

Соколова Вера Валерьевна

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ПРОФИЛАКТИКА ОСЛОЖНЕНИЙ
СТЕРНОТОМИИ ПРИ ОПЕРАЦИЯХ НА СЕРДЦЕ**

3.1.9 Хирургия

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
доктора медицинских наук

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Тюменский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Научный консультант:

доктор медицинских наук, доцент

Шнейдер Владимир Эдуардович

Официальные оппоненты:

доктор медицинских наук, профессор

Корымасов Евгений Анатольевич

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, кафедра хирургии с курсом сердечно-сосудистой хирургии Института профессионального образования, заведующий кафедрой)

доктор медицинских наук, профессор

Маскин Сергей Сергеевич

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, кафедра госпитальной хирургии, заведующий кафедрой)

доктор медицинских наук, профессор

Топольницкий Евгений Богданович

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, кафедра хирургии с курсом мобилизационной подготовки и медицины катастроф, профессор кафедры)

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии им. А. В. Вишневского» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Защита диссертации состоится «___» _____ 2026 г. в _____ часов на заседании диссертационного совета 21.2.046.03, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (630091, г. Новосибирск, Красный проспект, 52)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте Новосибирского государственного медицинского университета (630091, г. Новосибирск, ул. Залесского, д. 4; тел. 8 (383) 222-68-35; <https://new.ngmu.ru/dissers/get-file/5326>)

Автореферат разослан «___» _____ 2026 г.

Ученый секретарь диссертационного совета

А. С. Полякевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Ежегодно в мире проводится более миллиона операций на сердце. По данным отчетов ассоциации сердечно-сосудистых хирургов России, в структуре заболеваемости населения на первом месте остаются заболевания сердечно-сосудистой системы. Оперативная активность кардиохирургов за последнее десятилетие возросла. Так, согласно ежегодному докладу Л. А. Бокерия, операции аортокоронарного шунтирования (АКШ) выполняются в 111 медицинских учреждениях России. В 2025 году в НМИЦ ССХ им. А. Н. Бакулева выполнено 17 464 хирургических и интервенционных вмешательств, что на 2 400 больше, чем в 2024 году. На открытом сердце было выполнено 5 135 операций, что на 3,7 % больше, чем в 2024 году.

Классическим доступом к сердцу является продольная срединная стернотомия, так как позволяет хорошо визуализировать сердце и крупные магистральные сосуды (Julian O. C., 1957; Кудряшов В. В., 2013; Qiu F. et al., 2022). В то же время этот доступ является травматичным, так как нарушается кровоснабжение грудины и ее репаративные свойства снижаются. Особенно снижение кровообращения грудины может наблюдаться у пациентов, которым проводилось коронарное шунтирование с использованием внутренней грудной артерии, участвующей в кровоснабжении задней поверхности грудины (Bonacchi M et al., 2018; Sakamoto H, Fukuda I., 2003). Возникающая ишемия в совокупности с тяжелым коморбидным фоном пациента и рядом интраоперационных и послеоперационных факторов, нередко приводит к присоединению инфекции (Вишневский А. А., Печетов А. В., 2009). Несмотря на появление новых антибактериальных средств и средств асептики и антисептики, предложенных современных способов дренирования раны при помощи VAC-терапии, лечения и профилактики инфекционных осложнений после стернотомии, осложнения, связанные с доступом, остаются наиболее серьезными в кардиохирургии и являются причиной высокой летальности (до 47 %) (Медведчиков-Ардия М. А., Корымасов Е. А., 2023; Ma X., Chen D, 2024; Вишневский А. А., 2005). До сих пор остается открытым вопрос выбора шовного материала и способа соединения грудины, и чаще выбор зависит от предпочтений самого хирурга (Горбунов В. А., 2017; Силаев А. А., 2014; Топольницкий Е. Б., 2023).

Послеоперационный медиастинит составляет 0,23–3,8 % от всех инфекционных осложнений (Шевченко Ю. Л., 2022; Топольницкий Е. Б., Шефер Н. А., 2022; Rehman S. M., Elzain O., 2014; Kunal S., Vishal K., 2012). В среднем пациенты со стерномедиастинитом проводят на 20 суток больше в стационаре, чем пациенты без осложнений, а стоимость лечения медиастинита сравнивается некоторыми авторами с лечением почечной недостаточности (Mehaffey J. H., Hawkins R. B., 2018; Lee J. C., Raman J., 2010). Поэтому профилактика инфекционных осложнений после стернотомии и прогноз их возникновения в послеоперационном периоде в течение последних 15 лет вызывают большой интерес у исследователей. Особое внимание отводится анализу факторов риска развития

послеоперационного медиастинита, как более грозного осложнения с высокой летальностью (Климович И. Н., Маскин С. С., 2024; You P., Zhou X., 2022; Salenger R., Etchill E. W., 2021; Hota P., Dass C., 2018; Blüher M., Brandt D., 2020). В настоящее время вопросы о факторах риска возникновения постстернотомических осложнений, методах их профилактики, а также стабилизации грудины остаются открытыми.

Степень разработанности темы диссертации. Идея исследования базируется на углубленном анализе специализированной литературы, анализе экспериментальных и клинических работ по изучению факторов риска возникновения инфекционных осложнений после операции на сердце. В настоящее время нет единого мнения авторов по этому вопросу, а, следовательно, нет и единой общепринятой тактики профилактики и лечения постстернотомных осложнений. По данным литературы, исследования по определению предикторов осложнений стернотомии ведутся, но результаты, полученные ими, противоречивы, методики статистического анализа не всегда объективны. Нет доступной программы прогнозирования результатов лечения, которая способствовала бы усовершенствованию алгоритма лечения. Мы не нашли в отечественной и зарубежной литературе данных о применении современных цифровых помощников для ранней диагностики осложнений стернотомии как для лечащего врача, так и для пациента.

Таким образом, неудовлетворенность результатами прогнозирования и профилактики осложнений со стороны стернотомного доступа к сердцу обозначила актуальность настоящего исследования и определила его цель.

Цель исследования

Улучшить результаты операций на сердце со стернотомическим доступом путем прогноза специфических послеоперационных осложнений со стороны грудины и их профилактики за счет внедрения дифференцированного алгоритма хирургического лечения.

Задачи исследования

1. Провести сравнительный анализ результатов операций на сердце со стернотомическим доступом за период с 2014 по 2020 год в ГБУЗ ТО «Областная клиническая больница № 1» (г. Тюмень) (ГБУЗ ТО ОКБ № 1) и выявить статистически значимые факторы риска осложнений, связанных с доступом, у пациентов при коронарном шунтировании и протезировании клапанов сердца.
2. На основании многомерного анализа разработать математическую модель отбора пациентов группы риска осложнений стернотомии перед операцией.
3. На основании многомерного анализа разработать математическую модель прогноза послеоперационных осложнений стернотомии после аорто-коронарного шунтирования и протезирования клапанов сердца.
4. Провести сравнительный анализ методов соединения грудины и материалов для стернотомии на экспериментальной модели грудины.

5. Разработать и внедрить цифрового помощника пациента после операции на сердце со стернотомическим доступом для ранней диагностики осложнений стернотомии и своевременного обращения за специализированной помощью.

6. Разработать дифференцированный алгоритм хирургического лечения пациентов, оперированных на сердце со стернотомическим доступом, и провести сравнительный анализ послеоперационных результатов в группе высокого риска с различными способами соединения грудины.

Научная новизна исследования. Впервые создана база данных, включающая 55 переменных по 2 006 клиническим случаям оперативного вмешательства на сердце, доступ к которому осуществлялся путем срединной стернотомии, у пациентов, находившихся на лечении в ГБУЗ ТО ОКБ № 1 с 2014 по 2020 год. На основании однофакторного анализа выявлены значимые предоперационные, интраоперационные факторы риска осложнений стернотомии у пациентов после АКШ и протезирования клапанов сердца.

Впервые на основании многомерного статистического анализа факторов риска разработана автоматизированная система расчета вероятности осложнений стернотомии у пациентов до операции и неблагоприятных исходов после операции на сердце (АКШ, протезирование клапанов сердца).

Впервые проведен эксперимент по способам соединения грудины для выбора наилучшего материала и метода восстановления целостности грудины, выводы которого легли в алгоритм профилактики осложнений стернотомии и нашли применение в клинической практике для предупреждения инфекционных послеоперационных осложнений, связанных с доступом, у пациентов с высоким риском их возникновения.

Впервые разработан и внедрен в клиническую практику цифровой помощник пациента в виде чат-бота для ранней диагностики осложнений стернотомии и своевременного обращения за специализированной помощью.

Обоснован и внедрен в клиническую практику дифференцированный алгоритм хирургического лечения больных со стернотомическим доступом к сердцу. Применение алгоритма профилактики статистически значимо снизило количество стернотомных осложнений и привело к сокращению сроков пребывания в стационаре пациентов высокого риска осложнений со стороны доступа ($p < 0,05$).

По теме диссертации получены 11 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ и 2 свидетельства о регистрации баз данных, патент на изобретение «Способ остеосинтеза грудины после срединной стернотомии у пациентов с риском развития осложнений со стороны доступа» (№ 2856647 от 24.02.2026).

Теоретическая и практическая значимость работы. Созданы базы данных лечения пациентов с заболеваниями сердца (АКШ, протезирование клапанов сердца), которые могут использоваться для дальнейших научных исследований. Определены основные предикторы

специфических осложнений и послеоперационной летальности, связанные с доступом – срединной продольной стернотомией. Созданы программы расчета вероятности осложнений стернотомии до и после аорто-коронарного шунтирования и протезирования клапанов сердца, а также неблагоприятных исходов хирургического лечения, связанных с доступом к сердцу.

Предложен удобный для практического применения дифференцированный алгоритм тактики ведения пациентов до и после операции на сердце, основанный на многомерном статистическом анализе факторов риска неблагоприятных исходов и экспериментальном исследовании.

Разработан и внедрен в клиническую практику специализированный цифровой помощник для пациентов, перенесших операцию на сердце со стернотомическим доступом, который позволяет быть на постоянной связи с врачом.

Методология и методы диссертационного исследования. Исследование носит когортный ретро- и проспективный характер. Работа выполнялась в период с 2020 по 2025 год на базе ГБУЗ ТО «Областная клиническая больница № 1» (г. Тюмень) (ГБУЗ ТО ОКБ № 1) и на кафедре госпитальной хирургии ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет» Минздрава России. Методология исследования включала изучение факторов риска осложнений, связанных со стернотомическим доступом, у пациентов при коронарном шунтировании и протезировании клапанов сердца.

Проведен ретроспективный анализ историй болезни 2 006 пациентов после открытой операции на сердце со стернотомическим доступом, находившихся на стационарном лечении в кардиохирургическом отделении ГБУЗ ТО ОКБ № 1 в период с 2014 по 2020 год. При одномерном анализе выявлены предоперационные и интраоперационные факторы риска развития осложнений со стороны доступа в раннем и позднем послеоперационном периоде, а при помощи логистического регрессионного анализа были разработаны программы прогноза осложнений стернотомии после хирургического лечения ИБС и клапанных пороков сердца.

Для выбора наилучшего материала и метода восстановления целостности грудины проведено экспериментальное исследование на искусственной модели грудины с имитацией продольной срединной стернотомии, на основании результатов которого и статистического анализа факторов риска осложнений стернотомии был разработан и внедрен в клинику алгоритм профилактики осложнений со стороны доступа.

Для проведения сравнительного анализа результатов внедрения в клиническую практику дифференцированного алгоритма профилактики стернотомных осложнений у пациентов после операции на сердце, выполнен проспективный когортный анализ лечения 79 пациентов высокого риска осложнений стернотомии, находившихся в стационаре с 2023 по 2024 год, в виде рандомизированного контролируемого исследования.

На проведение клинических исследований получено разрешение Комитета по этике при ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет» Минздрава России

(выписка из протокола № 109 от 03.10.2022).

Для объективизации процесса анализа данных, а также с целью проверки достоверности выводов использованы современные методы статистической обработки данных при помощи статистического лицензионного пакета SPSS Statistics 26 (США). Критическое значение уровня статистической значимости при проверке нулевых гипотез принималось равным 0,05.

Положения, выносимые на защиту:

1. Разработанные программы прогноза послеоперационных осложнений стернотомии позволяют объективно предполагать развитие неблагоприятных исходов.

2. На исход оперативного вмешательства в большей степени влияют интраоперационные факторы риска как в группе с высоким риском, так и у пациентов с относительно низким риском осложнений.

3. По результатам экспериментальной части работы, 8-образный перистернальный шов является наиболее прочным, а использование полиамидной нити для остеосинтеза грудины имеет преимущество, так как позволяет нивелировать резкие колебания за счет своей эластичности.

4. Применение разработанного цифрового помощника пациента в виде чат-бота позволяет диагностировать осложнения стернотомии в ранние сроки после оперативного вмешательства и оказать специализированную помощь пациенту до развития серьезных послеоперационных осложнений.

5. Использование разработанного дифференцированного алгоритма хирургического лечения пациентов при коронарном шунтировании со стернотомическим доступом позволяет значимо сократить количество специфических послеоперационных осложнений.

Степень достоверности. В клиническом исследовании было проанализировано ретроспективно 2 006 пациентов после открытой операции на сердце со стернотомическим доступом, а также выполнен проспективный когортный анализ лечения 79 пациентов в виде рандомизированного контролируемого исследования.

Данное количество пациентов является достаточным числом наблюдений для получения достоверных результатов исследования с применением современных методов статистической обработки и анализа для определения научной новизны, составления обоснованных выводов, вытекающих из работы, теоретических и практических рекомендаций. Исследование проведено с соблюдением принципов доказательной медицины и применением оборудования и инструментария, которые имеют действующие лицензию и сертификат.

Апробация работы. Основные положения работы доложены на: Общероссийском хирургическом форуме – 2018 с международным участием (Москва, 2018); Национальном хирургическом конгрессе совместно с XX юбилейным съездом РОЭХ (Москва, 2017); Общероссийском хирургическом форуме – 2019 совместно с XXII Съездом Общества эндоскопической хирургии России (РОЭХ им. Академика В. Д. Федорова) (Москва, 2019);

XIV Съезде хирургов (Москва, 2022); Всероссийской научно-практической конференции «Применение искусственного интеллекта в хирургической практике» (Тюмень, 2024); Всероссийской научно-практической конференции сердечно-сосудистых хирургов Москвы «Сердца мегаполиса» (Москва, 2024); Российском национальном конгрессе «Человек и лекарство. Урал – 2023» (Тюмень, 2023); медицинском форуме «Превентивные и персонафицированные технологии в здравоохранении» (Тюмень, 2024); XVI съезде хирургов России (Москва, 2025); XXXI Всероссийском съезде сердечно-сосудистых хирургов (Москва, 2025).

