

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

На правах рукописи

ЮНУСОВ АСИМ НУРСАДДИНОВИЧ

**КЛИНИКО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА
ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ РЕЛАКСАЦИИ ДИАФРАГМЫ**

3.1.9. Хирургия

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:
доктор медицинских наук, доцент
Топольницкий Евгений Богданович

Томск – 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1 СОВРЕМЕННОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ О РЕЛАКСАЦИИ ДИАФРАГМЫ И ВАРИАНТЫ ХИРУРГИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ (обзор литературы).....	12
1.1 Краткая историческая справка о развитии анатомии, физиологии и хирургии диафрагмы.....	12
1.2 Определение понятия, этиология и патогенез релаксации диафрагмы	15
1.3 Клинические проявления и диагностика релаксации диафрагмы	17
1.4 Лечение релаксации диафрагмы.....	20
1.4.1 Стимуляция и реконструкция диафрагмального нерва	21
1.4.2 Способы реконструкции релаксированного купола диафрагмы	24
ГЛАВА 2 МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	33
2.1 Экспериментальная часть исследования на животных.....	34
2.1.1 Методологические аспекты эксперимента.....	35
2.1.2 Анатомо-гистологические исследования тканей диафрагмы	36
2.2 Клиническая часть исследования	37
2.2.1 Общая характеристика пациентов.....	37
2.2.2 Предоперационное обследование.....	39
2.2.3 Оценка непосредственных и отдаленных результатов пликация купола диафрагмы.....	40
2.3 Статистические методы анализа.....	43
ГЛАВА 3 СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕАКЦИИ ТКАНЕЙ ДИАФРАГМЫ НА ПРОТЕКТОРЫ ИЗ ПОРИСТОГО НИКЕЛИДА ТИТАНА И МЕДИЦИНСКОГО ФЕТРА	44
3.1 Общая концепция экспериментальных операций и наблюдений	45
3.2 Оценка результатов эксперимента	48
3.2.1 Макроскопические изменения в зоне имплантации.....	48
3.2.2 Сравнительный анализ особенностей интеграции имплантатов в окружающие ткани.....	50

ГЛАВА 4 КЛИНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ДВУХПОРТОВОЙ ВИДЕОАССИСТИРОВАННОЙ ТОРАКОСКОПИЧЕСКОЙ ПЛИКАЦИИ РЕЛАКСИРОВАННОГО КУПОЛА ДИАФРАГМЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОТЕКТОРОВ ИЗ ПОРИСТОГО НИКЕЛИДА ТИТАНА	62
4.1 Оригинальный способ двухпортовой видеоассистированной торакоскопической пликции релаксированной диафрагмы и его обоснование ...	63
4.2 Непосредственные результаты видеоассистированной торакоскопической пликции релаксированной диафрагмы.....	70
4.3 Оценка отдаленных результатов и качества жизни пациентов после торакоскопической пликции релаксированной диафрагмы.....	777
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	855
ВЫВОДЫ	911
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	922
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	933
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	944
СПИСОК ИЛЛЮСТРАТИВНОГО МАТЕРИАЛА.....	112
ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное) Классификация хирургических осложнений clavien – dindo	1177

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Релаксация диафрагмы на протяжении длительного времени считалась редкой патологией и становилась предметом обсуждения в единичных публикациях. Однако на протяжении последнего столетия прослеживается повышенный интерес к данной патологии, что непосредственно связано с ростом частоты встречаемости заболевания [111, 119]. Сложившаяся ситуация напрямую коррелируется с увеличением количества кардиохирургических операций и хирургических вмешательств на органах средостения. В результате интраоперационного повреждения диафрагмального нерва нарушается экскурсия диафрагмы при дыхании, снижается ее тонус и развивается элевация, возникают дегенеративно-дистрофические изменения в структуре диафрагмы и с последующим ее истончением [12, 26, 43, 51, 101, 111, 117, 144]. В последнее время отмечено появление категории пациентов с релаксацией диафрагмы после перенесенной новой коронавирусной инфекции Covid-19 [17, 63, 66, 87, 152].

Хирургические технологии являются единственным эффективным методом лечения релаксации диафрагмы. По мере изучения патологии предлагались различные оперативные вмешательства для коррекции релаксированной диафрагмы. Однако современная лечебная концепция, одобренная хирургическим сообществом, предполагает редукцию растянутого купола диафрагмы для более низкого и уплощенного расположения, низведение органов брюшной полости в нормальное физиологическое положение и устранение компрессии органов грудной клетки. Наиболее безопасным и эффективным методом, закономерно получившим широкое распространение, считается френопликация, при которой формируются складки с помощью гофрирующих швов из релаксированного купола диафрагмы [12, 26, 31, 43, 111]. Следуя современным хирургическим трендам, подобные вмешательства стали выполняться с применением малоинвазивных технологий [1, 7, 11, 22, 49, 70, 81, 153, 154]. Однако общепризнанной проблемой известных вариантов пликации релаксированной диафрагмы является

прорезывание и несостоятельность швов, что становится причиной послеоперационных осложнений и снижения эффективности лечения. Для укрепления диафрагмального шва предложены различные синтетические импланты-протекторы, среди которых наибольшую популярность в силу своей доступности приобрел медицинский фетр [58, 72, 105, 113]. Тем не менее сохраняются противоречия, обусловленные недостаточной биосовместимостью и непредсказуемой биодegradацией материала, а также связанным с этими факторами риском послеоперационных осложнений и рецидива патологии в отдаленном периоде [39]. До настоящего момента проблема релаксации диафрагмы сохраняет свою актуальность и требует поиска более эффективного и надежного способа хирургической коррекции. В связи с этим указанные обстоятельства стали предпосылками для проведения настоящего научного исследования.

Степень разработанности темы диссертации

В решении проблемы хирургического лечения заболеваний диафрагмы, в том числе релаксации, нельзя переоценить труды академика Б. В. Петровского. Именно благодаря фундаментальному исследованию «Хирургия диафрагмы», вышедшему в свет в 1965 году, впервые был обобщен и систематизирован мировой опыт в проблеме диагностики и лечения релаксации диафрагмы. Именно отечественному ученому принадлежит оригинальный способ аллопластики релаксированного купола диафрагмы с укреплением шва имплантатами, основные принципы которого используются в вариантах современных операций. Благодаря созданной научной школе и таким последователям и ученым, как С. Я. Долецкий, В. Д. Паршин, Д. В. Базаров, продолжены исследования по разработке и усовершенствованию оперативных вмешательств на диафрагме, в том числе варианты восстановления диафрагмального нерва при его повреждении.

Среди зарубежных ученых следует отметить M. Berard, D. Graham, S. Higgs, F. Gharagozloo, J. Mougox как хирургов, сформулировавших основные принципы малоинвазивной хирургии диафрагмы и предложивших различные варианты эндоскопической пликаций. Тем не менее проблема хирургической пликаций

релаксированного купола диафрагмы не потеряла свою актуальность, а современные публикации перечисленных авторов являются тому подтверждением. В научных трудах ученых затрагиваются недостатки методик, связанные с прорезыванием швов на истонченной диафрагме, и обсуждается необходимость использования различных синтетических имплантатов для укрепления шва. Сложившаяся ситуация свидетельствует об актуальности проблемы поиска универсального материала, обеспечивающего надежность и безопасность хирургического вмешательства.

Все вышеперечисленное указывает на актуальность проблемы и определяет ее научно-практическую значимость, что послужило основанием для проведения данного диссертационного исследования.

Цель исследования

Улучшение результатов хирургического лечения пациентов с релаксацией диафрагмы за счет разработки способа двухпортовой видеоторакоскопической пликации с применением протекторов из пористого никелида титана.

Задачи исследования

1. Разработать эффективный и надежный способ хирургического лечения релаксации диафрагмы с применением протекторов из пористого никелида титана.
2. Изучить в эксперименте сравнительные аспекты тканевой интеграции протекторов из пористого никелида титана и медицинского фетра.
3. Клинически обосновать оригинальный способ пликации релаксированного купола диафрагмы с использованием малоинвазивного торакоскопического доступа.
4. Оценить качество жизни пациентов в различные сроки после торакоскопической френопликации релаксированного купола диафрагмы.

Научная новизна

Впервые на экспериментальном материале изучены сравнительные аспекты интеграции протекторов из пористого никелида титана и медицинского фетра в ткани диафрагмы. Показаны недостатки протекторов из фетра, связанные с их биодegradацией.

Впервые разработан и клинически обоснован способ двухпортовой видеоторакоскопической пликации релаксированной диафрагмы с использованием протекторов из пористого никелида титана (патент РФ на изобретение № 2760780 от 09.12.2020).

Впервые на репрезентативном клиническом материале проведена оценка качества жизни после торакоскопической френопликации релаксированного купола диафрагмы с помощью опросников MOS SF-36, EuroQ-5D-5L, SGRQ.

Теоретическая и практическая значимость работы

В теоретическом отношении важны данные, полученные в результате экспериментального исследования. Показаны преимущества применения пористых материалов из никелида титана в качестве имплантатов при операциях на диафрагме. Оптимальные условия интеграции никелида титана в диафрагму, а также в окружающие ткани и органы открывают перспективы применения материала в качестве протекторов для лечения релаксации диафрагмы. Продемонстрированы недостатки медицинского фетра как материала, теряющего свои физические свойства под воздействием клеточной среды биологического организма. Выявленная особенность противоречит основным принципам использования нерассасывающихся материалов в хирургии диафрагмы.

В практическом отношении особую ценность представляет оригинальный способ двухпортовой видеоторакоскопической пликации релаксированной диафрагмы с использованием протекторов из пористого никелида титана, отличающийся эффективностью и надежностью. Показано влияние операции на качество жизни пациентов и функциональные показатели в разные сроки после восстановления положения купола диафрагмы.

Методология и методы диссертационного исследования

Работа выполнена в соответствии с правилами доказательной медицины и принципами «Надлежащей клинической практики», в дизайне проспективного исследования проведен анализ истории болезни 17 пациентов после хирургического лечения односторонней релаксации диафрагмы. Сбор и обработка данных о развитии заболевания, ведение периоперационного периода, а также оценка отдаленных результатах оперативного вмешательства проводились в соответствии с разработанным автором дизайном исследования. При его проведении, а также при изложении материала основой явилось последовательное применение методов научного познания с использованием принципов доказательной медицины. В исследовании использовались клинические, лабораторные, инструментальные и статистические методы. Объекты исследования – пациенты хирургического торакального профиля, планируемые и прооперированные в объеме двухпортовой видеоторакоскопической пликационной релаксированной диафрагмы с использованием протекторов из пористого никелида титана, предмет исследования – хирургическая техника, а также непосредственные и отдаленные результаты выполненного хирургического вмешательства.

Клинической части работы предшествует экспериментальное исследование, проведенное на 20 особях крыс и направленное на сравнительное изучение поведения протекторов из пористого никелида титана и медицинского фетра при контакте с диафрагмой и окружающими тканями. Полученные результаты морфологического исследования стали основой разработки оригинального способа пликационной релаксированной диафрагмы.

Положения, выносимые на защиту

1. Протекторы из пористого никелида титана оптимально интегрируются в диафрагму и окружающие ткани. В зоне имплантации формируется единый регенерат, обеспечивающий безопасное и эффективное долгосрочное функционирование согласовано с нормальной биомеханикой дыхания.

2. Способ двухпортовой видеоторакоскопической пликации релаксированной диафрагмы с применением протекторов из пористого никелида титана отличается простотой и позволяет надежно восстанавливать купол диафрагмы.

3. Реконструкция купола диафрагмы при релаксации достоверно улучшает показатели функции внешнего дыхания и качество жизни пациентов. Оптимальный эффект достигается через 1 месяц после операции и сохраняется в отдаленном периоде.

Степень достоверности

Степень достоверности полученных результатов определяется обобщением специальной литературы, достаточным количеством наблюдений, включенных в исследование, репрезентативностью выборки включенных в статистический анализ изученных показателей, наличием групп сравнения, применением современных методов обследования и обработкой полученных результатов, современным хирургическим оборудованием и расходными материалами, современными методами статистического анализа. Методы исследования ассоциированы с поставленными целью и задачами работы. Выборка репрезентативна. Для проведения статистической обработки полученных результатов были применены программы Statistica, SPSS. Для создания базы данных использована программа MS Excel. Средние выборочные значения количественных признаков представлены в виде $M \pm m$, где M – среднее арифметическое; m – стандартное отклонение. Описание количественных показателей проведено с указанием медианы (25; 75 процентиля). Качественные показатели описаны с указанием абсолютных и относительных частот n (%). Сравнение показателей зависимых выборок осуществлялось при помощи критерия Вилкоксона. Результаты считали значимыми при $p < 0,05$.

Апробация работы

Основные положения диссертационного исследования доложены и обсуждены на 12-м Международном конгрессе «Актуальные направления современной кардиоторакальной хирургии» (Санкт-Петербург, 2023), на 1-м Международном симпозиуме «Передовые материалы и технологии в медицине» (ПМТМ-2023) (Республика Алтай, 2023), на 15-м съезде хирургов России и 9-м конгрессе московских хирургов (Москва, 2023).

Апробация диссертации проведена на заседании кафедры хирургии с курсом мобилизационной подготовки и медицины катастроф, а также на заседании проблемной комиссии по специальности «Хирургия» ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России (Томск, 2024).

Внедрение результатов исследования

Результаты исследования внедрены в работу хирургического торакального отделения ОГАУЗ «Томская областная клиническая больница». Кроме того, результаты работы используются в педагогической деятельности сотрудников кафедр хирургии с курсом мобилизационной подготовки и медицины катастроф и факультетской хирургии ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России.

Публикации

По теме диссертации опубликованы 4 научные работы, в том числе 4 статьи в научных журналах и изданиях, включенных в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертационного исследования на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, из них 1 статья в журнале категории К1 и 3 статьи в журналах категории К2, входящих в список изданий, распределенных по категориям К1, К2, К3, в том числе 3 статьи в журналах, входящих в международные реферативные базы данных и систем цитирования (Scopus, PubMed).

Объем и структура диссертации

Диссертация изложена на 117 страницах машинописного текста и состоит из введения, 4 глав, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы, списка иллюстративного материала и приложения. Список литературы представлен 159 источниками, из которых 113 – зарубежных авторов. Полученные результаты иллюстрированы с помощью 5 таблиц и 34 рисунков.

Личный вклад автора

Личный вклад автора состоит в определении дизайна исследования, разработке основных методологических принципов, планировании, наборе и анализе фактического материала. Автор непосредственно участвовал в оформлении диссертации и написании научных статей по материалам исследования, выступал с докладами на научных конференциях. Лично выполнял и участвовал в хирургических вмешательствах и периоперационной курации пациентов на госпитальном этапе, а также осуществлял динамическое наблюдение за прооперированными пациентами амбулаторно. Самостоятельно провел статистическую обработку и анализ полученных данных.

ГЛАВА 1 СОВРЕМЕННОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ О РЕЛАКСАЦИИ ДИАФРАГМЫ И ВАРИАНТЫ ХИРУРГИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

1.1 Краткая историческая справка о развитии анатомии, физиологии и хирургии диафрагмы

Диафрагма является основной дыхательной мышцей и важнейшим органом брюшного пресса, а по своей значимости для функционирования организма является второй после сердца. Роль диафрагмы в нормальном функционировании организма сложно переоценить. Стабильное поступление кислорода ко всем органам и тканям обеспечивается синхронной и циклической работой дыхательных мышц, среди которых главную задачу выполняет диафрагма [3, 74, 145].

С исторической точки зрения диафрагма как орган известна и хорошо описана достаточно давно. Первое упоминание принадлежит великому греческому философу Гомеру, который в поэме «Илиада» описал раны диафрагмы, полученные ахейцами в бою с троянцами. Следующее упоминание принадлежит не менее известному Аристотелю, который в 384 году до нашей эры описывает диафрагму как перегородку между «лучшей верхней частью и худшей нижней». Среди врачей изучению диафрагмы принадлежат труды Клавдия Галена, который в первом веке нашей эры впервые описал физиологические отверстия грудобрюшной преграды [32].

Дальнейшее изучение анатомии человека по причине порицания общественности длительное время находилось под большим запретом. Однако несмотря на это, великий ученый и основоположник современной анатомии Андреас Везалий, подвергая себя риску, в 1543 году выпустил главный труд своей жизни «*De hominis corporis fabrica*» («О строении человеческого тела»). Работа была представлена в семи томах на 700 страницах и включала более 270 иллюстраций. Среди прочего в книге описывалась диафрагма как мышечно-сухожильная структура, отличающаяся по строению от других мышц человеческого организма

и разделяющая грудную и брюшную полости. Кроме этого, автор подробно описал ее строение, в том числе особенности прикрепления и физиологические отверстия. Но самое главное, Везалий дал описание экскурсии диафрагмы, определив ее значение как самой главной в дыхательной функции [4, 14, 32].

Дальнейшие труды известных врачей с упоминанием диафрагмы были посвящены повреждениям и заболеваниям органа. В истории хирургии диафрагмы пионером считается Амбруаз Паре, который в 1594 г. описал посттравматическую грыжу диафрагмы у капитана французской армии. Нельзя не упомянуть Джованни Батиста Морганьи, который в своей монографии, выпущенной в 1769 году, описал грудино-реберный треугольник как слабое место, являющееся местами выхода грыжевых выпячиваний. Также чешский анатом Винсент Бохдалек в 1848 году описал пояснично-реберные треугольники [8, 32, 37].

Начало XX века ознаменовано изучением особенностей эмбриогенеза, кровоснабжения и иннервации диафрагмы и ассоциируется с фамилиями таких ученых, как В. Анреп, Н. Цибульский, I. Broman, А.П. Тетерин, Е.А. Дыскин, А.В. Шилова. Именно эти ученые заложили основы детальной анатомии диафрагмы, в том числе функциональной [20, 31, 32, 37].

Таким образом, в истории изучения анатомии диафрагмы от древнейших времен до наших дней можно найти немало ярких и значимых событий, приведших нас к формированию современных представлений об анатомии мышечного органа, нашедших отражение в крупных трудах и учебных пособиях Синельниковых (1989, 2020), М.Г. Привеса (2004), И.В. Гайворонского (2014) [8, 32].

По мере познания анатомии и физиологии диафрагмы накапливался опыт изучения патологических состояний, затрагивающих орган. В настоящее время к наиболее распространённым и изученным заболеваниям можно отнести грыжевые дефекты грудобрюшной преграды, как связанные с естественно слабыми местами, так и посттравматического происхождения [1, 5, 41, 107, 115]. Высокая частота их возникновения объясняет внимание, проявленное к данной патологии, что стало причиной детального изучения и, как итог, многочисленных способов и методов коррекции.

В России впервые в 1852 году И.В.Буяльский опубликовал случай посттравматической диафрагмальной грыжи. Долгое время диафрагмальные грыжи считались редкой патологией. Лишь после того, как в 1895 году Вильгельм Рентген открыл и исследовал X-лучи, что привело к созданию рентгеновских аппаратов и широкому внедрению лучевых методов исследования, улучшению диагностических возможностей, было установлено, что данная нозологическая форма является одной из самых распространенных среди гастроэнтерологических хирургических заболеваний. При этом существуют более редкие заболевания, среди которых отдельный интерес представляет релаксация диафрагмы (РД). Первое упоминание об изменении купола диафрагмы, схожего по описанию с релаксацией, принадлежит J. L. Petit, который в 1774 году представил результаты секции пациента, при жизни имевшего жалобы на выраженную одышку после еды. Автор описывает РД как грыжевой мешок, содержащий органы брюшной полости и не имевший признаков разрыва мембранозной и мышечной частей купола [120]. Позднее Beclard в 1829 году термином «эвентерация» назвал врожденное изменение диафрагмы, отличающееся от грыжи, а в 1894 году Tennant описал случай частичной атрофии купола диафрагмы [126, 142]. Непосредственно патологическое состояние, которое приводило к анатомическим изменениям диафрагмы и отличалось от грыжи, принадлежит Wieting, который в 1906 году вслед за описанием впервые предложил термин «релаксация» [158]. Позднее в отечественных и зарубежных публикациях этот термин стал встречаться чаще, и по мере накопления информации начали рассматриваться и его причинные факторы [26, 27, 28, 48, 111].

Впервые хирургическое лечение релаксации диафрагмы изложено в 1920 году Д. Морли, который после обнаружения высокорасположенной истонченной диафрагмы резецировал и сшил ее края. В 1916 году Х. Вуд предложил реконструировать диафрагму без ее иссечения. Эта идея была клинически реализована W. Lerche в 1921 г. и получила название «френопликация». Несмотря на хорошие непосредственные результаты подобного варианта хирургических вмешательств, были зарегистрированы рецидивы РД. Из отечественных хирургов

наибольший научный вклад в изучение диафрагмальных грыж внесли Б. В. Петровский, С. Я. Долецкий, Н. Н. Каншин, А. Ф. Черноусов. В 1959 г. Б. В. Петровский разработал метод хирургической коррекции релаксации диафрагмы и грыжи пищеводного отверстия диафрагмы с применением лоскута диафрагмы на питающей ножке.

В конце XX века после обобщения мирового опыта появились первые публикации по эпидемиологии РД, отражающие частоту встречаемости, которые были представлены весьма скромными цифровыми значениями (не более 0,05% от всех случаев заболевания диафрагмы) [86]. Учитывая бессимптомные и субклинические случаи, а также низкую осведомленность о РД среди медицинских работников предполагается более высокая частота ее встречаемости в популяции [71, 81, 106].

1.2 Определение понятия, этиология и патогенез релаксации диафрагмы

До настоящего времени нет устойчивого определения понятия РД и все встречающиеся интерпретации направлены на наиболее точное описание возникшего патологического состояния, подразумевающего нарушение мышечного тонуса купола в силу ряда причин. Наиболее часто встречающееся определение РД представлено как патологический процесс, развивающийся на фоне нарушения иннервации диафрагмы и характеризующийся снижением тонуса и потерей эластических свойств без нарушения ее целостности [12, 26, 43, 111].

Клинически принято разделять РД на врожденную и приобретенную [12, 43, 111]. Если рассматривать релаксацию у новорожденных или, как принято называть в этом случае, «элевацию», то, по мнению ряда авторов, причина скрывается в неполноценности мышечной ткани и, как следствие, резкого снижения тонуса диафрагмы [51, 117, 144]. Однако встречаются и более грубые аномалии, связанные с удвоением или отсутствием купола и грыжевыми дефектами различных размеров и локализаций [117]. В результате потери диафрагмой тонуса, суммирующего

воздействия внутрибрюшного давления и ретракционной силы легкого, происходит перемещение купола кверху. Чаще всего подобные отклонения проявляются в раннем возрасте и в силу адаптационных возможностей детского организма нередко диагностируются в более поздней возрастной категории. От этого во многом зависят и временные особенности манифестации клинической симптоматики РД, и сроки хирургической коррекции.

В контексте физиологических отклонений, приводящих к смещению купола диафрагмы, следует упомянуть элевацию грудобрюшной преграды, которая развивается при асците, перитоните, спленомегалии, а также беременности. Дистрофические изменения в диафрагме у этих пациентов отсутствуют, а после устранения изменений со стороны брюшной полости функция органа полностью восстанавливается [54, 103, 132].

Большой интерес представляет приобретенная РД в силу того, что речь идет о значительных атрофических и дистрофических нарушениях в изначально структурно неизменной диафрагме. Этиологические факторы, отвечающие за возникновение изменений, достаточно разнообразны. Изначально в качестве основной причины рассматривалось травматическое повреждение самого купола [12]. По мере изучения проблемы список причинных факторов расширялся, однако различные этиологические факторы запускали общий патогенетический механизм, связанный с поражением диафрагмального нерва [67, 90, 119]. К настоящему времени рассматривают такие факторы, как воспалительные процессы в плевральной полости, в том числе вирусного происхождения, поражение центральной нервной системы, демиелинизирующие заболевания нервов, заболевания диафрагмальных моторных ядер и нервно-мышечных синапсов (миастения, синдром Гийена-Барре, боковой амиотрофический склероз) [12, 18, 36, 45, 56, 57, 87, 90, 151]. Кроме этого, в период активного развития кардиохирургических технологий и комбинированных вмешательств в онкологии отмечена тенденция к увеличению числа пациентов с РД, что объясняется применением источников энергии для диссекции тканей вблизи диафрагмального нерва, а также холодовой кардиоплегии [26, 73]. Сохраняется группа пациентов,

причину РД у которых установить не удастся, в таких случаях идет речь о идиопатической релаксации.

Таким образом, воздействие любого агрессивного агента на диафрагмальный нерв может приводить к вторичной невротической дистрофии мышцы, при этом диафрагма резко истончается, растягивается и теряет не только свою дыхательную, но и разделительную функцию. Появление дополнительных факторов, способствующих значительному повышению внутрибрюшного давления, ускоряет перемещение кверху диафрагмы и брюшных органов и вызывает проявление клинических симптомов релаксации грудобрюшной преграды.

1.3 Клинические проявления и диагностика релаксации диафрагмы

Клиническая картина проявлений РД достаточно разнообразна. Однако в большинстве наблюдений авторы отмечают бессимптомное течение, а патологическое изменение купола диафрагмы удается выявить только в результате рентгенологического исследования [12, 26, 43]. В то же время существуют проявления РД специфического характера, среди которых основным кардиореспираторным симптомом является одышка [56]. Выраженность клинической картины патологии зависит от степени выраженности релаксации и степени смещения органов брюшной полости в грудную клетку. Так, в одном из фундаментальных трудов отечественных ученых «Хирургия диафрагмы» Б. В. Петровский (1965) обобщил мировой опыт, систематизировал клинические проявления РД и выделил ее 4 формы: I – бессимптомная; II – со стертыми клиническими проявлениями; III – с выраженными клиническими проявлениями; IV – осложненная форма, сопровождающаяся острой и хронической хирургической патологией [21, 29, 30]. Кроме этого, в указанном научном труде предложено разделять РД на полную и частичную. Так, при полной релаксации купол диафрагмы поднимается до уровня IV–II ребер, что приводит к перемещению органов брюшной полости в грудную клетку, при этом сохраняется их

поддиафрагмальное расположение. Чаще всего при левосторонней релаксации транспозиции подвергается желудок, поперечно-ободочная кишка, селезенка, левая доля печени, левая почка (Рисунок 1).

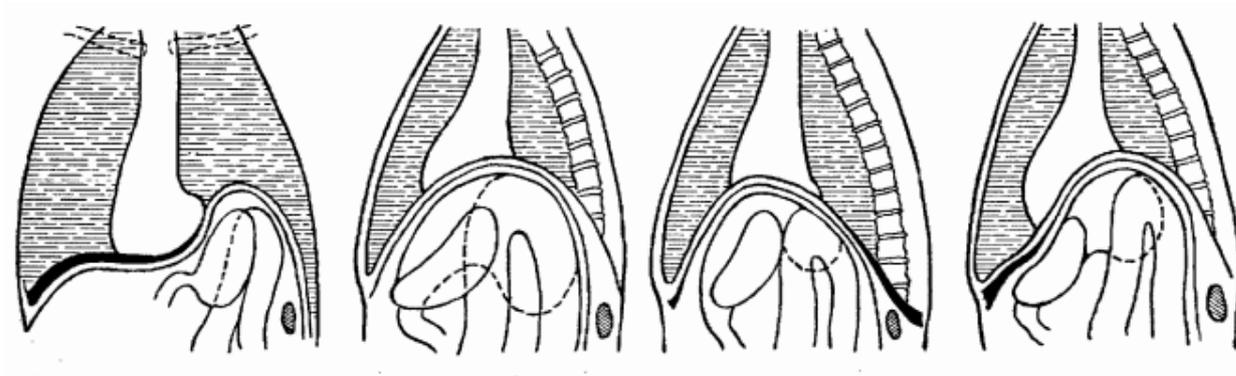


Рисунок 1 – Варианты релаксации левого купола диафрагмы
(по Б. В. Петровскому)

Перемещенные органы оказывают компрессионное сдавление легкого и приводят к смещению сердца и элементов средостения в противоположную сторону релаксированного купола диафрагмы. Описанные изменения зачастую определяют клиническую картину заболевания, при этом жалобы более характерны именно для левосторонней локализации заболевания. Пациентов по мере перемещения купола начинают беспокоить кашель, чувство сердцебиения, боль и дискомфорт в грудной клетке. Кроме всего прочего, к клинической картине могут присоединяться диспепсические проявления, такие как тяжесть после еды, дисфагия, тошнота, которые обусловлены перемещением органов брюшной полости в грудную клетку [21, 22, 29, 30, 56, 68].

Считается, что полная релаксация правого купола диафрагмы встречается реже. Поражение правого купола чаще всего носит ограниченный характер и разделяется на передне-внутреннее, центральное и задне-наружное (Рисунок 2).

При правостороннем поражении транспозиции подвергается правая доля печени, поэтому и функциональные расстройства у таких пациентов менее выражены и в основном связаны с сердечно-легочными нарушениями [21, 29, 30, 56, 62].

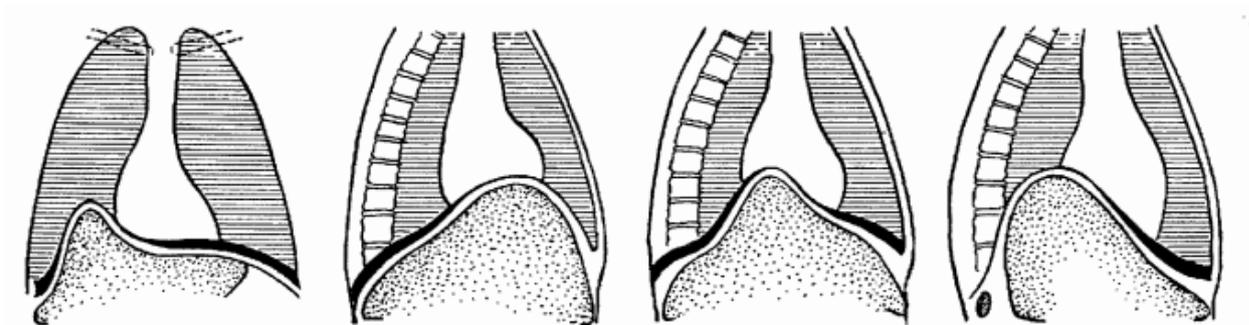


Рисунок 2 – Варианты релаксации правого купола диафрагмы
(по Б. В. Петровскому)

Таким образом, клинические проявления РД достаточно разнообразны и зависят от стороны поражения, высоты подъёма купола, выраженности транспозиции органов брюшной полости и степени компрессии органов грудной клетки. При этом, как и указывают многие авторы, ведущим симптомом, с которым пациент обращается к врачу и с которого запускается диагностический алгоритм, является одышка [12, 26, 43, 56].

