta-analyses //Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg. - 2018. - Vol. 28. - pp. 29-36.