Диссертационная работа апробирована на заседании проблемной комиссии «Хирургические науки» ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет» Минздрава России (Тюмень, 2026).

Внедрение результатов исследования. Материалы и рекомендации, основанные на результатах диссертационной работы, включены в практическую работу ГБУЗ ТО ОКБ № 1 и в учебный процесс на кафедре госпитальной хирургии по дисциплине «Госпитальная хирургия, детская хирургия», а также в элективном курсе «Избранные вопросы кардио-торакальной хирургии» для студентов лечебного и педиатрического факультетов ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет» Минздрава России.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 36 научных работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 25 работ, в том числе 1 патент на изобретение, 2 свидетельства о государственной регистрации базы данных, 11 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ и 11 статей в научных журналах и изданиях, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, из них 19 публикаций в журналах категории К2, входящих в список изданий, распределенных по категориям К1, К2, К3, в том числе 4 статьи в журналах, входящих в международную реферативную базу данных и систем цитирования Scopus.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа представлена в виде специально подготовленной рукописи и оформлена в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.11-2011.

Диссертация изложена на 203 страницах машинописного текста и состоит из введения, 8 глав, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы, списка иллюстративного материала и приложений. Полученные результаты иллюстрированы 32 рисунками и 35 таблицами. В списке литературы содержится 225 источников, из которых 183 – зарубежные.

Личный вклад автора. Автор лично определила цель и задачи исследования, обосновала выводы и практические рекомендации, принимала непосредственное участие на всех этапах выполнения научно-практической работы. Весь материал, представленный в

диссертации, собран, обработан и интерпретирован лично автором. Автор проанализировала медицинскую документацию, обобщила собранный материал и выполнила корректную статистическую обработку полученного материала, участвовала в экспериментальном исследовании, разработке программ прогноза и их внедрении в лечебный и учебный процесс. Проводила отбор пациентов для контрольной группы с последующим научным анализом, а также дала интерпретацию полученных результатов.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материалы и методы исследования. Клиническое исследование основано на результатах анализа пациентов после операций АКШ и протезирования клапанов сердца со стернотомическим доступом на базе ГБУЗ ТО ОКБ № 1. Всего в исследование вошли 2 006 пациентов, из них 1 297 (64,7 %) – после аортокоронарного шунтирования и 709 (35,3%) – после протезирования клапанов сердца. Каждая из групп пациентов была разделена на подгруппы. В первую группу вошли пациенты после АКШ: 1 252 пациента без осложнений стернотомии (группа 1-БО) и 45 пациентов с осложнениями со стороны доступа (группа 1-О). Вторую группу составили пациенты после протезирования клапанов сердца без осложнений (группа 2-БО) 680 человек, и группа с осложнениями со стороны доступа (группа 2-О) – 29 пациентов (Рисунок 1). Выделяли следующие осложнения со стороны доступа: неинфекционные (нестабильность грудины, потребовавшая хирургической коррекции) и инфекционные (гнойные) – остеомиелит грудины, ребер и стерномедиастинит. Все полученные параметры были внесены в электронную базу данных «Факторы риска осложнений, связанных со стернотомией после кардиохирургических операций за период с 2014 по 2020 годы» в виде количественных или качественных признаков.

Ретроспективно у всех пациентов оценивались предоперационные, интраоперационные показатели, а затем проводилась сравнительная характеристика между группами без осложнений и с осложнениями. Из предоперационных факторов анализировались: пол, возраст, наличие сопутствующей патологии (сахарный диабет (СД), хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ), артериальная гипертензия), индекс массы тела (ИМТ), наличие ожирения и его степень, уровень глюкозы крови при поступлении и перед оперативным вмешательством, уровень креатинина крови. Дополнительно для пациентов после АКШ – степень поражения коронарных артерий (по данным КАГ) и наличие стеноза брахиоцефальных артерий (БЦА), для пациентов после протезирования клапанов сердца – показатели ЭХОКГ (фракция сердечного выброса (ФВ), количество пораженных клапанов сердца и степень их поражения, давление в легочной артерии в мм. рт. ст). Оценка исходного состояния пациента и степени тяжести рассчитывался по индексу коморбидности Чарлсона (ИКЧ). Риск летального исхода после кардиохирургической операции по европейской системе оценки EuroScore II, оценка риска анестезии перед операцией по шкале Американского Общества Анестезиологов (ASA).

Из интраоперационных факторов были взяты продолжительность операции, длительность искусственного кровообращения (ИК) в минутах, кровотечение во время операции более 1 000 мл, использование для шунтирования внутренней грудной артерии (ВГА).

Особое внимание было уделено симметричности доступа и правильности наложения швов. Симметричность доступа оценивалась по данным КТ-исследования. Бралась три основных размера створок грудины в верхней части грудины (на уровне рукоятки), средней и нижней трети грудины. Несимметричным считался доступ при отклонении от срединной линии более 10 %. У пациентов без КТ-исследования по поводу осложнения со стороны доступа данные были взяты из протоколов операции, если была указана такая информация, либо оценивалось КТ ОГК в послеоперационном периоде, проведенное пациенту для диагностики и мониторинга различных заболеваний легких, сердца, сосудов и других органов грудной клетки. Под правильностью наложения швов понималось достаточное количество швов, наложенных на грудину (7 одиночных швов при длине грудины до 17 см), без признаков дегисценции, разрыва лигатуры либо ее смещения. Всем исследуемым после операции был оценен уровень глюкозы крови и креатинина. Степень тяжести послеоперационных хирургических осложнений, отдельно связанных и не связанных с доступом, была определена по классификации Clavien – Dindo.

После выполнения этапа по выявлению факторов риска, следующим этапом было оценено влияние каждого фактора на развитие послеоперационных осложнений в 1 и 2 группах и их парные взаимосвязи друг с другом. Взаимосвязь качественных признаков с неблагоприятным исходом операции выявляли путем анализа таблиц сопряженности. По количественным признакам проводился расчет арифметической средней, а взаимосвязь факторов между собой оценивалась по корреляционному анализу.

Для анализа взаимосвязи между одним качественным признаком, выступающим в роли зависимого, результирующего показателя, и подмножеством количественных и качественных признаков использовалась модель логистической регрессии с пошаговыми алгоритмами включения и исключения предикторов. Всего было получено порядка 30 уравнений логит-регрессии, из которых производился отбор уравнений, имеющих самые высокие диагностические значения (более 80 %). С целью автоматизации прогностической модели осложнений стернотомии у пациентов после АКШ и протезирования клапанов сердца использовалась среда программирования Delphi XE (Embarcadero Technologies).

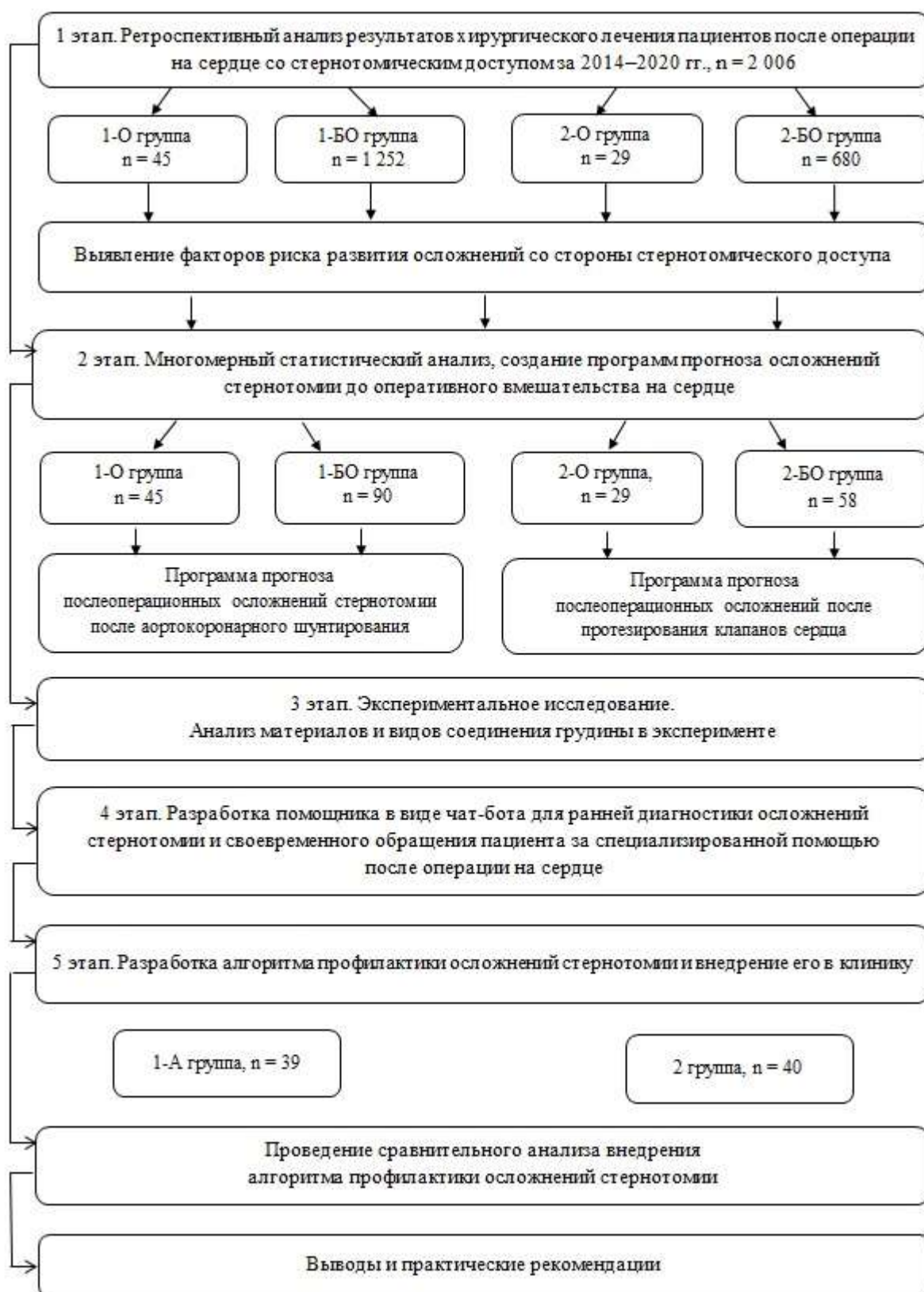


Рисунок 1 – Дизайн исследования (схема)

Для решения поставленных задач проведено экспериментальное исследование для изучения различных способов и материалов соединения створок грудины после срединной

стернотомии. Для испытания была создана искусственная модель из текстолита с имитацией срединной стернотомии. Было проверено три основных способа соединения грудины. Одиночный узловый шов, который накладывается по межреберьям вокруг грудины. Перикостальный шов – в виде поперечной «восьмерки», который формируется через 2 «межреберных промежутка» с захватом «ребра», при этом на задней поверхности модели швы располагаются параллельно доступу. Перистернальный шов – в виде восьмерки, при этом на задней поверхности модели образуется двойной шов, дополнительно фиксирующий обе половины. Из материалов для стернотомии в эксперименте были проверены стальная проволока USP 7 (Ethicon steel, Johnson & Johnson, США) и полиамидная нить МедКапрон USP 6 (ЗАО НПП «МедИнж», Россия).

На основании результатов экспериментального исследования и статистического анализа факторов риска осложнений стернотомии следующим этапом был разработан и внедрен в клинику алгоритм профилактики осложнений со стороны доступа.

Следующим этапом работы было проведение сравнительного анализа результатов внедрения в клиническую практику дифференцированного алгоритма профилактики стернотомных осложнений у пациентов после операции на сердце. Выполнен проспективный когортный анализ лечения 79 пациентов высокого риска осложнений стернотомии, находившихся в стационаре с 2023 по 2024 год в виде рандомизированного контролируемого исследования. Процедура рандомизации пациентов в основную группу и группу сравнения проводилась с использованием генератора случайных чисел, встроенного в программное обеспечение Statistica. Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании и до завершения лечебного процесса не знали, к какой группе они относятся (простое слепое исследование).

Процедуры статистического анализа выполнялись с помощью статистического лицензионного пакета SPSS Statistics 26 (США). Критическое значение уровня статистической значимости при проверке нулевых гипотез принималось равным 0,05. В случае превышения достигнутого уровня значимости статистического критерия этой величины, принималась нулевая гипотеза. Для множественных сравнений применялась поправка Бонферрони (Bonferroni correction) для снижения вероятности ошибки первого рода.

Проверка нормальности распределения количественных признаков в отдельных группах сравнения проводилась с использованием критериев Колмогорова – Смирнова. Для сравнения центральных параметров групп использовались параметрические и непараметрические методы: дисперсионный анализ, в т. ч. с критерием Краскела – Уоллиса. Для всех количественных признаков в сравниваемых группах производилась оценка средних арифметических и среднеквадратических (стандартных) ошибок среднего, а также коэффициента вариации. Корреляционный анализ проводился в разных подгруппах с использованием коэффициента корреляции Спирмена. Для проверки на мультиколлинеарность применялся показатель VIF.

Исследование взаимосвязи между парами дискретных качественных признаков проводилось с использованием анализа парных таблиц сопряженности. В случае наличия статистически значимых связей между парой качественных признаков проводился углубленный анализ распределения частот в клетках таблицы сопряженности, позволявший установить структуру выявленной взаимосвязи на уровне сочетаний отдельных градаций обоих признаков.

РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

За период с 2014 по 2020 год в отделении кардиохирургии ГБУЗ ТО ОКБ № 1 было проведено 2 317 оперативных вмешательств на сердце с использованием ИК. Из них до 14 % ежегодно хирургическая помощь оказывалась в экстренном или срочном порядке.

С 2014 года оперативная активность в отделении кардиохирургии ГБУЗ ТО ОКБ № 1 выросла на 11,2 % (с 540 операций в 2014 году до 608 в 2019 году). Практически половина всех операций выполняются со стернотомией. Контингент пациентов, которым выполняются операции на сердце: средний возраст более 60 лет, имеющие тяжелую сопутствующую патологию, которая представляет постоянную угрозу для жизни (высокий риск по классификации ASA). Всего за исследуемый период наблюдалось 74 случая (3,2 %) осложнений со стороны стернотомического доступа. Летальность после операции на сердце в условия ИК в среднем за все время исследования составила 5,8 %.