Помимо клинических проявлений и анамнестических данных, в диагностике РД ключевую роль играют лучевые и функциональные методы исследования. К тривиальным методам можно отнести рентгенографическое исследование органов грудной клетки в двух проекциях. Однако, несмотря на свою архаичность, метод по сей день не теряет своей актуальности и используется в качестве рутинного, по результатам которого можно заподозрить смещение купола диафрагмы, оценить его контур, выявить признаки смещения средостения, а также контролировать эффективность лечения [55, 69, 78]. На заре изучения проблемы дополнительно к рентгенографии и рентгеноскопии применяли рентгенокимографию диафрагмы, что позволяло определять снижение амплитуды движений релаксированного купола, а также неправильный характер дыхательных зубцов. В результате были выделены специфические симптомы РД. Установлено, что при спокойном дыхании диафрагма практически не имеет экскурсии, при этом периодически отмечаются парадоксальные движения, состоящие в опускании пораженной части диафрагмы при выдохе и подъеме во время вдоха (симптом

Альшеевского-Винбека), а здоровая половина диафрагмы движется в противоположном направлении. Возникает коромыслообразное движение диафрагмы (симптом Вельмана). При нюхательной пробе купол диафрагмы в момент вдоха поднимается, а затем быстро возвращается к прежнему уровню [86, 101]. Однако в настоящее время описанные диагностические методы и симптомы больше имеют историческое значение и практически не используются.

С конца XX века золотым стандартом диагностики РД является спиральная компьютерная томография органов грудной клетки (МСКТ) [64, 65]. Дополнять исследование, в том числе с целью дифференциальной диагностики с диафрагмальными грыжами, могут такие методы, как магнитно-резонансная томография, рентгеноконтрастное исследование желудочно-кишечного тракта [21, 29, 30, 42].

В современной зарубежной литературе стали появляться публикации, указывающие на эффективность применения ультразвукового исследования для диагностики РД. Авторы делают акцент на простоту и доступность исследования, а также на возможность оценить динамику и силу экскурсии купола в условиях реального времени [95, 109, 130].

Немаловажным исследованием в диагностике РД является спирография. И хотя результаты исследования не несут специфических признаков, практически во всех случаях при РД выявляется нарушения функции внешнего дыхания смешанного генеза, в том числе снижение жизненной емкости легких (ЖЕЛ) и объема форсированного вдоха за 1-ю секунду (ОФВ1). Данный метод наравне с лучевыми методами исследования прекрасно отражает динамику состояния до и после лечения [42, 44, 109].

1.4 Лечение релаксации диафрагмы

Лечение РД в первую очередь зависит от этиологии и клинических проявлений. Чаще всего пациенты, имеющие бессимптомное течение и одностороннее поражение, не требуют какого-либо лечения. В таких случаях

оправданным будет коррекция отягощающих факторов, таких как ожирение, респираторные и сердечно-сосудистые заболевания, которые могут повлиять и усилить клиническую симптоматику релаксации [68]. Кроме того, если этиологические факторы известны и доступны коррекции (инфекционные процессы, метаболические и эндокринологические расстройства, системная красная волчанка), целесообразно начинать со специфической их терапии [47, 59, 60, 108, 127]. Ряд авторов в своих работах показали способность спонтанного восстановления купола диафрагмы у 40–60% пациентов, имеющих потенциально обратимую этиологию, что говорит в пользу целесообразности отсрочки хирургического лечения [26, 60, 80, 82]. Вопрос сроков выполнения хирургической коррекции РД является предметом дискуссии. Предлагались различные варианты отсрочки операции – от 3 месяцев до двух лет. В настоящий момент большинство авторов пришли к консенсусу, что оптимальный период наблюдения за пациентом составляет 12 месяцев [26, 43, 42, 114, 131, 141]. Кроме того, существуют работы, демонстрирующие эффективность тренировки дыхательных мышц у некоторых пациентов с РД, однако подобные исследования единичны и ограничены специфическим контингентом больных [6, 91].

В случаях нарастания клинической симптоматики, а именно одышки и болевого синдрома, выставляются абсолютные показания к коррекции заболевания [29, 30, 42]. Парадигма инвазивных вариантов лечения РД направлена на улучшение или восстановление проводимости диафрагмального нерва, а также уменьшение размеров релаксированного купола.

1.4.1 Стимуляция и реконструкция диафрагмального нерва

Воздействие электрическим потенциалом на диафрагмальный нерв рядом авторов указывается не только как метод стимуляции, но и как возможность количественно оценить механическую функцию купола путем измерения отрицательного давления, создаваемого за счет его сокращения [53, 85, 98, 136]. Одним из отличительных преимуществ метода является возможность

изолированного изучения функции диафрагмы от других дыхательных мышц за счет регистрации трансдиафрагмального давления (Pdi). Измерение осуществляется с помощью двух катетеров, снабженных в дистальной части латексными баллонами, которые помещаются в желудок и нижнюю треть пищевода [9]. Стимуляцию диафрагмального нерва осуществляют транскутанно на уровне шеи с заинтересованной стороны или с двух сторон с одновременной регистрацией разницы давления в баллонах. Однако метод не нашел широкого применения за счет плохой переносимости пациентами и технической сложности. Кроме того, не вполне достоверно отражаются изменения Pdi у ряда пациентов с ожирением или анатомическими особенностями [9].

Помимо измерения Pdi, стимуляция диафрагмального нерва позволяет выполнять электромиографию диафрагмы. Метод редко встречается в публикациях, хотя и описан в некоторых руководствах [53]. Тест позволяет регистрировать активность диафрагмы, а также характеристики двигательного потенциала, такие как амплитуда или рекрутирование мышечных волокон [25, 53]. Во время стимуляции диафрагмального нерва регистрируют электромиографическую активность диафрагмы, что дает возможность измерять латентность диафрагмального нерва, а также амплитуду потенциалов сокращения. При ряде заболеваний, таких как демиелинизирующие полинейропатии, происходит замедление проведения потенциала диафрагмальным нервом (у здорового человека составляет 6–8 мс). При травматическом характере повреждения амплитуда мышечных потенциалов может снижаться (у здорового человека амплитуда в среднем составляет 500–800 мВ). В большинстве работ авторы описывали стимуляцию путем воздействия электродом на диафрагмальный нерв на уровне шеи, однако встречаются единичные публикации по имплантации диафрагмального миостимулятора на постоянной основе [25, 89, 149, 150]. В большинстве представленных работ речь идет о тяжелых пациентах, чаще всего находящихся на искусственной вентиляции легких (ИВЛ). Двусторонняя релаксация и дисфункция диафрагмы у этих больных обусловлена или центральным генезом в результате острого нарушения мозгового кровоснабжения,

или следствием кардиохирургических вмешательств с применением холодовой кардиopleгии [89, 149]. Во всех случаях результаты исследования показали свою эффективность, однако клинический опыт использования методик ограничен единичными публикациями и небольшим количеством клинических наблюдений.

Достаточно интересной с научной точки зрения представляется микрохирургическая реконструкция диафрагмального нерва, которая включает в себя локальную декомпрессию, транспозицию или интерпозицию нервного трансплантата. Методика чаще применяется у пациентов с односторонней РД преимущественно ятрогенной или травматической этиологии [79]. Авторы, отдающие предпочтение данному подходу, утверждают сопоставимость результатов реконструкции нерва с хирургической пликацией диафрагмы, но только при условии сохраняющейся активности нерва [83, 92]. Чаще всего методика используется в качестве этапа реконструкции после комбинированных резекций, например, у пациентов с онкологическими операциями. После удаления пораженного сегмента нерва выполняется анастомоз «конец-в-конец» между проксимальным и дистальным участками диафрагмального нерва [124]. Встречаются исследования, указывающие на применение различных вариантов аутографтов. В ряде случаев в качестве трансплантата был указан суральный нерв, однако чаще всего предпочтение отдается межреберному нерву. Выбор в пользу межреберного нерва объясняется простотой выделения и подготовки фрагмента нерва и относительно низкими рисками неврологических нарушений [86, 139, 140].

Несмотря на перспективность описанной методики, широкого применения реконструктивные операции на диафрагмальном нерве не нашли, что обусловлено технической сложностью и сомнительными отдаленными результатами. Больше всего в данном направлении преуспели наши зарубежные коллеги, но и среди отечественных хирургов подобные операции выполняются, о чем свидетельствуют публикации последних лет коллектива хирургов РНЦХ им. Б.В. Петровского, как свидетельство продолжения научного направления хирургии диафрагмы заданного основателями института [34, 94, 121].

1.4.2 Способы реконструкции релаксированного купола диафрагмы

До настоящего времени хирургические вмешательства, направленные на выполнение пликаций релаксированного купола диафрагмы, считаются единственным вариантом радикального лечения и выполняются пациентам с клиническими проявлениями и осложненным течением заболевания [26, 68, 111].

История развития хирургии РД насчитывает более 100 лет, и за этот период времени было предложено несколько вариантов доступов и множество методов пластики купола. Считается, что сама идея хирургического лечения релаксации принадлежит Н. Wood, который предложил методику пластики диафрагмы путем резекции измененной части и восстановления купола дубликатурой. Впервые эту операцию выполнил J. Morley в 1920 году, по предложенной методике он прооперировал 12-летнюю девочку из торакотомного доступа [99, 116]. Примерно в это же время W. Lerche выполняет подобную операцию, но использует левосторонний параректальный (абдоминальный), а P. Duval – торакоабдоминальный доступ [104]. В дальнейшем на протяжении десятилетия описанные доступы хирургами в различных вариациях и модификациях [61, 138, 157]. На протяжении нескольких десятков лет в попытке улучшить непосредственные и отдаленные результаты предлагались многочисленные варианты пластики с использованием различных аутологичных тканей. Наиболее известные варианты операций включали в себя применение периостального лоскута (E. Markozsi, 1952), кожного лоскута на питающей ножке (L. Daumerie и J. De Backer, 1949), лоскута широчайшей мышцы спины (A. Plenk, 1951), мышечного лоскута передней брюшной стенки (M. Schwaiger, 1951) [31, 122, 133]. Однако описанные методики отличались высокой травматичностью, а частые рецидивы и неудовлетворительные непосредственные результаты не дали подобным операциям широкого распространения.

Гораздо большую популярность получили различные методики формирования диафрагмальной складки (френопликации). Так, С. Я. Долецкий в 1959 году предложил истонченный купол диафрагмы гофрировать несколькими

рядами швов, при затягивании которых купол собирался в складки по типу гармошки, уплотняясь и возвращаясь при этом в исходную позицию. В дальнейшем разрабатывались различные методы наложения швов, включая узловые горизонтальные матрацные и множественные параллельные П-образные швы, непрерывные и швы в форме восьмерки. Общая концепция всех техник подразумевала уменьшение релаксированной поверхности и формирование физиологического ската купола диафрагмы [12, 22, 26, 31, 43, 111]. При гофрировании диафрагмы в большинстве случаев «классическое» направление складок авторы начинали от заднего реберно-диафрагмального угла к сердечно-диафрагмальному (заднебоковой к переднемедиальному), но использовались и другие направления, в том числе косые (переднебоковой к заднемедиальному). Leo F. et al. описали технику пликации путем создания передней поперечной складки и прикрепления ее к переднебоковому отрезку 6-го ребра с помощью узловых швов. Тем не менее проблема рецидивов в различные сроки после операции сохранялась и продолжались поиски более эффективных методик.

Считается, что переломный момент приходится на 1957 год, когда Б. В. Петровский предложил и описал оригинальный метод пластики релаксированного купола диафрагмы поливинилалкогольной губкой (ивалон). Однако существуют и более ранние публикации, указывающие на эффективность подобной методики. Так, D. Monahan в 1951 году для пластики релаксированного купола применил сетку из тантала [113]. Однако по свидетельствам тех лет материал зарекомендовал себя как недостаточно безопасный. Критикуя методику, Б. В. Петровский утверждал, что протезы из твердых материалов малопригодны для пластики диафрагмы по причине высокого риска фрагментации и снижения прочности материала, а также высокого риска повреждения органов грудной клетки. Общая идея отечественного ученого оказалась верной и дальнейшие научные изыскания были направлены на поиски оптимального протеза. В 1952 г М. Berard и J. Sournia для укрепления дубликатурного шва диафрагмы предложили использовать полоску из нейлона [58]. Проблемы, с которыми в результате пришлось столкнуться, были связаны с реакцией организма на эндопротез как на

инородное тело, что сопровождалось длительной и интенсивной экссудацией. В дальнейшем поиски альтернативного материала привели к использованию материалов сетчатой структуры из того же нейлона или капрона, но результаты оказались немногим лучше. Кроме того, сохранялись противоречия по способу фиксации эндопротеза и в большинстве случаев авторы укладывали и фиксировали его поверх дубликатурных швов. И все же основные принципы, сформулированные Б. В. Петровским в 1957 году, подтвердили эффективность и безопасность, а методика френопликации с применением протеза из ивалона, подшитого вдоль всей линии укрепления диафрагмы, завоевала доверие среди хирургов во всем мире. Удовлетворительные непосредственные и отдаленные результаты, а также техническая простота популяризовали методику и способствовали ее применению вплоть до начала XXI века.

Следующим переломным моментом в хирургии РД можно считать эру малоинвазивных операций [38]. Начиная с 1980-х годов продолжились активные поиски технологий и материалов, позволяющих упростить операцию без потери эффективности. Так, опубликованные в 1990 году результаты многолетних клинических исследований Graham D. et al. демонстрировали эффективность и надежность пликации путем формирования из купола диафрагмы нескольких слоев нерассасывающейся нитью с укреплением шва тефлоновыми прокладками, предотвращающими прорезывание [72]. Эффективность аналогичной методики позднее продемонстрировал S. Higgs, опубликовав в 2002 году 5-летний опыт операций, при этом в обоих случаях пликация выполнялась из торакотомного доступа [105]. Описанные авторами технические приемы позволили сформулировать концепцию операции, технические аспекты которой впервые были реализованы торакоскопически в 1995 году F. Gharagozloo et al. в клинике Мейо [84]. Авторы выполнили френопликацию путем наложения пяти рядов швов от переднемедиального в заднелатеральном направлении (Рисунок 3а) и в заключении сделали выводы, что торакоскопические технологии идеально подходят для пластики диафрагмы. Позднее J. Mouroux et al. продемонстрировали три клинических случая, при этом во время пликации непрерывный шов

диафрагмы накладывали в поперечном направлении [143]. При анализе послеоперационных результатов во всех случаях у пациентов отмечалось исчезновение симптомов и улучшение показателей функции внешнего дыхания (ФВД). Описывая технические аспекты, авторы отмечали необходимость использования укрепляющего материала при наложении диафрагмальных швов. Позднее было опубликовано проспективное исследование с включением 12 взрослых пациентов, которым была выполнена торакоскопическая пликация диафрагмы двумя рядами швов. Оценивая непосредственные результаты, отмечалось полное исчезновение симптомов и достоверное улучшение ОФВ1 и ЖЕЛ [141]. Схожие результаты продемонстрировала Yalcinkaya, сравнивая пликацию, выполненную с применением VATS-технологий и миниторакотомного доступа у 37 пациентов. Анализ отдаленных результатов показал улучшение ОФВ1 и ФЖЕЛ у 75 % пациентов, а исчезновение одышки зафиксировано в 97 % случаев [155, 156]. В дальнейшем описывались техники малоинвазивных вмешательств через 3- и 4-портовые доступы путем наложения одного или двух рядов непрерывного шва [50]. Однако авторы упоминали о сохраняющемся риске прорезывания швов на диафрагме из-за высокого внутрибрюшного давления и опасности повреждения органов брюшной полости при прошивании истонченного купола. В попытке решения проблем был предложен вариант ориентации пациента на операционном столе в обратном направлении (положение Тренделенбурга) и инсуффляции в плевральную полость углекислого газа [96]. С целью снизить риск прорезывания швов коллектив авторов во главе с Tsakiridis продемонстрировал торакоскопическую методику путем наложения П-образных швов на купол диафрагмы через тефлоновые (фетровые) прокладки (Рисунок 3b) [75]. Во всех случаях пликации получены удовлетворительные непосредственные результаты, а среди осложнений чаще всего упоминали продленный сброс воздуха по дренажам у пациентов, имеющих спаечный процесс. Прогрессивное развитие эндоскопических технологий и появление эндостеплеров способствовали применению этих методик в хирургии РД. Так, в разное время авторы Kocher и Moon использовали эндоскопический линейный степлер для

выполнения пликация диафрагмы с резекцией истонченной части и без (Рисунок 3с) [97, 147]. Оба исследования продемонстрировали удовлетворительные результаты: пациенты отмечали уменьшение жалоб и улучшение показателей ФВД, однако авторы, повторившие методику, отмечали необходимость дополнительного укрепления аппаратного шва непрерывным ручным швом [146].

Первое когортное исследование, направленное на сравнение пликации диафрагмы с использованием VATS-технологий и открытого хирургического доступа, опубликовано в 2006 году Freeman et al. [81]. Пликацию осуществляли путем наложения 6–8 параллельных П-образных швов через трехпортовый доступ. Во всех случаях было отмечено улучшение показателей ФВД и качества жизни больных, но после VATS-технологий оказалось достоверно короче послеоперационное пребывание пациента в стационаре. Другое ретроспективное исследование, сравнивающее торакоскопическую и открытую пликацию диафрагмы, продемонстрировали Taberham et al. Они использовали трехпортовый доступ и один ряд узловых швов, укрепленных фетровыми прокладками, результаты исследования оказались сопоставимы с Freeman [154].

В дальнейшем для пликации диафрагмы предлагались варианты использования двухпортового и однопортового доступов в различных вариациях, в том числе с применением эндостеплеров, но при сравнении результатов не выявлено различий по продолжительности операции, интенсивности болевого синдрома и длительности нахождения в стационаре [44, 49, 70, 153]. Авторы отмечали улучшение визуализации при использовании однопортового доступа, однако недостатком являлось отсутствие возможности использовать карбокситоракс.

Следующим этапом эволюции хирургических методов лечения диафрагмы можно считать появление роботических установок Da Vinci. Следуя тенденциям моды в хирургии, применение RATS-технологий для пликации диафрагмы было вопросом времени, и в 2012 году Kwak et al. опубликовали первый опыт роботической пликации у пациента с морбидным ожирением [129]. Технические аспекты операции заключались в использовании четырех портов с подачей

углекислого газа. Отдельным манипулятором осуществлялось погружение релаксированного купола диафрагмы с дальнейшим наложением отдельных матрасных швов на фетровых прокладках (Рисунок 3d).

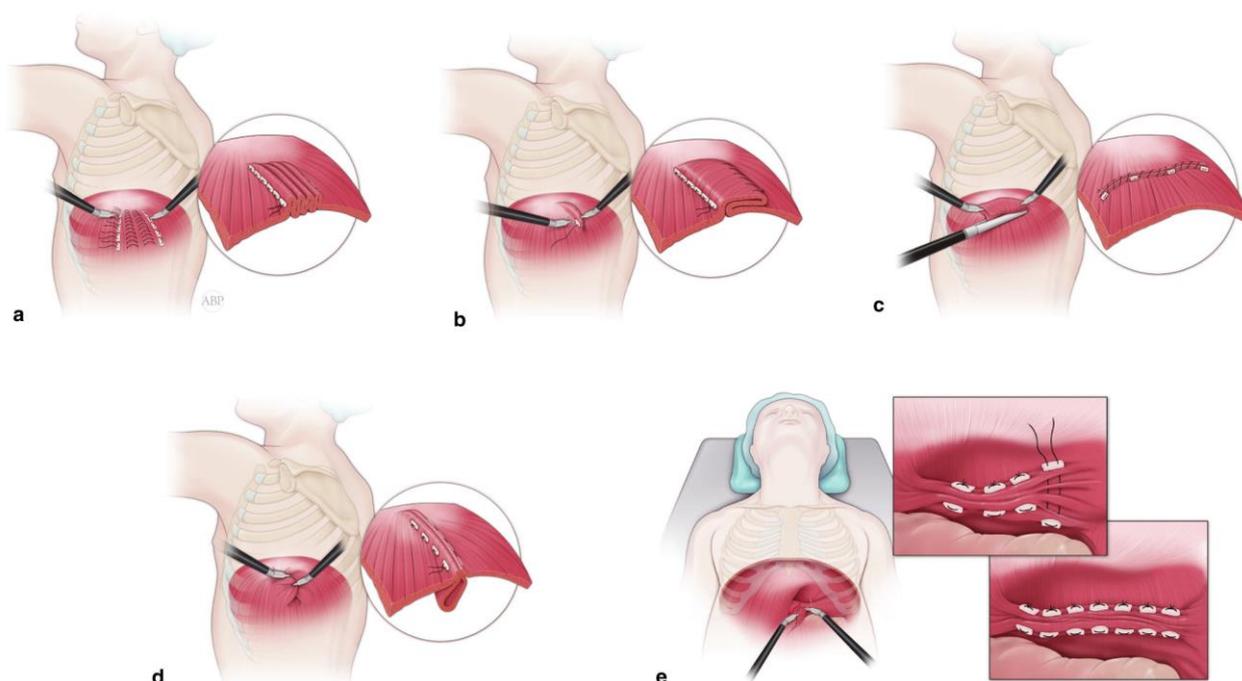


Рисунок 3 – Видеоассистированная (ВАТС) пликация диафрагмы, наложен ряд швов от переднемедиального в заднелатеральном направлении на фетровых прокладках (а); ВАТС-пликация диафрагмы П-образными швами на фетровых прокладках (b); ВАТС-пликация диафрагмы с использованием линейного эндостеплера и дополнительным укреплением аппаратного шва фетровыми прокладками (с); роботассистированная (РАТС) пликация путем погружения релаксированного купола диафрагмы в брюшную полость и наложения отдельных швов на фетровых прокладках (d); роботассистированная лапароскопическая пликация диафрагмы, формирование внутрибрюшных складок диафрагмы отдельными швами на фетровых прокладках (e)

Аналогичную технику описали Ahn et al. в 2013 году. Отличие в доступе заключалось в дополнительном абдоминальном порте для контроля повреждения органов брюшной полости [52]. В обоих исследованиях демонстрировались положительные результаты, проявляющиеся в исчезновении клинической симптоматики и улучшении показателей ФВД, однако статистическая достоверность не исследовалась. В одном из последних сообщений Nardini et al.

анализировали частоту осложнений и качество жизни у пациентов после VATS и RATS пликаций диафрагмы без сравнения групп. В результате оценки одышки по шкале mMRC отмечено снижение в среднем на 2,2 балла, а также 77,8% пациентов отметили отсутствие симптомов и улучшение качества жизни [112]. У отечественных хирургов встречались единичные случаи применения роботических систем, в частности, известно об успешно выполненных подобных операциях в РНЦХ им. Б. В. Петровского, но дороговизна и техническая сложность ограничивают широкое использование методики.

Безусловно, самым распространенным и традиционным доступом для хирургической коррекции релаксации диафрагмы стал трансторакальный, однако нельзя не упомянуть об адептах трансабдоминального доступа. Так, в 2004 году Hüttl et al. описали успешную лапароскопическую пликацию диафрагмы у 3 пациентов путем наложения швов со стороны брюшной полости [101]. При этом клинические и функциональные улучшения зафиксированы только у двух пациентов. Позднее было опубликовано исследование с участием 25 пациентов, прооперированных с использованием 4-портового доступа [100]. В одном из случаев авторам пришлось выполнить торакотомию, что было связано со спаечным процессом в плевральной полости. Анализируя послеоперационные результаты, использовался опросник Святого Георгия, позволяющий комплексно оценивать симптомы и их влияние на общую активность пациента. В результате отмечено значительное улучшение параметров уже через 1 месяц после операции, а через 12 месяцев эффект сохранялся. Позднее встречались единичные работы по применению трансабдоминального доступа, в том числе в сочетании с эндоскопическими степлерами. Авторы описывали преимущества выбранного доступа положением пациента на спине, отсутствием необходимости в отдельной интубации, более свободным рабочим пространством, меньшим риском повреждения органов брюшной полости, а также отсутствием в послеоперационном периоде торакалгии в результате повреждения межреберных нервов [100, 101, 148].

Ряд авторов пошли дальше и для пликации релаксированного купола использовали роботасистированный лапароскопический доступ. Впервые подобную операцию описали Zwischenberger et al., прооперировав трех пациентов из 4-портового доступа. Этапы операции включали формирование дефекта диафрагмы с целью устранения градиента давления между брюшной и грудной полостью и ушивание диафрагмы путем гофрирования отдельными швами на фетровой прокладке (Рисунок 3е) [102, 148]. Позднее встречались единичные работы с большим количеством пациентов, во всех случаях авторы демонстрировали послеоперационное улучшение общего состояния и функциональных показателей пациентов, в том числе со статистической достоверностью, однако широкого применения методика не нашла [112, 128].

Таким образом, по мнению перечисленных авторов, хирургическая пликация диафрагмы является эффективным методом, достоверно избавляющим пациента от клинической симптоматики и улучшающим функциональные показатели.

Резюме

Накопленный клинический опыт и современные диагностические возможности позволяют достоверно и своевременно выявлять РД. Достигнут консенсус по срокам начала лечения приобретенной релаксации, однако по-прежнему сохраняются противоречия в выборе подходов хирургической коррекции заболевания. Изученные этиологические факторы и механизмы пролабирования купола диафрагмы, связанные с нарушением функции диафрагмального нерва, представляют перспективным в качестве лечения использование методов стимуляции и реконструкции нерва. Тем не менее совершенные попытки не позволили достигнуть желаемых результатов, а сложность и травматичность методов ограничивают широкое применение. До настоящего времени хирургическое лечение посредством пликации релаксированного купола диафрагмы является наиболее эффективным методом лечения больных со стойкой РД. Разнообразие хирургических подходов

свидетельствует об отсутствии универсального и эффективного оперативного доступа, а также методики реконструкции диафрагмы. При анализе литературных источников отчетливо прослеживается общемировая тенденция. Так, среди хирургических доступов абсолютное большинство авторов отдает предпочтение трансторакальным в варианте открытой торакотомии или торакоскопии. При этом труды последних лет достоверно отражают преимущества малоинвазивных подходов не только с экономической точки зрения и сокращения времени пребывания пациента в стационаре, но и более благоприятным послеоперационным периодом без ущерба результатам. Предложенные варианты пликации релаксированного купола направлены на формирование складок путем наложения швов в патологически измененной части диафрагмы, обеспечивающих восстановление тонуса и смещение уровня диафрагмы. До настоящего момента отсутствуют четкие критерии формирования складок и швов на истонченном куполе диафрагмы, во всех случаях авторы руководствуются личными убеждениями и предпочтениями. При этом разница внутригрудного и внутрибрюшного давления, а также статические и динамические нагрузки на диафрагму переменной амплитуды создают риск прорезывания швов вплоть до разрыва купола. В результате возник вопрос выбора оптимального материала для укрепления шва. Чаще всего для этого используется медицинский фетр, однако выбор данного материала больше продиктован исторической преемственностью и отсутствием доступного аналога, обладающего преимуществами. Таким образом, сохраняющаяся актуальность в разработке простого и надежного способа пликации диафрагмы с разработкой и применением нового биоадаптированного материала для укрепления диафрагмального шва диктует необходимость дальнейших научных изысканий.

ГЛАВА 2 МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование выполнено на кафедре хирургии с курсом мобилизационной подготовки и медицины катастроф ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России (ректор – д-р мед. наук, доцент Е. С. Куликов); клиническая часть – на базе хирургического торакального отделения ОГАУЗ «Томская областная клиническая больница» (главный врач – Н. Г. Зенкин); экспериментальный раздел – на базе центра доклинических исследований Центральной научной исследовательской лаборатории ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России (заведующий – д-р мед. наук, профессор РАН Е. В. Удуг). На проведение исследования получено одобрение Локального этического комитета ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, протокол № 9 835/1 от 17.06.2024 г. Импланты из никелида титана разработаны и изготовлены на базе лаборатории сверхэластичных биоинтерфейсов ФГАОУ «Национальный исследовательский Томский государственный университет» (ректор – д-р психол. наук, профессор Э. В. Галажинский) при участии заведующего кафедрой прочности и проектирования физико-технического факультета доктора физико-математических наук, доцента Е. С. Марченко. Морфологические исследования выполнены на базе отдела лекарственной токсикологии Научно-исследовательского института фармакологии и регенеративной медицины имени Е. Д. Гольдберга (директор – д-р мед. наук, чл.-кор. РАН, профессор В. В. Жданов) при участии старшего научного сотрудника, кандидата медицинских наук Т. И. Фоминой.

Дизайн исследования: одноцентровое нерандомизированное проспективное исследование.

2.1 Экспериментальная часть исследования на животных

Экспериментальная часть исследования направлена на изучение морфологических особенностей реакции тканей диафрагмы на пористый никелид титана, она предшествовала разработке и клинической апробации оригинального способа хирургического лечения релаксации диафрагмы.

Эксперимент выполнен на 20 особях крыс линии Wistar с массой тела 300–350 г. Грызунов содержали в условиях Центральной научной лаборатории ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России. Исследование проводили с соблюдением международных и отечественных норм гуманного обращения с лабораторными животными [19, 46]. До начала эксперимента животных выдерживали на двухнедельном карантине в условиях вивария с учетом требований к их содержанию. Производилось дозирование режима освещения (12 : 12, свет с 8.00 часов). В каждой клетке содержалось не более двух особей. Для оценки общего состояния и послеоперационного периода животных велся ежедневный дневник.

Согласно дизайну эксперимента животные были разделены на две группы сравнения в зависимости от изучаемого материала. В основной группе ($n = 10$) изучалась морфологическая реакция тканей диафрагмы на имплантат из пористого никелида титана, в контрольной группе ($n = 10$) использовались образцы из медицинского фетра. В качестве материала для исследования применяли опытные образцы имплантатов, изготовленных в лаборатории сверхэластичных биоинтерфейсов Национального исследовательского Томского государственного университета. Непосредственно имплантат представляет собой протектор кубической формы с закругленными краями, размерами $7 \times 5 \times 3$ мм, изготовленный из пористого никелида титана и фенестрированный по центру (Рисунок 4). В контрольной группе использовались образцы из медицинского фетра, изготовленного на предприятии Bard Medical (политетрафторэтилен) и адаптированные по размерам к основной группе.



Рисунок 4 – Общий вид протекторов из пористого никелида титана

Предоперационная подготовка, хирургическое вмешательство, анестезиологическое пособие и послеоперационное ведение всех животных были одинаковыми. Хирургические вмешательства выполнялись с использованием золетил-ксилазинового наркоза по следующей схеме: золетил 3 мг/кг в/м, ксиланит 8 мг/кг в/м, атропина сульфат 0,1 % раствор – 0,1 мл/кг п/к.

2.1.1 Методологические аспекты эксперимента

После индукции анестезии животных помещали и фиксировали на операционном столе в положении лежа на спине с помощью тканевых вязок. Кожу обрабатывали раствором антисептика, высушивали стерильной марлевой салфеткой. Место операции ограничивали стерильной одноразовой простыней.

Техника операции. Оперативное вмешательство начинали с разреза по срединной линии тела на передней брюшной стенке (длина разреза составляла 3-4 см), рассекались апоневроз и брюшина. Лоскуты передней брюшной стенки брались на держалки и отводились в латеральном направлении. С использованием шпателя выполнялась тракция в каудальном направлении печени с обнажением правого купола диафрагмы и петель кишечника при доступе к левому куполу.