Особенностью осложнений, возникающих со стороны доступа к сердцу, является то, что клиническое развитие их возможно как в раннем, так и в позднем послеоперационном периоде. Осложнения, по данным наших наблюдений, манифестируют в первый месяц после оперативного вмешательства у 52,4 % выписанных пациентов, у 38,1 % – от 1 до 6 месяцев после операции, и у 9,5% пациентов – от 6 месяцев до года после стернотомии. После выписки пациентов специфические осложнения поздно распознаются на амбулаторном этапе и пациенты, особенно из отдаленных районов, поступают с запущенными проявлениями и поражениями не только поверхностными (нагноением раны, формированием лигатурных свищей, остеомиелитом грудины и ребер), но и глубокими, вплоть до стерномедиастинита.

Для выявления факторов риска неблагоприятных исходов у пациентов была проведена общая характеристика количественных и качественных показателей. В группе пациентов после АКШ преобладают мужчины (76,2 %), средний возраст составляет 61 год. Более 25 % группы имеют стаж курения более 5 лет. Все пациенты имеют коморбидную патологию в анамнезе. Так, 94,5 % всех пациентов группы имеют артериальную гипертензию, 196 лиц (15,1 %) – ХОБЛ, 310 пациентов (23,9 %) – сахарный диабет. Повышенная масса тела у 44,2 % пациентов I группы, из них 145 (11,2 %) имеют II степень ожирения и 25 (1,9 %) – III степень. Из лабораторных показателей: уровень глюкозы в крови до оперативного вмешательства превышал 10 ммоль/л у 28 пациентов (2,2 %), уровень креатинина выше нормы у 61 человека (4,7 %). Стеноз БЦА имелся у трети лиц из исследуемой группы (35,3 %). Важность этого

показателя заключается в том, что ВГА входит в бассейн БЦА справа, и может использоваться для коронарного шунтирования.

В исследуемой группе пациентов после АКШ, ИКЧ выше 5 имелся у 383 человек (29,5 %), а высокий риск летальности после кардиохирургической операции по европейской системе оценки EuroScore II наблюдался у 44 пациентов (3,4 %).

При сравнительном анализе групп пациентов 1-О и 2-БО выяснилось, что наибольшее влияние на неблагоприятный исход у пациентов после АКШ оказали такие факторы, как уровень глюкозы крови до и после операции (1-е сутки), степень поражения коронарных артерий, тяжелая сопутствующая патология по ИКЧ и высокий риск летального исхода после кардиохирургической операции по европейской системе оценки EuroScore II. Существенное влияние на развитие послеоперационных осложнений, связанных со стернотомией, оказали наличие ХОБЛ, степень ожирения и степень артериальной гипертензии. Из интраоперационных факторов значимыми оказались кровотечение во время операции более 1 000 мл, ошибки, связанные с доступом (несимметричный доступ) и наложением швов ($p < 0,0001$). На исходы оперативного лечения повлияла степень тяжести послеоперационных хирургических осложнений по Clavien – Dindo как связанных с доступом, так и не связанных с ним. Стоит отметить, что наличие СД в анамнезе имеет меньшее значение, чем наличие гипергликемии до оперативного вмешательства и в раннем послеоперационном периоде, также как и ХОБЛ как осложнение курения более значимо, чем само курение.

Тяжелая сопутствующая патология по ИКЧ, риск осложнений операции по шкале EuroScore II, наличие в анамнезе ХОБЛ и гликемии после оперативного вмешательства играют существенную роль в развитии гнойных осложнений со стороны доступа. Наличие стеноза БЦА также является одним из факторов, влияющих на осложнения со стороны грудины. Это можно связать с нарушением кровоснабжения грудины и ее ишемией в раннем послеоперационном периоде за счет стеноза.

Во 2 группе пациентов после протезирования клапанов сердца преобладают мужчины (58 %), средний возраст группы меньше группы 1 и составляет 56 лет. У пациентов группы производилась оценка выраженности клапанной патологии по данным ЭХОКГ, количество пораженных клапанов и уровень давления в легочной артерии, ФВ. У 23,3 % (165 пациентов) имелось поражение трех сердечных клапанов различной выраженности, у 285 (40,2 %) – было поражено 2 клапана. Большая часть группы пациентов (61,6 %) имели 2-ю степень поражения клапана сердца, 3-ю степень – 258 пациентов (36,4 %), и самая тяжелая степень наблюдалась у 14 пациентов (2 %).

Среди пациентов 2 группы имелась сопутствующая патология в анамнезе: у 76,9 % – АГ, у 78 (11 %) – ХОБЛ, 66 пациентов (9,3 %) – сахарный диабет. Имеют повышенную массу тела 35,3 % больных, из них 58 (8,2 %) имеют II степень ожирения и 23 (3,2 %) – III степень. Уровень глюкозы в крови до оперативного вмешательства у 14,8 % (105 пациентов) превышал

норму, а у 2 пациентов (0,3 %) превышал 10 ммоль/л. Индекс коморбидности Чарлсона выше 5 имелся у 58 человек (8,2 %), а высокий риск летальности после кардиохирургической операции по европейской системе оценки EuroScore II наблюдался у 9 пациентов (1,3 %).

При сравнительном анализе в группах с осложнениями стернотомии и без осложнений, из 15 количественных предикторов значимыми оказались только снижение выживаемости по ИКЧ и повышение уровня глюкозы крови до операции. Статистически значимых различий средних значений возраста пациента, ИМТ, фракции сердечного выброса, легочной гипертензии, уровня креатинина в исследуемых группах не наблюдалось ($p < 0,05$).

На возникновение осложнений, связанных с доступом у пациентов после коррекции клапанов сердца, наибольшее влияние, также как и у пациентов после АКШ, оказывает коморбидная патология (ХОБЛ, СД). Из интраоперационных факторов наиболее значимыми являются правильность наложения швов на грудину и симметричность стернотомного доступа.

На развитие гнойных осложнений со стороны срединной стернотомии наибольшее влияние оказали исходное состояние пациента, связанное с поражением клапанного аппарата сердца, тяжелая сопутствующая патология пациента, особенно наличие в анамнезе ХОБЛ, курение более 5 лет, степень ожирения, наличие стеноза БЦА ($p < 0,0001$). Значительное влияние оказывают ошибки, связанные с доступом и наложением швов на грудину и наличие повторного оперативного вмешательства (рестернотомия), связанное с послеоперационным кровотечением ($p < 0,0001$).

На основании ретроспективного анализа, можно сделать вывод, что на развитие осложнений со стороны доступа стернотомии влияют тяжесть основного заболевания, сопутствующая патология (предоперационные факторы риска) и интраоперационные факторы риска, связанные с выполнением стернотомии и остеосинтеза грудины.

Прогнозирование риска развития осложнений стернотомии при операции на сердце. Для пациентов при АКШ со стернотомическим доступом, было отобрано уравнение с наиболее высокими показателями согласия и диагностической ценности. Чувствительность полученной нами модели прогноза – 62,3 %, специфичность – 98,4 %, а эффективность – 93,9 %. Полученная математическая модель реализована в программе для ЭВМ «Расчет вероятности осложнений стернотомии до операции аорто-коронарного шунтирования» (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022685391 от 22.12.2022). Состав предикторов и коэффициенты регрессии представлены в Таблице 1.

Одним из факторов, вошедшим в уравнение явился ИКЧ. В нашем исследовании ИКЧ имел достоверную значимость при значении 5 и более как для развития специфических осложнений, так и для гнойных осложнений со стороны доступа.

Таблица 1 – Предикторные переменные и коэффициенты уравнения логит-регрессии для расчета риска развития осложнений стернотомии у пациентов при АКШ

Переменная	Коэффициент регрессии, (β)	Стандартная ошибка	Статистика критерия Вальда, χ^2	P
X ₁	-2,888	0,644	20,111	0,000
X ₂	0,178	0,031	32,467	0,000
X ₃	-0,045	0,009	23,149	0,000
X ₄	-1,988	0,514	14,943	0,000
X ₅	-1,763	0,504	12,262	0,000
X ₆	-1,857	0,596	9,715	0,002

Примечание. X₁ – индекс коморбидности Чарлсона выше 5; X₂ – индекс массы тела; X₃ – степень поражения КА; X₄ – наличие ХОБЛ; X₅ – наличие стеноза БЦА; X₆ – риск по шкале Euroscore II; коэффициент (β) – весовое значение для каждой предикторной переменной модели; стандартная ошибка – оценка погрешности весовых значений; статистика критерия Вальда χ^2 вычислена по данным для сравнения с распределением хи-квадрат с одной степенью свободы; p-значение вероятности, указывающее на то, что все переменные значимо связаны с развитием специфических послеоперационных осложнений.

Еще одним предиктором является ИМТ. Этот фактор при одномерном анализе не имел статистического отличия в группах сравнения ($p = 0,43$), но в комбинации с другими предикторами обнаружено его существенное влияние на появление осложнений со стороны стернотомии.

Следующий фактор, вошедший в уравнение – степень поражения КА. Причиной ИБС чаще всего является атеросклеротическое поражение сосудов, не только коронарных, но и других, в частности поражение круга кровоснабжения БЦА. Наличие стеноза БЦА приводит к нарушению в кровоснабжении ВГА, что в свою очередь приводит к нарушению кровоснабжения грудины в раннем послеоперационном периоде. Ишемия задней поверхности грудины может усугубляться, если для шунтирования используется ВГА.

Хроническая обструктивная болезнь легких является в нашем исследовании значимым фактором, как при одномерном исследовании ($\chi^2 = 53,089$; $p < 0,0001$), так и при проведении логистической регрессии. При корреляционном анализе в нашей работе, выявлена взаимосвязь фактора ХОБЛ с курением.

Уравнение с наиболее высокими показателями чувствительности, специфичности и эффективности, выбранное для пациентов при клапанной коррекции сердца, для прогнозирования осложнений стернотомии представлено в Таблице 2.

Таблица 2 – Предикторные переменные и коэффициенты уравнения логит-регрессии для расчета риска развития осложнений стернотомии у пациентов с пороками сердца

Переменная	Коэффициент регрессии, (β)	Стандартная ошибка	Статистика критерия Вальда, χ^2	P
X ₁	-2,035	0,573	12,627	0,000
X ₂	0,124	0,039	10,259	0,001
X ₃	-2,297	0,727	9,984	0,002
X ₄	-1,707	0,679	6,330	0,012
X ₅	-1,585	0,671	5,583	0,018

Примечание. X₁ – индекс коморбидности Чарлсона выше 5; X₂ – индекс массы тела; X₃ – степень поражения КА; X₄ – наличие ХОБЛ; X₅ – наличие стеноза БЦА; X₆ – риск по шкале Euroscore II; коэффициент (β) – весовое значение для каждой предикторной переменной модели; стандартная ошибка – оценка погрешности весовых значений; статистика критерия Вальда χ^2 вычислена по данным для сравнения с распределением хи-квадрат с одной степенью свободы; р-значение вероятности, указывающее на то, что все переменные значимо связаны с развитием специфических послеоперационных осложнений.

Фактором, вошедшим в уравнение прогноза осложнений стернотомии у пациентов после клапанной коррекции, как и в случае уравнения для пациентов при АКШ, является ИКЧ более 5 ($\chi^2 = 214,7$; $p < 0,0001$). По результатам корреляционного анализа в нашем исследовании данный показатель имел прямо пропорциональную взаимосвязь средней интенсивности со шкалой EuroScore II, наличием СД и ХОБЛ.

Индекс массы тела, следующий предиктор, вошедший в уравнение. Так же, как и в случае с уравнением для прогноза осложнений при АКШ, этот фактор не имел статистического отличия в группах сравнения ($p = 0,475$), но выявлено его влияние в комбинации с другими факторами на появление стернотомных осложнений. Обнаружена прямая корреляция с возрастом, СД, стенозом БЦА и обратная взаимосвязь со степенью поражения клапанов, курением и уровнем давления в легочной артерии. Таким образом, роль в формировании осложнений играет как увеличение ИМТ, так и снижение его. При поражении 2 клапанов сердца с развитием легочной гипертензии в малом круге кровообращения, особенно у курильщиков, при этом с низкими значениями ИМТ статистически значимо чаще приводит к формированию нестабильности грудины.

Следующий предиктор, вошедший в уравнение, – количество клапанов, требующих одновременной коррекции, что можно объяснить более выраженными изменениями в предоперационном периоде со стороны сердечно-сосудистой системы, и более сложным и длительным оперативным вмешательством, что может привести к большему риску интраоперационных осложнений. При расчете средних показателей продолжительность

операции при коррекции 1 клапана составила 224 минуты против 276,5 минуты при протезировании 2 клапанов, а длительность искусственного кровообращения составила 109 и 156 минут соответственно ($p < 0,05$). Этот предиктор коррелирует со шкалой EuroScore II, степенью поражения клапанов, уровнем легочной гипертензии и СД. Обратная взаимосвязь отмечена с ИКЧ, возрастом и ИМТ.

Наличие у пациента ХОБЛ является значимым фактором и при одномерном анализе ($\chi^2 = 26,87$; $p < 0,0001$), и при проведении логистической регрессии. И хотя корреляции с наличием СД не обнаружено, повышение уровня глюкозы выше нормы до операции оказало прямое неинтенсивное взаимное влияние с наличием ХОБЛ.

Сахарный диабет так же является важным предиктором в развитии послеоперационных инфекционных осложнений со стороны доступа ($\chi^2 = 12,6$; $p < 0,0001$). При помощи корреляционного анализа выявлены прямые взаимосвязи с ИКЧ, шкалой EuroScore II, возрастом и ожирением. Стоит также отметить, что оба фактора (ХОБЛ и СД) входят в ИКЧ, тем самым подчеркивается особая важность именно этой сочетанной патологии в возникновении осложнений стернотомии.

Чувствительность полученной нами модели прогноза развития осложнений стернотомии после протезирования клапанов сердца – 82,8 %, специфичность – 93,5 %, а эффективность – 93,1 %.

Полученная математическая модель реализована в программе для ЭВМ «Расчет вероятности осложнений стернотомии до коррекции клапанных пороков сердца» (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022685397 от 22.12.2022).

Несмотря на высокую специфичность более 98 %, чувствительность полученной модели прогноза осложнений стернотомии у пациентов 1 группы осталась невысокой. Мы решили провести сравнительный анализ клинических случаев с ложноположительными и ложноотрицательными результатами и определить значимость и роль предоперационных факторов риска по отношению к послеоперационным факторам.

Таблица 3 – Сравнительный анализ предоперационных и интраоперационных факторов риска у пациентов с ложноположительными и ложноотрицательными результатами по модели прогноза осложнений стернотомии для пациентов с АКШ

Фактор	¹ n = 17	² n = 20	P
Пол мужской	12 (70,6 %)	19 (95 %)	0,04
Возраст, лет	55,8 ± 11,6	61,3 ± 5,7	< 0,05
Ожирение	17 (100 %)	6 (30 %)	< 0,001
1 степень	3 (17,6 %)	4 (20 %)	0,85
2 степень	8(47,1 %)	2 (10 %)	0,01
3 степень	6 (35,3 %)	0	0,004

Продолжение Таблицы 3

Фактор	¹ n = 17	² n = 20	P
ХОБЛ	0	2 (10 %)	0,18
СД	3 (17,6 %)	2 (10 %)	0,49
Длительность операции выше 200 минут	3 (17,6 %)	5 (25 %)	0,58
Длительность операции, мин	191,4 ± 13,5	188,2 ± 31,4	> 0,05
ИК, мин	90,9 ± 10,6	72,5 ± 15,3	> 0,05
Глюкоза крови в 1 сутки после операции, моль/л	9,9 ± 4,9	5,6 ± 1,2	< 0,05
Гипергликемия в послеоперационном периоде выше 7,0 ммоль/л	10 (58,8 %)	1 (5 %)	< 0,001
Несимметричность доступа	3 (17,6 %)	0	< 0,001
Ошибки при наложении швов на грудину	15 (88,2 %)	0	< 0,001
Примечание. ¹ – группа пациентов с ложноотрицательным результатом по модели прогноза осложнений стернотомии после АКШ; ² – группа пациентов с ложноположительным результатом по модели прогноза осложнений стернотомии после АКШ.			

При анализе пациентов с отрицательными и положительными результатами, полученными по модели прогноза осложнений со стороны стернотомии у пациентов с АКШ, мы пришли к выводу, что для прогноза осложнений важно оценивать не только коморбидный фон пациента и предоперационные предикторы, но и интраоперационные факторы. Так, у 17 предсказанных пациентов с ложноотрицательными результатами по программе прогноза, при исследовании историй болезни и данных КТ органов грудной клетки оказалось, что все пациенты имели как предоперационные, так и интраоперационные факторы риска, а также осложнения не связанные с доступом (см. Таблицу 3).

Поэтому, несмотря на то, что эти пациенты изначально не были отнесены в группу риска, в послеоперационном периоде у них развились осложнения со стороны стернотомного доступа. А у 20 пациентов, которые попали по модели прогноза в группу высокого риска осложнений (ложноположительные), наоборот, несмотря на прогнозируемый высокий предоперационный риск, не было ошибок во время операции и интра- и послеоперационных факторов риска (кровотечения, гипергликемии в послеоперационном периоде, респираторной недостаточности, несимметричности доступа и др.) и осложнений, не связанных с доступом, не возникло. Из Таблицы 3 видно, что в обеих группах преобладают лица мужского пола, пациенты сопоставимы по возрасту, сопутствующей патологии (ХОБЛ, СД). Незначимыми различиями в группах являются длительность оперативного вмешательства, продолжительность ИК (> 0,05). Однако в группе пациентов с ложноотрицательным результатом по модели прогноза осложнений стернотомии после АКШ, у которых случились осложнения со стороны доступа, имели высокий уровень глюкозы крови в 1-е сутки после операции (< 0,05) и длительную

гипергликемию в послеоперационном периоде выше 7 ммоль/л ($< 0,001$). Несимметричность доступа при стернотомии и ошибки при наложении швов имелись у всех пациентов в группе с возникшими послеоперационными осложнениями ($< 0,001$).

У пациентов 1 группы возникли следующие осложнения со стороны стернотомии: нестабильность грудины (35,3 %), поверхностная (47,1 %) и глубокая стерральная инфекция (17,6 %). Тяжесть этих осложнений по Clavien – Dindo оценивается как III и IV степени. К пациентам III степени были отнесены 15 человек (88,2 %), которым понадобилось повторное хирургическое вмешательство под наркозом (рестернотомия в связи с осложнением со стороны доступа), вскрытие гематомы и перевязки под наркозом. У двух пациентов (11,8 %) наличие гнойного осложнения со стороны доступа привело к проявлениям почечной недостаточности (олигурия, повышение азотистых шлаков в крови), что в свою очередь потребовало лечения в условиях АРО.

Таблица 4– Осложнения со стороны стернотомии и их степень тяжести у пациентов с ложноотрицательными результатами по программе прогноза (n = 17)

Осложнение стернотомии	n (%)
Нестабильность грудины	6 (35,3)
Поверхностная стерральная инфекция	8 (47,1)
Глубокая стерральная инфекция	3 (17,6)
Тяжесть осложнений по Clavien – Dindo, связанных с доступом стернотомии	
III степень	15 (88,2)
IV степень	2 (11,8)

Из полученных данных можно сделать заключение, что наличие предоперационных факторов влияет на развитие осложнений со стороны доступа, но сочетание их с интраоперационными факторами и послеоперационными осложнениями, даже если пациент не относится к группе высокого риска, являются более весомыми в развитии осложнений со стороны грудины. Отсутствие же осложнений во время и после операции ведет к более благоприятному прогнозу.

Такую же картину мы увидели при анализе данных историй болезни и оценке КТ-исследований пациентов после протезирования клапанов сердца. Оказалось, что у всех 5 пациентов, не вошедших в группу риска, в послеоперационном периоде имелись осложнения со стороны доступа, так как были интраоперационные факторы риска и послеоперационные осложнения, не связанные с доступом. А у 44 пациентов, отнесенных к высокому риску со стороны стернотомного доступа, ошибок во время операции (симметричность доступа, количество накладываемых швов) и интраоперационных и послеоперационных факторов риска не наблюдалось (Таблица 5).

Таблица 5 – Сравнительный анализ предоперационных и интраоперационных факторов риска у пациентов с ложноположительными и ложноотрицательными результатами по модели прогноза осложнений стернотомии для пациентов с протезированием клапанов сердца

Фактор	¹ n = 5	² n = 44	P
Пол мужской	4 (80 %)	25 (56,8 %)	0,3
Возраст, лет	54,2 ± 9,2	57,0 ± 10,8	0,8
Ожирение	4 (80 %)	14 (31,8 %)	0,03
1 степень	1 (20 %)	11 (25 %)	0,8
2 степень	1 (20 %)	3 (6,8 %)	0,3
3 степень	2 (40 %)	0	< 0,001
ХОБЛ	1 (20 %)	6 (13,6 %)	0,7
СД	1 (20 %)	6 (13,6 %)	0,7
Длительность операции выше 200 минут	3 (60 %)	23 (52,3 %)	0,7
Длительность операции, мин	247,0 ± 83,7	215,1 ± 61,6	0,8
ИК, мин	117,8 ± 69,1	114,1 ± 47,3	0,9
Интраоперационное кровотечение более 1 000 мл	2 (40 %)	0	< 0,001
Глюкоза крови в 1-е сутки после операции, ммоль/л	6,8 ± 1,2	5,9 ± 1,6	0,6
Гипергликемия в послеоперационном периоде выше 7,0 ммоль/л	2 (40 %)	7 (15,9 %)	0,2
Рестернотомия	3 (60 %)	0	< 0,001
Несимметричность доступа	3 (60 %)	0	< 0,001
Ошибки при наложении швов на грудину	3 (60 %)	0	< 0,001
Примечание. ¹ – группа пациентов с ложноотрицательным результатом по модели прогноза осложнений стернотомии при протезировании клапанов сердца; ² – группа пациентов с ложноположительным результатом по модели прогноза осложнений стернотомии при протезировании клапанов сердца.			

При сравнительном анализе групп достоверно повлияли на исход такие интраоперационные факторы, как кровотечение во время операции, рестернотомии, несимметричность стернального доступа, ошибки при наложении швов на грудину ($p < 0,001$) (см. Таблицу 5).

В послеоперационном периоде все пациенты с ложноотрицательными результатами по программе прогноза имели осложнения как связанные с доступом – нестабильность грудины (60 %), глубокую стернальную инфекцию в виде стерномедиастинита (40 %), – так и не связанные с доступом различной степени тяжести по Clavien – Dindo (Таблица 6). Пациенты 1 группы имели более высокую степень тяжести нестернальных осложнений, чем пациенты 2 группы ($< 0,001$). Все пациенты группы с ложноположительными результатами риска

развития осложнений со стороны доступа по модели прогноза, имели I степень тяжести по Clavien – Dindo (боль, не требующую наркотических анальгетиков, гипергликемию в послеоперационном периоде, субфебрильную температуру). У пациентов, в послеоперационном периоде которых случились осложнения со стороны доступа (1 группа), наблюдались такие осложнения: нарушение ритма, фебрильная температура, потребовавшие медикаментозного лечения; одному пациенту потребовалось дренирование плевральной полости в связи с развившимся плевритом. Кроме этого, у пациентов 1 группы имелись осложнения, связанные с доступом. Троице пациентам (60 %) выполнялась бронхоскопия в послеоперационном периоде (IIIА степень по Clavien – Dindo), одному пациенту понадобилась рестернотомия и удаление проволочной лигатуры, еще одному вскрытие гематомы в области оперативного вмешательства под наркозом (IIIВ степень по Clavien – Dindo).

Таблица 6 – Осложнения со стороны стернотомии и их степень тяжести у пациентов с ложноотрицательными результатами по программе прогноза (n = 5)

Осложнение стернотомии	n (%)
Нестабильность грудины	3 (60)
Глубокая стернальная инфекция	2 (40)
Тяжесть осложнений по Clavien – Dindo, связанных с доступом стернотомии	
IIIА степень	3 (60)
IIIВ степень	2 (40)

Проведенный анализ пациентов с ложноположительными и ложноотрицательными результатами по модели прогноза еще раз подтверждает значимость не только предоперационных факторов. На исход оперативного вмешательства влияют интраоперационные факторы, в меньшей степени – послеоперационные осложнения и их тяжесть, как в группе с высоким риском, так и у пациентов с относительно низким риском осложнений. Поэтому следующим этапом научного исследования стала разработка уравнения, с помощью которого возможно прогнозирование осложнений стернотомии на основании предоперационных, интраоперационных и послеоперационных факторов. То есть, когда у пациента рассчитан высокий предоперационный риск, то на какие модифицируемые факторы мы можем повлиять во время и после операции, чтобы снизить риски развития осложнений со стороны доступа.

Исходя из задач настоящего диссертационного исследования, была разработана прогностическая модель оценки риска развития осложнений стернотомии на основе построенной математической модели. Для этого были сформированы обучающая и контрольная выборки пациентов после АКШ. Группа 1 включила в себя 135 прооперированных пациентов, которые были разделены на две подгруппы. В 1-БО группу вошли 90 пациентов без

осложнений со стороны грудины, в 1-О группу – 45 пациентов с осложнениями со стороны доступа (остеомиелит грудины, стерномедиастинит, нестабильность грудины). Критерием отбора были исходные данные пациентов: возраст, пол, степень поражения коронарных артерий, сопутствующая патология. Контрольная выборка, на которой осуществлялась клиническая валидация созданной математической модели, была сформирована на базе 1 297 пациентов с ИБС после АКШ, прооперированных с 2014 по 2020 год на базе ГБУЗ ТО ОКБ № 1.

Для построения данной математической модели был использован дискриминантный анализ, с помощью которого получено значение константы, с которой следует сравнивать значения дискриминантной функции для пациента, с целью определения принадлежности его к той или иной группе.

Была получена следующая математическая модель:

$$y = 0,80806 + (0,02450 \times \text{'степень поражения коронарных артерий'}) + (-1,46010 \times \text{'индекс коморбидности Чарлсона выше 5'}) + (-0,30636 \times \text{'риск госпитальной летальности по Euroscore II'}) + (-1,36600 \times \text{'интраоперационное кровотечение более 1 000 мл'}) + (-0,94001 \times \text{'несимметричный доступ'}) + (-1,46815 \times \text{'правильность наложения швов'})$$

Значение дискриминантной функции в центроидах первой и второй групп модели равны 1,299946 и -2,59989 соответственно. Следовательно, значение константы, с которой следует сравнивать значения дискриминантной функции для пациента, с целью определения принадлежности его к той или иной группе, составляет: $0,5 \times (-2,59989 + 1,299946) = -0,650215$. Если полученное значение ниже референсного -0,650215, то риск осложнения есть, а если выше, то риск осложнений низкий.

Анализ показал хорошие операционные характеристики. Чувствительность полученной нами модели прогноза – 88,8 %, специфичность – 100 %, а эффективность – 96,3 %.

Для разработки прогностической модели оценки риска осложнений стернотомии на основе построенной математической модели для пациентов с протезированием клапанов сердца были также сформированы обучающая и контрольная выборки. Для обучающей выборки сформированы две группы пациентов (группа 2-БО и группа 2-О). В 2-БО группу вошло 58 пациентов без осложнений со стороны грудины, в 2-О группу – 29 пациентов с осложнениями со стороны доступа (остеомиелит грудины, стерномедиастинит, нестабильность грудины). Критериями отбора для 2 группы также были исходные данные пациентов, их сопутствующая патология, количество пораженных клапанов и степень их изменений, ФВ, давление в легочной артерии. Контрольная выборка, на которой осуществлялась клиническая валидация созданной математической модели, была сформирована на базе 709 пациентов после коррекции клапанной патологии в 2014–2020 гг. на базе ГБУЗ ТО ОКБ № 1. Для построения данной математической модели был использован также дискриминантный анализ.

Для пациентов с протезированием клапанов сердца была получена следующая

математическая модель с чувствительностью прогноза – 93,1 %, специфичностью – 100 %, эффективностью – 97,7 %:

$$y = -5,56711 + (0,77389 \times \text{'пол пациента'}) + (0,51075 \times \text{'индекс коморбидности Чарлсона'}) + (1,14122 \times \text{'риск по Euroscore II'}) + (1,41664 \times \text{'симметричность доступа'}) + (1,39579 \times \text{'наличие повторного оперативного вмешательства (рестернотомия')}).$$

Значение дискриминантной функции в центроидах первой и второй групп данной модели равны $-1,21136$ и $2,422710$ соответственно. Значение константы, с которой следует сравнивать значения дискриминантной функции для пациента, с целью определения принадлежности его к той или иной группе, составляет: $0,5 \times (-1,21136 + 2,422710) = 0,605675$. Если полученное значение выше референсного $0,605675$, то риск осложнения есть, а если ниже, то риск осложнений низкий.