После визуализации купола приступали к подготовке имплантата путем коррекции размеров в зависимости от размеров купола диафрагмы. Фиксацию имплантата к диафрагме осуществляли путем внеплеврального прошивания одной лигатурой, используя полипропиленовую мононить диаметром 4\0. После фиксации имплантата операционный доступ ушивался послойно, наглухо нитью ПГА 4\0 на атравматичной игле.

В послеоперационном периоде на протяжении 7 суток проводили внутримышечные инъекции антибактериальным препаратом цефтриаксон 25 мг/кг в сутки. Животных выводили из эксперимента ингаляцией углекислого газа через 14, 30, 60 и 90 суток после операции (СОП: ЦДКИ-ПДИ-023).

2.1.2 Анатомо-гистологические исследования тканей диафрагмы

После эвтаназии линейным разрезом вскрывалась брюшная полость и грудная клетка животного, проводилась ревизия. Имплантированный материал иссекали с прилежащим участком диафрагмы и окружающими тканями, изучали макроскопические особенности в месте фиксации имплантата к тканям и на участках контакта с подлежащими органами, оценивали воспалительный процесс. Полученный материал фиксировали в 10–12 %-м нейтральном формалине. Для приготовления гистологических препаратов использовали автомат для гистологической обработки ткани STP-120. При заливке ткани в парафин использовали станцию ЕС 350. Изготавливали срезы толщиной 4–5 мкм с использованием ротационного 47 микротомы серии НМ 300, вариант исполнения НМ 355S с системой переноса срезов. Готовые срезы окрашивали гематоксилином и эозином и по Ван-Гизону на соединительную ткань. Для окраски использовали автомат для окрашивания тканей ROBOT-STAINER HMS 740. Исследование и микрофотографирование проводили на микроскопе AxioLab.A1 с помощью видеокамеры AxioCamERc 5s и программного обеспечения AxioVisionRel.4.8. Особенности интеграции тканей сквозь сетчатую структуру металлотрикотажа оценивали аналитическим сканирующим электронным микроскопом Quanta 200

3D SEM (FEI Co. Japan) и 3D-сканирующим электронным микроскопом Thermo Fisher Scientific (USA). Для этого после предварительной фиксации в 10%-м растворе нейтрального формалина иссекали фрагменты ткани с имплантированными образцами исследуемых материалов. После сублимационной сушки указанные образцы помещали на токопроводящий углеродный скотч в камеру электронного растрового микроскопа и осуществляли последующее их исследование.

2.2 Клиническая часть исследования

Проанализированы результаты хирургического лечения 17 больных, прооперированных в хирургическом торакальном отделении Томской областной клинической больницы за период с 2018 по 2023 год по поводу приобретенной односторонней стойкой релаксации купола диафрагмы. Во всех случаях была выполнена двухпортовая видеоассистированная торакоскопическая пликация релаксированного купола диафрагмы по оригинальной методике.

2.2.1 Общая характеристика пациентов

Критериями включения пациентов в исследование являлись возраст от 18 до 74 лет, полная односторонняя релаксация купола диафрагмы, подписанное информированное согласие на предлагаемое хирургическое лечение. При отборе пациентов на хирургическую пликацию руководствовались критериями 12-месячного динамического наблюдения с момента постановки диагноза для возможного консервативного восстановления функции диафрагмального нерва и нормального уровня купола диафрагмы [118, 154]. Критериями исключения были возраст больных (моложе 18 лет и старше 74 лет), опухолевое поражение диафрагмального нерва и диафрагмы, двухсторонний паралич диафрагмы, неврологические заболевания с поражением центральной нервной системы, а

также отказ пациента подписать информированное согласие на предлагаемое хирургическое лечение.

Возраст больных варьировал от 38 до 74 лет, средний возраст составил $59 \pm 11,2$ года. Из прооперированных больных было 10 (58,8 %) женщин и 7 (41,1 %) мужчин. В 11 (64,7 %) случаях выявлена правосторонняя РД, в 6 (35,3 %) – левосторонняя. Индекс массы тела (ИМТ) варьировал от 17,5 до 36,05, среднее значение составило $28,17 \pm 5,7$. Значение индекса коморбидности Чарлсона в 2 балла было определено у 7 (41,2 %) исследуемых, 3 балла – у 6 (35,3 %), 4 балла – у 4 (23,5 %) пациентов. Анестезиологический риск как ASA I был градирован у 1 больного, ASA II – у 12, ASA III – у 4.

Установлено, что релаксация диафрагмы в 6 случаях развилась в результате повреждения диафрагмального нерва при кардиохирургической операции и в двух случаях после подтвержденной коронавирусной инфекции COVID-19, остальные случаи посчитали как идиопатические, в которых не удалось выявить этиологию.

Большинство пациентов (14 (82,32 %) на момент обращения имели сопутствующее заболевание. Чаще всего встречалась патология сердечно-сосудистой и бронхолегочной систем, а также их сочетание (Таблица 1). Среди пациентов, имеющих сопутствующую патологию, у 11 (64,71 %) потребовалась дооперационная коррекция.

Таблица 1 – Характеристика сопутствующей патологии у исследуемых пациентов

Сопутствующее заболевание	Число больных, абс. (%)	Потребовалась дооперационная коррекция, абс. (%)
Гипертоническая болезнь III–IV стадии	12 (70,6)	4 (23,53)
ИБС III–IV функционального класса	8 (47,06)	2 (11,76)
Хирургическая коррекция ИБС и атеросклероза артерий	6 (35,3)	1 (5,88)
ХОБЛ	10 (58,82)	4 (23,53)

Из сердечно-сосудистых заболеваний пациенты чаще страдали гипертонической болезнью и системным атеросклерозом. На момент обращения

6 пациентов в анамнезе перенесли хирургическое лечение ишемической болезни сердца (ИБС), и дооперационная коррекция потребовалась еще в одном случае в объеме коронарография с баллонной ангиопластикой.

Сопутствующая патология со стороны органов дыхания в подавляющем большинстве случаев была представлена хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ), что обусловлено количеством курильщиков в исследуемой группе и особенностями проживания в условиях Крайнего Севера. На момент госпитализации продолжали активно употреблять табак 8 (47,06 %) пациентов, средний стаж курения составил $41 \pm 2,6$ года.

2.2.2 Предоперационное обследование

Предоперационное обследование пациентов, планирующих на пликацию диафрагмы, включало сбор жалоб и анамнеза, регистрацию антропометрических данных, лабораторные методы обследования, методы функциональной диагностики, а также инструментальные методы обследования. При сборе жалоб оценку производили по признаку «наличие/отсутствие». Со стороны органов грудной клетки внимание уделяли наличию одышки, болей и дискомфорта. Со стороны органов брюшной полости – на диспепсические проявления, такие как тяжесть после еды, дисфагия, тошнота.

При изучении анамнеза внимание обращалось на ранее перенесенные хирургические вмешательства на органах грудной клетки, а также инфекционно-воспалительные процессы и системные заболевания с вовлечением легких и органов средостения.

При регистрации антропометрических данных придавали значение расчету ИМТ, для определения которого использовали формулу $\text{ИМТ} = \text{вес тела (кг)} / \text{рост}^2 \text{ (м)}$. Лабораторные методы исследования проводились рутинно и содержали общий анализ крови и мочи, коагулограмму, биохимический анализ крови для определения показателей общего белка, альбумина, креатинина, α -амилазы, билирубина и его фракций, АЛТ, АСТ; группы крови с фенотипированием, антител

к вирусным инфекциям. При наличии показаний выполнялись дополнительные методы обследования.

Для оценки функции внешнего дыхания всем пациентам выполнялась спирография на аппарате MASTER LAB PRO фирмы ERICH JAEGER (Германия). Внимание уделялось таким показателям ФВД, как ЖЕЛ, форсированная ЖЕЛ (ФЖЕЛ), ОФВ1, степень обструкции мелких, средних и крупных бронхов. У больных, имеющих низкую и пограничную функцию легких по причине бронхолегочной патологии, после соответствующей коррекции исследование повторялось.

Среди инструментальных методов исследования всем пациентам на амбулаторном этапе, а также при необходимости в условиях стационара выполнялась компьютерная томография органов грудной клетки на аппарате Toshiba Aquilion 64 (Toshiba, Япония), а также обзорные рентгенограммы органов грудной клетки в двух проекциях на аппарате Apollo с цифровой системой DIVA (VILLA SISTEMI MEDICALI SPA, Италия). Для исследования изменений со стороны сердечно-сосудистой системы всем пациентам проводили серии электрокардиограмм и эхокардиографию. Эндоскопические методы исследования при необходимости включали выполнение фибробронхоскопии. При исследовании использовались аппараты Olympus 1T-30 и Pentax FB-19TV (Япония), Karl Storz (Германия). С целью исключения патологии со стороны пищевода, желудка и двенадцатиперстной кишки всем пациентам, планирующимся на хирургическое лечение, выполнялась фиброэзофагогастродуоденоскопия. Для исключения патологии со стороны брюшной полости всем пациентам рутинно проводилось ультразвуковое исследование органов брюшной полости и забрюшинного пространства, периферических лимфоузлов.

На амбулаторном этапе и в предоперационном периоде пациенты осматривались смежными специалистами (кардиолог, пульмонолог), при необходимости проводилась коррекция сопутствующей патологии.

2.2.3 Оценка непосредственных и отдаленных результатов пликация купола диафрагмы

В интра- и послеоперационном периоде регистрировали нежелательные явления и анализировали согласно классификации хирургических осложнений Clavien – Dindo (Приложение А). Для оценки эффективности обезболивания использовали визуальную аналоговую шкалу ВАШ (VAS – Visual Analogue Scale), представляющую собой пластмассовую линейку длиной 10 см с числовыми значениями от 0 до 10. Ноль обычно означает «отсутствие боли вообще», тогда как верхний предел означает «самую сильную боль, какую только можно себе представить».

Для объективной оценки положения уровня диафрагмы после операции выполняли рентгенограмму органов грудной клетки в переднезадней проекции. Полученные рентгенограммы сопоставляли со снимками, выполненными перед операцией. Положение диафрагмы измеряли при цифровой рентгенографии органов грудной клетки на аппарате CD-PA (MEDIO 50 CP), Philips, в вертикальном положении больного в переднезадней проекции. Полученные значения релаксации диафрагмы подвергали численному расчету по формуле и оценивали в процентах [2, 93]. Для этого на рентгенограмме органов грудной клетки до операции и в контрольные периоды через 1, 6 и 12 мес. после операции последовательно измеряли расстояние между вершиной интактного купола диафрагмы и куполом плевральной полости, расстояние между вершиной релаксированного купола диафрагмы и куполом плевральной полости. Соотношение расположения уровней рассчитывали в процентах (Рисунок 5).

Для оценки функциональных данных и отдаленных результатов операций сравнивали полученные спирометрические показатели ФЖЕЛ, ОФВ1, полученные до операции, а также через 1, 6, 12 мес. после операции.

У всех больных оценивали качество жизни (КЖ) за одни сутки до операции и через 1, 6, 12 месяцев после диафрагмопликации. Для оценки КЖ использовали опросники MOS (Medical Outcomes Study) SF-36 и EuroQ-5D-5L. При выборе шкал оценки руководствовались объективностью опросников отражать результаты медицинской помощи [15, 16, 40, 88].

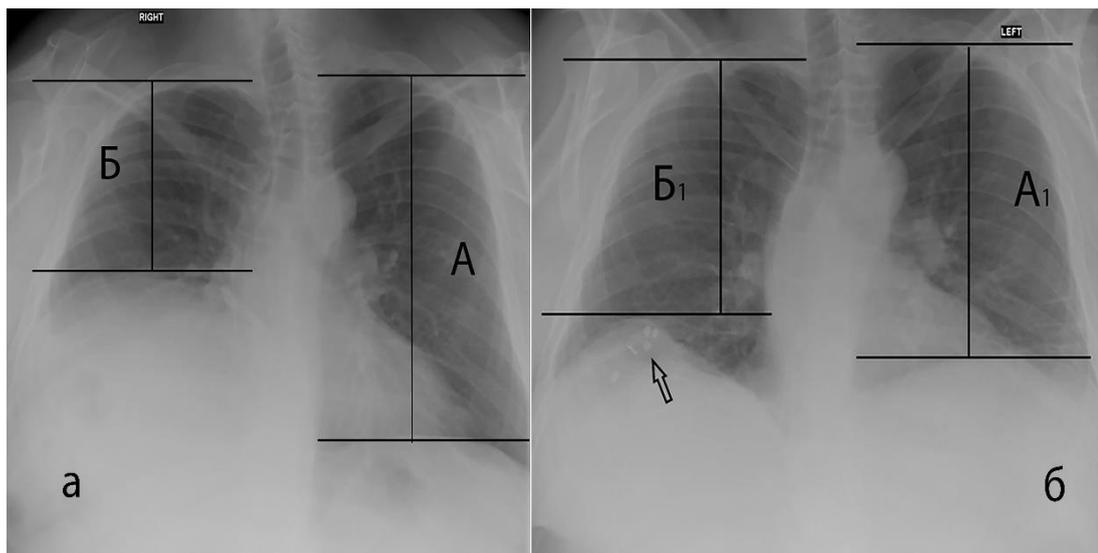


Рисунок 5 – Рентгенограммы органов грудной клетки с разметкой для расчета уровня диафрагмы: а – до операции; б – после операции. Стрелкой указаны рентгеноконтрастные никелид-титановые протекторы

Опросник MOS SF-36 отражает не только общее самочувствие, но и удовлетворенность аспектами жизни, на которые влияет состояние здоровья; он состоит из 36 вопросов и разделен на 8 шкал, включающих домены, отражающие как физический компонент здоровья, так и психологический. В опроснике более высокий показатель по шкале (от 0 до 100) соответствует более высокому показателю качества жизни.

Опросник EuroQ-5D-5L может быть применен как для расширенных опросов населения, так и для специфических групп больных. По структуре состоит из 5 вопросов о субъективных ощущениях физического и психического здоровья человека. Достоинством его применения является возможность суммировать полученные баллы и по единому сведенному показателю провести оценку здоровья респондента.

Для оценки общего воздействия респираторной патологии на состояние здоровья использовали «Респираторный вопросник Госпиталя святого Георгия (SGRQ)», русскоязычная версия которого была адаптирована для оценки КЖ больных с заболеваниями органов дыхания; он наиболее распространен при хронической обструктивной болезни легких. Опросник позволяет численно

оценивать КЖ по трем критериям – «симптомы», «активность» и «воздействия» – с последующей оценкой общего качества жизни, суммирующего влияния заболевания на общее состояние здоровья, по оценке респондента.

2.3 Статистические методы анализа

Для проведения статистической обработки полученных результатов были использованы программы Statistica, SPSS. Для создания базы данных применяли программу MS Excel. Средние выборочные значения количественных признаков представлены в виде $M \pm m$, где M – среднее арифметическое; m – стандартное отклонение. Анализ нормальности распределения данных производился с помощью критерия Колмогорова – Смирнова. Для сравнения количественных признаков были использованы t-критерий Стьюдента, критерий Манна – Уитни, критерий Вилкоксона, t-критерий Стьюдента для зависимых выборок. Частота развития признаков в группах (частотный анализ) анализировалась с помощью критерия Хи-квадрат или точного критерия Фишера (если количество случаев менее 5). Проверяемые критериями нулевые гипотезы отвергаются при уровне значимости $p < 0,05$.

ГЛАВА 3 СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕАКЦИИ ТКАНЕЙ ДИАФРАГМЫ НА ПРОТЕКТОРЫ ИЗ ПОРИСТОГО НИКЕЛИДА ТИТАНА И МЕДИЦИНСКОГО ФЕТРА

Необходимость укрепления диафрагмального шва при различного рода операциях на диафрагме, в том числе при френопликации, продиктована мировым опытом подобных вмешательств и особенностями физиологии органа, связанными с постоянными динамическими и статическими нагрузками переменной амплитуды. Хорошо известно, что диафрагма активна в течение всей жизни организма и отличается от локомоторных мышц по свойствам волокон [3]. Соответствующие особенности могут определять поведение имплантата в тканях и влиять на интеграцию материала, а также оказывать существенное воздействие на биомеханику органа.

Сегодня самым распространенным материалом, применяющимся с целью укрепления диафрагмального шва при пликации, является медицинский фетр [111]. Наиболее широкое применение данный материал приобрел в сердечно-сосудистой хирургии, где он используется также в качестве протектора для укрепления швов при фиксации искусственных клапанов сердца. Однако в серии последних публикаций авторы высказывают противоречивое мнение об эффективности данного материала. В частности, обсуждаются недостатки, связанные с отсутствием необходимого уровня биосовместимости и оптимальных биорезорбирующих свойств, а также риском его разволокнения [123, 135, 141]. При этом отсутствуют работы, упоминающие подобные недостатки при укреплении шва диафрагмы, а само применение фетра для пликации релаксированного купола больше обусловлено исторической преемственностью.

В современной имплантологии оптимальные результаты демонстрируют медицинские изделия на основе никелида титана. Биосовместимость и конструктивная универсальность материала способствовали разработке многочисленных хирургических технологий в различных анатомических областях [10, 13, 24, 35, 125, 137]. Экспериментальные исследования, направленные на изучение особенностей интеграции никелида титана в биологических тканях, убедительно показали его преимущества биоинертности [23, 33]. Однако не дается

характеристика особенностям реакции тканей диафрагмы на данный материал в условиях динамических нагрузок, в том числе в сравнительных аспектах с медицинским фетром.

3.1 Общая концепция экспериментальных операций и наблюдений

Для изучения особенностей реакции тканей диафрагмы на протекторы из пористого никелида титана и медицинский фетр, а также поведения материалов в организме проведена серия экспериментальных исследований на лабораторных животных. Согласно дизайну эксперимента лабораторные животные были разделены на две группы сравнения: в основной группе ($n = 10$) изучалась реакция тканей диафрагмы на имплантат из пористого никелида титана, в контрольной группе ($n = 10$) использовался имплант из медицинского фетра (политетрафторэтилен). Всем животным выполнялась верхняя срединная лапаротомия с переходом на грудную стенку (длина разреза составляла 3-4 см), рассекались апоневроз и брюшина. Лоскуты передней брюшной стенки брались на держалки и отводились в латеральном направлении. С использованием шпателя выполнялась тракция в каудальном направлении печени с обнажением правого купола диафрагмы и петель кишечника при доступе к левому куполу (Рисунок 6).

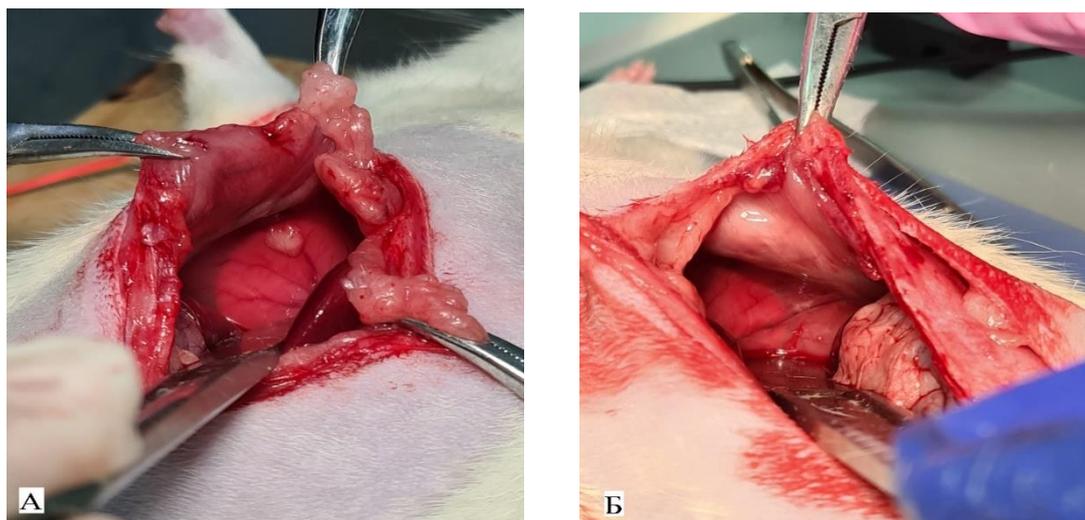


Рисунок 6 – Этапы эксперимента – выполнен доступ к куполу диафрагмы:
А – печень смещена в каудальном направлении, визуализирован правый купол диафрагмы; Б – петли кишечника смещены дистально, визуализирован левый купол диафрагмы

Протектор, изготовленный из пористого никелида титана, имел заданную форму и размер. Фиксация осуществлялась прошиванием одной лигатурой тканей диафрагмы и имплантата путем проведения нити через перфоративное отверстие в протекторе. При фиксации использовали полипропиленовую мононить диаметром 4\0 на атравматичной игле (Рисунок 7).

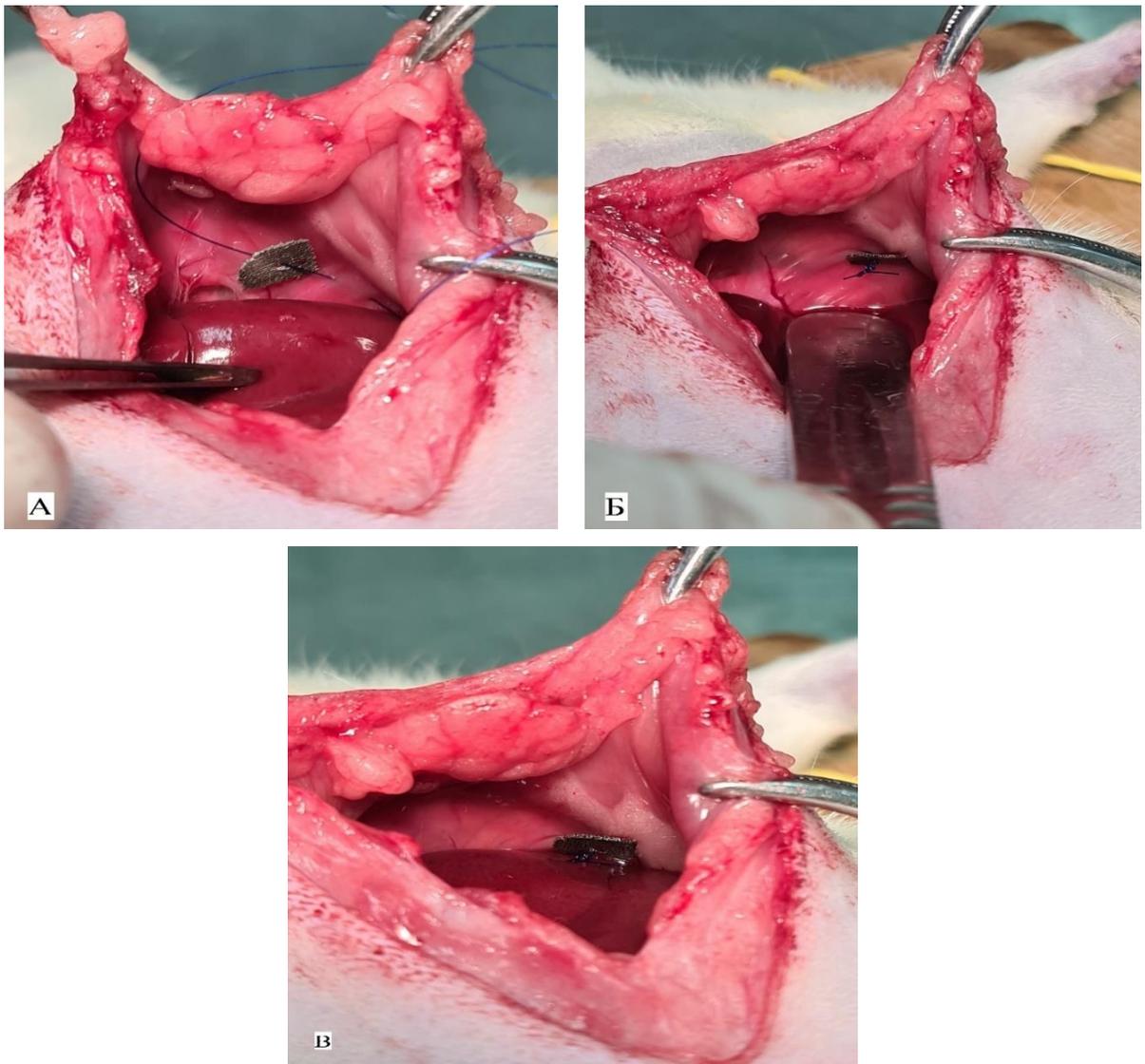


Рисунок 7 – Этапы эксперимента – фиксация протектора из пористого никелида титана к куполу диафрагмы: А – печень смещена в каудальном направлении, купол диафрагмы прошит полипропиленовой нитью без фиксации протектора; Б – печень смещена в каудальном направлении протектор фиксирован узловым швом к куполу диафрагмы; В – печень возвращена в анатомическую позицию

Имплантат из медицинского фетра выкраивали индивидуально в зависимости от размеров доступного участка диафрагмы (Рисунок 8). При выкраивании ориентировались на заданные размеры протектора из никелида титана. Фиксацию имплантата осуществляли аналогичным образом.

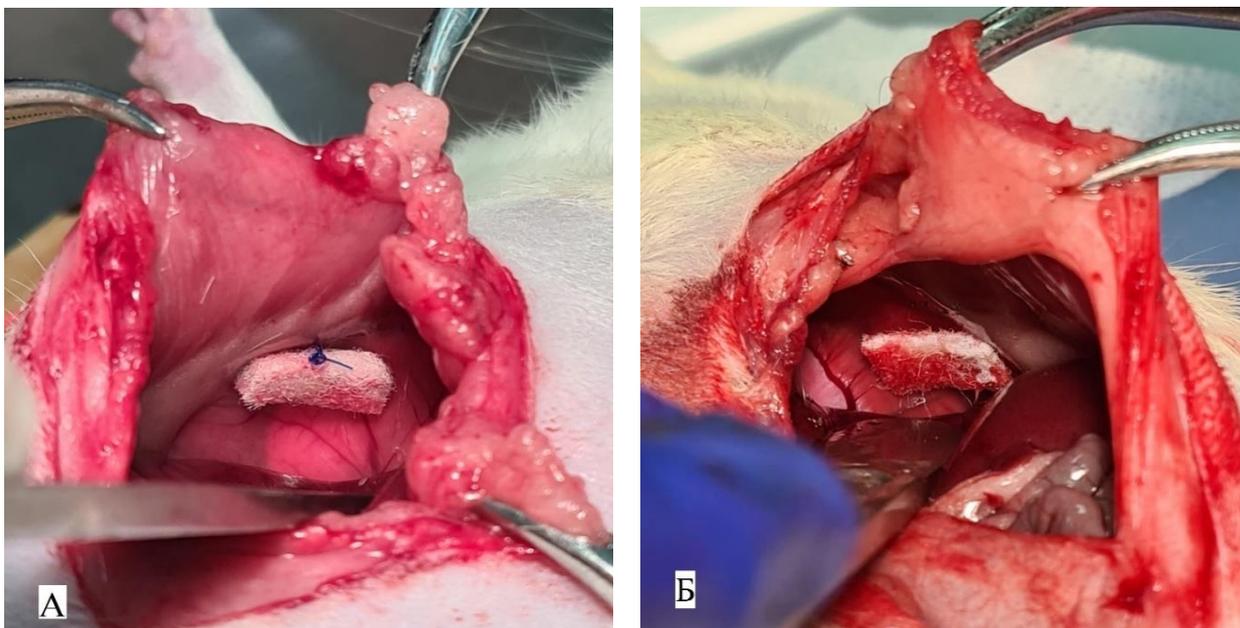


Рисунок 8 – Этапы эксперимента – фиксация имплантата из медицинского фетра:

А – печень смещена в каудальном направлении, правый купол диафрагмы прошит полипропиленовой нитью с фиксацией имплантата узловым швом;

Б – левая доля печени и кишечник смещены в каудальном направлении имплантат фиксирован узловым швом к левому куполу диафрагмы

При проведении экспериментальной части исследования были установлены анатомические особенности строения диафрагмы мелких лабораторных животных. Грудобрюшная преграда представляла собой тонкостенную мембрану, через которую в потоке света контурировались легкое и сердце. Сложности эксперимента на животных заключались в высоком риске вскрытия плевральной полости и прошивания ткани легкого при проведении иглы. Данная особенность стала причиной летального исхода по одной особи из каждой группы в результате напряженного пневмоторакса со стороны фиксации экспериментального материала. Операцию завершали ушиванием операционного доступа нитью ПГА

4\0 на атравматичной игле непрерывным швом. Наблюдение за животными осуществляли до момента выведения из эксперимента.

3.2 Оценка результатов эксперимента

Длительность операции в основной группе животных в среднем составила $31,2 \pm 4,1$ мин, в группе контроля – $29,7 \pm 2,8$ мин. При анализе длительности операций достоверных статистических различий в группах не выявлено. Первые сутки послеоперационного периода животные отличались отсутствием аппетита и снижением физической активности. Подобное поведение длилось до двух суток, далее отмечалось появление интереса к пище и реакция на различные раздражители. После пяти суток послеоперационного периода животные не отличались от других особей. Заживление послеоперационных швов осуществлялось первичным натяжением, признаков инфицирования ни в одном случае не зафиксировано. Интраоперационных осложнений не наблюдалось ни в одном из случаев. При этом по одному случаю в каждой группе в раннем послеоперационном периоде был зафиксирован летальный исход. По результатам аутопсии причиной летальности являлся напряженный пневмоторакс со стороны прооперированного купола диафрагмы. Животных выводили из эксперимента ингаляцией углекислого газа через 14, 30, 60 и 90 суток после операции.

3.2.1 Макроскопические изменения в зоне имплантации

При макроскопической оценке изменений после выведения животных из эксперимента во всех случаях операционный доступ был представлен в виде рубца с различной степенью зрелости, без деформации и признаков прорезывания или инфицирования лигатур. По ходу операционного доступа встречались единичные спайки с вовлечением большого сальника. При оценке спаечного процесса со стороны брюшной полости в основной группе после 14 суток отмечена плотная фиксация имплантата к прилежащим органам брюшной полости. При фиксации

имплантата к правому куполу диафрагмы во всех случаях в спаечный процесс вовлекалась правая доля печени, при операции на левом куполе фиксировалась левая доля печени и петли кишечника, а также в двух случаях в спаечный конгломерат была вовлечена прядь большого сальника. Поверхность конструкции в месте прилегания к тканям печени или петлям кишечника локально интегрировалась, формируя на поверхности соединительнотканый регенерат различной степени зрелости. В отдаленные сроки имплантат покрывался тонкой соединительнотканной пленкой без макроскопических признаков воспаления по периметру в виде инфильтративного вала. Среди особенностей следует отметить, что у 3 (33,3 %) животных основной группы со стороны брюшной полости спаек не отмечалось. Со стороны плевральной полости визуализировались редкие единичные спайки между париетальной и висцеральной плеврой в случаях субплеврального проведения нити.