Прогностические модели оценки риска развития осложнений на основе построенной математической модели реализованы в программах для ЭВМ: «Прогноз послеоперационных осложнений стернотомии после аорто-коронарного шунтирования» (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024666970 от 18.07.2024) и «Прогноз послеоперационных осложнений стернотомии после протезирования клапанов сердца» (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024666971 от 18.07.2024).

В итоге анализа полученных математических моделей прогноза осложнений стернотомии и использования их в клинической практике нами сделан вывод, что у пациентов с высоким предоперационным риском можно избежать осложнений со стороны доступа. Если мы повлияем на модифицируемые интраоперационные факторы риска и постараемся избежать факторов риска в послеоперационном периоде, в том числе не связанных с доступом, риск стернотомных осложнений снижается, причем как у пациентов с высоким риском осложнений, так и у пациентов с относительно низким риском.

Анализ экспериментального исследования способов и материалов стернорافیи. При сравнительном анализе интраоперационных факторов риска осложнений стернотомии у пациентов после операции на сердце, ошибки, связанные с наложением швов на грудину, являются значимым фактором риска развития нестабильности грудины в послеоперационном периоде, а, следовательно, и причиной развития гнойных осложнений со стороны доступа. Так, у пациентов с АКШ, у которых в послеоперационном периоде сформировались осложнения стернотомии, фактор, связанный со швами, наложенными на грудину, стал значимым при одномерном анализе ($\chi^2 = 129,1$; $p < 0,0001$). У пациентов после протезирования клапанном сердца наблюдается такая же картина, при этом $\chi^2 = 43,8$; $p < 0,0001$. Значимым фактор оказался и при анализе таблиц сопряженности при исследовании взаимосвязи качественных показателей с развитием гнойных осложнений со стороны доступа. Проблему, связанную с наложением швов на стернотомный доступ, было решено проанализировать в экспериментальном

исследовании. Для этого испытания специально была создана искусственная модель грудины с имитацией срединной стернотомии. Грудина соответствовала размерам взрослого человека весом 75–80 кг. Для моделирования межреберных промежутков на обеих половинах грудины были выполнены 8 отверстий.

Было проверено три основных способа соединения грудины: одиночный узловый шов, 8-образный перистернальный и 8-образный перикостальный швы двумя видами шовного материала – стальной проволокой USP 7 (Ethicon steel, Johnson & Johnson, США) и полиамидной нитью «МедКапрон» USP 6 (ЗАО НПП «МедИнж», Россия) (Рисунок 2). Опыты осуществлены с помощью универсальной электромеханической машины ИР-5047-50-10, которая позволяет определить характеристики свойств материалов (Рисунок 3).

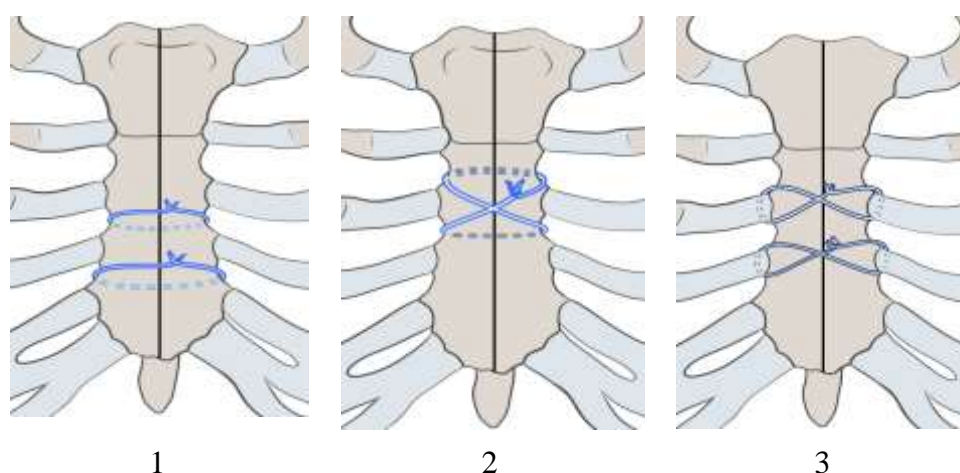


Рисунок 2 – Способы соединения грудины: 1 – одиночный узловый шов; 2 – 8-образный перистернальный шов; 3 – 8-образный перикостальный шов

В первом опыте на модели «грудины» с имитацией срединной стернотомии выполняли полиамидной либо стальной нитями восстановление целостности, затем модель помещалась в разрывную машину. Путем растяжения в поперечном направлении фиксировались результаты воздействия силы в 200 Н (20 кг) на модель грудины, что соответствует усилию, оказываемому на один шов при кашлевом толчке, и оценивалась максимальная нагрузка, при которой происходил разрыв соединения. Одновременно производились замеры формирующегося диастаза «грудины». Всего проведено два опыта по 3 серии с каждым вариантом соединения.

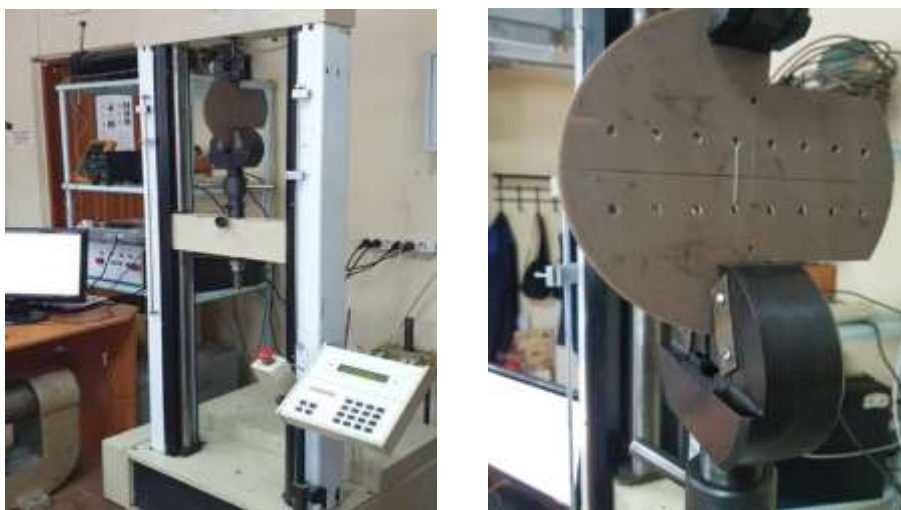


Рисунок 3 – Модель искусственной грудины со сформированным одиночным швом из стальной проволоки помещена в разрывную машину ИР-5047-50-10

Второй опыт заключался в определении свойств эластичности материалов для стернорамии. На шов, сформированный между половинами модели, осуществлялась нагрузка в 200 Н путем подвешивания груза, и происходило формирование необходимого диастаза. После этого действие силы прекращали, и производили замер расстояния между краями модели сразу после нагрузки и каждую минуту в течение 15 минут.

Таблица 7 – Сравнительный анализ прочности различных способов соединения модели грудины и шовных материалов

Способ соединения	Усилие, М ± sd, Н	Сравнение, р
Стальная проволока		
1	675,0 ± 32,5	$p^{12} = 0,008$; $p^{11} = 0,006$
2	1 271,0 ± 89,1	$p^{23} = 0,002$; $p^{22} = 0,006$
3	610,5 ± 6,4	$p^{31} = 0,15$; $p^{33} = 0,001$
Полиамидная нить		
1	336,5 ± 34,6	$p^{12} = 0,045$
2	544,5 ± 52,6	$p^{23} = 0,026$
3	316,5 ± 17,7	$p^{31} = 0,64$
Примечание: 1 – одиночный; 2 – 8-образный перистернальный; 3 – 8-образный перикостальный; p^{11} – сравнение 1-го способа соединения стальной проволокой и полиамидной нитью; p^{12} – сравнение 1-го и 2-го способов соединения; p^{23} – сравнение 2-го и 3-го способов соединения; p^{22} – сравнение 2-го способа соединения стальной проволокой и полиамидной нитью; p^{31} – сравнение 3-го и 1-го способов соединения; p^{33} – сравнение 3-го способа соединения стальной проволокой и полиамидной нитью.		

Сравнительный анализ прочности способов соединения «грудины» выявил закономерность, одинаковую для обоих видов шовного материала (см. Таблицу 7). При формировании одиночного узлового шва (1-й способ) и перикостального 8-образного шва (3-й способ) максимальное усилие, необходимое для разрыва соединения, было сопоставимо ($p > 0,01$), но статистически значимо меньше ($p < 0,05$), чем при перистернальном 8-образном шве (2-й способ), как для стальной проволоки так и для полиамидной нити (см. Таблицу 7).

Разрыв одиночного узлового шва, сформированного стальной проволокой, происходил при усилии в $(675,0 \pm 32,5)$ Н, а перикостального 8-образного – $(610,5 \pm 6,4)$ Н ($p = 0,15$), соединения полиамидной нитью выдержали воздействие до $(336,5 \pm 34,6)$ Н и $(316,5 \pm 17,7)$ Н соответственно ($p = 0,6$). Перистернальное 8-образное соединение стальной проволокой в среднем потребовало в 2 раза большей силы растяжения модели (от 1 208 до 1 334 Н) по сравнению с 8-образным перикостальным и одиночным швом, а сформированное нитью из полиамида – в 1,6–1,7 раза больше (см. Таблицу 7).

Полиамидная нить выдержала нагрузку от 305 до 593 Н при различных способах соединения, что статистически значимо меньше ($p < 0,05$), чем у стальной проволоки – от 601 до 1 334 Н, но, несмотря на это, прочность этого шовного материала больше в 1,5–3,0 раза, чем необходимо при воздействии внешних сил на стернотомический доступ (200 Н) в раннем послеоперационном периоде (Casha A. R, 1999; McGregor, 1999).

Изучение расстояния между половинами модели при воздействии клинически значимой силы в 200 Н показало, что наибольший диастаз возник при формировании перикостального 8-образного шва, как при использовании стальной проволоки – $(2,77 \pm 0,18)$ мм, так и при использовании полиамидной нити – $(2,95 \pm 0,32)$ мм. При фиксации одиночным узловым швом расстояние между краями модели составило для стального шва $(1,62 \pm 0,11)$ мм и $(1,98 \pm 0,16)$ мм для полиамидной нити, что статистически значимо меньше в сравнении перикостальным швом в виде «восьмерки» – $p = 0,012$ и $p = 0,0$, соответственно (Таблица 8).

Таблица 8 – Сравнительный анализ расстояния между краями модели грудины при усилии в 200 Н для различных способов соединения модели грудины и шовных материалов

Способ соединения	Перемещение, М ± sd, мм	p
Стальная проволока		
1	$1,62 \pm 0,11$	$p^{12} = 0,15; p^{11} = 0,16$
2	$1,26 \pm 0,15$	$p^{23} = 0,008; p^{22} = 0,20$
3	$2,77 \pm 0,18$	$p^{31} = 0,012; p^{33} = 0,62$
Полиамидная нить		
1	$1,98 \pm 0,16$	$p^{12} = 0,06$
2	$1,51 \pm 0,03$	$p^{23} = 0,021$

Продолжение Таблицы 8

Способ соединения	Перемещение, $M \pm sd$, мм	p
Полиамидная нить		
3	2,95 ± 0,26	$p^{31} = 0,05$
Примечание: 1 – одиночный; 2 – 8-образный перистернальный; 3 – 8-образный перикостальный; p^{11} – сравнение 1-го способа соединения стальной проволокой и полиамидной нитью; p^{12} – сравнение 1-го и 2-го способов соединения; p^{23} – сравнение 2-го и 3-го способов соединения; p^{22} – сравнение 2-го способа соединения стальной проволокой и полиамидной нитью; p^{31} – сравнение 3-го и 1-го способов соединения; p^{33} – сравнение 3-го способа соединения стальной проволокой и полиамидной нитью.		

Наименьшей деформации подвержен перистернальный 8-образный шов, причем расстояние статистически значимо отличалось только от перикостального соединения и не имело существенной разницы от одиночного узлового соединения. Изучение диастаза при действии силы в 200 Н не выявило значимых отличий ($p > 0,05$) при сравнении шовных материалов во всех сериях опыта (см. Таблицу 8).

В ходе эксперимента выяснилось, что стальная проволока и полиамидная нить при увеличивающейся нагрузке ведут себя по-разному. Стальная проволока постепенно раскручивается в месте скрутки узла и при максимальной нагрузке рвется возле узлового соединения. Наибольшее количество скачков, связанных с раскручиванием проволоки наблюдалось при одиночном узловом соединении, наименьшее – при 8-образном перистернальном. При воздействии стальной проволоки на «края грудины» во время раскручивания («скачков»), были обнаружены повреждения, что в клинической практике может привести к прорезыванию швов, с последующим формированием нестабильности грудины.

Чтобы оценить эластичность полиамида и стальной проволоки, была проведена вторая часть эксперимента (опыт № 2). Фрагменты «грудины» были фиксированы с помощью одиночного узлового шва из полиамида, после чего дана пороговая нагрузка в 200 Н, что привело к формированию диастаза в 3 мм. После этого нагрузка была прекращена. Одновременно проводились видеофиксация эксперимента и фотофиксация до полного соединения краев «грудины».

Сразу после прекращения нагрузки на соединение полиамидной нитью в течение 1 секунды произошло сокращение расстояния между половинами «грудины» в 2 раза. Затем постепенно в течение 330 секунд края экспериментальной модели полностью сблизилась.

По данным нашего исследования, максимальная деформация полиамидной нити при воздействии силы 200 Н составила 3,07 мм (в среднем от 1,51 до 2,95 мм) между краями модели (см. Таблицу 8). То есть, если у пациента сформируется при кашле (до 200 Н) диастаз, то восстановление стабильности «грудины» произойдет уже в первые секунды после прекращения

воздействия, благодаря эластическим свойствам полиамида. Стальная проволока в тех же условиях эксперимента (при воздействии силы в 200 Н) постепенно растягивается, приводя к необратимой деформации металла, при этом диастаз между половинами модели, образуемый под воздействием силы, приводит к нестабильности соединения.

Задача эксперимента заключалась в сравнительном анализе прочности двух материалов при поперечной нагрузке на срединную стернотомию и проверке гипотезы о способности полиамидной нити за счет ее эластичности нивелировать нагрузку на доступ в раннем послеоперационном периоде. Выбор полиамидной нити для нашей экспериментальной работы обусловлен её доступностью, экономичностью и необходимостью импортозамещения в современных условиях. Данные экспериментального исследования вошли в алгоритм профилактики осложнений стернотомии у пациентов после операции на сердце.