Картина в контрольной группе несколько отличалась. У всех животных после 14 суток в зоне имплантации отмечались явления воспалительного инфильтрата с вовлечением органов брюшной полости. По периметру имплантата, а также на поверхности диафрагмы и прилежащих органах констатирован рост грануляционной ткани и воспалительный вал по периметру. Имплантат легко отделялся от тканей за счет прослойки грануляционной ткани. После 30 суток воспалительный инфильтрат сохранялся и отмечалось формирование соединительнотканной капсулы вокруг имплантата, в которую в ряде случаев вовлекались петли кишечника. Непосредственно имплантат несколько увеличивался в размерах с признаками деформации, набухания и разволокнения. При контакте легко деформировался и разрушался. В сроки после 60 и 90 суток имплантат полностью покрывался плотной соединительнотканной капсулой, а поверхность материала имела визуальные признаки разрушения его структуры. При рассечении капсулы фрагмент фетра свободно извлекался, и фиксация осуществлялась за счет прошивной лигатуры.

В основной группе в сроки после 30 суток отмечалось созревание соединительнотканной капсулы с признаками снижения воспалительной реакции,

исчезновения грануляционной ткани и инфильтрации. Поверхность имплантата плотно фиксировалась к диафрагме и прилежащим органам посредством тонкой капсулы с явлениями глубокой интеграции без возможности разделения тканей и материала.

3.2.2 Сравнительный анализ особенностей интеграции имплантатов в окружающие ткани

Гистологическая картина в группах при исследовании на 14-е сутки была схожа и характеризовалась как местная острая воспалительная реакция. Отличия заключались лишь в клеточном составе. Так, в основной группе прослеживались преимущественно лимфоциты и макрофаги, а также нейтрофильные лейкоциты, формирующие инфильтрат. В зоне контакта исследуемого материала и подлежащих мышечных элементов диафрагмы отчетливо определялась молодая грануляционная ткань с вновь образованными кровеносными сосудами и коллагеновыми волокнами (Рисунок 9).

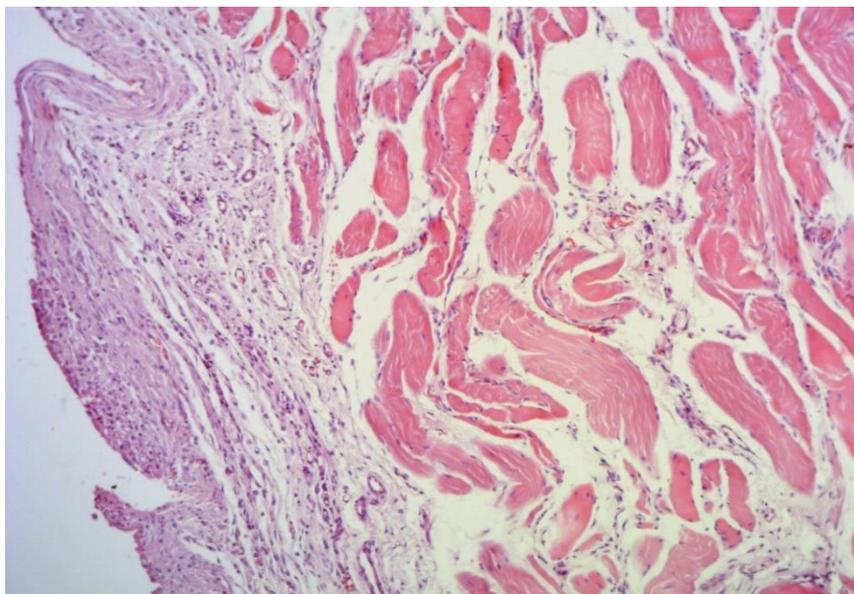


Рисунок 9 – Грануляционная ткань через 14 сут. после имплантации протектора из пористого никелида титана. Окраска гематоксилином и эозином. $\times 400$

На гистологических препаратах, полученных в контрольной группе на 14-й день эксперимента, вокруг фетрового имплантата отмечен активный рост грануляционной ткани с формированием соединительнотканной капсулы и вовлечением в воспалительный процесс поверхности печени и мышечных волокон диафрагмы. Воспалительный вал содержал большое количество клеточных элементов в виде лимфоцитов, моноцитов, макрофагов, а также фибробластов, которые проникали в структуру фетра с образованием коллагеновых волокон. В этот период были отмечены первые признаки разволокнения материала, проявляющиеся наличием отдельных волокон фетра в структуре воспалительного вала (Рисунок 10).

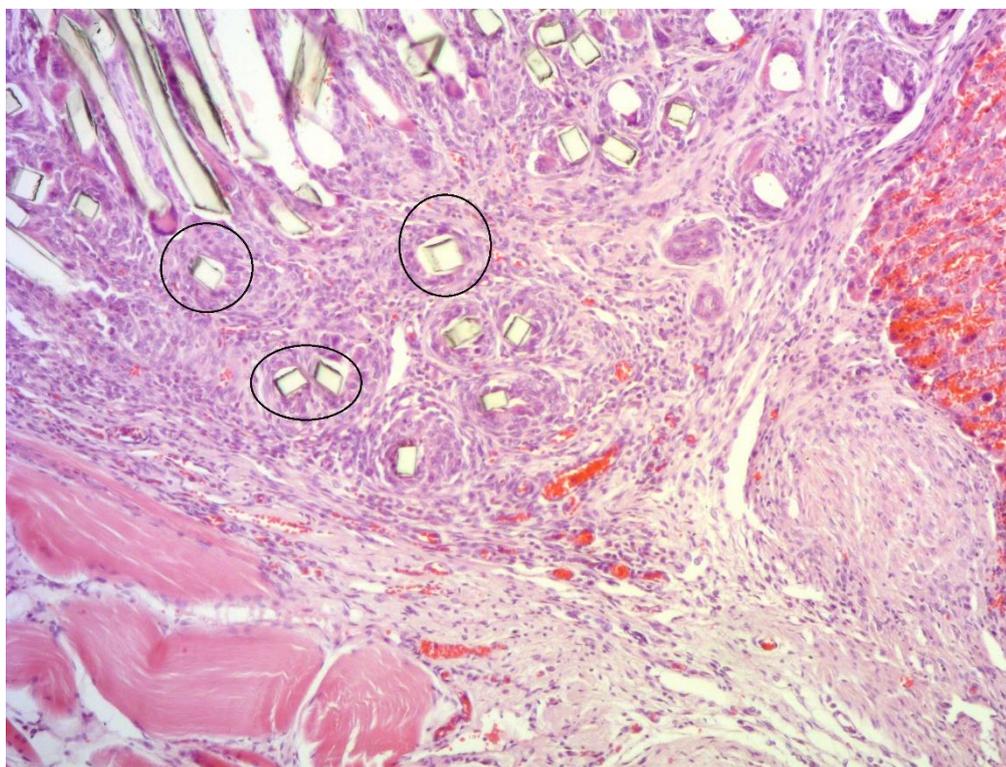


Рисунок 10 – Соединительнотканная капсула вокруг фетрового протектора, расположенного между печенью и мышечными волокнами диафрагмы. 14-й день эксперимента. Фрагменты волокон фетра расположены отдельно в структуре воспалительного вала (выделены контуром). Окраска гематоксилином и эозином. $\times 150$

К 30-м суткам в группе с никелид-титановым имплантом количество лейкоцитов и инфильтрате уменьшалось, а количество фибробластов увеличилось. Грануляционная ткань отличалась лишь степенью своей зрелости. Коллагеновых волокон становилось больше, по качеству они отличались толщиной и равномерно заполняли пористую структуру формируя пучки между имплантатом и поверхностью диафрагмы (Рисунок 11).

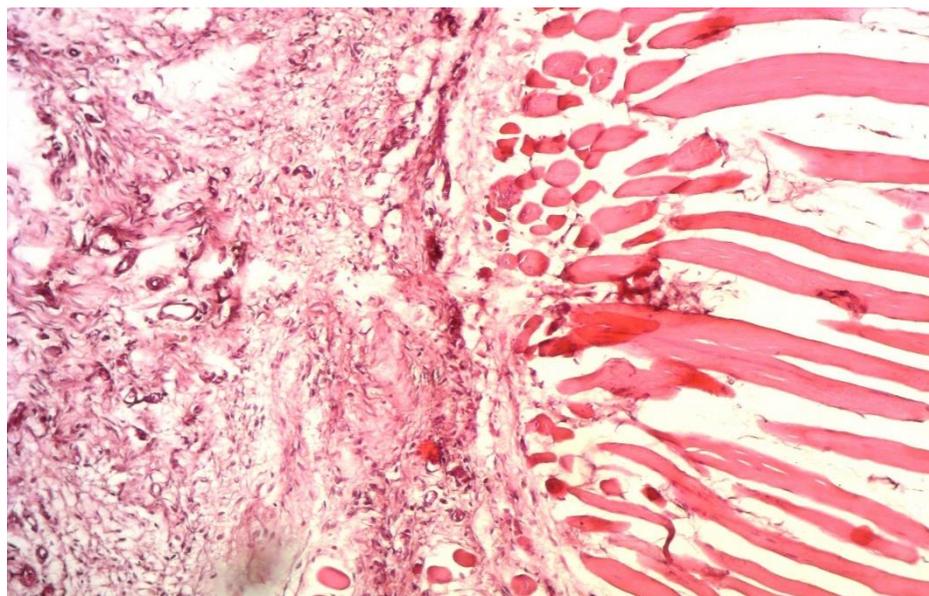


Рисунок 11 – Грануляционная ткань через 30 сут. после имплантации протектора из пористого никелида титана. Окраска гематоксилином и эозином. $\times 400$

В группе контроля через 30 суток после операции обращает на себя внимание наличие между волокнами фетра гигантских многоядерных клеток типа клеток инородных тел как проявление морфологического паттерна тканевой реакции организма на чужеродный материал (Рисунок 12). Данная гистологическая картина убедительно свидетельствовала о начале процесса биodeградации имплантата из фетра.

Кроме этого, начиная с 30-х суток в гистологических препаратах в группе контроля отметили набухание и изменение цвета, структуры и «растворение»

отдельных волокон фетра (Рисунок 13). Данная морфологическая картина свидетельствовала о замещении имплантата из фетра соединительной тканью.

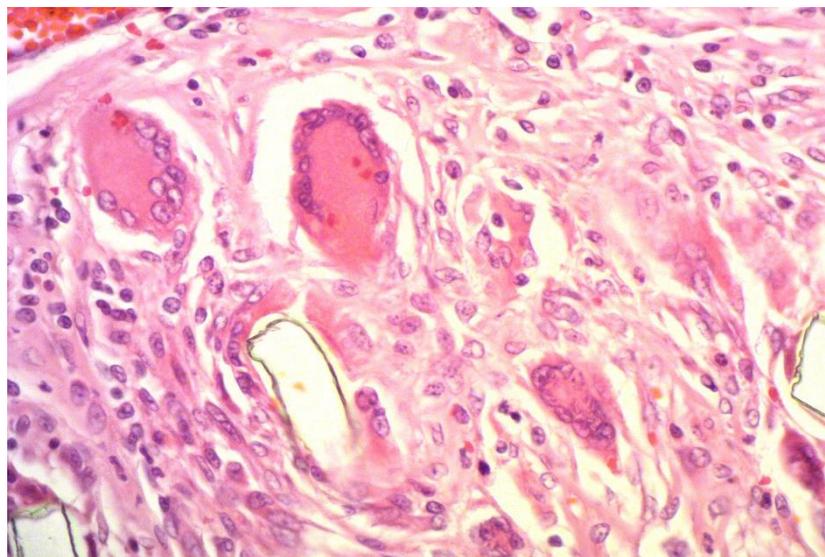


Рисунок 12 – На 21-е сутки после имплантации. Гигантские клетки инородных тел и другие соединительнотканые клетки, коллагеновые волокна между волокнами фетра. Окраска гематоксилином и эозином, $\times 600$

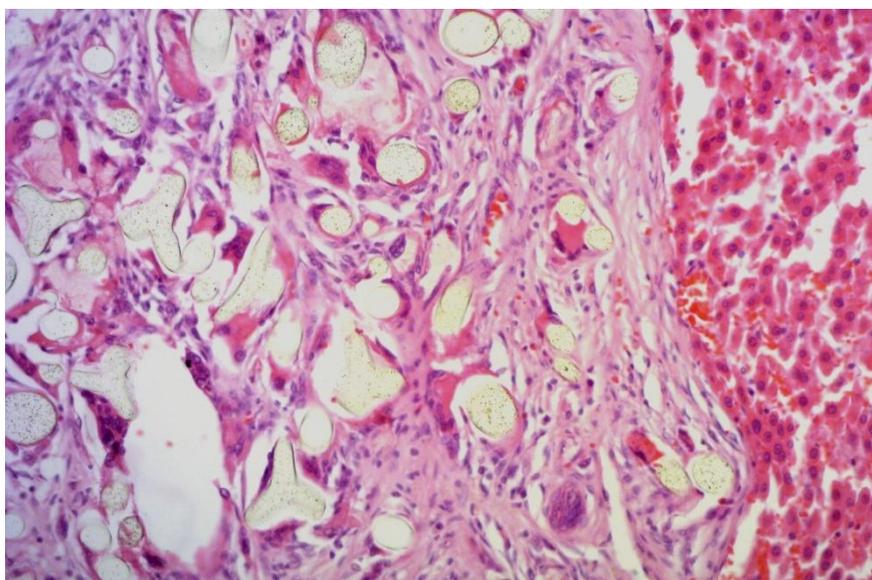


Рисунок 13 – Набухание, изменение цвета, структуры и формы волокон фетра через 30 дней эксперимента. Окраска гематоксилином и эозином, $\times 150$

На 60-е сутки в группе с никелид-титановым имплантом по всему периметру формировался регенерат, представленный зрелой соединительной тканью, заполняющей поры материала и распространяющейся на мышечные волокна диафрагмы (Рисунок 14).

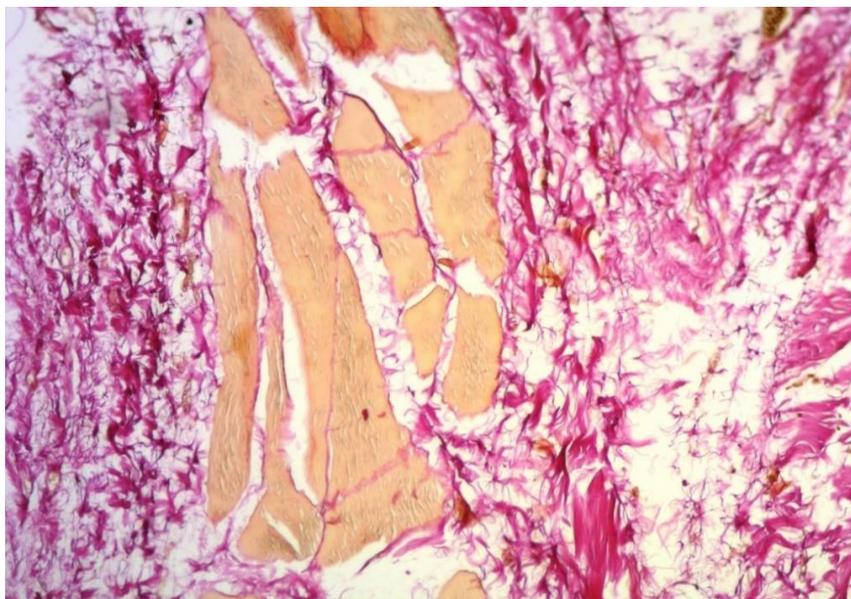


Рисунок 14 – Разрастание коллагеновых волокон между мышечными волокнами диафрагмы через 60 сут. после имплантации никелида титана.
Окраска пикрофуксином по Ван-Гизону. $\times 400$

В группе контроля на 60-е сутки эксперимента также наблюдали гистологическую картину продуктивного гранулематозного воспаления. Количество гигантских многоядерных клеток между волокнами фетра увеличилось (Рисунок 15).

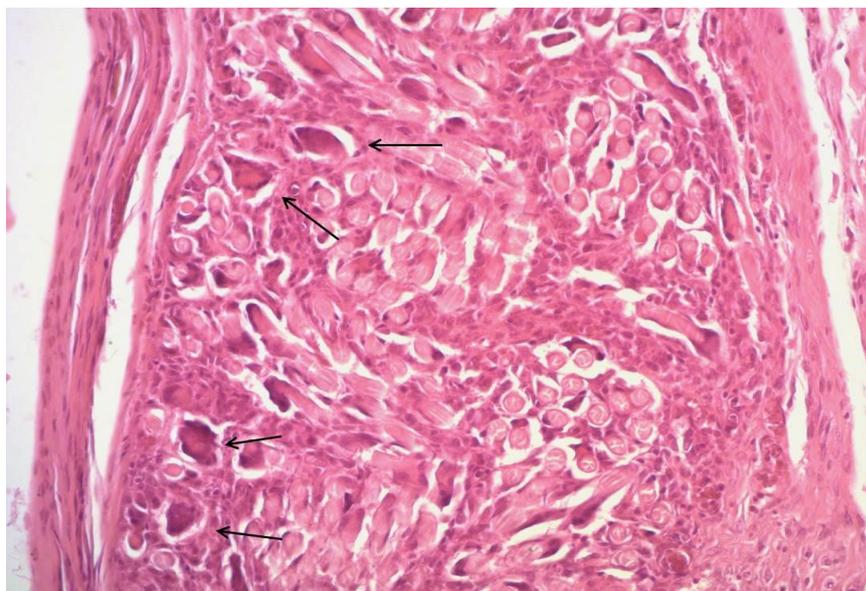


Рисунок 15 – Клетки инородных тел (указаны стрелками) в гранулеме между волокнами фетра через 3 мес. эксперимента. Окраска гематоксилином и эозином, $\times 300$

В финальных сроках эксперимента имплантат из никелида титана равномерно покрывался зрелой соединительно тканной капсулой, которая заполняла поры материала зрелыми фибробластами и коллагеновыми волокнами, формируя единый регенерат.

В группе контроля на гистологических препаратах сохранялся отек ткани в зоне формирования гранулемы, набухание волокон фетра, изменение их цвета, структуры и формы. Отмечалось уменьшение количества волокон в структуре имплантата, что свидетельствовало в пользу фагоцитоза и «растворения» последних. Между сохранившимися волокнами были хорошо видны макрофаги, лимфоциты, плазматические клетки и гигантские многоядерные клетки (Рисунок 16).

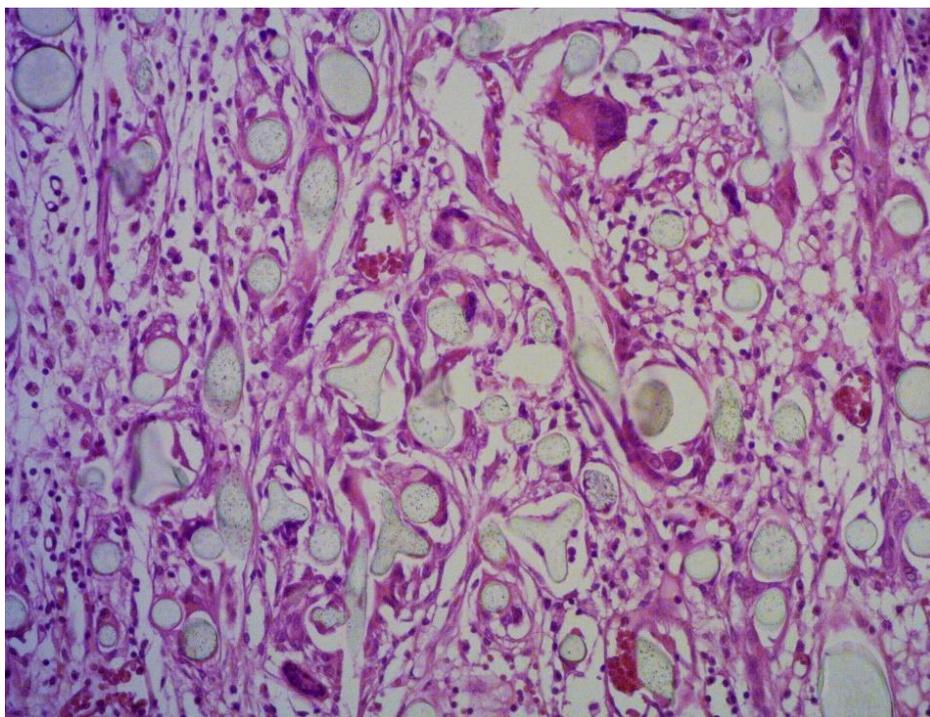


Рисунок 16 – Образец фетра через 3 месяца эксперимента. Отек, набухание, изменение цвета, структуры и формы волокон фетра. Окраска гематоксилином и эозином, $\times 300$

При исследовании препаратов с применением сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) в основной группе, начиная с 14-х суток, отмечалось появление рыхлых связей с распространением пучков коллагеновых волокон и колоний фибробластов вдоль поверхности пористого имплантата в виде стелящегося регенерата с признаками распространения в пористую структуру (Рисунок 17).

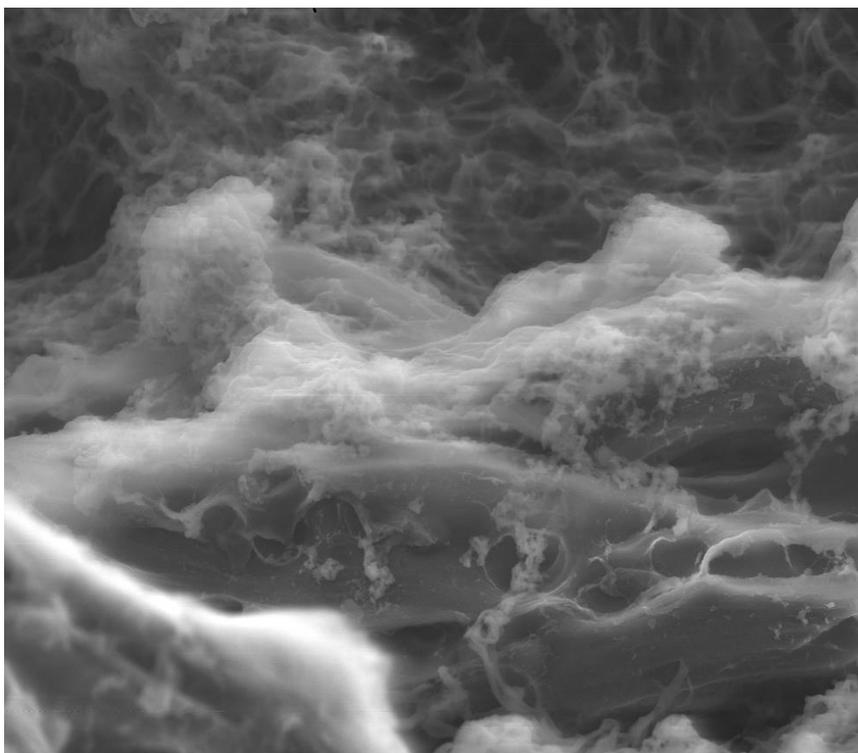


Рисунок 17 – Микроструктура тканевого регенерата на 14-е сутки после имплантации протектора из пористого никелида титана. Рыхлый клеточный регенерат стелется вдоль поверхности имплантата, повторяя пористую структуру материала. СЭМ. Ув. $\times 350$

К 30-м суткам эксперимента тканевой регенерат был представлен пучками направленных коллагеновых волокон и зрелыми фибробластами. Клеточные элементы, повторяя форму имплантата, заполняли пористую структуру материала, формируя прочные связи (Рисунок 18).

На поздних сроках отмечалось усиление связей между имплантатом и окружающим тканевым регенератом с формированием единой системы «ткань – имплант» (Рисунок 19).

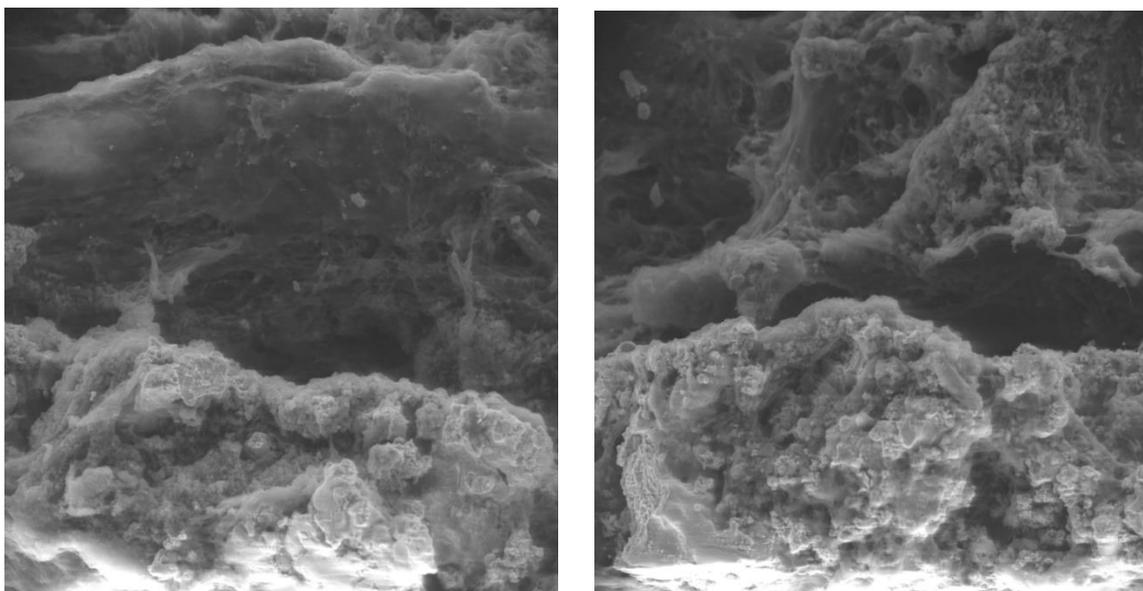


Рисунок 18 – Микроструктура тканевого регенерата на 30-е сутки после имплантации протектора из пористого никелида титана. Коллагеновые волокна и фибробласты заполнили пористую структуру материала, формируя единый тканевый регенерат. СЭМ. Ув. $\times 350$

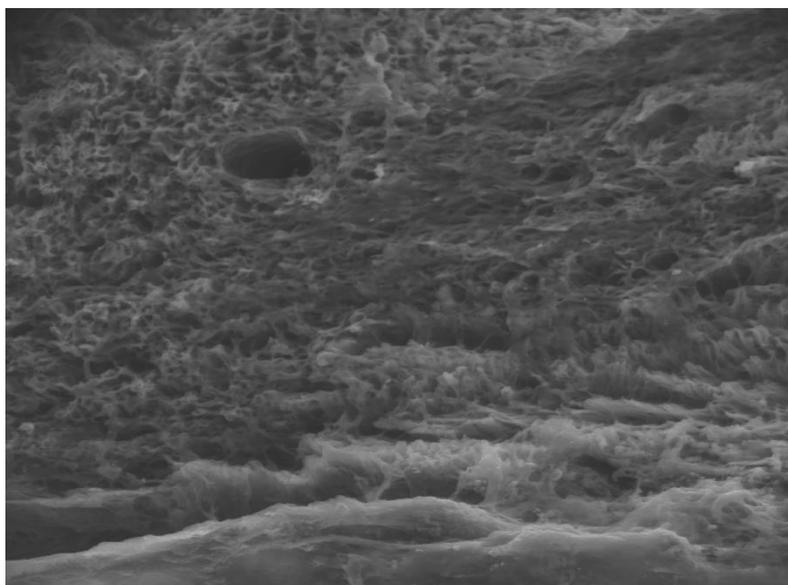


Рисунок 19 – Микроструктура тканевого регенерата на 90-е сутки после имплантации протектора из пористого никелида титана. Сформирован единый тканевой регенерат, заполняющий пористую структуру материала и повторяющий форму имплантата. СЭМ. Ув. $\times 350$.

В контрольной группе на 14-е сутки эксперимента прослеживалась иная картина. Отмечалось отсутствие прочных связей между имплантатом. Клеточные элементы в виде островков фибробластов располагались хаотично как на поверхности материала, так и между обилием разнонаправленных волокон фетра (Рисунок 20). При проведении электронной микроскопии отмечены сложности, связанные с разрушением тканевого регенерата и отделением тканей от фетрового имплантата. Имплантационный материал набухал за счет пропитывания жидкостью и расширялся, раздвигая и разрывая как клеточные, так и межтканевые связи.

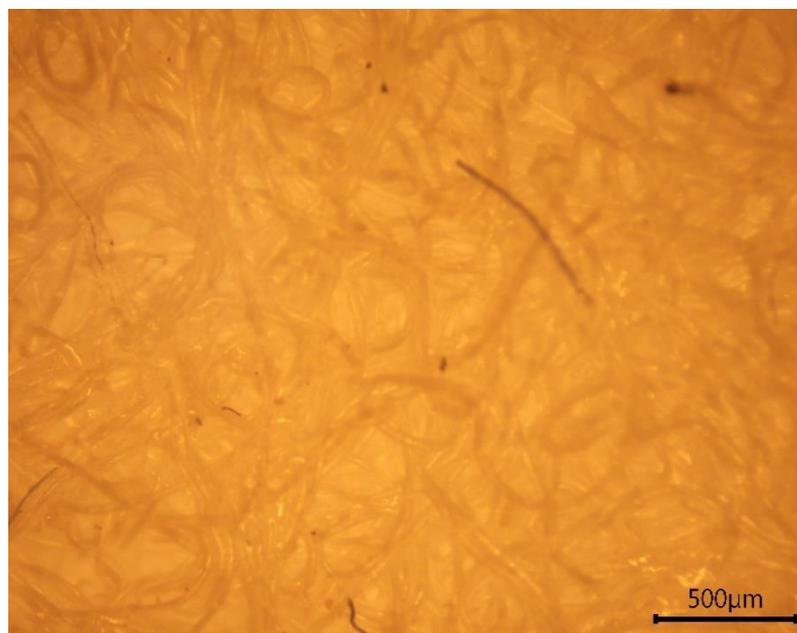


Рисунок 20 – Микроструктура тканевого регенерата на 14-е сутки после имплантации протектора из медицинского фетра. Отмечено хаотичное расположение волокон материала с отдельными клеточными островками. СЭМ. Ув. $\times 500$.

На 30-е сутки морфологическая картина значительных изменений не претерпела. Поверхность импланта покрывалась тонким тканевым регенератом с отдельными участками коллагеновых волокон, не имеющих четких направлений. Преобладало наличие волокон фетра, которые не только хаотично выпячивали из

имплантата, но и в отдельных случаях располагались отдельно в тканевом окружении (Рисунок 21).

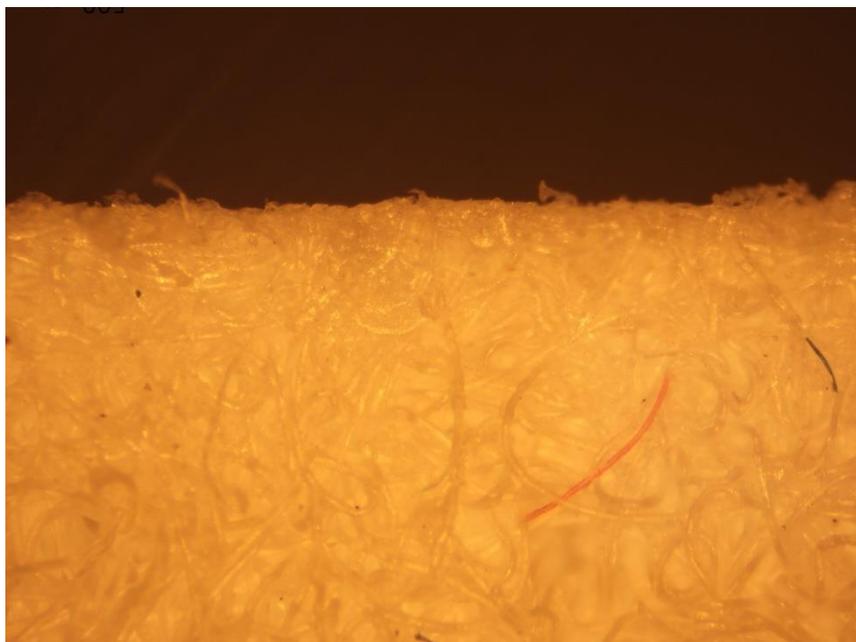


Рисунок 21 – Микроструктура тканевого регенерата на 30-е сутки после имплантации протектора из медицинского фетра. На поверхности выявили тонкий тканевой регенерат с обилием волокон материала. СЭМ. Ув. $\times 500$

На более поздних сроках отмечалось созревание клеточных элементов без интеграции в структуру имплантата. Соединительнотканная капсула, покрывающая материал, отличалась отсутствием прочных связей с участками обнажения материала.

Резюме

Современный вектор всех хирургических специальностей в первую очередь направлен на эффективность и безопасность. При этом в частном вопросе хирургии релаксации диафрагмы эти постулаты зависят от технологий пликация и укрепления линии диафрагмального шва. Одно из требований к протектору, определяющее эффективность и отвечающее за отдаленные результаты, относится

к биомеханическим свойствам. Способность выдерживать пиковые динамические и статические нагрузки в раннем и отдалённом послеоперационных периодах является одним из основных требований, предъявляемых к укрепляющему материалу. Разница напряженно-деформационного состояния между имплантатом и тканями диафрагмы является основной причиной разрывов дубликатурных швов и рецидивов релаксации купола. При морфологической оценке результатов имплантации в основной группе показано отсутствие потери физических свойств никелида титана под действием агрессивных биологических сред, что определяет неограниченный срок службы материала и исключает отдаленные послеоперационные осложнения.

Противоположные результаты продемонстрировал медицинский фетр. Если в раннем послеоперационном периоде материал выполняет заданную функцию, то в отдаленном периоде судьба материала сомнительная. Выявленные морфологические паттерны в виде явлений биодеградации с набуханием и разрушением структуры материала являются тому подтверждением. Подобная особенность делает материал неперспективным в отношении отдаленных результатов. Применение в качестве имплантата никелида титана, а именно шероховатость и пористая структура, характерная для всех конструкций из этого материала, способствуют пролиферации клеток. Описанное свойство не характерно для имплантатов, изготовленных на основе медицинского фетра, а отсутствие должной биосовместимости и склонность разрушаться становятся причиной реакции организма на имплант как на инородное тело, что приводит к возникновению воспалительных инфильтратов и грубому инкапсулированию имплантата с вовлечением прилежащих органов. Явления оптимальной интеграции никелида титана не только с тканями диафрагмы, но и с окружающими органами позволяют спрогнозировать перспективу функционирования комплекса «ткань – имплант» как единой системы и открывает перспективу его применения для укрепления диафрагмального шва при хирургической коррекции РД.

ГЛАВА 4 КЛИНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ДВУХПОРТОВОЙ ВИДЕОАССИСТИРОВАННОЙ ТОРАКОСКОПИЧЕСКОЙ ПЛИКАЦИИ РЕЛАКСИРОВАННОГО КУПОЛА ДИАФРАГМЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОТЕКТОРОВ ИЗ ПОРИСТОГО НИКЕЛИДА ТИТАНА

До настоящего времени хирургические технологии являются единственным вариантом эффективного лечения РД. Метод наложения гофрирующих швов является самым распространенным вариантом достижения нормального расположения купола диафрагмы и его иммобилизации. Для укрепления шва, наложенного на измененные ткани диафрагмы, применяются протекторы из медицинского фетра [43, 75, 111, 154]. Такой прием позволяет распределить натяжение шовной лигатуры по протектору и нивелировать давление на дегенеративно измененные структуры диафрагмы. Тем не менее сохраняются противоречия, связанные с отсутствием должной биосовместимости и биодegradацией материала, а также риском послеоперационных осложнений и рецидивов в отдаленном периоде.

Перспективным материалом в хирургической имплантологии представляется никелид титана. В литературных источниках имеются сообщения успешного применения различных форм данного материала в отдельных направлениях реконструктивной хирургии. Описаны экспериментальные и клинические исследования, указывающие на эффективность никелида титана при выполнении открытых хирургических вмешательств на диафрагме [10, 13, 23, 33]. Однако современная хирургия не представляется без малоинвазивных технологий, что явилось предпосылкой для разработки оригинального способа видеоассистированной торакоскопической пликация релаксированной диафрагмы с использованием протекторов из пористого сплава никелида титана.

4.1 Оригинальный способ двухпортовой видеоассистированной торакоскопической пликации релаксированной диафрагмы и его обоснование

При разработке методики руководствовались актуальностью проблемы и поставленной задачей – создание безопасного и высокоэффективного способа пликации релаксированного купола диафрагмы за счет повышения надежности швов и снижения риска послеоперационных осложнений.

Протекторы из пористого никелида титана марки ТН-1П были разработаны, руководствуясь принципам универсальности. Основные требования заключались в доступности применения протекторов как при использовании малоинвазивных технологий, так и при открытых «торакотомных» операциях. В результате полученная конструкция имеет плоскую форму с закругленными краями и центрально расположенной одной или двумя фенестрами для проведения фиксирующей лигатуры. Размеры протектора составляют $7 \times 5 \times 3$ мм, что обусловлено возможностью погружения конструкции в плевральную полость через торакопорт 10 мм.

Оригинальная методика заключается в наложении прошивных нерассасывающихся лигатур на область истонченного купола диафрагмы с усилением лигатурного шва разработанными протекторами из пористого никелида титана (Рисунок 22) [28].

Техника наложения швов на диафрагме обеспечивает формирование более равномерного распределения корригирующих усилий, удерживающих купол в физиологически правильной конфигурации. Подобная особенность обусловлена естественными циклами биомеханики дыхания. Количество складок, равное трем, является минимальным количеством, достаточным для проявления свойства аксиальной симметрии. При этом обеспечивается равномерное и щадящее распределение нагрузки за счет отсутствия одного шва протяженностью по всему истонченному участку диафрагмы.

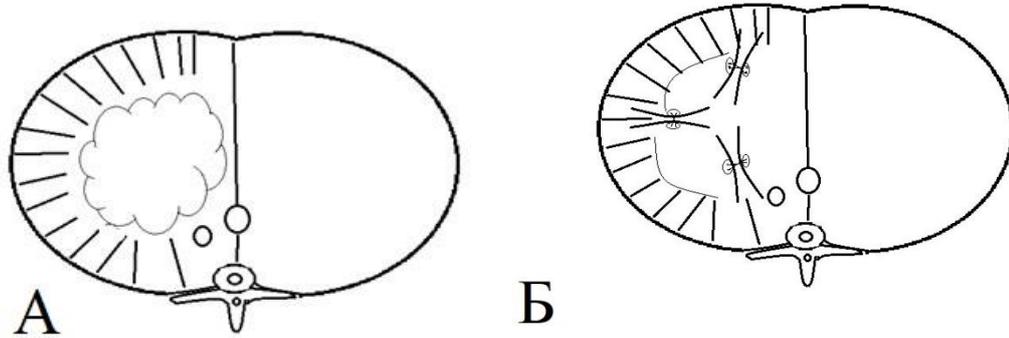


Рисунок 22 – Схема операции. Аксиальный срез на уровне купола диафрагмы: А – релаксированный купол диафрагмы; Б – сформированы складки диафрагмы с укреплением протекторами из никелида титана

Применение протекторов из пористого никелида титана снижает вероятность прорезывания швов, поскольку благодаря пористой структуре и шероховатой поверхности конструкции достигается дополнительная фиксация имплантата к диафрагме с последующей интеграцией материала в тканях за счет биосовместимости. Пористая никелид-титановая структура представляет собой взаимосвязанную систему мелких пор с высоким уровнем адаптации с биологическими тканями за счет большой площади взаимодействия и малой массы.

Благодаря универсальности разработанный способ доступен для применения в полностью видеоторакоскопическом варианте, видеоассистированном (однопортовом, двухпортовом) и традиционном открытом доступе, однако с учетом известных преимуществ при разработке конструкции предпочтение отдавалось эндоскопическим вариантам операций.

При выборе малоинвазивной технологии и хирургического доступа для осуществления редукционной реконструкции релаксированной диафрагмы руководствовались мировым и собственным опытом выполнения подобных оперативных вмешательств. На этапе освоения методики френопликации осуществлялись попытки выполнения операции полностью торакоскопическим доступом с установкой герметичных троакаров и наложением карбокситоракса. Однако в ходе вмешательства пришлось столкнуться с особенностью, связанной со сложностями перемещения правого купола диафрагмы до нормального уровня за счет карбокситоракса, а при попытке смещения его инструментально и путем

наложения гофрирующих швов, в том числе на протекторах, наблюдали значительное натяжение и начальные признаки прорезывания лигатур на истонченной диафрагме. Это стало поводом для отказа от технологии в пользу более удобной двухпортовой видеоассистированной торакоскопической методики, обладающей всеми преимуществами малоинвазивных оперативных вмешательств. Кроме того, в этом случае сформированный «рабочий» доступ обеспечивает оптимальные условия для хирургических манипуляций, а также дает возможность применить хорошо зарекомендовавшие себя хирургические приемы из «открытой» хирургии диафрагмы, особенно на этапе формирования гофрирующих швов.

Техника двухпортовой видеоассистированной торакоскопической пликация релаксированной диафрагмы заключается в следующем. В условиях однологочной вентиляции в положении пациента лежа на здоровом боку с приподнятым головным концом через троакар в IV межреберье по средней подмышечной линии устанавливается в плевральную полость 10-миллиметровый эндоскоп с 30-градусной оптикой (Рисунок 23).

В условиях кратковременного карбокситоракса с давлением не более 10–12 мм рт. ст. после внутриплеврального осмотра создается дополнительный доступ на уровне VII межреберья по передней подмышечной линии под видеоконтролем длиной до 4–5 см (Рисунок 24).

Прекращается поступление углекислого газа в плевральную полость. В операционную рану устанавливается мягкотканый протектор для удобства манипуляций и защиты тканей грудной стенки. При помощи инструментов осуществляется тракция в дистальном направлении, в результате диафрагма и органы брюшной полости смещаются в нормальное анатомическое положение. При операциях на правом куполе диафрагмы могут возникать сложности, связанные с выраженным перемещением в плевральную полость печени, что в ряде случаев требует установки дополнительного порта для более безопасной тракции (Рисунок 25). При данной манипуляции следует использовать инструменты, имеющие большую площадь рабочей поверхности, с целью снижения рисков перфорации истончённых тканей.

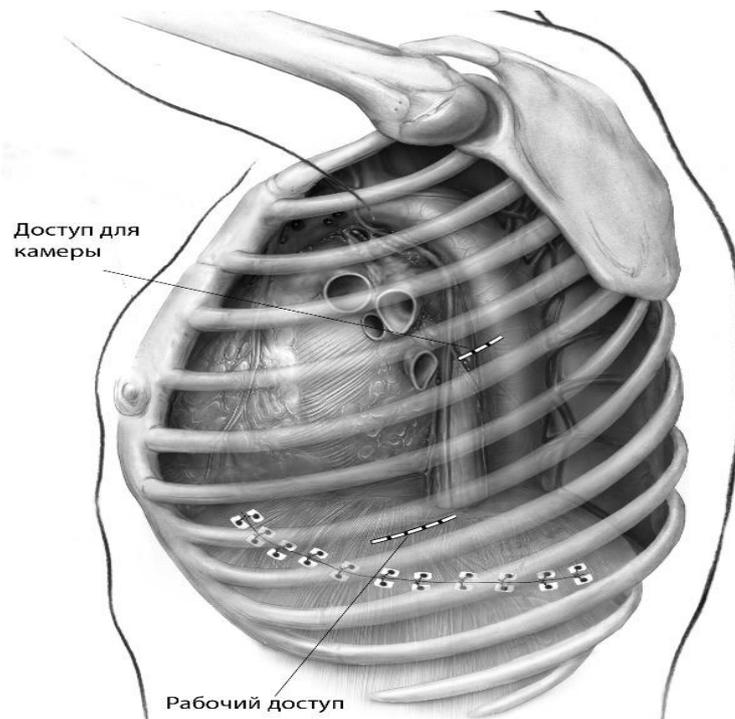


Рисунок 23 – Схематическое изображение расположения порта для видеокамеры и рабочего доступа при двухпортовой видеоассистированной торакоскопической пликацией диафрагмы



Рисунок 24 – Этап операции двухпортовой видеоассистированной торакоскопической пликацией правого купола диафрагмы. Пациент уложен на левый бок. Установлен порт 10 мм для видеокамеры, выполнен рабочий доступ для инструментов

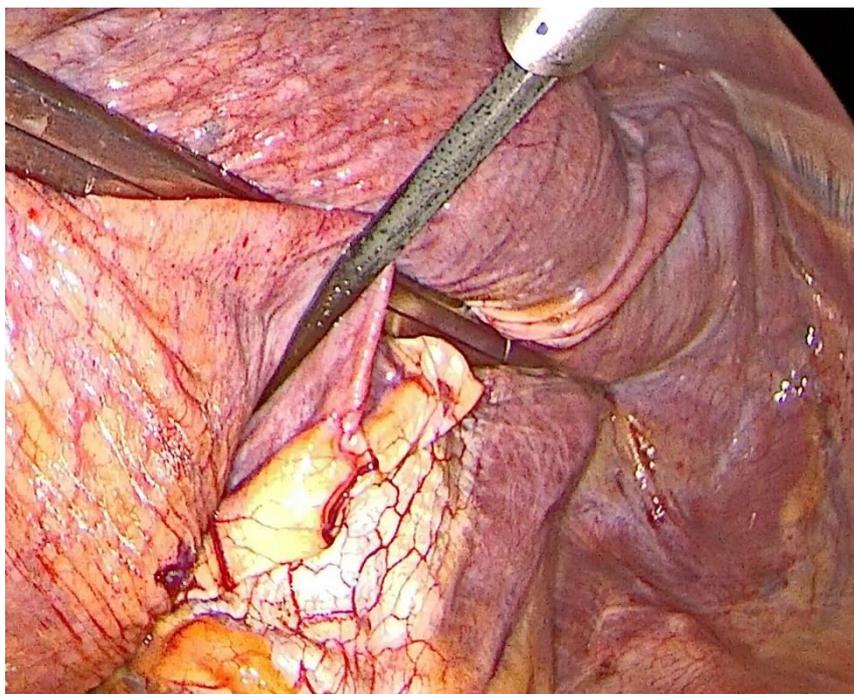


Рисунок 25 – Этап операции. Тракция правого купола диафрагмы с органами брюшной полости в нормальную анатомическую позицию. Установлен дополнительный порт для более адекватного смещения купола

Первоначально формируется складка из растянутых тканей, далее посередине предполагаемой линии швов накладывается средний стежок. При выборе оптимальных мест вколов иглы целесообразно ориентироваться на толщину слоя складки для исключения попадания между слоями тканей органов брюшной полости (Рисунок 26).

Затем последовательно от первого (среднего) стежка латерально и медиально накладываются последующие стежки на протекторах, формируя единую линию пликации релаксированного купола. Узлы завязываются экстракорпорально и опускаются толкателем под визуальным контролем (Рисунок 27). Выбранная малоинвазивная методика позволяет в значительной степени облегчить и обеспечить надежность этапа наложения швов. За счет наружного формирования узла обеспечивается его визуальный контроль, а использование толкателя обуславливает тактильное управление степенью затягивания нити для исключения распускания и прорезывания шва.

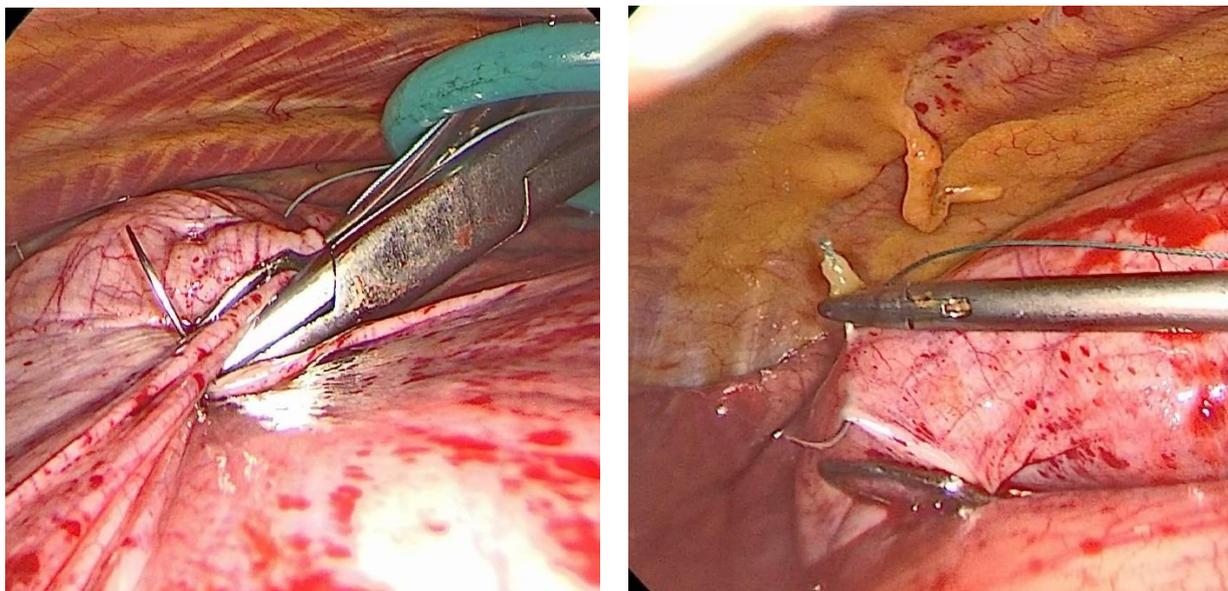


Рисунок 26 – Этап операции. Наложение первого шва, сформирована и прошита складка из истонченной диафрагмы

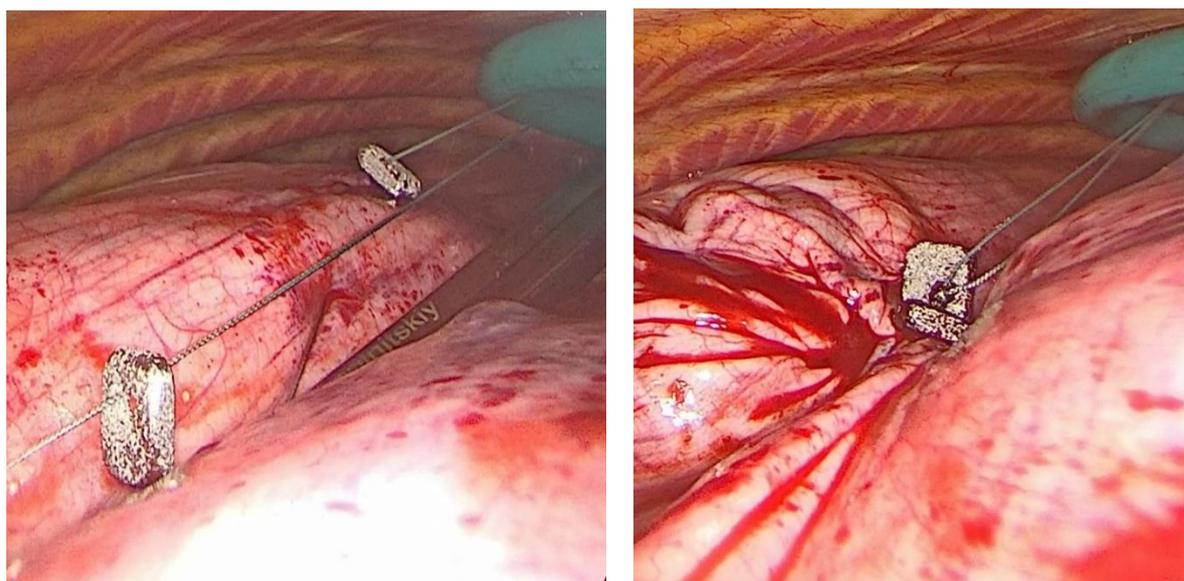


Рисунок 27 – Этап операции. На прошивные лигатуры надеты протекторы из пористого никелида титана. Лигатура затянута с формированием складки диафрагмы на протекторах

Для гофрирующих лигатур целесообразно использовать синтетический нерассасывающийся полифиламентный плетеный шовный материал (лавсан 2/0 или этибонд 2/0) на атравматичной игле. По мере завязывания швов и создания складок формируется укрепленный свод диафрагмы (Рисунок 28).

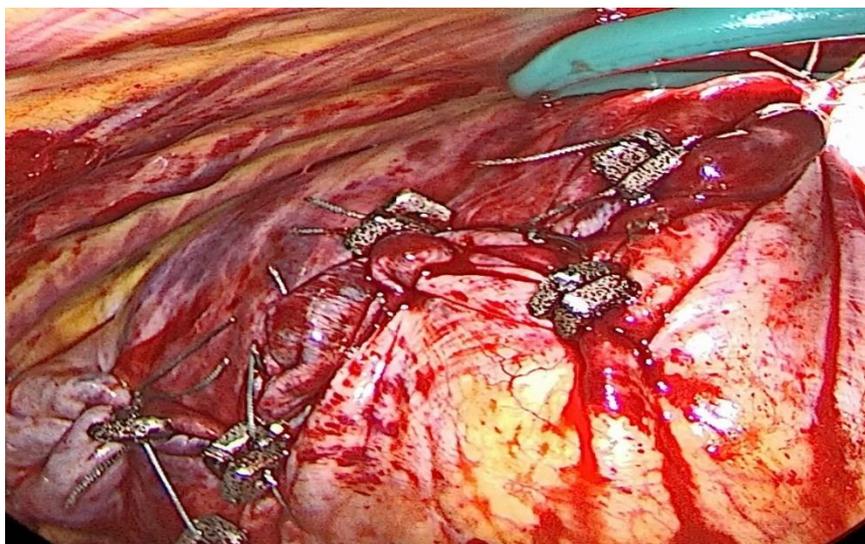


Рисунок 28 – Этап операции. Выполнена пликация релаксированного купола диафрагмы на протекторах из пористого никелида титана

После завершения реконструкции диафрагмы плевральная полость дренируется под видеоконтролем через доступ в IV межреберье. Целесообразно использовать дренаж с диаметром не менее 24F с активной аспирацией, что позволит адекватно аспирировать воздух, экссудат и при необходимости оставшуюся кровь (Рисунок 29).



Рисунок 29 – Этап операции. Установлен плевральный дренаж через порт для видеокамеры

Операция завершается послойным ушиванием операционного доступа с наложением внутрикожного шва на атравматичной игле.

4.2 Непосредственные результаты видеоассистированной торакоскопической пликация релаксированной диафрагмы

Проведен анализ непосредственных результатов хирургического лечения пациентов, которые перенесли двухпортовую видеоассистированную торакоскопическую пликацию релаксированной диафрагмы. С учетом применения на этапах периоперационного сопровождения пациентов элементов ускоренного выздоровления по завершении хирургического вмешательства пациентов старались как можно раньше переводить на естественное дыхание и активизировать. В результате на операционном столе было экстубировано 14 (82,35%) пациентов, еще 3 (17,65) потребовали дополнительного вентилирования на протяжении двух часов. После восстановления адекватного дыхания и функционирования витальных параметров в профильное отделение переведены 13 (76,47%) пациентов, остальные 4 (23,53%) потребовали наблюдения и стабилизации в условиях отделения реанимации на протяжении 24 часов. Необходимость нахождения в условиях реанимации была обусловлена коррекцией сопутствующей патологии. Так, в двух случаях потребовалась коррекция ХОБЛ, в одном случае ХСН и у одного пациента проведена медикаментозная коррекция нарушения сердечного ритма.

Послеоперационная анальгезия подразумевала мультимодальные подходы, включающие комбинацию нестероидных противовоспалительных средств (парацетамол и кеторол), что не потребовало использования наркотических средств. При оценке болевого синдрома согласно ВАШ в послеоперационном периоде средние значения в 1-е сутки составили $4,4 \pm 0,5$, на 2-е сутки – $3,9 \pm 0,5$, на 3-и сутки – $3,2 \pm 1,0$, 4-е сутки – $2,8 \pm 1,1$, 5-е сутки – $2,0 \pm 0,7$.

Критерием удаления дренажа служила экссудация менее 100 мл за сутки и полная реэкспансия легкого, в результате дренаж в среднем удаляли на $(2,8 \pm 1,1)$ сутки.

Нежелательные явления в послеоперационном периоде зафиксированы в двух (11,76 %) случаях. Среди осложнений, относящихся к I степени согласно шкале Clavien – Dindo, встречался дисковидный ателектаз. Данное осложнение не потребовало дополнительной коррекции и разрешилось самостоятельно после активизирования пациента. Осложнение II степени градации характеризовалось послеоперационным плевритом на стороне хирургического вмешательства и потребовало однократного торакоцентеза с эвакуацией выпота. Летальных случаев среди прооперированных не зафиксировано.

Оценку удачного исхода операции в раннем послеоперационном периоде осуществляли по расположению уровня диафрагмы при рентгенологическом исследовании и на основе специфических жалоб пациентов. В раннем послеоперационном периоде средние значения снижения купола диафрагмы относительно исходного уровня составили 25,5–25,6 %. Большинство пациентов отмечали субъективное уменьшение степени одышки, однако объективная оценка в виде спирографического тестирования не проводилась с целью ограничения нагрузок на диафрагму.

Приведем несколько клинических наблюдений, демонстрирующих безопасность и эффективность оригинального способа двухпортовой видеоассистированной торакоскопической пликацией релаксированной диафрагмы.

Пациент С., 42 года, госпитализирован в плановом порядке в хирургическое торакальное отделение ТОКБ с диагнозом «Приобретённая тотальная релаксация правого купола диафрагмы», из сопутствующих заболеваний: гипертоническая болезнь III стадии, АГ 2-й степени, риск 4. Сахарный диабет II типа, целевой гликированный гемоглобин менее 7,5 %; Ожирение III степени (ИМТ – 36).

При поступлении предъявлял жалобы на одышку при физической нагрузке. Из анамнеза известно, что пациент 18 месяцев назад перенес коронавирусную инфекцию, вызванную COVID-19, осложнившуюся двусторонней

полисегментарной пневмонией вирусного генеза, тяжелого течения. После этого начал отмечать появление общей слабости, одышки при стандартных физических нагрузках. Выполнена рентгенография органов грудной клетки, выявлено высокое стояние правого купола диафрагмы, в связи с чем заподозрена релаксация купола. При динамическом наблюдении на протяжении 12 месяцев, консервативной терапии, направленной на восстановление проводимости диафрагмального нерва, положительной динамики не отмечено. Пациент отмечал усиление одышки, снижение толерантности к физическим нагрузкам, дискомфорт в правом гемитораксе, что явилось показаниями к хирургической коррекции релаксации диафрагмы.

На момент госпитализации по результатам СКТ органов грудной клетки определялось высокое стояние правого купола диафрагмы с компрессией нижней доли правого легкого (Рисунок 30). Уровень положения левого купола относительно правого составил 44,5 %.

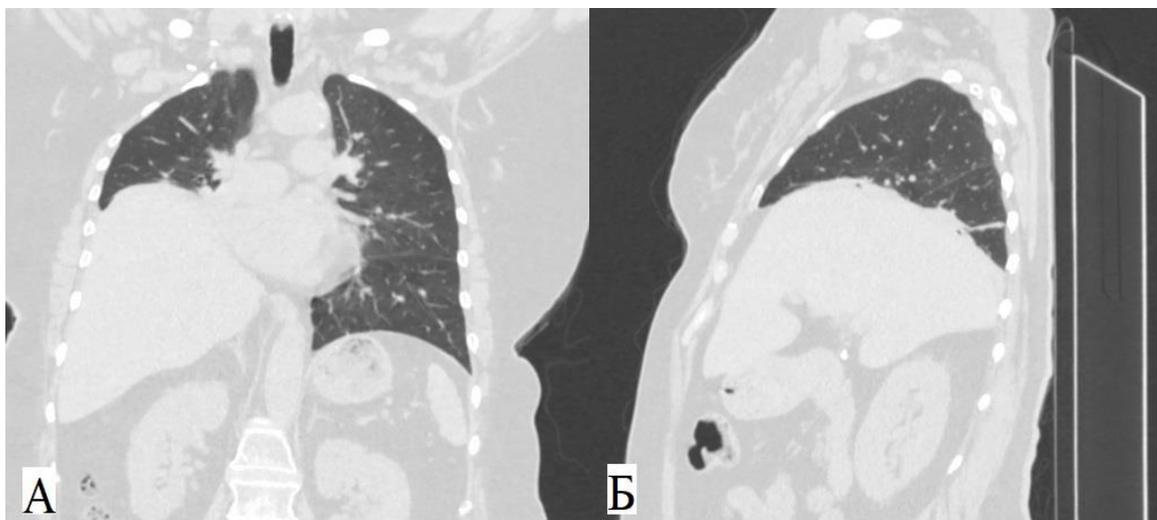


Рисунок 30 – Спиральная компьютерная томография грудной клетки больного С. Релаксация правого купола диафрагмы с компрессией нижней доли легкого: А – фронтальная проекция в легочном окне; Б – аксиальная проекция в легочном окне

По результатам спирографии отмечался смешанный тип нарушений с преобладанием рестрикции, снижение ЖЕЛ, умеренная обструкция, ФЖЕЛ < 50 %,

ОФВ1 < 54 %. После стандартной предоперационной подготовки выполнена видеоассистированная пликация правого купола диафрагмы из двухпортового доступа с укреплением прошивных лавсановых лигатур протекторами из пористого никелида титана. В раннем послеоперационном периоде пациент экстубирован на операционном столе и переведен в профильное отделение.

Послеоперационный период протекал без осложнений. Плевральный дренаж удален на 2-е сутки. При контрольной компьютерной томографии отмечена положительная динамика в виде снижения уровня расположения правого купола диафрагмы до 18,2 % (Рисунок 31).