Создание цифрового помощника пациента для ранней диагностики осложнений стернотомии и своевременного обращения пациента за специализированной помощью.

Для улучшения результатов операций на сердце со стернотомическим доступом за счет снижения послеоперационных осложнений со стороны грудины, их ранней диагностики и возможностью неотложного обращения к профильному специалисту, нами была разработана программа в виде чат-бота. На основе программирования Python прописан код для чат-бота в Telegram «СтерноБотПревент», разработан его интерфейс и разделы (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024667123 от 18.07.2024).

Для помощника разработана анкета из 15 вопросов. Из них 13 вопросов направлены на оценку патогномичных жалоб пациента и имеющихся факторов риска, 14 вопрос – визуально-аналоговая шкала (ВАШ) для оценки интенсивности болевого синдрома, и шкала субъективной оценки состояния здоровья пациента (вопрос 15). По данным опроса определяются показания для консультации необходимого врача-специалиста и срочность обращения за медицинской помощью. Все ответы пациента направляются в виде таблицы Excel специалисту, ответственному за сбор информации, интерпретируются лечащим врачом, после чего решается вопрос об осмотре пациента специалистом в неотложном, отсроченном или плановом порядке.

Функционал разработанной программы имеет возможность предоставления доступа к данным, полученным в результате опроса, врачам, под наблюдение которых в дальнейшем попадет пациент. При помощи бота пациент может самостоятельно записаться на прием к необходимому врачу через портал www.gosuslugi.ru.

При отсутствии показаний для направления к врачу в сообщении рекомендуется придерживаться назначений лечащего врача при выписке и пройти опрос повторно через 3 месяца. Данные, полученные в ходе опроса, интерпретируются и записываются в файл в виде таблицы с возможностью отследить результаты каждого пациента и проанализировать их в динамике.

Таким образом, при обращении пациента к помощи бота при первых клинических проявлениях сокращается время до госпитализации и составляет в среднем $(2,8 \pm 1,4)$ дня, без применения бота время до госпитализации увеличивается до $(9,2 \pm 2,1)$ дня ($p = 0,01$). Это можно связать с тем, что пациенты могут не иметь специфических жалоб и не сразу попадают к хирургу, а, в первую очередь, обращаются к терапевту.

По данным нашего исследования, чат-бот «СтерноБотПревент» выполняет свою функцию ранней диагностики осложнений стернотомии и дает возможность пациентам получить вовремя специализированную помощь, тем самым избежать тяжелых гнойных осложнений стернотомной раны.

Разработка алгоритма профилактики осложнений стернотомии. При формировании алгоритма нами были учтены данные анализа пациентов по программам прогноза осложнений стернотомии. Результатом анализа явилось то, что исход оперативного вмешательства зависит как от предоперационных факторов, так и от интраоперационных предикторов и послеоперационных осложнений, в том числе, не связанных с доступом. Каждый из факторов, выявленных в исследовании, может нарушать процессы заживления раны, грудины и увеличивать вероятность возникновения инфекционных осложнений. Поэтому, мероприятия, включенные в алгоритм профилактики осложнений стернотомии у пациентов, связаны с компенсацией сопутствующей патологии и уменьшением обсеменения патогенной микрофлорой раны. Из интраоперационных мероприятий – это уменьшение повреждения окружающих тканей, особенно с применением электрокоагуляции для рассечения надкостницы при осуществлении стернотомии и ограничение применения воска при кровотечении из краев грудины.

В алгоритм интраоперационной профилактики осложнений стернотомии вошел способ остеосинтеза грудины по предложенной нами методике, который позволяет осуществить надежную фиксацию створок грудины полиамидной нитью (патент на изобретение № 2856647 «Способ остеосинтеза грудины после срединной стернотомии у пациентов с риском развития осложнений со стороны доступа» от 2.02.2026).

Методика соединения заключается в следующем: после завершения основного хирургического этапа и установки дренажей полностью удаляется мечевидный отросток, и начинают сшивание стернотомной раны грудины. В качестве шовного материала используется нерассасывающаяся монофиламентная полиамидная нить на атравматичной игле (USP 6). Первые два восьмиобразных шва формируются в области рукоятки грудины трансстернально, остальные восьмиобразные перистернальные швы проводятся по межреберьям, при этом и на передней, и на задней поверхности грудины образуется двойной шов, фиксирующий обе ее створки (Рисунок 4). Количество накладываемых швов зависит от длины грудины, минимальное количество швов – 7. После наложения нитей края грудины подтягиваются друг к другу и затем, полностью стягиваются до полного сопоставления краев грудины и

удерживаются в таком состоянии ассистентом. Снизу вверх производят завязывание нитей, первый узел двойной и затем еще 5 хирургических узлов, с последующим погружением фиксирующих узлов в межреберье, либо сбоку от стернотомной линии.

Разработанный нами алгоритм профилактики осложнений стернотомии после операции на сердце согласуется с клиническими рекомендациями по лечению пациентов с послеоперационным стерномедиастинитом и остеомиелитом грудины и ребер (2014). Главными отличиями являются возможность прогноза осложнений стернотомии до и после операции, а так же воздействие на модифицируемые интраоперационные факторы риска (удаление интраоперационно мечевидного отростка, вид остеосинтеза грудины и материал, используемый для него). Вместе с тем, у пациента появилась возможность самостоятельно оценивать свое состояние, быть на связи со специалистом и вовремя получить медицинскую помощь, уже при ранних проявлениях со стороны стернотомии при помощи разработанного чат-бота.

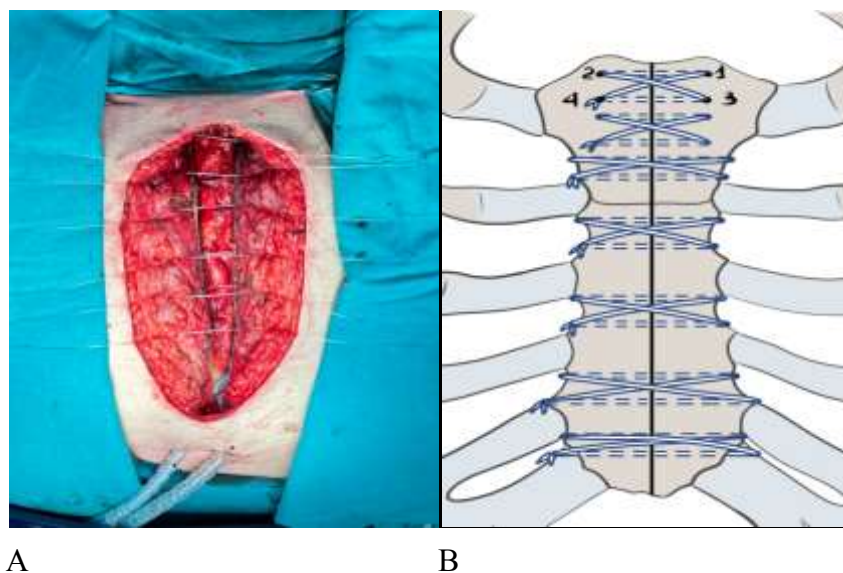


Рисунок 4 – Внешний вид остеосинтеза грудины полиамидной нитью интраоперационно (А).
Схема наложения швов (В) (обозначения: 1, 3 – вкол иглы, 2, 4 – выкол иглы; пунктирная линия – расположение швов на задней поверхности грудины)

При помощи разработанных нами программ предоперационного прогноза «Расчета вероятности осложнений стернотомии до операции аорто-коронарного шунтирования» и «Расчета вероятности осложнений стернотомии до коррекции клапанных пороков сердца» выявляются пациенты с высоким риском осложнений со стороны доступа. При выявлении высокого риска осложнений пациент ведется при помощи алгоритма. Стоит отметить, что предоперационное ведение пациента совпадает с подготовкой пациента к операции, у которых высокий риск осложнений не спрогнозирован. Интраоперационная профилактика по

предложенному алгоритму нами проводилась только пациентам с высоким риском осложнений по программе прогноза. Однако, как показал анализ пациентов с ложноположительными и ложноотрицательными результатами по программе прогноза, возникновение интраоперационных факторов риска и послеоперационных осложнений, не связанных с доступом, могут привести к появлению осложнений стернотомии даже у пациентов с низким риском перед операцией.

- 1) Предоперационная профилактика осложнений стернотомии.
- 2) Оценка риска осложнений стернотомии с помощью программ предоперационного прогноза. При выявлении у пациента высокого риска осложнений со стороны доступа, должен соблюдаться мультидисциплинарный подход при подготовке пациента к операции.
- 3) За 2 недели до оперативного вмешательства отказаться от курения и алкоголя.
- 4) Для исключения патологии легочной системы перед оперативным вмешательством проводить дополнительные методы исследования (спирометрия, бодиплетизмография). При снижении ОФВ1 менее 70 % подготовку к операции вести совместно с пульмонологом для выявления причин и компенсации сопутствующей легочной патологии.
- 5) При плановом оперативном вмешательстве, если пациент перенес в течение последних месяцев воспалительные заболевания верхних дыхательных путей (пневмонию, бронхит, COVID-инфекцию), отсрочить операцию на срок от 3 до 6 месяцев с момента заболевания.
- 6) Контроль над уровнем глюкозы крови, особенно в предоперационном периоде и первые 2 суток после операции. Гликемия не должна превышать 10 ммоль/л.
- 7) Пациенты с СД либо впервые выявленной гипергликемией ведутся совместно с эндокринологом. Пациенты, получающие сахароснижающие препараты в условиях стационара, переводятся из расчета веса пациента на базальный и/или базально-болюсный режим получения инсулина.
- 8) Исключение носительства инфекции (ЛОР-заболеваний, лечения зубов). Консультация уролога, гинеколога перед плановым оперативным вмешательством.
- 9) Консультация диетолога при повышенной массе тела, а также при сниженном питании пациента. Коррекция питания с включением достаточного количества микроэлементов, белков, витаминов по данным лабораторных методов исследования (биохимический анализ крови, ионограмма).
- 10) Так как наиболее частыми возбудителями при осложнениях со стороны доступа являются золотистый и эпидермальный стафилококк, то предоперационная антибиотикопрофилактика проводится следующими препаратами по схеме: за 30–40 минут до разреза однократно цефазолин 2 г в/в или амоксициллин/клавуланат 1,2 г в/в, или цефуроксим 1,5 г в/в. При аллергической реакции на пенициллины – клиндамицин 0,9 г в/в или ванкомицин

15 мг/кг в/в.

Интраоперационная профилактика осложнений стернотомии

- 1) Обработка операционного поля антисептиками трижды, использование специальных материалов для отграничения операционного поля.
- 2) Рассечение мягких тканей с минимальным повреждением, для снижения ишемизации ткани грудины орошение прохладной водой во время осуществления доступа.
- 3) Проведение симметричной стернотомии, для чего хирург может использовать любые удобные способы разметки. Ассиметричным доступом считать отклонение от срединной линии более чем на 10 %.
- 4) При выявлении ассиметричного доступа количество швов, накладываемых на грудину, должно быть увеличено до 8.
- 5) Удаление мечевидного отростка.
- 6) Остановка кровотечения из краев грудины без применения воска (тампонада).
- 7) Тщательный гемостаз во время операции для исключения рестернотомий и дополнительных гемотрансфузий. Уменьшить применение электрокоагуляции, по возможности заменить электрокоагуляцию сосуда его перевязкой.
- 8) Раздельное дренирование перикарда и ретростернального пространства.
- 9) Использование полиамидной нити для остеосинтеза грудины у пациентов с высоким риском осложнений стернотомии.
- 10) Использовать 8-образный перистернальный шов для остеосинтеза грудины.
- 11) Количество швов, накладываемых на грудину должно зависеть от длины грудины (минимальное количество 8-образных швов при симметричном доступе – 7).
- 12) Привлечение наиболее опытных хирургов для осуществления остеосинтеза грудины.
- 13) У пациентов с высоким риском осложнений стернотомии проведение остеосинтеза по предложенной нами методике.
- 14) Не накладывать швы на подкожную клетчатку.
- 15) Замена перчаток при наложении швов на кожу.

Послеоперационная профилактика осложнений стернотомии

- 1) В стационаре:
- 2) Оценка риска осложнений стернотомии с помощью программ «Расчет вероятности осложнений стернотомии после аорто-коронарного шунтирования» и «Расчет вероятности осложнений стернотомии после коррекции клапанных пороков сердца». При выявлении высокого риска со стороны доступа сохранить персонифицированный подход ведения пациента в послеоперационном периоде.
- 3) Ранняя активизация больных и ношение корсета на грудную клетку для стабильной фиксации грудины, стимулирования формирования костной мозоли и

предотвращения микропереломов грудины.

- 4) Контроль над уровнем глюкозы крови в послеоперационном периоде, особенно в 1-е сутки после операции. Гликемия не должна превышать 7 ммоль/л.
- 5) Пациенты с СД в условиях стационара продолжают получать инсулинотерапию.
- 6) Оценка функционального состояния бронхо-легочной системы в послеоперационном периоде.
- 7) Знакомство пациента с программой чат-бота «СтерноБотПревент» для сопровождения в послеоперационном периоде и для раннего выявления осложнений со стороны доступа.

После выписки из стационара:

- 1) При выписке пациент получает QR-код для работы с программой «СтерноБотПревент» и памятку для его лечащего врача.
- 2) Ношение корсета на грудную клетку в течение 6 недель.
- 3) Нормализация массы тела (консультация эндокринолога, диетолога) у пациентов с повышенной массой тела или при сниженном питании.
- 4) Реабилитационные мероприятия: кинезиотерапия, массаж, ЛФК, физиопроцедуры (магнитотерапия, электрофорез для уменьшения боли, воспаления и улучшения кровообращения), ударно-волновая, рефлексотерапия.
- 5) Через 1, 3, 6 месяцев после выписки или по мере появления необходимости (при появлении жалоб) пациент может пройти анкетирование через чат-бот для оценки своего состояния и определения дальнейших действий

Сравнительный анализ внедрения алгоритма профилактики осложнений. Для проведения сравнительного анализа частоты возникновения стернальных осложнений после операции на сердце в условиях искусственного кровообращения, было сформировано две группы пациентов. Рандомизация пациентов в основную группу и группу сравнения проводилась с использованием генератора случайных чисел, встроенного в программное обеспечение Statistica.