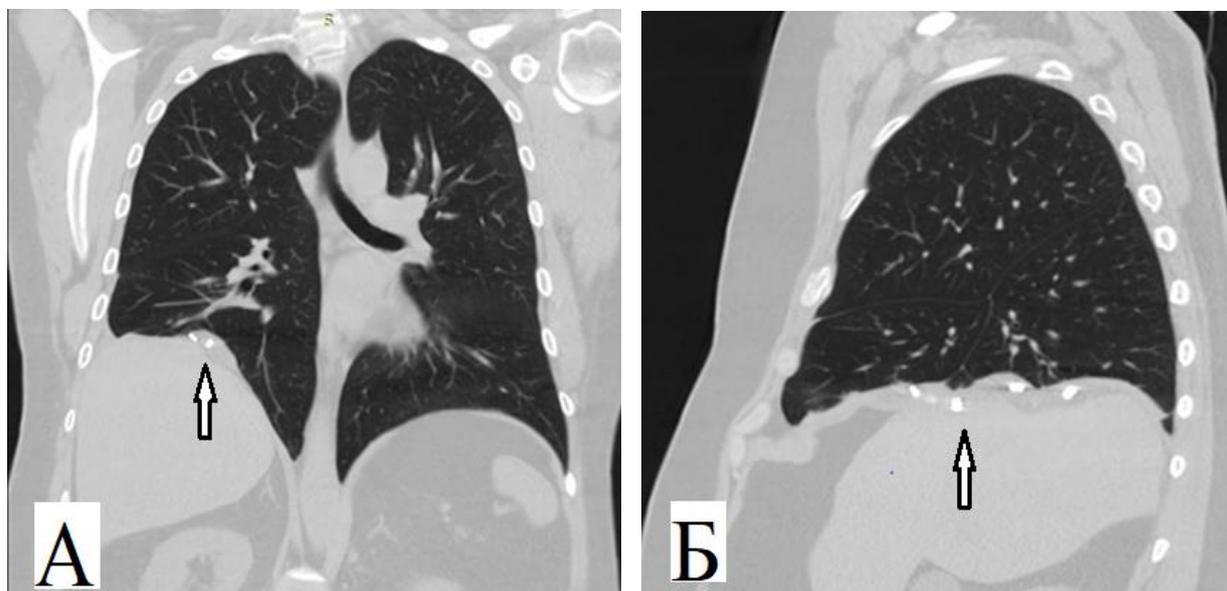


Рисунок 31 – Спиральная компьютерная томография грудной клетки больного С. Выполнена видеоассистированная пликация правого купола диафрагмы с укреплением шва протекторами из пористого никелида титана (указаны стрелками): А – фронтальная проекция в легочном окне; Б – аксиальная проекция в легочном окне

В послеоперационном периоде пациент субъективно отметил уменьшение одышки. В удовлетворительном состоянии выписан на 6-е сутки после операции.

Проведено контрольное обследование через месяц после операции. Субъективно пациент отмечал улучшение общего состояния, проявляющееся в увеличении толерантности к физическим нагрузкам. Проведено контрольное спирографическое тестирование, по результатам которого ФЖЕЛ < 59 %,

ОФВ1 < 66 %. При рентгенологическом исследовании уровень диафрагмы после пликации практически не отличался от интактного. Правое легкое полностью расправлено (Рисунок 32).

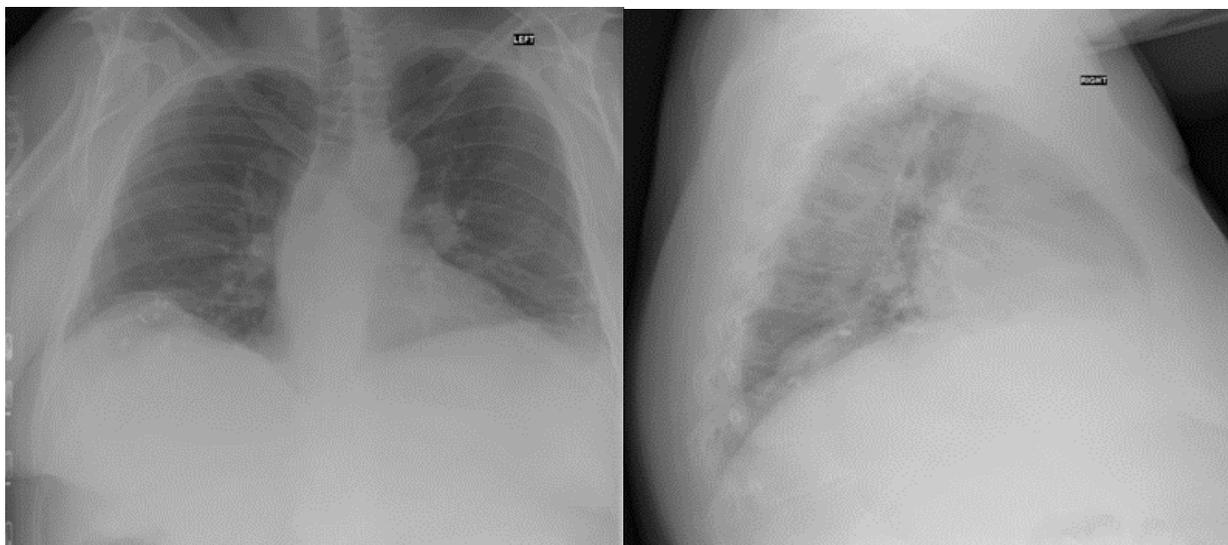


Рисунок 32 – Рентгенограммы органов грудной клетки пациента С. через 1 месяц после видеоассистированной пликации правого купола диафрагмы с укреплением шва протекторами из пористого никелида титана. Прямая и боковая проекции

Пациентка О., 68 лет, госпитализирована в плановом порядке в хирургическое торакальное отделение ТОКБ с диагнозом:

Основной: Приобретённая тотальная релаксация левого купола диафрагмы.

Сопутствующий: ИБС: стенокардия напряжения, ФК III. Постинфарктный кардиосклероз (2016 г.). Желудочковая экстрасистолия, скорректированная РЧА 2021 г. Пароксизмальная форма фибрилляции предсердий. ХСН I, ФК III по NYHA. *Фоновое заболевание:* Гипертоническая болезнь III стадии. Гипертрофия левого желудочка. СКФ 55,1 мл/мин / 1,73 м². Сахарный диабет II типа. Целевой гликированный гемоглобин менее 7,5%. Достигнутый 6,3%. Риск 4.

Из анамнеза известно, что пациентка на протяжении многих лет страдает ИБС. В 2016 году перенесла инфаркт миокарда, после чего отмечены эпизоды нарушения ритма сердца. Для коррекции экстрасистолии в 2021 году выполнена

радиочастотная абляция. После выписки начала отмечать появление одышки и быструю утомляемость. Осмотрена терапевтом по месту жительства, выполнена рентгенография органов грудной клетки, по результатам которой выявлено высокое стояние левого купола диафрагмы. Осмотрена торакальным хирургом, рекомендовано динамическое наблюдение, коррекция соматической патологии в сопровождении кардиолога и терапевта. При повторной оценке уровня диафрагмы через 6 месяцев сохранялось высокое положение купола, однако пациентка клинически не отмечала ухудшения состояния. Коллегиально решено продолжить динамическое наблюдение. Повторно пациентка обратилась через 12 месяцев после выявления релаксации с жалобами на усиление одышки, появление дискомфорта и давящих болей в левом подреберье, возникающих после приема пищи. Исследование функции внешнего дыхания показало рестриктивные нарушения со снижением ЖЕЛ. ФЖЕЛ < 55%, ОФВ1 < 49%.

По результатам рентгенографии органов грудной клетки сохранялось высокое положение левого купола диафрагмы с разницей относительно правого 41,2% (Рисунок 33).

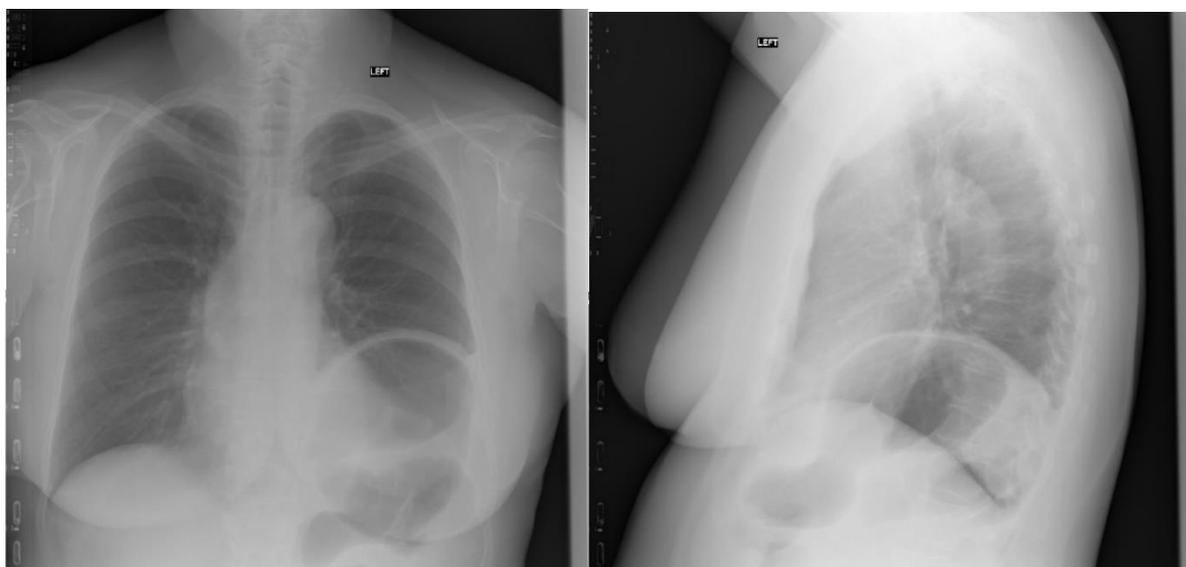


Рисунок 33 – Рентгенограммы органов грудной клетки пациентки О. Прямая и боковая проекции. Тотальная релаксация левого купола диафрагмы

После стандартной предоперационной подготовки выполнена видеоассистированная пликация левого купола диафрагмы из двухпортового

доступа по оригинальной методике. В раннем послеоперационном периоде отмечены эпизоды фибрилляции предсердий, в связи с чем пациентка на протяжении 12 часов наблюдалась в условиях отделения реанимации. После медикаментозной нормализации сердечного ритма переведена в профильное отделение. В дальнейшем послеоперационный период протекал без осложнений. Плевральный дренаж удален на 2-е сутки. При контрольной рентгенографии органов грудной клетки отмечена положительная динамика в виде снижения уровня левого купола диафрагмы до 17,5% (Рисунок 34).

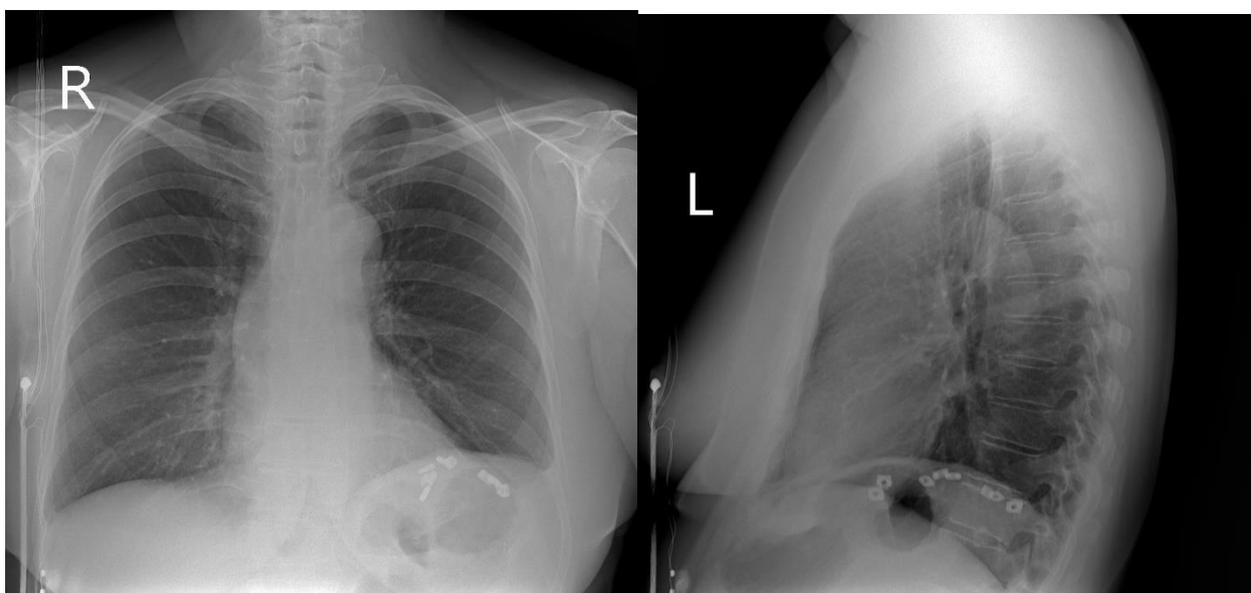


Рисунок 34 – Рентгенограммы органов грудной клетки пациентки О. через 7 дней после видеоассистированной пликацией левого купола диафрагмы с укреплением шва протекторами из пористого никелида титана.

Прямая и боковая проекции

В послеоперационном периоде пациентка субъективно отметила уменьшение одышки, отсутствие болей в проекции левого подреберья. В удовлетворительном состоянии выписана на 7-е сутки после операции. Проведено контрольное обследование через 1 месяц после операции. По результатам контрольного спирографического тестирования – ФЖЕЛ < 67 %, ОФВ1 < 82 %. При рентгенологическом исследовании уровень левого купола диафрагмы после пликаций не отличался от интактного.

4.3 Оценка отдаленных результатов и качества жизни пациентов после торакоскопической пликация релаксированной диафрагмы

Для оценки отдаленных результатов операций сравнивали функциональные данные, полученные по итогам спирометрических исследований. Оценивали такие показатели, как ФЖЕЛ и ОФВ1 до операции, а также через 1, 6 и 12 мес. после операции.

При исследовании показателей ФВД через 1, 6 и 12 мес. после операции отмечено достоверное улучшение функции внешнего дыхания наряду со снижением показателя уровня расположения диафрагмы относительно значений до операции. Так, прирост показателей ФЖЕЛ через 1 мес. после операции в среднем составил 16,5 %, через 6 мес. – 19,5 %, через 12 мес. – 20,1 % при сравнении показателей относительно дооперационных. Подобная картина отмечена при исследовании ОФВ1: наблюдался статистически значимый прирост через 1 мес. после операции на 12,6 %, через 6 мес. – на 10,1 %, через 12 мес. – на 12,7 % (Таблица 2).

Во всех случаях не отмечено признаков рецидива РД в отдаленные сроки, что подтверждено достоверным снижением средних значений уровня диафрагмы относительно исходных на 25,5–25,6 %.

Оценка КЖ согласно опроснику MOS SF-36 и результаты анкетирования через 1, 6 и 12 месяцев показали, что большинство показателей компонентов физического и психологического здоровья значительно и достоверно увеличились уже в первый месяц после хирургического лечения (Таблица 3). По мере наращивания физических нагрузок в первый месяц после операции у ряда пациентов зафиксирован пик роста физической функции до 54 % от исходных данных ($p < 0,05$). Оценка ролевой функции как индикатора социального успеха в обществе через 1 месяц после операции у ряда пациентов выросла на 150 %, что также соответствует статистической достоверности ($p < 0,05$).

Таблица 2 – Средние значения функциональных показателей и уровня релаксации до и после хирургической коррекции

Показатель	До операции	После операции			Статистическая значимость различий (p)					
		через 1 мес.	через 6 мес.	через 12 мес.						
	1	2	3	4	1 и 2	1 и 3	1 и 4	2 и 3	2 и 4	3 и 4
ФЖЕЛ, л	1,8 (1,5; 2,2)	2,3 (1,9; 3,6)	2,4 (1,9; 3,5)	2,3 (1,9; 3,7)	0,001*	0,001*	0,001*	0,931	0,509	0,521
ФЖЕЛ, %	58 (51,5; 67)	79 (74,2; 85,5)	82 (73; 85,7)	82 (74; 86,5)	0,002*	0,001*	0,001*	0,383	0,091	0,364
ОФВ ₁ , л	1,8 (1,4; 1,9)	1,9 (1,8; 2,8)	2,3 (1,7; 2,9)	2,2 (1,9; 2,9)	0,006*	0,008*	0,001*	0,892	0,013*	0,056
ОФВ ₁ , %	65 (55; 73)	77,5 (75; 82,7)	78,5 (72,2; 82,5)	80 (74,2; 82,7)	0,001*	0,006*	0,001*	0,503	0,070	0,073
Релаксация диафрагмы, %	41 (36; 48,5)	16 (16; 17,2)	16,5 (16; 17,2)	16 (16; 17,2)	0,001*	0,001*	0,001*	1,000	0,157	0,414

Примечания: * – статистически значимые различия до и после операции (p < 0,05); ФЖЕЛ – форсированная жизненная емкость легких; ОФВ₁ – объем форсированного выдоха за 1-ю секунду.

Таблица 3 – Результаты показателей уровня качества жизни по опроснику SF-36 до и в различные сроки после оперативного вмешательства

Показатель	До операции	После операции			Статистическая значимость различий (p)					
		1 мес.	6 мес.	12 мес.	1 и 2	1 и 3	1 и 4	2 и 3	2 и 4	3 и 4
	1	2	3	4						
Физическое функционирование	55 (25; 80)	85 (80; 100)	100 (95; 100)	95 (90; 100)	0,001*	0,001*	0,001*	0,008	0,011	0,414
Ролевое функционирование (физическое)	25 (0; 75)	75 (50; 100)	100 (100; 100)	100 (100; 100)	0,017*	0,001*	0,001*	0,006	0,006*	1,000
Интенсивность боли	74 (51; 100)	94 (62; 100)	100 (100; 100)	100 (100; 100)	0,041*	0,003*	0,003*	0,007	0,007*	1,000
Общее состояние здоровья	40 (25; 60)	55 (52; 57)	62 (57; 67)	62 (57; 67)	0,040*	0,005*	0,004*	0,035	0,040	0,577
Жизненная активность	30 (25; 50)	60 (55; 70)	80 (70; 80)	75 (75; 80)	0,003*	0,001*	0,001*	0,002*	0,002*	0,655
Социальное функционирование	62,5 (50; 87,5)	100 (100; 100)	100 (100; 100)	100 (100; 100)	0,003*	0,001*	0,001*	0,083	0,083	1,000
Ролевое функционирование (эмоциональное)	66,7 (33,3; 66,7)	66,7 (33,3; 100)	100 (100; 100)	100 (100; 100)	0,237*	0,002*	0,002*	0,007*	0,007*	1,000
Психическое здоровье	36 (32; 52)	64 (60; 72)	76 (76; 84)	76 (72; 84)	0,001*	0,001*	0,001*	0,003*	0,002*	0,527
Физический компонент здоровья	40,7 (30,3; 51,9)	50 (48,6; 55,8)	54,9 (54,5; 55,7)	55,1 (53,9; 55,8)	0,006*	0,001*	0,001*	0,006*	0,009*	0,755
Психологический компонент здоровья	37,9 (36,3; 40,5)	47,4 (43,1; 51,1)	53,8 (53,1; 55,8)	53,5 (51,4; 55,2)	0,003*	0,001*	0,001*	0,001*	0,001*	0,025
Примечание. * – статистически значимые различия до и после операции ($p < 0,05$).										

По мере адаптации пациентов к нагрузкам, соответствующим индивидуальному физическому статусу, все показатели, связанные с физическим компонентом здоровья, через 6 и 12 мес. не демонстрировали столь же значимого роста и были близки между собой. Среди показателей психологического компонента здоровья также наблюдалось значительное увеличение социального функционирования в первый месяц после операции ($p < 0,05$). Анализ прочих критериев опросника показал прирост показателей в пределах достоверных значений в первый месяц после операции, однако в пределах 10 % и к 12 мес. после операции менялся незначительно. При этом пациенты, отметив непосредственно после операции достоверное улучшение КЖ, в отдаленные периоды после хирургического вмешательства не отмечали снижения его уровня.

Полученные данные оценки КЖ согласно опроснику EQ-5D-5L на дооперационном этапе демонстрировали снижение показателей по всем шкалам (Таблица 4). При этом максимальный и значимый прирост значений также демонстрировался через месяц после операции с выходом на равномерное плато в отдаленных периодах.

Таблица 4 – Результаты показателей уровня качества жизни по опроснику EQ-5D-5L до и через 1 месяц после оперативного вмешательства

Показатель	До операции	1 месяц после операции	p
Передвижение в пространстве	2 (1; 2)	0 (0; 1)	0,001*
Самообслуживание	1 (1; 2)	0 (0; 1)	0,001*
Повседневная активность	1 (1; 2)	0 (0; 0)	0,001*
Боль и дискомфорт	0 (0; 1)	0 (0; 0)	0,008*
Тревога и депрессия	1 (1; 2)	0 (0; 0)	0,001*
Примечание. * – статистически значимые различия до и после операции ($p < 0,05$).			

Согласно опроснику SGRQ со стороны специфических проявлений заболевания и оценки общего воздействия респираторной патологии на состояние

здоровья для всей группы больных было характерно высокое суммирующее влияние заболевания на общее состояние здоровья на дооперационном этапе (Таблица 5). Через месяц после хирургического вмешательства выраженность влияния заболевания на общее состояние пациентов уменьшалась, что подтверждалось достоверным снижением суммарного балла ($p < 0,05$). В отдаленные периоды большинство пациентов не отмечали жалоб, связанных с перенесенным хирургическим лечением. В ряде случаев встречались явления торакалгии в месте хирургического доступа, однако статистически значимого влияния на КЖ не установлено, а достигнутые значения опросника обусловлены сопутствующей патологией со стороны органов дыхания.

Таблица 5 – Показатели суммирующего влияния заболевания на состояние пациента согласно опроснику «Респираторный вопросник Госпиталя святого Георгия (SGRQ)»

Показатель	До операции	После операции			Статистическая значимость различий (p)					
		1 мес.	6 мес.	12 мес.						
	1	2	3	4	1 и 2	1 и 3	1 и 4	2 и 3	2 и 4	3 и 4
Суммирующие влияния заболевания	22,2 (17,2; 23,4)	5,4 (2,5;6,7)	4,5 (2,5; 5,3)	4,3 (2,2;5,2)	0,001*	0,001*	0,001*	0,051	0,049	0,878
Примечание. * – статистически значимые различия до и после операции ($p < 0,05$).										

В результате исследования зафиксированы статистически значимые изменения параметров оценки КЖ у пациентов после операции. Тенденцию к повышению уровня КЖ продемонстрировали все используемые опросники уже через 1 месяц после хирургического вмешательства без значительных изменений в отдаленные периоды.

Резюме

Несмотря на стандартизацию в лечении различных хирургических заболеваний, до настоящего времени отсутствуют единые подходы и рекомендации по коррекции РД. Максимальная эффективность зафиксирована при хирургической редукции релаксированного купола, что стало основанием для поиска наиболее эффективного и надежного способа. Следуя современным мировым трендам в хирургии, оптимальные результаты при операциях на органах грудной клетки продемонстрировали малоинвазивные технологии [107, 128]. Тем не менее, традиционные торакоскопические подходы для редукции купола диафрагмы себя не оправдали, хирургам пришлось столкнуться со сложностями, связанными с внутрибрюшным давлением и пролабированием релаксированного купола в гемиторакс, что резко ограничивало рабочее пространство, а в случае инсuffляции углекислого газа в ряде случаев приводило к гиперкапническому синдрому и осложнениям, связанным со смещением средостения [20].

Применение разработанной оригинальной техники позволит сохранить преимущества малоинвазивных технологий и в то же время исключить возникающие в ходе операции сложности. Единый рабочий доступ позволяет оперирующему хирургу осуществлять манипуляции в единой рабочей плоскости, имитирует условия, характерные для открытой хирургии, что упрощает и делает понятным ход формирования гофрирующих швов. Разработанные протекторы из никелида титана не требуют интраоперационных доработок до соответствия размеру и форме, что сокращает количество действий, времени и упрощает задачу хирургу. Кроме того, неоценимым преимуществом выбранного материала являются его физико-химические свойства, связанные с биосовместимостью и прочностью, что обеспечит не только функционирование на протяжении всего периода жизни, но и позволит выдерживать пиковые нагрузки [120, 144].

Перечисленные преимущества не свойственны медицинскому фетру, что убедительно продемонстрировано в представленном исследовании, в результате

чего методику укрепления шва прокладками из медицинского фетра нельзя назвать надежной и безопасной.

В случае стойкого паралича и прогрессирующей мышечной атрофии купола диафрагмы с последующей дыхательной дисфункцией научным сообществом сформулированы и подробно описаны основные симптомы, определяющие КЖ этих больных [20, 41]. При этом в исследованиях исчерпывающе оцениваются непосредственные результаты, но не уделяется внимание исходам, определяющим КЖ в отдаленные сроки после операции. На настоящий момент отсутствует универсальная шкала оценки КЖ, позволяющая систематизировать физические и психологические критерии, а также объективно отразить изменения в состоянии здоровья пациентов с патологией диафрагмы.

Когорта больных значительно различается по сопутствующей патологии, большинство из них имеют избыточную массу тела, бронхолегочные и сердечно-сосудистые заболевания, а также нередко их сочетание. При клинических проявлениях коморбидной патологии возникает эффект наложения и искажение положительного результата операции. Кроме того, по-разному могут восприниматься и трактоваться больным изменение КЖ при статических и динамических нагрузках на диафрагму. Тем не менее при валидации данного исследования было показано, что используемые оценочные шкалы являются надежным, простым в применении, удобным для врача и пациента инструментом оценки КЖ.

В нашем случае у всех больных с РД на дооперационном этапе зафиксированы расстройства респираторной функции, которые напрямую обуславливали снижение их КЖ. В результате хирургической коррекции уже в ближайшем послеоперационном периоде получен положительный эффект, что отразилось на результатах опросников. Именно на раннем этапе после операции в результате устранения комплекса патологических изменений в организме и клинических проявлений РД, обусловленных аномально высоким расположением и дисфункцией диафрагмы, пациенты демонстрировали повышение КЖ. Следует отметить, что после операции пациенты адаптировались к стандартным нагрузкам

в рамках индивидуального физического статуса. Таким образом, получены достоверные данные, свидетельствующие о необходимости и эффективности хирургической коррекции РД и прямом влиянии операции на уровень КЖ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Хирургия в современном представлении характеризуется разработкой и внедрением в практику щадящих, безопасных и эффективных технологий, ориентированных на персонифицированный подход. Такой раздел, как хирургия диафрагмы, всегда отличался эксклюзивностью и относился к высшей степени сложности оперативных вмешательств. Это обусловлено топографо-анатомическими особенностями и функциями диафрагмы. Патологические состояния, затрагивающие грудобрюшную преграду, по причине разнообразия клинических проявлений и скрываясь под различными масками, длительное время не позволяли подробно изучить ряд заболеваний, в том числе РД. Расширение компетенций в отношении таких заболеваний диафрагмы, как релаксация, наступило благодаря развитию диагностических подходов и технологий. Появилось представление об этиологии и патогенезе заболевания, накопился клинический опыт, позволяющий описать среднестатистического больного, страдающего релаксацией диафрагмы. И в этих вопросах научным сообществом достигнут консенсус. Тем не менее продолжаются дискуссии относительно методов коррекции заболевания. И хотя показано, что единственным вариантом радикального лечения релаксации диафрагмы является хирургический, разнообразие подходов свидетельствует о поиске более эффективного и надежного варианта операции. Современные требования к хирургическим технологиям сквозь призму пациентоориентированного подхода предполагают не только удовлетворительные непосредственные результаты операции, но и отдаленную перспективу, в том числе определяющую качество жизни больного.

Настоящая работа посвящена разработке нового способа хирургического лечения релаксации диафрагмы, предполагающего совмещение малоинвазивной технологии и современной медицинской имплантологии. Способ направлен на обеспечение эффективности и безопасности непосредственных и отдаленных результатов операции.

Работа получила одобрение локального этического комитета ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России. Объектом клинического исследования стали 17 пациентов, прооперированных в хирургическом торакальном отделении Томской областной клинической больницы за период с 2018 по 2023 год по поводу односторонней тотальной релаксации купола диафрагмы. Во всех случаях была выполнена видеоассистированная торакоскопическая пликация релаксированного купола диафрагмы из двухпортового доступа по оригинальной методике. При отборе пациентов на операцию руководствовались критериями 12-месячного динамического наблюдения с момента постановки диагноза для возможного консервативного восстановления функции диафрагмального нерва и нормального уровня купола диафрагмы [154, 118]. В интра- и послеоперационном периодах регистрировали нежелательные явления и анализировали их согласно классификации хирургических осложнений Clavien – Dindo [Приложение А]. Оценку интенсивности болевого синдрома проводили с использованием числовой рейтинговой шкалы боли NRS. Для объективной оценки положения уровня диафрагмы после операции выполняли рентгенограмму органов грудной клетки в переднезадней проекции. Полученные рентгенограммы сопоставляли со снимками, выполненными перед операцией. Для оценки функциональных данных и отдаленных результатов операций сравнивали полученные спирометрические показатели ФЖЕЛ, ОФВ1 полученные до операции, а также через 1, 6 и 12 мес. после операции. Всем больным оценивали качество жизни за 1 сутки до и через 1, 6, 12 месяцев после диафрагмопликации. Для оценки КЖ использовали опросники MOS SF-36 и EuroQ-5D-5L.

Диссертация представляет собой одноцентровое нерандомизированное проспективное исследование. Разработке оригинального хирургического способа и его клинической апробации предшествовал экспериментальный этап, направленный на изучение эффективности и безопасности применения протекторов из пористого никелида титана медицинского фетра, проведенный на крысах линии Wistar (20 особей). Животные были разделены на две группы

сравнения в зависимости от изучаемого материала. В основной группе исследовалась морфологическая реакция тканей диафрагмы на имплантат из пористого никелида титана, в контрольной использовался медицинский фетр. Техническая часть эксперимента подразумевала фиксацию экспериментальных образцов на абдоминальную поверхность диафрагмы. Животных выводили из эксперимента через 14, 30, 60 и 90 суток после операции, изучали анатомо-гистологическую картину.

На гистологических препаратах, полученных в контрольной группе на 14-й день эксперимента, вокруг фетрового имплантата отмечен активный рост грануляционной ткани с формированием соединительнотканной капсулы и вовлечением в воспалительный процесс поверхности печени и мышечных волокон диафрагмы. Воспалительный вал содержал большое количество фибробластов, которые проникали в структуру фетра с образованием коллагеновых волокон и появлением первых признаков разволокнения материала. В основной группе к 30-м суткам эксперимента в инфильтрате снижалось количество лейкоцитов и увеличивалось количество фибробластов. Коллагеновые волокна равномерно заполняли пористую структуру материала, формируя пучки между имплантатом и поверхностью диафрагмы. В группе контроля через 30 суток отмечено появление между волокнами фетра гигантских многоядерных клеток, которые считаются клетками инородных тел и являются индикаторами тканевой реакции организма на чужеродный материал. Кроме этого, отмечено набухание, изменение цвета, структуры и «растворение» отдельных волокон фетра. Данный морфологический паттерн свидетельствует о начале процесса биодеградации имплантата из медицинского фетра.