В первую группу (группа 1-А) вошли 39 пациентов с высоким риском по данным программ расчета вероятности осложнений со стороны стернотомии. Ведение этой группы пациентов проводилось по рекомендациям разработанного алгоритма профилактики осложнений стернотомии. Вторая группа сформирована из 40 пациентов высокого риска, которые были пролечены без учета предложенных интраоперационных профилактических мероприятий (группа 2). Предоперационное ведение пациентов обеих групп совпадало.

Перед операцией оценивали исходные данные пациента (пол, возраст), наличие сопутствующей патологии (СД, ожирение, ХОБЛ), эндокринных нарушений щитовидной железы, наличие в анамнезе острых нарушений мозгового кровообращения (ОНМК), патологии почек. Из интраоперационных факторов учитывали продолжительность ИК, длительность

операции, интраоперационную кровопотерю, время, проведенное пациентом на ИВЛ. В послеоперационном периоде – потребность пациента в применении вазопрессоров, объем отделяемого по дренажам и сроки их удаления, лабораторные (глюкоза, креатинин), клинические (кашель, болевые ощущения) и инструментальные данные (рентгенологическое исследование, ЭХОКГ). В обеих группах предоперационно проводилась компенсация сопутствующей патологии (СД, ХОБЛ), контроль над уровнем гликемии, всем пациентам рекомендовалось исключить курение за 2 недели до операции.

Группы пациентов, включенные в исследование, сопоставимы между собой. Все пациенты с коморбидной патологией и высоким риском по программе расчета осложнений стернотомии. Средний возраст пациентов 1-А и 2 групп ($64,3 \pm 6,3$) и ($64,6 \pm 5,3$) года соответственно. Также группы не имели статистически значимых отличий по сопутствующей патологии: сахарный диабет, ХОБЛ, ожирение, ХБП, гипотиреоз, нарушение толерантности к глюкозе. В 1-А и 2 группу вошли пациенты с ИКЧ больше 5 ($p = 0,74$), по шкале риска осложнений госпитальной летальности EuroScore II большинство пациентов имели умеренный риск в обеих группах ($p = 0,76$).

Для обеих групп пациентов использовались одни схемы антибиотикопрофилактики, стандартные протоколы анестезии и перфузии. У всех пациентов 1-А группы контролировался доступ к сердцу: рассечение мягких тканей с минимальным повреждением; рассечение надкостницы без применения электрокоагуляции; симметричность доступа; удаление мечевидного отростка; остановка кровотечения из краев грудины без применения воска; тщательный гемостаз во время операции. По интраоперационным показателям – длительности операции, длительности ИК и ИВЛ, – группы тоже оказались сопоставимы.

Между группами имелось различие в материалах и видах остеосинтеза грудины. Пациентам группы 1-А проводился остеосинтез по описанной выше методике 8-образными перистернальными швами из полиамидной нити. Всем пациентам произведен симметричный доступ. Пациенты 2 группы велись по «стандартной методике», для остеосинтеза использовалась одиночные швы из стальной проволоки, которые скручивались до сведения краев грудины друг к другу. Количество швов, накладываемых на грудину, использование электрокоагуляции при рассечении надкостницы и воска для остановки кровотечения, зависело от предпочтений оперирующего кардиохирурга.

В раннем послеоперационном периоде потребность в вазопрессорных препаратах была у 8 пациентов (20,5 %) 1-А группы, у 13 пациентов (32,5 %) 2 группы ($p = 0,2$) (Таблица 9). Сроки удаления дренажей составили в среднем 2 суток в обеих группах ($p = 0,5$). Во 2 группе троим пациентам (7,5 %) была проведена рестернотомия и ревизия раны по поводу кровотечения в раннем послеоперационном периоде с последующим реостеосинтезом грудины стальной нитью. У одного пациента, которому проводилась рестернотомия, в последующем развилась глубокая стернальная инфекция (ГСИ). В 1-А группе, несмотря на строгий контроль гемостаза,

одному пациенту (2,6 %) понадобилась рестернотомия, связанная также с послеоперационным кровотечением. Реостеосинтез данному пациенту был проведен полиамидной нитью.

У всех пациентов в послеоперационном периоде оценивался болевой синдром по визуально-аналоговой шкале боли (ВАШ) в 1-е и 5-е сутки после операции. В среднем оценка боли по ВАШ пациентов 1-А группы в 1-е сутки составляет $(3,4 \pm 1,4)$ балла, на 5-е сутки $-(3,0 \pm 0,9)$ балла. Пациенты 2 группы оценили свою боль по ВАШ в 1-е сутки в среднем в $(4,2 \pm 1,5)$ балла, на 5-е сутки балл составил $(3,1 \pm 1,3)$. Различия в группах по оценке боли в баллах статистически незначимо ($p > 0,05$), но в 1-е сутки пациенты, остеосинтез которым осуществлен с применением полиамидной нити (группа 1-А), оценивали уровень боли ниже, чем пациенты с проведенным остеосинтезом стальной проволокой и, вследствие этого, им реже требовалось обезболивание с помощью наркотических анальгетиков ($p = 0,02$).

Таблица 9 – Сравнительный анализ по показателям раннего послеоперационного периода в исследуемых группах пациентов

Фактор	1-А группа (n = 39)	2 группа (n = 40)	Уровень значимости, p
Потребность в вазопрессорах, n (%)	8 (20,5)	13 (32,5)	0,2
Длительность установки дренажей, дни	$2,7 \pm 1,1$	$1,8 \pm 0,8$	0,51
Количество отделяемого по дренажам, мл	$301,0 \pm 120,5$	$314,0 \pm 152,1$	0,94
Кровотечение более 1 000 мл, n(%)	1 (2,6)	3 (7,5)	0,31
Рестернотомия	1 (2,6)	3 (7,5)	0,24
Оценка боли по ВАШ более 3 баллов (1 сутки), n (%)	11 (28,2)	21 (52,5)	0,03
Необходимость в наркотических анальгетиках	1 (2,6)	7(17,5)	0,02

В послеоперационном периоде в обеих группах наблюдались осложнения как связанные с доступом, так и не связанные с ним (Таблица 10). Среди пациентов 1-А группы понадобилась перевязка под наркозом (IIIА степень тяжести по Clavien – Dindo) и рестернотомия (2,6 %) в связи с развившейся нестабильностью грудины в послеоперационном периоде (IIIВ степень). Во 2 группе перевязка под наркозом с ревизией раны потребовалась 2 пациентам (5 %) (IIIА степень тяжести). Проведено 3 рестернотомии (7,5 %), и 1 пациенту (2,5 %) проводилось вскрытие гематомы под наркозом (III В степень), 2 пациента (IV степень тяжести по Clavien – Dindo) проходили лечение в условиях АРО в связи с проявлениями почечной недостаточности (олигурия, повышение азотистых шлаков в крови). Тяжесть осложнений по Clavien – Dindo, связанных с доступом, в послеоперационном периоде выше у пациентов второй группы ($p = 0,04$).

Кроме таких осложнений, наблюдавшихся в обеих группах, как болевой синдром, не

требующий наркотических анальгетиков, субфебрильная температура, гипергликемия выше 7 ммоль/л в раннем послеоперационном периоде, во 2 группе двум пациентам (5 %) для санации трахеобронхиального дерева понадобилась санационная бронхоскопия, у 4 (10 %) пациентов наблюдалась фебрильная температура, потребовавшая медикаментозного лечения и у 1 (2,5 %) пациента наблюдалось нарушение сердечного ритма. Тяжесть осложнений по Clavien – Dindo, не связанных с доступом также достоверно ниже в группе пациентов, проходивших лечение по предложенному алгоритму ($p = 0,01$).

Таблица 10 – Сравнительный анализ тяжести послеоперационных осложнений по Clavien – Dindo

Фактор	1-А группа (n = 39)	2 группа (n = 40)	Уровень значимости, p
Тяжесть осложнений по Clavien – Dindo, связанных с доступом стернотомии			
ША степень, n (%)	1 (2,6)	2 (5)	0,04
ШВ степень, n (%)	1 (2,6)	4 (10)	
IV степень n (%)	0	2 (5)	
Тяжесть осложнений по Clavien – Dindo, не связанных с доступом стернотомии			
I степень, n (%)	37 (94,8)	29 (72,5)	0,01
II степень, n (%)	2 (5,1)	8 (20)	
III степень, n (%)	0	3 (7,5)	

После операции наблюдение пациентов велось в течение года. Отслеживание пациентов после выписки из стационара, велось согласно правилам диспансеризации после операции на сердце. Оценка состояния пациентов проводилась, в том числе, с помощью чат-бота «СтерноБотПревент», особенно, как показала практика, этот способ связи был удобен для проживающих в отдаленных районах.

Таблица 11 – Частота послеоперационной нестабильности грудины и инфекционных раневых осложнений со стороны доступа

Осложнение	1-А группа (n = 39)	2 группа (n = 40)	Уровень значимости, p
Нестабильность грудины в послеоперационном периоде, n (%)	1 (2,6)	4 (10)	0,17
Поверхностная стернальная инфекция, n (%)	1 (2,6)	2 (5)	0,57
Глубокая стернальная инфекция, n (%)	0	2 (5)	0,16
Всего	2 (5,1)	8 (20)	0,04

В 1-А группе у одного пациента (2,6 %) в послеоперационном периоде развилась поверхностная стеральная инфекция (ПСИ). Следует отметить, что у данного пациента был высокий риск по программе прогноза осложнений стернотомии (86 %). Индекс коморбидности Чарлсона выше 5, ИМТ более 35 кг/м^2 , а также сахарный диабет в анамнезе повлияли на развитие нагноения послеоперационной раны. Использование полиамидной нити в данной ситуации привело к благоприятному исходу. Глубокой стеральной инфекции в группе не наблюдалось (см. Таблицу 11). Нестабильность грудины в послеоперационном периоде сформировалась также у одного пациента (2,6 %).

Во 2 группе у 4 пациентов (10 %) в послеоперационном периоде наблюдалась нестабильность грудины, у двух пациентов (5 %) развились инфекционные осложнения со стороны доступа в виде нагноения послеоперационной раны. И еще у двух пациентов группы (5 %) – ГСИ, потребовавшая в дальнейшем устранения раневого дефекта на грудной клетке при помощи оментопластики.

Меньшее количество инфекционных осложнений в послеоперационном периоде привело к статистически значимому сокращению койко-дней, проведенных пациентами в стационаре, ($11,7 \pm 3,1$) и ($16,3 \pm 2,6$) дня соответственно в 1-А и 2 группах ($p < 0,05$). Все пациенты обеих групп выписаны в удовлетворительном состоянии для дальнейшего наблюдения в условиях амбулаторного звена.

Таким образом, при изменении интраоперационной тактики у пациентов с высоким риском осложнений стернотомии по программе прогноза снижается не только количество и тяжесть этих осложнений ($p = 0,04$), но и тяжесть осложнений, не связанных с доступом ($p = 0,01$), уменьшается болевой синдром в послеоперационном периоде и потребность в наркотических анальгетиках ($p = 0,02$), сокращается пребывание пациента в стационаре ($p < 0,05$). Все перечисленные факторы вместе позволили избежать возникновения глубокой стеральной инфекции.

ВЫВОДЫ

1. На исход операции на сердце со стернотомическим доступом существенное влияние оказывают следующие предоперационные факторы: выраженная сопутствующая патология пациентов, исходное состояние по основному заболеванию ($p < 0,0001$). Значимыми интраоперационными факторами риска при проведении операции на сердце являются ошибки, связанные с доступом (несимметричный доступ) и наложением швов, кровотечение во время операции более 1 000 мл и степень тяжести послеоперационных хирургических осложнений по Clavien – Dindo ($p < 0,0001$).

2. У пациентов, которым планируется аорто-коронарное шунтирование, наиболее значимыми предикторами осложнений стернотомии являются индекс коморбидности Чарлсона выше 5, индекс массы тела, степень поражения коронарной артерии, наличие стеноза

брахиоцефальной артерии, хроническая обструктивная болезнь легких в анамнезе и риск по шкале EuroScore II (получена математическая модель со специфичностью 98,4 %, эффективностью 93,9 % и чувствительностью 62,3 %). В математическую модель прогноза осложнений для пациентов перед протезированием клапанов сердца вошли такие факторы, как индекс коморбидности Чарлсона выше 5, индекс массы тела, количество пораженных клапанов и наличие хроническая обструктивная болезнь легких и сахарный диабет (специфичность – 93,5 %, эффективность – 93,1 %, чувствительность – 82,8 %).

3. На исход оперативного вмешательства в большей степени влияют интраоперационные факторы риска (кровотечение более 1 000 мл, несимметричность доступа, ошибки при наложении швов, тяжесть осложнений по Clavien – Dindo, рестернотомия). Полученная математическая модель прогноза осложнений стернотомии для пациентов после аорто-коронарного шунтирования имеет специфичность 100 %, эффективность – 96,3 %, чувствительность – 88,8 %. Для пациентов после протезирования клапанов сердца специфичность математической модели – 100 %, эффективность – 97,7 %, чувствительность – 93,1 %.

4. По результатам экспериментального исследования видов соединения грудины наибольшую нагрузку выдерживает 8-образный перистернальный шов ($p = 0,006$). Прочность стальной нити USP 7 (Ethicon steel, Johnson & Johnson, США) превышает пороговое значение при воздействии внешних сил на соединение (200 Н) в 2 раза, полиамидная нить «МедКапрон», USP 6 (ЗАО НПП «МедИнж», Россия) – в 1,5 раза ($p = 0,001$). Преимуществом полиамидной нити является ее эластичность, позволяющая нивелировать колебания давления на экспериментальную модель грудины.

5. Чат-бот «СтерноБотПревент» как цифровой помощник пациента сокращает в 3 раза время до госпитализации пациентов с осложнениями после операции на сердце ($9,2 \pm 2,1$) до ($2,8 \pm 1,4$) дня; $p = 0,01$).

6. Применение разработанного дифференцированного алгоритма хирургического лечения пациентов, оперированных на сердце со стернотомическим доступом, привело к снижению общего количества и тяжести специфических осложнений ($p = 0,04$), уменьшению болевого синдрома в послеоперационном периоде и потребности в наркотических анальгетиках ($p = 0,02$), сокращению пребывания пациента в стационаре ($p < 0,05$).

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Для определения хирургической тактики лечения у пациентов при операции на сердце со стернотомическим доступом целесообразно перед операцией оценить риск осложнений стернотомии с помощью программ «Расчет вероятности осложнений стернотомии до операции аорто-коронарного шунтирования» и «Расчет вероятности осложнений стернотомии до коррекции клапанных пороков сердца».