К концу эксперимента в основной группе вокруг имплантата сформировалась капсула из зрелой соединительной ткани с явлениями заполнения фибробластами и коллагеновыми волокнами пористой структуры импланта. По линии фиксации импланта отмечалась органоспецифическая дифференцировка тканей вновь образованного регенерата. В группе контроля сохранялись отек ткани в зоне формирования гранулемы, набухание волокон фетра, изменение их цвета,

структуры и формы. Отмечалось уменьшение количества волокон в структуре имплантата, что свидетельствует в пользу фагоцитоза и «растворения» последних. Описанные особенности интеграции имплантата из пористого никелида титана и биодegradация фетра подтвердились при проведении сканирующей электронной микроскопии. Полученные фундаментальные данные, демонстрирующие преимущества имплантатов из никелида титана и недостатки медицинского фетра, легли в основу разработки оригинальной хирургической технологии пликация релаксированного купола диафрагмы.

Основные требования при разработке протекторов из никелида титана заключались в доступности применения как при использовании малоинвазивных технологий, так и при открытых операциях. В результате полученная конструкция имеет плоскую форму с закругленными краями и центрально расположенной одной или двумя перфорациями для проведения фиксирующей лигатуры. Размеры протектора составляют $7 \times 5 \times 3$ мм, что обусловлено возможностью погружения конструкции в плевральную полость через торакопорт 10 мм.

Непосредственно оригинальная методика заключается в наложении прошивных нерассасывающихся лигатур на область истонченного купола диафрагмы с усилением лигатурного шва разработанными протекторами из пористого никелида титана. Применение протекторов из пористого никелида титана снижает вероятность прорезывания швов. Благодаря пористой структуре и шероховатой поверхности конструкции, достигается дополнительная фиксация имплантата к диафрагме с последующей интеграцией материала в тканях за счет биосовместимости. Пористая никелид-титановая структура представляет собой взаимосвязанную систему мелких пор с высоким уровнем адаптации к биологическим тканям за счет большой площади взаимодействия и малой массы.

При выборе малоинвазивной технологии и доступа для осуществления пликации диафрагмы руководствовались мировым и собственным опытом выполнения подобных вмешательств. Разработанная оригинальная хирургическая технология соответствует всем требованиям, предъявляемым к малоинвазивным операциям.

При анализе непосредственных результатов осложнения зафиксированы в двух (11, 76 %) случаях. Среди осложнений, относящихся к I степени согласно шкале Clavien – Dindo, наблюдался дисковидный ателектаз. Осложнение II степени градации характеризовалось послеоперационным плевритом на стороне хирургического вмешательства и потребовало однократного торакоцентеза с эвакуацией выпота. Летальных случаев среди прооперированных не зафиксировано. При оценке расположения уровня диафрагмы при рентгенологическом исследовании средние значения снижения купола диафрагмы относительно исходного уровня составили 25,5–25,6 %. Большинство пациентов отметили субъективное уменьшение степени одышки, однако объективная оценка в виде спирографического тестирования не проводилась с целью ограничения нагрузок на диафрагму.

При регистрации спирометрических показателей через 1, 6 и 12 мес. после операции отмечено достоверное улучшение функции внешнего дыхания наряду со снижением показателя уровня расположения диафрагмы относительно значений до операции. Так, прирост показателей ФЖЕЛ через 1 мес. после операции в среднем составил 16,5 %, через 6 мес. – 19,5 %, через 12 мес. – 20,1 % по сравнению с дооперационными показателями. Подобная картина отмечена при исследовании ОФВ1: наблюдался статистически значимый прирост через 1 мес. после операции на 12,6 %, через 6 мес. – на 10,1 %, через 12 мес. – на 12,7 %.

При оценке КЖ согласно опроснику SF-36 отмечено, что большинство показателей увеличилось уже в первый месяц после хирургического лечения. По мере наращивания физических нагрузок в первый месяц после операции у ряда пациентов зафиксирован пик роста физической функции до 54 % от исходных данных ($p < 0,05$). Оценка ролевой функции как индикатора социального успеха в обществе через 1 месяц после операции у ряда пациентов выросла на 150 %, что также соответствует статистической достоверности ($p < 0,05$). При этом пациенты, отметив непосредственно после операции достоверное улучшение КЖ, в отдаленные периоды после хирургических вмешательств не отмечали снижения его уровня. Полученные данные оценки КЖ согласно опроснику EQ-5D-5L:

максимальный и значимый прирост значений также демонстрировался через месяц после операции с выходом на равномерное плато в отдаленных периодах. Согласно опроснику SGRQ через месяц после хирургического вмешательства выраженность влияния заболевания на общее состояние пациентов снижалась, что подтверждалось достоверным снижением суммарного балла ($p < 0,05$).

В результате исследования зафиксированы статистически значимые изменения параметров оценки КЖ у пациентов после операции. Тенденцию к повышению уровня КЖ продемонстрировали все используемые опросники уже через 1 месяц после хирургического вмешательства без значительных изменений в отдаленные периоды.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что имплантаты из пористого никелида титана в хирургии диафрагмы, благодаря должной биосовместимости, обладают абсолютными преимуществами в сравнении с медицинским фетром. Пликация купола диафрагмы с укреплением шва протекторами из пористого никелида титана обеспечивает эффективное и надежное восстановление купола с удовлетворительными непосредственными и отдаленными результатами.

ВЫВОДЫ

1. Разработанный способ хирургического лечения релаксации диафрагмы, благодаря применению протекторов из пористого никелида титана, позволяет эффективно и надежно восстанавливать релаксированный купол. Форма и размеры протекторов адаптированы для применения как при открытых операциях, так и с использованием малоинвазивных технологий.

2. Протекторы из пористого никелида титана оптимально интегрируются с диафрагмой и окружающими тканями, формируя единый комплексный регенерат. Абсолютным преимуществом разработанных протекторов по сравнению с медицинским фетром является должная биосовместимость и отсутствие эффекта биодеградации при длительном функционировании.

3. Разработанный способ двухпортовой видеоассистированной торакоскопической пликации позволяет возвращать нормальное расположение купола диафрагмы и улучшать функциональные показатели в разные сроки после операции. Значимое снижение показателя уровня элевации диафрагмы достигается в раннем послеоперационном периоде и составляет 25,6 % от исходного, а функциональный эффект – через 12 месяцев в виде прироста ФЖЕЛ на 20,1 % и ОФВ1 на 12,7 %.

4. Хирургическое восстановление релаксированного купола диафрагмы позволяет достоверно улучшать качество жизни пациентов согласно результатам всех используемых опросников. Достоверное улучшение отмечается через 1 месяц после операции в виде прироста физической функции до 54 % и ролевой функции в обществе до 150 % с сохранением показателей через 12 месяцев.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При выполнении операций на диафрагме с использованием двухпортового видеоассистированного торакоскопического доступа первым этапом необходимо установить порт в 4-м межреберье по средней подмышечной линии для видеокамеры. Из этой точки обеспечивается адекватная визуализация всех отделов купола диафрагмы без конфликта телескопа с эндоскопическими инструментами.

2. Рабочий доступ выполняется по передней подмышечной линии в условиях карбокситоракса 10–12 мм рт. ст. Межреберье для доступа выбирается по принципу расположения выше уровня релаксированного купола диафрагмы. Указанный прием позволяет все дальнейшие хирургические манипуляции осуществлять в одной рабочей плоскости, что упрощает действия хирурга.

3. Из растянутого купола первоначально формируется складка, далее по центру накладывается первая прошивная лигатура. Дальнейшая пликация осуществляется в латеральном и медиальном направлениях, формируя новый контур купола диафрагмы. При проведении иглы через складку следует убедиться в отсутствии между слоями тканей органов брюшной полости.

4. В качестве шовного материала необходимо использовать синтетическую нерассасывающуюся полифиламентную нить (лавсан 2 или этибонд 2/0) на атравматичной игле. После прошивания диафрагмы экстракорпорально на нить надевают протектор из пористого никелида титана и формируют узел. Погружение протектора и узла осуществляют толкателем с последующим затягиванием под контролем камеры.

5. Завершают вмешательство дренированием плевральной полости с установлением одного дренажа через порт для видеокамеры.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

СКТ	– спиральная компьютерная томография
СЭМ	– сканирующая электронная микроскопия
ФВД	– функция внешнего дыхания форсированного выдоха
ФЖЕЛ	– форсированная жизненная емкость легких
ХОБЛ	– хроническая обструктивная болезнь легких
ASA	– классификации физического статуса пациентов Американского общества анестезиологов
EuroQ-5D-5L	– стандартизированный показатель качества жизни, связанного со здоровьем
MOS SF-36	– Medical Outcomes Study Short Form-36 (система оценки качества жизни)
Pdi	– трансдиафрагмальное давление
RATS	– Robotic-Assisted Thoracic Surgery
SF-36	– Short Form-36
SGRQ	– респираторный вопросник Госпиталя святого Георгия (система оценки общего воздействия респираторной патологии на состояние здоровья)
VATS	– Video-Assisted Thoracic Surgery

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ осложнений торакоскопических оперативных методов лечения буллезной формы эмфиземы легких / Ю. В. Чикинев, Е. А. Дробязгин, А. Ю. Литвинцев // Сибирский научный медицинский журнал. – 2018. – Т. 38, № 1. – С. 65-68. DOI 10.15372/SSMJ20180110
2. Базылев, В. В. Анализ положения и подвижности диафрагмы у взрослых с нормальной функцией легких до и после кардиохирургических операций / В. В. Базылев, Т. И. Парамонова, А. В. Вдовкин // Лучевая диагностика и терапия. – 2017. – Т. 1. – С. 53–63. DOI 10.22328/2079-5343-2017-1-53-63
3. Борзых, А. А. Диафрагма: связь регуляции кровоснабжения с особенностями сократительной функции / А. А. Борзых, О. Л. Виноградова, О. С. Тарасова // Вестник Московского университета. Серия 16: Биология. – 2020. – Т. 7, № 2. – С. 55–64.
4. Бугаевский, К. А. История анатомии и хирургии в отражении средств коллекционирования / К. А. Бугаевский, М. В. Пешикова, О. В. Пешиков // Непрерывное медицинское образование и наука. – 2021. – Т. 16, № 3. – С. 25–30.
5. Видеоторакоскопическая коррекция посттравматической диафрагмальной грыжи через 62 года после ранения грудобрюшной преграды / Е. Б. Топольницкий, Н. А. Шефер, Е. С. Марченко, Р. А. Михед // Хирургия. Журнал им. Н. И. Пирогова. – 2022. – № 2. – С. 62–66. DOI 10.17116/hirurgia202202162
6. Возможности краткосрочной пульморехабилитации в предоперационной подготовке больных раком легкого на фоне ХОБЛ / Н. А. Шефер, Е. Б. Топольницкий, Е. С. Дроздов, Г. Ц. Дамбаев // Сибирское медицинское обозрение. – 2021. – № 3 (129). – С. 66–72. DOI 10.20333/25000136-2021-3-66-72.
7. Выбор оперативного доступа в хирургии множественных и флотирующих переломов ребер / Е. А. Корымасов, А. С. Беньян // Вестник экспериментальной и клинической хирургии. – 2015. – Т. 8, № 4. – С. 342-350.

8. Гайворонский, И. В. Нормальная анатомия человека: учеб. для мед. вузов / И. В. Гайворонский. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб. : СпецЛит, 2001. – Т. 1. – 560 с.
9. Гайнутдинов, А. Р. Трансдиафрагмальное давление и его компоненты у больных ХОБЛ / А. Р. Гайнутдинов, Э. И. Басто, З. Р. Сайфутдинова // Практическая медицина. – 2004. – № 2 (7). – С. 21–23.
10. Дамбаев, Г. Ц. Имплантаты с памятью формы в торакальной хирургии / Г. Ц. Дамбаев, Е. Б. Топольницкий, В. Э. Гюнтер. – Томск : НПП МИЦ; 2016. – 232 с.
11. Двухпортовая видеоассистированная торакоскопическая пликация релаксированной диафрагмы / Е. Б. Топольницкий, Р. А. Михед, Н. А. Шефер, Е. С. Марченко // Эндоскопическая хирургия. – 2022. – Т. 28, № 6. – С. 12–21. DOI 10.17116/endoskop20222806112.
12. Есаков, Ю. С. Выбор метода пластики диафрагмы при приобретенной релаксации с позиции доказательной медицины / Ю. С. Есаков, А. А. Печетов, А. Ю. Грицюта // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. – 2014. – № 11. – С. 88–91.
13. Замещение пострезекционных дефектов перикарда, диафрагмы, грудной стенки сетчатым имплантатом из никелида титана / Е. Б. Топольницкий, Г. Ц. Дамбаев, Н. А. Шефер [и др.] // Вопросы реконструктивной и пластической хирургии. – 2012. – Т. 15.1, № 40. – С. 14–21.
14. Изуткин, Д. А. История становления основ научной анатомии / Д. А. Изуткин // Медицинский альманах. – 2017. – № 2 (47). – С. 38–41.
15. Интегральный индекс качества жизни как критерий эффективности видеолапароскопического антирефлюксного вмешательства у больных грыжей пищеводного отверстия диафрагмы, сочетанной с гастроэзофагеальной рефлюксной болезнью / В. И. Оскретков, Е. А. Цеймах, А. Р. Андреасян [и др.] // Эндоскопическая хирургия. – 2023. – Т. 29, № 2. – С. 29–33. DOI 10.17116/endoskop20232902129
16. Кожевников, М. А. Оценка качества жизни больных после реконструктивных операций при рубцовых сужениях пищевода /

М. А. Кожевников, М. Б. Скворцов, В. А. Белобородов // Хирургия. Журнал им. Н. И. Пирогова. – 2020. – Т. 4. – С. 18–23. DOI 10.17116/hirurgia202004118

17. Лечение постреанимационных рубцовых стенозов трахеи после перенесенной коронавирусной пневмонии Covid-19 / Е. Б. Топольницкий, Н. А. Шефер, Д. В. Капитанова, В. Ф. Подгорнов // Хирургия. Журнал им. Н. И. Пирогова. – 2022. – № 4. – С. 5–10. DOI 10.17116/hirurgia20220415

18. Лечение рубцового стеноза трахеи и трахеопищеводного свища у больных, перенесших COVID-19-пневмонию / В. Д. Паршин, С. Н. Авдеев, М. А. Русаков [и др.] // Хирургия. Журнал им. Н. И. Пирогова. – 2023. – Т. 1. – С. 13–22. DOI 10.17116/hirurgia202301113

19. Липатов, В. А. Этические и правовые аспекты проведения экспериментальных биомедицинских исследований *in vivo*. Ч. I / В. А. Липатов, Д. А. Северинов, А. А. Крюков // Российский медико-биологический вестник имени академика И. П. Павлова. – 2019. – Т. 27, № 1. – С. 80–92. DOI 10.23888/PAVLOVJ201927180-92

20. Максименков, А. Н. Хирургическая анатомия живота / А. Н. Максименков. – Ленинград : Медицина, 1972. – 688 с.

21. Овнатанян, К. Т. Заболевания диафрагмы / К. Т. Овнатанян, Л. Г. Завгородний. – Киев : Здоровье, 1967. – 270 с.

22. Одномоментная видеоторакоскопическая коррекция посттравматической диафрагмальной грыжи и гигантской буллы легкого / Е. Б. Топольницкий, Н. А. Шефер, Д. В. Капитанова, Р. А. Михед // Эндоскопическая хирургия. – 2021. – Т. 27, № 3. – С. 39–44. DOI 10.17116/endoskop20212703139

23. Особенности интеграции двухслойного металлотрикотажа из никелида титана при замещении торакоабдоминального дефекта в эксперименте / Е. Б. Топольницкий, Н. А. Шефер, Е. С. Марченко [и др.] // Acta Biomedica Scientifica (East Siberian Biomedical Journal). – 2023. – Т. 8, № 2. – С. 244–253. DOI 10.29413/ABS.2023-8.2.24

24. Особенности пористого никелида титана, полученного методом СВС: структура, коррозионная стойкость, биосовместимость / Ю. Ф. Ясенчук, Е. С. Марченко, С. В. Гюнтер [и др.]. – Томск : Национальный исследовательский Томский государственный университет, 2020. – 112 с.

25. Паромов, К. В. Лечение дисфункции диафрагмы в послеоперационном периоде кардиохирургического вмешательства: обзор литературы и клинический случай / К. В. Паромов, Д. А. Свирский, М. Ю. Киров // Вестник интенсивной терапии имени А.И. Салтанова. – 2022. – № 3. – С. 57–68. DOI 10.21320/1818-474X-2022-3-57-68

26. Паршин, В. Д. Хирургия релаксации диафрагмы / В. Д. Паршин, М. А. Хетагуров // Хирургия. Журнал им. Н. И. Пирогова. – 2018. – № 3-2. – С. 4–14. DOI 10.17116/hirurgia2018324-14

27. Патент № 2744533 С1 Российская Федерация, МПК А61В 17/00, А61F 2/00. Способ хирургического лечения релаксации диафрагмы : № 2020124557 : заявл. 14.07.2020 : опубл. 11.03.2021 / Фокеев С. Д., Капитулин С. Ю., Казанцева Е. С. ; патентообладатель Фокеев Сергей Дмитриевич. – Бюл № 8. – 8 с.

28. Патент № 2760780 С1 Российская Федерация, МПК А61В 17/00, А61L 27/06. Способ лечения релаксации диафрагмы : № 2020140658 : заявл. 09.12.2020 : опубл. 30.11.2021 / Топольницкий Е. Б., Марченко Е. С., Шефер Н. А., Ясенчук Ю. Ф., Чекалкин Т. Л., Михед Р. А.; патентообладатели Топольницкий Е. Б., Марченко Е. С., Шефер Н. А., Ясенчук Ю. Ф., Чекалкин Т. Л., Михед Р. А. – Бюл. № 34. – 8 с.

29. Петровский, Б. В. Хирургия диафрагмы / Б. В. Петровский, Н. Н. Каншин, Н. О. Николаев. – М., 1966. – 356 с.

30. Петровский, Б. В. Хирургия некоторых заболеваний диафрагмы / Б. В. Петровский, В. С. Моисеев, И. И. Платов // Хирургия. – 2000. – № 7. – С. 23–27.

31. Петровский, Б. В. Хирургия диафрагмы / Б. В. Петровский, Н. Н. Каншин, Н. О. Николаев. – Ленинград : Медицина, 1965. – 336 с.

32. Просветов, В. А. Исторические аспекты изучения анатомии диафрагмы / В. А. Просветов // Морфология на рубеже веков : материалы Всероссийской

юбилейной научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Героя Советского Союза генерал-майора медицинской службы профессора Е. А. Дыскина, Санкт-Петербург, 14 января 2023 года. – С-Пб. : Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова, 2023. – С. 140–143.

33. Реакция тканей на сетчатый имплантат из никелида титана после замещения пострезекционных дефектов анатомических структур грудной клетки / Е. Б. Топольницкий, Г. Ц. Дамбаев, В. Н. Ходоренко [и др.] // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2012. – Т. 153, № 3. – С. 366–370.

34. Реконструкция диафрагмального нерва при опухолевом поражении. Первый случай в России / Д. В. Базаров, Г. А. Казарян, Р. Т. Адамян [и др.] // Вопросы реконструктивной и пластической хирургии. – 2023. – Т. 26, № 2(85). – С. 43–48. DOI 10.52581/1814-1471/85/05

35. Реконструкция пострезекционных дефектов грудной стенки при хирургическом лечении больных инвазивным немелкоклеточным раком легкого / Е. Б. Топольницкий, Н. А. Шефер, Е. С. Марченко [и др.] // Хирургия. Журнал им. Н. И. Пирогова. – 2022. – № 12. – С. 31–40. DOI 10.17116/hirurgia202212131

36. Стеноз трахеи и релаксация диафрагмы постковидной этиологии / Д. В. Базаров, А. Ю. Григорчук, Г. А. Казарян [и др.] // Пульмонология. – 2023. – Т. 33, № 3. – С. 414–419. DOI 10.18093/0869-0189-2023-3515

37. Татур, А. А. Заболевания и повреждения диафрагмы: учебно-методическое пособие / А. А. Татур. – Минск : БГМУ, 2018. – 70 с.

38. Топольницкий, Е. Б. Видеоторакоскопические вмешательства при опухолях и кистах средостения / Е. Б. Топольницкий, Ю. А. Бородина // Эндоскопическая хирургия. – 2020. – Т. 26, № 6. – С. 17–21. DOI 10.17116/endoskop20202606117

39. Топольницкий, Е. Б. Замещение пострезекционных дефектов грудной клетки тканевым имплантатом на основе наноструктурной никелид-титановой нити / Е. Б. Топольницкий, Г. Ц. Дамбаев, В. Э. Гюнтер // Хирургия. Журнал им. Н. И. Пирогова. – 2011. – № 10. – С. 47–53.

40. Топольницкий, Е. Б. Качество жизни пациентов с односторонней релаксацией диафрагмы после хирургического лечения / Е. Б. Топольницкий, Н. А. Шефер // Хирургия. Журнал им Н. И. Пирогова. – 2024. – № 5. – С. 21–27. DOI 10.17116/hirurgia202405121.

41. Успешное лечение больного с гигантской посттравматической грыжей правого купола диафрагмы / А. В. Юрасов, Е. В. Хабарова, Е. Ю. Гусев [и др.] // Хирургическая практика. – 2014. – № 4. – С. 34–37.

42. Хетагуров, М. А. Реконструктивные операции на диафрагме в плановой торакальной хирургии : специальность 14.01.17 «Хирургия» : диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Хетагуров Михаил Александрович. – М., 2019. – 111 с.

43. Хирургия релаксации диафрагмы: со времен Б.В. Петровского до наших дней / А. Ю. Григорчук, Д. В. Базаров, М. А. Выжигина [и др.] // Хирургия. Журнал им. Н. И. Пирогова. – 2018. – № 7. – С. 60–66. DOI 10.17116/hirurgia2018760

44. Шефер, Н. А. Концепция программы ускоренного выздоровления торакальных пациентов высокого операционного риска / Н. А. Шефер, Е. Б. Топольницкий // Хирургия. Журнал им. Н. И. Пирогова. – 2023. Т. 2. – С. 21-29. DOI 10.17116/hirurgia202302121

45. Шефер, Н. А. Результаты и особенности хирургического лечения рака легкого после перенесенной COVID-19 ассоциированной пневмонии / Н. А. Шефер, Е. Б. Топольницкий, Г. Ц. Дамбаев // Хирургия. Журнал им. Н. И. Пирогова. – 2021. – Т. 12. – С. 15–19. DOI 10.17116/hirurgia202112115

46. Этические и правовые аспекты проведения экспериментальных биомедицинских исследований *in vivo*. Ч. II / В. А. Липатов, Д. А. Северинов, А. А. Крюков, А. Р. Саакян // Российский медико-биологический вестник имени академика И. П. Павлова. – 2019. – Т. 27, № 2. – С. 245–257. DOI 10.23888/PAVLOVJ2019272245-257

47. A case of diaphragmatic paralysis complicated by herpes-zoster viral infection / M. Oike, T. Naito, M. Tsukada [et al.] // Int. Med. – 2012. – Vol. 51. – P. 1259–1263.

48. A new method of surgical treatment of diaphragm relaxation / S. D. Fokeev, S. Yu. Kapitulin, Ye. S. Kazantseva [et al.] // *Science & Healthcare*. – 2022. – Vol. 24, N 2. – P. 211–216. DOI 10.34689/SH.2022.24.2.026
49. A preliminary report on the feasibility of single-port thoracoscopic surgery for diaphragm plication in the treatment of diaphragm eventration / H. Wu, C. Chen, H. Chang [et al.] // *J. Cardiothorac. Surg.* – 2013. – Vol. 8. – P. 224.
50. A simple technique for the thoracoscopic plication of the diaphragm / Z. Hwang, J. S. Shin, Y. H. Cho [et al.] // *Chest*. – 2003. – Vol. 124. – P. 376–378.
51. Agarwal, A. K. Diaphragm Eventration. 2023. Jul. 24 / A. K. Agarwal, N. A. Lone // *StatPearls [Internet]*. – Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2024.
52. Ahn, J. H. Robot-assisted thoracoscopic surgery with simple laparoscopy for diaphragm eventration / J. H. Ahn, J. H. Suh, J. Y. Jeong // *Thorac. Cardiovasc. Surg.* – 2013. – Vol. 61. – P. 499–501.
53. 54 American Thoracic Society/European Respiratory Society. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing // *Am. J. Respir. Crit. Care. Med.* – 2002. – Vol. 166, N 4. – P. 518–624. DOI 10.1164/rccm.166.4.518
54. An oncologic emergency case of massive dedifferentiated liposarcoma of the small bowel mesentery / R. Mori, T. Ogino, S. Fujino [et al.] // *Clin. J. Gastroenterol.* – 2021. – Jun. – Vol. 14, N 3. – P. 759–764. DOI 10.1007/s12328-021-01350-5
55. Balci, A. E. Clinical and surgical specifications of adult unilateral diaphragmatic eventration according to their aetiology in 28 patients. Importance of using diaphragmatic patch and minimal thoracotomy incision / A. E. Balci, M. O. Ozyurtkan // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* – 2010. – N 37. – P. 606–612.
56. Baskaralingam, A. Parésies et paralysies diaphragmatiques [Diaphragmatic paralysis and paresis : review] / A. Baskaralingam, L. Nicod, R. Manzoni // *Rev. Med. Suisse*. – 2020. – Sep. – Vol. 9, N 16(705). – P. 1646–1651.
57. Beloor Suresh, A. Myasthenia Gravis. 2023, Aug. 8 / A. Beloor Suresh, R. M. D. Asuncion // *StatPearls [Internet]*. – Treasure Island (FL) : StatPearls Publishing, 2024.

58. Berard, M. Diaphragmatic eventration following left pneumonectomy / M. Berard, J. C. Sournia // *La Presse medicale*. – 1952. – Vol. 60, N 42. – P. 939–940.
59. Bilateral diaphragmatic paralysis in a HIV patient: second reported case and literature review / M. J. Melero, M. E. Mazzei, B. Bergroth [et al.] // *Lung India*. – 2014. – Vol. 31, N 2. – P. 149–151.
60. Bilateral phrenic paralysis in a patient with systemic lupus erythematosus / K. Hardy, I. Herry, V. Attali [et al.] // *Chest*. – 2001. – Vol. 119, N 4. – P. 1274–1277. DOI 10.1378/chest.119.4.1274
61. Butsch, W. L. A technique for the surgical treatment of congenital eventration of the diaphragm in infancy; report of a case / W. L. Butsch, L. J. Leahy // *The Journal of thoracic surgery*. – 1950. – Vol. 20, N 6. – P. 968–973.
62. Compression of the right atrium due to coexistence of diaphragmatic eventration and Chilaiditi's syndrome / P. Hountis, P. Ikonomidis, A. Stamatelopoulos, M. Douzinas // *Thorac. Cardiovasc. Surg.* – 2008. – N 56. – P. 365–367.
63. COVID-19 Associated Unilateral Diaphragm Paralysis: A Case Report / F. Hassanali, K. Ahmadikia, M. S. Mirenayat [et al.] // *Tanaffos*. – 2022. – Vol. 21, N 4. – P. 516–519.
64. Crus Atrophy: Accuracy of Computed Tomography in Diagnosis of Diaphragmatic Paralysis / W. Sukkasem, S. G. Moftah, G. Kicska [et al.] // *J. Thorac. Imaging*. – 2017. – Vol. 32, N 6. – P. 383–390. DOI 10.1097/RTI.0000000000000276
65. Diagnostik und Therapie der gestörten Zwerchfellfunktion [Diagnosis and Treatment of Diaphragmatic Dysfunction] / W. Windisch, B. Schönhofer, F. S. Magnet [et al.] // *Pneumologie*. – 2016. – Vol. 70, N 7. – P. 454–461. DOI 10.1055/s-0042-106694
66. Diaphragm dysfunction after severe COVID-19: An ultrasound study / A. Boussuges, P. Habert, G. Chaumet [et al.] // *Front. Med. (Lausanne)*. – 2022. – Vol. 9. – P. 949281. DOI 10.3389/fmed.2022.949281
67. Diaphragm plication in adult patients with diaphragm paralysis leads to long-term improvement of pulmonary function and level of dyspnea / M. I. Versteegh [et al.] // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* – 2007. – Vol. 32, N 3. – P. 449–456.

68. Diaphragmatic dysfunction / J. Ricoy, N. Rodríguez-Núñez, J. M. Álvarez-Dobaño [et al.] // *Pulmonology*. – 2019. – Vol. 25, N 4. – P. 223–235. DOI 10.1016/j.pulmoe.2018.10.008

69. Diaphragmatic function, diaphragmatic paralysis and eventration of the diaphragm // *General thoracic surgery* // ed. T. W. Shields. – Malvern : Williams and Wilkins, 1994. – P. 607–612.

70. Diaphragmatic plication for iatrogenic respiratory insufficiency after cardiothoracic surgery / T. Uchida, Y. Tanaka, N. Shimizu [et al.] // *J. Thorac. Dis.* – 2019. – Vol. 11. – P. 3704–3711.

71. Diaphragmatic plication for unilateral diaphragmatic paralysis: a 10-year experience / D. R. Graham, D. Kaplan, C. C. Evans [et al.] // *Ann. Thorac. Surg.* – 1990. – Vol. 49. – P. 248–252.

72. Diaphragmatic rupture due to massive gastric volvulus after robotic-assisted diaphragm plication / A. M. De Gregorio, K. R. Shen, L. F. Tapias [et al.] // *J. Surg. Case Rep.* – 2024. N 9. – P. rjae546. DOI 10.1093/jscr/rjae546

73. Dindo, D. Classification of surgical complications: a new proposal with evaluation in a cohort of 6336 patients and results of a survey / D. Dindo, N. Demartines, P. Clavien // *Ann. Surg.* – 2004. – Vol. 240. – P. 205–213.

74. Downey, R. Anatomy of the normal diaphragm / R. Downey // *Thorac. Surg. Clin.* – 2011. – Vol. 21, N 2. – P. 273–279. DOI 10.1016/j.thorsurg.2011.01.001

75. Early hemidiaphragmatic plication through a video assisted minithoracotomy in postcardiotomy phrenic nerve paresis / K. Tsakiridis, A. N. Visouli, P. Zarogoulidis [et al.] // *J. Thorac. Dis.* – 2012. – Vol. 4 (Suppl. 1). – P. 56–68.

76. Evaluación de la parálisis diafragmática con ultrasonido y espirometría: comparación del bloqueo supraclavicular vs bloqueo interescalénico en cirugía de hombro [Evaluation of diaphragmatic paralysis with ultrasound and spirometry: comparison of supraclavicular vs interscalene block in shoulder surgery] / J. Morales-Nuño, A. A. Peña-Riveron, M. Ruiz-Suárez [et al.] // *Acta. Ortop. Mex.* – 2022. – Vol. 36, N 4. – P. 202–209.