2. Для улучшения результатов лечения пациентов с высоким риском осложнений стернотомии рекомендуется использовать алгоритм профилактики осложнений стернотомии.

3. Всем пациентам, доступ к сердцу у которых осуществляется путем продольной срединной стернотомии, до операции добиться компенсации сопутствующей соматической патологии (сахарного диабета, артериальной гипертензии, хронической обструктивной болезни легких). Уровень гликемии крови до операции и в раннем послеоперационном периоде не должен превышать 10 ммоль/л.

4. Проводить дополнительные методы исследования легочной системы (спирометрию, бодиплетизмографию или исследование диффузионной способности легких) для исключения хронической обструктивной болезни легких перед оперативным вмешательством.

5. Во время операции рассечение мягких тканей, надкостницы осуществлять с минимальным повреждением, без применения электрокоагуляции.

6. Стремиться к симметричной продольной стернотомии с отклонением от срединной линии не более 10 %, для этого рекомендуется использовать разметки доступа.

7. Рекомендовать использование полиамидной нити для остеосинтеза грудины у пациентов с высоким риском осложнений стернотомии. Остеосинтез рекомендуется выполнять по предложенной методике (не менее 7 перистернальных 8-образных швов).

8. В послеоперационном периоде ознакомить пациента с работой чат-бота «СтерноБотПревент» для сопровождения и для раннего выявления осложнений со стороны доступа. Для отслеживания состояния пациента лечащему врачу-хирургу в выписке приложить QR-код для перехода в бот и инструкцию по его использованию и функциональным возможностям.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Опыт лечения переднего стерномедиастинита и остеомиелита грудины после срединной стернотомии / **В. В. Соколова**, В. Э. Шнейдер, И. А. Бродер [и др.] // **Медицинская наука и образование Урала**. – 2017. – Т. 18. – № 4 (92). – С. 106–109.

2. Влияние гипергликемии на развитие инфекционных послеоперационных осложнений у кардиохирургических пациентов/ В. Э. Шнейдер, **В. В. Соколова**, С. Д. Медведев, Л. Н. Комарова // **Медицинская наука и образование Урала**. – 2018. – № 3 (95). – С. 46–49.

3. Леонтьева, К. А. Создание костного биоклея на основе природных полисахаридов / К. А. Леонтьева, **В. В. Соколова**, М. Р. Щукин // **Медицинская наука и образование Урала**. – 2018. – № 4 (96). – С. 140–145.

4. **Соколова, В. В.** Хроническая обструктивная болезнь легких как фактор риска развития инфекционных послеоперационных осложнений у кардиохирургических больных / **В. В. Соколова**, В. Э. Шнейдер, О. Ю. Тимофеева // **Медицинская наука и образование Урала**.

– 2019. – № 4 (100). – С. 120–124.

5. **Свидетельство о государственной регистрации базы данных 2020620892** Российская Федерация. Инфекционные осложнения кардиохирургических операций со стернотомическим доступом с 2012 по 2019 годы: свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2020620760 : заявл. 27.05.2020 : опубли. 01.06.2020 / В. Э. Шнейдер, **В. В. Соколова**; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО ТюмГМУ Минздрава России. – 24 КБ.

6. Анализ влияния факторов риска на развитие осложнений после операций на сердце / **В. В. Соколова**, В. Э. Шнейдер, Т. Е. Бурова, А. В. Доровикова // **Медицинская наука и образование Урала**. – 2021. – № 2 (22). – С. 111–114.

7. **Свидетельство о государственной регистрации базы данных 2022621885** Российская Федерация. Факторы риска осложнений, связанных со стернотомией после кардиохирургических операций за период с 2014 по 2020 годы: свидетельство о гос. регистрации базы данных: № 2022621804 : заявл. 20.07.2022 : опубли. 01.08.2022 / **В. В. Соколова**, В. Э. Шнейдер ; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО ТюмГМУ Минздрава России. – 2 МБ.

8. **Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2022685391** Российская Федерация. Расчет вероятности осложнений стернотомии до операции аорто-коронарного шунтирования: свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2022685499 : заявл. 22.12.2022 : опубли. 22.12.2022 / **В. В. Соколова**, В. Э. Шнейдер, С. Д. Захаров [и др.]; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО ТюмГМУ Минздрава России. – 1,76 МБ.

9. **Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2022685397** Российская Федерация. Расчет вероятности осложнений стернотомии до коррекции клапанных пороков сердца: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022685504 : заявл. 22.12.2022 : опубли. 22.12.2022 / **В. В. Соколова**, В. Э. Шнейдер, С. Д. Захаров [и др.]; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО ТюмГМУ Минздрава России.– 1,86МБ.

10. **Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2022685398** Российская Федерация. Расчет вероятности осложнений стернотомии после коррекции клапанных пороков сердца: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022685507 : заявл. 22.12.2022 : опубли. 22.12.2022 / **В. В. Соколова**, В. Э. Шнейдер, С. Д. Захаров [и др.]; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО ТюмГМУ Минздрава России. – 1,96 МБ.

11. **Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2022685396** Российская Федерация. Расчет вероятности осложнений стернотомии после операции аорто-коронарного шунтирования: свидетельство о государственной регистрации

программы для ЭВМ № 2022685501 : заявл. 22.12.2022 : опубл. 22.12.2022 / **В. В. Соколова**, В. Э. Шнейдер, С. Д. Захаров [и др.]; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО ТюмГМУ Минздрава России. – 1,86 МБ.

12. Анализ видов стернафии в эксперименте / В. Э. Шнейдер, **В. В. Соколова**, К. Р. Муратов [и др.] // **Клиническая и экспериментальная хирургия. Журнал имени академика Б. В. Петровского.** – 2023. – Т. 11. – № 2. – С. 68–74.

13. **Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2023616069** Российская Федерация. Расчет вероятности инфекционных осложнений стернотомии после коррекции клапанных пороков сердца: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023615190 : заявл. 22.03.2023 : опубл. 22.03.2023 / **В. В. Соколова**, В. Э. Шнейдер, С. Д. Захаров [и др.]; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО ТюмГМУ Минздрава России. – 1,76 МБ.

14. **Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2023616068** Российская Федерация. Расчет вероятности инфекционных осложнений стернотомии после операции аорто-коронарного шунтирования: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023615186 : заявл. 22.03.2023 : опубл. 22.03.2023 / **В. В. Соколова**, В. Э. Шнейдер, С. Д. Захаров [и др.]; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО ТюмГМУ Минздрава России.– 1,76МБ.

15. **Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2023616072** Российская Федерация. Расчет вероятности неблагоприятных исходов, связанных со стернотомией, после аорто-коронарного шунтирования: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023615193 : заявл. 22.03.2023 : опубл. 22.03.2023 / **В. В. Соколова**, В. Э. Шнейдер, С. Д. Захаров [и др.] ; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО ТюмГМУ Минздрава России. – 1,76 МБ.

16. **Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2023616095** Российская Федерация. Расчет вероятности неблагоприятных исходов, связанных со стернотомией, после коррекции клапанных пороков сердца: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023615197 : заявл. 22.03.2023 : опубл. 22.03.2023 / **В. В. Соколова**, В. Э. Шнейдер, С. Д. Захаров [и др.]; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО ТюмГМУ Минздрава России. – 1,76 МБ.

17. Прогноз осложнений стернотомии после аортокоронарного шунтирования / **В. В. Соколова**, В. Э. Шнейдер, Д. Б. Егоров, Н. Ю. Стогний // **Сибирское медицинское обозрение.** – 2024. – № 5. – С. 83–89.

18. **Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2024666970** Российская Федерация. Прогноз послеоперационных осложнений стернотомии после аорто-коронарного шунтирования: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024666382 : заявл. 18.07.2024 : опубл. 18.07.2024 / **В. В. Соколова**,

В. Э. Шнейдер, Д. Б. Егоров; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО ТюмГМУ Минздрава России. –35,5 МБ.

19. **Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2024666971** Российская Федерация. Прогноз послеоперационных осложнений после протезирования клапанов сердца: свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2024666385 : заявл. 18.07.2024 : опубл. 18.07.2024 / **В. В. Соколова**, В. Э. Шнейдер, Д. Б. Егоров; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО ТюмГМУ Минздрава России. – 9,8 МБ.

20. **Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2024667123** Российская Федерация. Чат-бот по контролю состояния пациента после операции на сердце «СтерноБотПревент»: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024666497 : заявл. 22.07.2024 : опубл. 22.07.2024 / **В. В. Соколова**, А. О. Терсенов, Г. О. Терсенов [и др.]; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО ТюмГМУ Минздрава России. – 300 МБ.

21. Прогнозирование риска развития послеоперационных осложнений стернотомии при коррекции клапанных пороков сердца / **В. В. Соколова**, В. Э. Шнейдер, Н. Ю. Стогний [и др.] // **Клиническая и экспериментальная хирургия. Журнал имени академика Б. В. Петровского.** – 2025. – Т. 13. – № 1. – С. 38–45.

22. Клинический случай лечения пациента с нестабильностью грудины после перенесенной полной продольной срединной стернотомии / **В. В. Соколова**, Д. В. Кукушкина, В. В. Останина [и др.] // **Медицинская наука и образование Урала.** – 2025. – Т 26. – № 1. – С. 122–126.

23. Мониторинг пациентов после операции на сердце при помощи чат-бота «Стерноботпревент» / **В. В. Соколова**, В. Э. Шнейдер, В. В. Останина [и др.] // **Вестник новых медицинских технологий.** – 2025. – № 6. – С. 55–61.

24. **Соколова, В. В.** Результаты изменения интраоперационной тактики у пациентов с высоким риском осложнений стернотомии / **В. В. Соколова**, В.Э. Шнейдер // **Сибирское медицинское обозрение.** – 2025. – № 6. – С. 98–102.

25. **Патент 2856647** Российская Федерация, МПК А61В 17/56 (2006.01). Способ остеосинтеза грудины после срединной стернотомии у пациентов с риском развития осложнений со стороны доступа : № 2025112953 : заявл. 16.05.2025: опубл. 24.02.2026 / **В. В. Соколова**, В. В. Останина, Л. А. Арутюнян, В. Э. Шнейдер; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО ТюмГМУ Минздрава России. – 9 с.

26. **Соколова, В. В.** Факторы риска развития осложнений кардиохирургических операций со стернотомическим доступом / **В. В. Соколова**, С. Д. Медведев, К. В. Трачук // Альманах Института хирургии им. А. В. Вишневского. – 2017. – № 1. – С. 1127.

27. **Соколова, В. В.** Стратификация риска развития осложнений после срединной стернотомии / **В. В. Соколова** // Актуальные вопросы диагностики и лечения наиболее

распространенных заболеваний внутренних органов : материалы IX Терапевтического форума. – Тюмень, 2017. – С. 128.

28. **Соколова, В. В.** Взаимосвязь сопутствующей патологии и развития осложнений после операций со стернотомическим доступом / **В. В. Соколова**, С. Д. Медведев, К. В. Трачук // Альманах Института хирургии им. А. В. Вишневского. – 2018. – № 1. – С. 461–462.

29. **Соколова, В. В.** Разработка биоклея для соединения грудины после стернотомии / **В. В. Соколова**, К. А. Леонтьева, М. Р. Щукин // Альманах Института хирургии им. А. В. Вишневского. – 2019. – № 1. – С. 283.

30. **Соколова, В. В.** Современные тенденции в протезировании грудины после выполнения хирургических вмешательств / **В. В. Соколова**, К. А. Гартунг, А. А. Андреева // Актуальные вопросы современной медицинской науки и здравоохранения. – Екатеринбург : Изд-во УГМУ, 2020. – Т. 3. – С. 378–382.

31. Выбор способа соединения грудины в эксперименте / **В. В. Соколова**, В. Э. Шнейдер, Ф. Х. Низамов [и др.] // Альманах Института хирургии им. А. В. Вишневского. – 2022. – № 1. – С. 202–203.

32. Влияние способа соединения грудины на развитие послеоперационных осложнений со стороны грудины / **В. В. Соколова**, В. Э. Шнейдер, Е. Л. Янин, Ф. Х. Низамов // Человек и лекарство. Урал-202» : материалы конгресса, 3–6 окт. 2023 г. – Тюмень, 2023. – С. 120–121.

33. **Соколова, В. В.** Сравнение материалов для остеосинтеза грудины у пациентов с ИБС после аортокоронарного шунтирования / **В. В. Соколова**, В. В. Останина // Сердца мегаполиса : материалы II науч.-практ. конф. сердечно-сосудистых хирургов Москвы. – Москва, 2024. – С. 78.

34. Оценка взаимосвязи плотности грудины на возникновение послеоперационных осложнений после стернотомии / **В. В. Соколова**, В. Э. Шнейдер, А. А. Речкалов, В. В. Останина // Материалы XVI съезда РОХ совместно с X конгрессом московских хирургов, 21–23 окт. 2025. – Москва, 2025. – С. 368.

35. **Соколова, В. В.** Опыт применения полиамидной нити для остеосинтеза грудины у пациентов после коронарного шунтирования / **В. В. Соколова**, В. В. Останина, Л. А. Арутюнян // Бюллетень НЦССХ им. Бакулева РАМН. – 2025. – Т. 26. – № 6. – С. 164.

36. Оценка влияния анатомических характеристик грудины и симметричности стернотомного доступа на послеоперационные осложнения со стороны грудины / В. В. Останина, **В. В. Соколова**, Л. А. Арутюнян, Ж. А. Абасова // Бюллетень НЦССХ им. Бакулева РАМН. – 2025. – Т. 26. – № 6. – С. 164.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АГ	артериальная гипертензия
АКШ	аортокоронарное шунтирование
БЦА	брахиоцефальная артерия
ВАШ	визуально-аналоговая шкала
ВГА	внутренняя грудная артерия
ГСИ	глубокая стернальная инфекция
ИВЛ	искусственная вентиляция легких
ИК	искусственное кровообращение
ИКЧ	индекс коморбидности Чарлсона
ИМТ	индекс массы тела
КА	коронарная артерия
КАГ	Коронароангиография
КТ	компьютерная томография
КШ	коронарное шунтирование
МКШ	маммарокоронарное шунтирование
ОФВ1	объем форсированного выдоха за 1 секунду
ПСИ	поверхностная стернальная инфекция
СД	сахарный диабет
ХБП	хроническая болезнь почек
ХОБЛ	хроническая обструктивная болезнь легких