77. Evaluation of clinical performance of tini-based implants used in chest wall repair after resection for malignant tumors / E. Topolnitskiy, T. Chekalkin, E. Marchenko [et al.] // *Journal of Functional Biomaterials*. – 2021. – Vol. 12, N 4. DOI 10.3390/jfb12040060
78. Eventration of the diaphragm in the adult – 20 cases / G. P. Donzeau-Gouge, C. Personne, J. Lechien [et al.] // *Sem. Hop*. – 1982. – N 58. – P. 2065–2068.
79. Extended use of diaphragm pacing in patients with unilateral or bilateral diaphragm dysfunction: a new therapeutic option / R. P. Onders, M. Elmo, C. Kaplan [et al.] // *Surgery*. – 2014. – Vol. 156, N 4. – P. 776–784. DOI 10.1016/j.surg.2014.07.021
80. Fackler, C. D. Effect of unilateral phrenic nerve section on lung function / C. D. Fackler, G. E. Perret, G. N. Bedell // *J. Appl. Physiol.* – 1967. – Vol. 23, N 6. – P. 923–926. DOI 10.1152/jappl.1967.23.6.923
81. Freeman, R. K. Functional and physiologic results of video-assisted thoracoscopic diaphragm plication in adult patients with unilateral diaphragm paralysis / R. K. Freeman, T. C. Wozniak, E. B. Fitzgerald // *Ann. Thorac. Surg.* – 2006. – Vol. 81. – P. 1853–1857.
82. Functional recovery of diaphragm paralysis: a long-term follow-up study / G. Gayan-Ramirez, N. Gosselin, T. Troosters [et al.] // *Respir. Med.* – 2008. – Vol. 102, N 5. – P. 690–698. DOI 10.1016/j.rmed.2008.01.001
83. Functional restoration of diaphragmatic paralysis: an evaluation of phrenic nerve reconstruction / M. R. Kaufman, A. I. Elkwood, A. R. Colicchio [et al.] // *Ann. Cardiothorac. Surg.* – 2014. – N 97. – P. 260–266.
84. Gharagozloo, F. Thoracoscopic plication of the diaphragm / F. Gharagozloo, S. D. McReynolds, L. Snyder // *Surg. Endosc.* – 1995. – N 9. – P. 1204–1206.
85. Glenn, W. W. Diaphragm pacing by electrical stimulation of the phrenic nerve / W. W. Glenn, M. L. Phelps // *Neurosurgery*. – 1985. – Vol. 17, N 6. – P. 974–984. DOI 10.1227/00006123-198512000-00021
86. Groth, S. S. Diaphragmatic eventration / S. S. Groth, R. S. Andrade // *Thorac. Surg. Clin.* – 2009. – Vol. 19, N 4. – P. 511–519.

87. Guillain-Barré syndrome associated with COVID-19: A systematic review / V. Pimentel, V. W. Luchsinger, G. L. Carvalho [et al.] // *Brain. Behav. Immun. Health.* – 2023. – Mar. – Vol. 28. – P. 100578. DOI 10.1016/j.bbih.2022.100578
88. Hall, A. Quality of Life and Value Assessment in Health Care / A. Hall // *Health Care Anal.* – 2020. – Vol. 28, N 1. – P. 45–61. DOI 10.1007/s10728-019-00382-w
89. Hirschfeld, S. Mechanical ventilation or phrenic nerve stimulation for treatment of spinal cord injury-induced respiratory insufficiency / S. Hirschfeld, E. G. Luukkaala, G. A. Baer // *Spinal. Cord.* – 2008. – Vol. 46, N 11. P. 738–742. DOI 10.1038/sc.2008.43
90. Imaging of the diaphragm: anatomy and function / L. K. Nason, C. M. Walker, M. F. McNeeley [et al.] // *Radiographics.* – 2012. – Vol. 32, N 2. – P. 51–70.
91. Inspiratory muscle training for diaphragm dysfunction after cardiac surgery / M. Kodric, R. Trevisan, C. Torregiani [et al.] // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* – 2013. – Vol. 145, N 3. – P. 819–823. DOI 10.1016/j.jtcvs.2012.07.087
92. Is sacrificing the phrenic nerve during thymoma resection worthwhile? / S. Hamdi, O. Mercier, E. Fadel [et al.] // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* – 2014. – N 45. – P. e151–155.
93. Is surgical plication necessary in diaphragm eventration? S. Özkan, Ü Yazici, E. Aydin, N. Karaoğlanoğlu // *Asian J Surg.* – 2016. – Vol. 39, N 2. – P. 59–65. DOI 10.1016/j.asjsur.2015.05.003
94. Kaufman, M. R. Phrenic nerve paralysis and phrenic nerve reconstruction surgery / M. R. Kaufman, N. Ferro, E. Paulin // *Handb. Clin. Neurol.* – 2022. – Vol. 189. – P. 271–292. DOI 10.1016/B978-0-323-91532-8.00003-3
95. Kilaru, D. Diaphragm Ultrasound in Weaning From Mechanical Ventilation / D. Kilaru, N. Panebianco, C. Baston // *Chest.* – 2021. – Vol. 159, N 3. – P. 1166–1172. DOI 10.1016/j.chest.2020.12.003
96. Kim, D. H. Thoracoscopic diaphragmatic plication using three 5 mm ports / D. H. Kim, J. Joo Hwang, K. D. Kim // *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* – 2007. – Vol. 6. – P. 280–281.

97. Kocher, G. J. Completely thoracoscopic diaphragmatic plication / G. J. Kocher, A. Zehnder, R. A. Schmid // *World. J. Surg.* – 2017. – Vol. 41. – P. 1019–1022.
98. Laghi, F. A. Jr. Ultrasound and non-ultrasound imaging techniques in the assessment of diaphragmatic dysfunction / F. A. Jr. Laghi, M. Saad, H. Shaikh // *BMC Pulm. Med.* – 2021. – Vol. 21, N 1. – P. 85. DOI 10.1186/s12890-021-01441-6
99. Langley, G. J. A case of diaphragmatic hernia / G. J. Langley // *British medical journal.* – 1922. – Vol. 1, N 3186. – P. 90–91.
100. Laparoscopic diaphragmatic plication for diaphragmatic paralysis and eventration: an objective evaluation of short-term and midterm results / S. S. Groth, N. M. Rueth, T. Kast [et al.] // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* – 2010. – Vol. 139. – P. 1452–1456.
101. Laparoscopic diaphragmatic plication: long-term results of a novel surgical technique for postoperative phrenic nerve palsy / T. P. Huttl, M. W. Wichmann, B. Reichart [et al.] // *Surg. Endosc.* – 2004. – Vol. 18, N 3. – P. 547–551.
102. Laparoscopic robot-assisted diaphragm plication / B. A. Zwischenberger, N. Kister, J. B. Zwischenberger [et al.] // *Ann. Thorac. Surg.* – 2016. – Vol. 101. – P. 369–371.
103. Leduc, D. Mechanism of increased inspiratory rib elevation in ascites / D. Leduc, A. De Troyer // *J. Appl. Physiol.* (1985). – 2009. – Sep. – Vol. 107, N 3. – P. 734–740. DOI 10.1152/jappphysiol.00470.2009
104. Lerche, W. Insufficiency (eventration) of the diaphragm / W. Lerche // *Surgery, gynecology & obstetrics.* – 1922. – N 34. – P. 224–229.
105. Long term results of diaphragmatic plication for unilateral diaphragm paralysis / S. M. Higgs, A. Hussain, M. Jackson [et al.] // *European journal of cardiothoracic surgery.* – 2002. – Vol. 21, N 2. – P. 294–297.
106. Long-term follow-up of the functional and physiologic results of diaphragm plication in adults with unilateral diaphragm paralysis / R. K. Freeman, J. Van Woerkom, A. Vyverberg [et al.] // *Ann. Thorac. Surg.* – 2009. – Vol. 88, N 4. – P. 1112–1117.

107. Management of complicated diaphragmatic hernia in the acute setting: a WSES position paper / M. Giuffrida, G. Perrone, F. Abu-Zidan [et al.] // *World. J. Emerg. Surg.* – 2023. – Vol. 18, N 1. – P. 43. DOI 10.1186/s13017-023-00510-x

108. Martinez, F. J. Hypothyroidism. A reversible cause of diaphragmatic dysfunction / F. J. Martinez, M. Bermudez-Gomez, B. R. Celli // *Chest.* – 1989. – Vol. 96, N 5. – P. 1059–1063. DOI 10.1378/chest.96.5.1059

109. May, L. A. Ultrasound imaging of diaphragmatic motion / L. A. May, M. Epelman, O. M. Navarro // *Pediatr. Radiol.* – 2022. – Vol. 52, N 10. – P. 2051–2061. – DOI 10.1007/s00247-022-05430-7

110. Merav, A. D. Successful repair of a transected phrenic nerve with restoration of diaphragmatic function / A. D. Merav, L. A. Attai, D. D. Condit // *Chest.* – 1983. – Vol. 84, N 5. – P. 642–644.

111. Minimally Invasive Diaphragm Plication for Acquired Unilateral Diaphragm Paralysis: A Systematic Review / A. I. Gritsiuta, M. Gordon, C. T. Bakhos [et al.] // *Innovations (Phila.)*. – 2022. – Vol. 17, N 3. – P. 180–190. DOI 10.1177/15569845221097761

112. Minimally invasive plication of the diaphragm: a single-center prospective study / M. Nardini, S. Jayakumar, M. Migliore [et al.] // *Innovations.* – 2021. – Vol. 16. – P. 343–349.

113. Monahan, D. T. Eventration of the diaphragm repaired with tantalum mesh / D. T. Monahan // *The New England journal of medicine.* – 1951. – Vol. 244, N 13. – P. 475–477. DOI 10.1056/NEJM195103292441304

114. Monitoring recovery from diaphragm paralysis with ultrasound / E. Summerhill, Y. El-Sameed, T. J. Glidden, F. D. McCool // *Chest.* – 2008. – Vol. 133, N 3. – P. 737–743. DOI 10.1378/chest.07-2200

115. Morgagni hernia - case reports / A. Svejnova, V. Treska, J. Safranek [et al.] // *Rozhl. Chir.* – 2020. – Vol. 99, N 7. – P. 323–325. DOI 10.33699/PIS.2020.99.7.323-325

116. Morrison, J. M. W. Eventration of diaphragm due to unilateral phrenic nerve paralysis / J. M. W. Morrison // *Arch. Radiol. Electrotherap.* – 1923. – Vol. 28. – P. 72–75.

117. Multimodality imaging of the pediatric diaphragm: anatomy and pathologic conditions/ G. B. Chavhan, P. S. Babyn, R. A. Cohen, J. C. Langer // *Radiographics*. – 2010. – Nov. – Vol. 30, N 7. – P. 1797–1817. DOI 10.1148/rg.307105046

118. Nelson, R. Spontaneous Recovery Following Traumatic Phrenic Nerve Palsy / R. Nelson, M. D. Haydock, D. A. Haydock // *Heart. Lung. Circ.* – 2016. – Vol. 25, N 12. – P. e165–e167. DOI 10.1016/j.hlc.2016.05.124

119. O'Toole, S. M. Unilateral Diaphragmatic Paralysis. / S. M. O'Toole, J. Kramer // *StatPearls* [Internet]. – Treasure Island (FL) : StatPearls Publishing, 2024.

120. Petit, J. L. Traite des maladies chirurgicales et des operations que leurs conviennent / J. L. Petit. – Paris, 1774. – 407 p.

121. Phrenic Nerve Reconstruction for Effective Surgical Treatment of Diaphragmatic Paralysis / M. R. Kaufman, E. I. Chang, T. Bauer [et al.] // *Ann. Plast. Surg.* – 2021. – Vol. 87, N 3. – P. 310–315. DOI 10.1097/SAP.0000000000002896

122. Plenk, A. Results with Rives' muscle graft in defective and lax diaphragm / A. Plenk // *Wiener medizinische Wochenschrift*. – 1951. – Vol. 101. – N 24–25. – P. 457–459.

123. Pseudoaneurysm presenting around polytetrafluoroethylene fiber following microvascular decompression: A case report and literature review / T. Tamada, T. Mikami, S. Komura [et al.] // *J. Clin. Neurosci.* – 2019. – Vol. 63:. – P. 231–234. DOI 10.1016/j.jocn.2019.01.041

124. Reinnervation of the paralyzed diaphragm: application of nerve surgery techniques following unilateral phrenic nerve injury / M. R. Kaufman, A. I. Elkwood, M. I. Rose [et al.] // *Chest*. – 2011. – Vol. 140. – P. 191–197.

125. Repair of huge thoracic defect combined with hernia after multimodality treatment of breast cancer / E. Topolnitskiy, T. Chekalkin, E. Marchenko, Y. Yasenchuk // *Respiratory Medicine Case Reports*. – 2021. – Vol. 34. – P. 101558. DOI 10.1016/j.rmcr.2021.101558

126. Ribet, M. Plication of the diaphragm for unilateral eventration or paralysis / M. Ribet, J. L. Linder // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* – 1992. – Vol. 6, N 7. – P. 357–360.

127. Rison, R.A. Bilateral phrenic neuropathies in a diabetic patient responsive to intravenous immunoglobulin: a case report / R. A. Rison, S. R. Beydoun // *Clin. Neurol. Neurosurg.* – 2011. – Vol. 113, N 9. – P. 788–791. DOI 10.1016/j.clineuro.2011.08.012
128. Robotic diaphragmatic plication for eventration: a retrospective analysis of efficacy, safety, and feasibility / B. Bin Asaf, S. Kodaganur Gopinath, A. Kumar [et al.] // *Asian. J. Endosc. Surg.* – 2021. – Vol. 14. – P. 70–76.
129. Robotic thoracoscopic plication for symptomatic diaphragm paralysis / T. Kwak, R. Lazzaro, H. Pournik [et al.] // *J. Robot. Surg.* – 2012. – Vol. 6. – P. 345–348.
130. Santos, Peral A. Diagnosis of diaphragmatic paralysis by ultrasound after cardiac surgery / A. Santos Peral, A. Gómez Carranza, R. Vicho Pereira // *Med. Intensiva* / (Engl. Ed). – 2023. – Vol. 47, N 2. – P. 120–121. DOI 10.1016/j.medine.2022.07.017
131. Shields, T. W. Diaphragmatic function, diaphragmatic paralysis and eventration of the diaphragm / T. W. Shields // *General thoracic surgery.* – 6th edition. – Lippincott, Williams and Wilkins, Philadelphia, 2004. – Vol. 1. – P. 740–745
132. Schneider, C. G. Das abdominelle Kompartiment-Syndrom [Abdominal compartment syndrome] / C. G. Schneider, J. Scholz, J. R. Izbicki // *Anesthesiol. Intensivmed. Notfallmed. Schmerzther.* – 2000. – Aug. – Vol. 35, N 8. – P. 523–529. – DOI 10.1055/s-2000-7088
133. Schwaiger, M. Surgery of the large congenital diaphragmatic defects and diaphragmatic aplasia / M. Schwaiger // *Langenbecks Archiv fur klinische Chirurgie ... vereinigt mit Deutsche Zeitschrift fur Chirurgie.* – 1953. – Vol. 277, N 4. – P. 417–421.
134. Seth, A. Polytetrafluoroethylene covered stents during PCI: Wanting more from our "savior" / A. Seth, V. P. Singh // *Catheter. Cardiovasc. Interv.* – 2019. – Vol. 94. N 4. – P. 562–563. DOI 10.1002/ccd.28517
135. Si, M. S. Expanded polytetrafluoroethylene right ventricle to pulmonary artery conduit: Time to adopt? / M. S. Si // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* – 2018. – Vol. 156, N 4. – P. 1637–1638. DOI 10.1016/j.jtcvs.2018.05.020
136. Skalsky, A. J. Evaluation of phrenic nerve and diaphragm function with peripheral nerve stimulation and M-mode ultrasonography in potential pediatric phrenic nerve or diaphragm pacing candidates / A. J. Skalsky, D. J. Lesser, C. M. McDonald //

Phys. Med. Rehabil. Clin. N. Am. – 2015. – Vol. 26, N 1. – P. 133–143.
DOI 10.1016/j.pmr.2014.09.010

137. Softening effects in biological tissues and niti knitwear during cyclic loading / Y. F. Yasenchuk, E. S. Marchenko, S. V. Gunter [et al.] // *Materials*. – 2021. – Vol. 14, N 21. DOI 10.3390/ma14216256

138. State, D. The surgical correction of congenital eventration of the diaphragm in infancy / D. State // *Surgery*. – 1949. – Vol. 25, N 3. – P. 461–468.

139. Successful immediate phrenic nerve reconstruction during mediastinal tumor resection / T. Schoeller, M. Öhlbauer, G. Wechselberger [et al.] // *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. – 2001. – Vol. 122, N 6. – P. 1235–1237.

140. Successful reinnervation of the diaphragm after phrenic nerve transection / R. T. Brouillette, Y. S. Hahn, Z. L. Noah [et al.] // *Journal of Pediatric Surgery*. – 1986. – Vol. 21, N 1. – P. 63–65.

141. Surgical treatment of diaphragmatic eventration using video- assisted thoracic surgery: a prospective study / J. Mouroux, N. Venisaac, F. Leo [et al.] // *Ann. Thorac. Surg.* – 2005. – Vol. 79, N 1. – P. 308–312. DOI 10.1016/j.athoracsur.2004.06.050

142. Systematic classification of morbidity and mortality after thoracic surgery / A. J. E. Seely, J. Ivanovic, J. Threader [et al.] // *Ann. Thorac. Surg.* – 2010. – Vol. 90, N 3. – P. 936–942. DOI 10.1016/j.athoracsur.2010.05.014

143. Technique for the repair of diaphragmatic eventration / J. Mouroux, B. Padovani, N. C. Poirier [et al.] // *Ann. Thorac. Surg.* – 1996. – N 62. – P. 905–907.

144. Tiryaki, T. Eventration of the diaphragm / T. Tiryaki, Z. Livanelioğlu, H. Atayurt // *Asian. J. Surg.* – 2006. – Vol. 29, N 1. – P. 8–10.

145. The clinical anatomy of the musculotendinous part of the diaphragm / M. du Plessis, D. Ramai, S. Shah [et al.] // *Surg. Radiol. Anat.* – 2015. – Vol. 37, N 9. – P. 1013–1020. DOI 10.1007/s00276-015-1481-0

146. Thoracoscopic diaphragm plication / H. V. Kara, M. J. Roach, S. S. Balderson [et al.] // *Ann. Cardiothorac. Surg.* – 2015. – Vol. 4. – P. 573–575.

147. Thoracoscopic plication of diaphragmatic eventration using endostaplers / S. Moon, Y. Wang, Y. Kim [et al.] // *Ann. Thorac. Surg.* – 2000. – Vol. 70, N 1. – P. 299–300.

148. Transabdominal robotassisted diaphragmatic plication: a 3.5-year experience / S. Biswas Roy, C. Haworth, T. Ipsen [et al.] // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* – 2018. – Vol. 53. – P. 247–253.

149. Transvenous diaphragmatic neurostimulator to assist ventilator weaning in hospitalized patients with COVID-19 / M. Khasawneh, E. Silverman, M. Tornatore [et al.] // *Chest.* – 2021. – Vol. 160, N 4. – P. A1041. DOI 10.1016/j.chest.2021.07.965

150. Treatment for bilateral diaphragmatic dysfunction using phrenic nerve reconstruction and diaphragm pacemakers / M. R. Kaufman, T. Bauer, R. P. Onders [et al.] // *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* – 2021. – Vol. 32, N 5. – P. 753–760. DOI 10.1093/icvts/ivaa324

151. Treatment of post-resuscitation cicatricial tracheal stenosis after suffering severe COVID-19 associated pneumonia: A report of 11 cases / E. Topolnitskiy, T. Chekalkin, E. Marchenko, A. Volinsky // *Respir. Med. Case. Rep.* – 2022. – Vol. 40. – P. 101768. DOI 10.1016/j.rmcr.2022.101768

152. Unilateral diaphragm paralysis with COVID-19 infection / T. S. FitzMaurice, C. McCann, M. Walshaw, J. Greenwood // *BMJ Case Rep.* – 2021. – Vol. 14, N 6. – P. e243115. DOI 10.1136/bcr-2021-243115

153. Uniportal video-assisted thoracoscopic stapled resection of adult diaphragmatic eventration / G. Zhang, L. Wang, Y. Wu [et al.] // *Ann. Thorac. Surg.* – 2020. – Vol. 110. – P. e135–e137.

154. VATS Plication of the Diaphragm a Descriptive Observational 10-Year Southampton Experience / R. J. Taberham, A. Raza, A. Alzetani [et al.] // *Innovations. Cardiothoracic and Vascular Surgery.* – 2017. – Vol. 12, N 6. – P. 398–405. DOI 10.1097/imi.0000000000000441

155. Video-assisted minimally invasive diaphragmatic plication: feasibility of a recognized procedure through an uncharacteristic hybrid approach / I. Yalcinkaya, S. Evman, T. Lacin [et al.] // *Surg. Endosc.* – 2017. – Vol. 31. – P. 1772–1777.

156. Video-assisted minithoracotomy diaphragmatic plication: respiratory effects in adults / C. Rombolá, M. G. Crespo, P. T. López [et al.] // *Thorac. Cardiovasc. Surg.* – 2016. – Vol. 64. – P. 647–653.

157. Weiss, A. G. Operation for diaphragmatic eventration at the age of 8 months / A. G. Weiss, R. Sacrez, G. Godar // *Archives francaises de pediatrie.* – 1958. – Vol. 15, N 5. – P. 702–706.

158. Wieting, F. Über die Hernia diaphragmatica, namentlich ihre chronische form / F. Wieting // *Dtsch. Zschr. Chir.* – 1906. – N 82. – P. 315–343.

159. Zhang, L. Effect of different volumes of 0.375% ropivacaine on diaphragmatic paralysis by supraclavicular brachial plexus block under ultrasound guidance / L. Zhang, R. Pang, L. Zhang // *Ann. Palliat. Med.* – 2020. – Vol. 9, N 6. – P. 3993–4001. DOI 10.21037/apm-20-1955

СПИСОК ИЛЛЮСТРАТИВНОГО МАТЕРИАЛА

1. Рисунок 1 – Варианты релаксации левого купола диафрагмы (по Б. В. Петровскому). С. 18
2. Рисунок 2 – Варианты релаксации правого купола диафрагмы (по Б. В. Петровскому). С. 19
3. Рисунок 3 – Видеоассистированная (ВАТС) пликация диафрагмы, наложен ряд швов от переднемедиального в заднелатеральном направлении на фетровых прокладках (а); ВАТС-пликация диафрагмы П-образными швами на фетровых прокладках (b); ВАТС-пликация диафрагмы с использованием линейного эндостеплера и дополнительным укреплением аппаратного шва фетровыми прокладками (с); роботассистированная (РАТС) пликация путем погружения релаксированного купола диафрагмы в брюшную полость и наложение отдельных швов на фетровых прокладках (d); роботассистированная лапароскопическая пликация диафрагмы, формирование внутрибрюшных складок диафрагмы отдельными швами на фетровых прокладках (e) С. 29
4. Рисунок 4 – Общий вид протекторов из пористого никелида титана. .. С. 35
5. Рисунок 5 – Рентгенограммы органов грудной клетки с разметкой для расчета уровня диафрагмы: а – до операции; б – после операции. Стрелкой указаны рентгеноконтрастные никелид-титановые протекторы. С. 42
6. Рисунок 6 – Этапы эксперимента – выполнен доступ к куполу диафрагмы: А – печень смещена в каудальном направлении, визуализирован правый купол диафрагмы; Б – петли кишечника смещены дистально, визуализирован левый купол диафрагмы. С. 45
7. Рисунок 7 – Этапы эксперимента – фиксация протектора из пористого никелида титана к куполу диафрагмы: А – печень смещена в каудальном направлении, купол диафрагмы прошит

- полипропиленовой нитью без фиксации протектора; Б – печень смещена в каудальном направлении протектор фиксирован узловым швом к куполу диафрагмы; В – печень возвращена в анатомическую позицию. С. 46
8. Рисунок 8 – Этапы эксперимента – фиксация имплантата из медицинского фетра: А – печень смещена в каудальном направлении, правый купол диафрагмы прошит полипропиленовой нитью с фиксацией имплантата узловым швом; Б – левая доля печени и кишечник смещены в каудальном направлении имплантат фиксирован узловым швом к левому куполу диафрагмы. С. 47
9. Рисунок 9 – Грануляционная ткань через 14 сут. после имплантации протектора из пористого никелида титана. Окраска гематоксилином и эозином. $\times 400$ С. 50
10. Рисунок 10 – Соединительнотканная капсула вокруг фетрового протектора, расположенного между печенью и мышечными волокнами диафрагмы. 14-й день эксперимента. Фрагменты волокон фетра расположены отдельно в структуре воспалительного вала (выделены контуром). Окраска гематоксилином и эозином. $\times 150$ С. 51
11. Рисунок 11 – Грануляционная ткань через 30 сут. после имплантации протектора из пористого никелида титана. Окраска гематоксилином и эозином. $\times 400$ С. 52
12. Рисунок 12 – На 21-е сутки после имплантации. Гигантские клетки инородных тел и другие соединительнотканые клетки, коллагеновые волокна между волокнами фетра. Окраска гематоксилином и эозином, $\times 600$ С. 53
13. Рисунок 13 – Набухание, изменение цвета, структуры и формы волокон фетра через 30 дней эксперимента. Окраска гематоксилином и эозином, $\times 150$ С. 53
14. Рисунок 14 – Разрастание коллагеновых волокон между мышечными волокнами диафрагмы через 60 сут. после имплантации никелида

- титана. Окраска пикрофуксином по Ван-Гизону. $\times 400$ С. 54
15. Рисунок 15 – Клетки инородных тел (указаны стрелками) в гранулеме между волокнами фетра через 3 мес. эксперимента. Окраска гематоксилином и эозином, $\times 300$ С. 55
16. Рисунок 16 – Образец фетра через 3 месяца эксперимента. Отек, набухание, изменение цвета, структуры и формы волокон фетра. Окраска гематоксилином и эозином, $\times 300$ С. 56
17. Рисунок 17 – Микроструктура тканевого регенерата на 14-е сутки после имплантации протектора из пористого никелида титана. Рыхлый клеточный регенерат стелется вдоль поверхности имплантата, повторяя пористую структуру материала. СЭМ. Ув. $\times 350$ С. 57
18. Рисунок 18 – Микроструктура тканевого регенерата на 30-е сутки после имплантации протектора из пористого никелида титана. Коллагеновые волокна и фибробласты заполнили пористую структуру материала, формируя единый тканевый регенерат. СЭМ. Ув. $\times 350$). С. 58
19. Рисунок 19 – Микроструктура тканевого регенерата на 90-е сутки после имплантации протектора из пористого никелида титана. Сформирован единый тканевой регенерат, заполняющий пористую структуру материала и повторяющий форму имплантата. СЭМ. Ув. $\times 350$ С. 58
20. Рисунок 20 – Микроструктура тканевого регенерата на 14-е сутки после имплантации протектора из медицинского фетра. Отмечено хаотичное расположение волокон материала с отдельными клеточными островками. СЭМ. Ув. $\times 500$ С. 59
21. Рисунок 21 – Микроструктура тканевого регенерата на 30-е сутки после имплантации протектора из медицинского фетра. На поверхности выявили тонкий тканевой регенерат с обилием волокон материала. СЭМ. Ув. $\times 500$ С. 60
22. Рисунок 22 – Схема операции. Аксиальный срез на уровне купола диафрагмы: А – релаксированный купол диафрагмы; Б –

- сформированы складки диафрагмы с укреплением протекторами из никелида титана. С. 64
23. Рисунок 23 – Схематическое изображение расположения порта для видеокамеры и рабочего доступа при двухпортовой видеоассистированной торакоскопической пликацией диафрагмы. С. 66
24. Рисунок 24 – Этап операции двухпортовой видеоассистированной торакоскопической пликации правого купола диафрагмы. Пациент уложен на левый бок. Установлен порт 10 мм для видеокамеры, выполнен рабочий доступ для инструментов. С. 66
25. Рисунок 25 – Этап операции. Тракция правого купола диафрагмы с органами брюшной полости в нормальную анатомическую позицию. Установлен дополнительный порт для более адекватного смещения купола. С. 67
26. Рисунок 26 – Этап операции. Наложение первого шва, сформирована и прошита складка из истонченной диафрагмы. С. 68
27. Рисунок 27 – Этап операции. На прошивные лигатуры надеты протекторы из пористого никелида титана. Лигатура затянута с формированием складки диафрагмы на протекторах. С. 68
28. Рисунок 28 – Этап операции. Выполнена пликация релаксированного купола диафрагмы на протекторах из пористого никелида титана. С. 69
29. Рисунок 29 – Этап операции. Установлен плевральный дренаж через порт для видеокамеры. С. 69
30. Рисунок 30 – Спиральная компьютерная томография грудной клетки больного С. Релаксация правого купола диафрагмы с компрессией нижней доли легкого: А – фронтальная проекция в легочном окне; Б – аксиальная проекция в легочном окне. С. 72
31. Рисунок 31 – Спиральная компьютерная томография грудной клетки больного С. Выполнена видеоассистированная пликация правого купола диафрагмы с укреплением шва протекторами из пористого никелида титана (указаны стрелками): А – фронтальная проекция в

- легочномокне; Б – аксиальная проекция в легочном окне. С. 73
32. Рисунок 32 – Рентгенограммы органов грудной клетки пациента С. через 1 месяце после видеоассистированной пликациии правого купола диафрагмы с укреплением шва протекторами из пористого никелида титана. Прямая и боковая проекции. С. 74
33. Рисунок 33 – Рентгенограммы органов грудной клетки пациентки О. Прямая и боковая проекции. Тотальная релаксация левого купола диафрагмы С. 75
34. Рисунок 34 – Рентгенограммы органов грудной клетки пациентки О. через 7 дней после видеоассистированной пликациии левого купола диафрагмы с укреплением шва протекторами из пористого никелида титана. Прямая и боковая проекции. С. 76
35. Таблица 1 – Характеристика сопутствующей патологии у исследуемых пациентов. С. 8
36. Таблица 2 – Средние значения функциональных показателей и уровня релаксации до и после хирургической коррекции. С. 78
37. Таблица 3 – Результаты показателей уровня качества жизни по опроснику SF-36 до и в различные сроки после оперативного вмешательства. С. 79
38. Таблица 4 – Результаты показателей уровня качества жизни по опроснику EQ-5D-5L до и через 1 месяц после оперативного вмешательства. С. 80
39. Таблица 5 – Показатели суммирующего влияния заболевания на состояние пациента согласно опроснику «Респираторный вопросник Госпиталя святого Георгия (SGRQ)» С. 81

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

Классификация хирургических осложнений *clavien – dindo* [77]

Степень	Определение
I	Любые отклонения от нормального послеоперационного течения, не требующие медикаментозного лечения или хирургического, эндоскопического, радиологического вмешательства. Разрешается терапевтическое лечение: антипиретики, анальгетики, диуретики, электролиты, физиотерапия. Сюда же относится лечение раневой инфекции
II	Лечение в виде гемотрансфузии, энтерального или парентерального питания
III	Требуется хирургическое, эндоскопическое или радиологическое вмешательство
IIIa	Вмешательство без общего обезболивания
IIIb	Вмешательство под общим обезболиванием
IV	Жизнеугрожающие осложнения (+ со стороны ЦНС) *, требующие интенсивной терапии и наблюдения в отделении реанимации, резекции органа
IVa	Недостаточность одного органа
IVb	Полиорганная недостаточность
V	Смерть больного
<p><i>Примечание.</i> * – Геморрагический инсульт, ишемический инсульт, субарахноидальное кровоотечение, за исключением транзиторной ишемической атак</p>	