

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

На правах рукописи

Соколова Вера Валерьевна

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

3.1.9 Хирургия

Диссертация на соискание ученой степени  
доктора медицинских наук

Научный консультант:  
доктор медицинских наук, доцент  
Шнейдер Владимир Эдуардович

Тюмень – 2026

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ. . . . .	4
ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ. . . . .	14
1.1 Доступ к сердцу и основные осложнения, связанные с ним. . . . .	14
1.2 Классификации осложнений стернотомии. . . . .	18
1.3 Факторы риска развития осложнений со стороны стернотомического доступа. . . . .	21
1.3.1 Предоперационные факторы риска. . . . .	21
1.3.2 Интраоперационные факторы риска. . . . .	30
1.3.3 Послеоперационные факторы риска. . . . .	32
1.4 Виды остеосинтеза грудины и материал для его выполнения. . . . .	34
1.5 Биомеханика и способы оценки эффективности стернотомии. . . . .	42
ГЛАВА 2 МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. . . . .	45
2.1 Дизайн исследования. . . . .	45
2.2 Материал и методы клинического исследования. . . . .	48
2.2.1 Общая характеристика клинического исследования у пациентов после операции на сердце со стернотомическим доступом. . . . .	49
2.3 Создание программ для электронных вычислительных машин для прогноза специфических осложнений стернотомии. . . . .	52
2.4 Материал и методы экспериментального исследования. . . . .	55
2.5 Статистические методы исследования. . . . .	56
ГЛАВА 3 АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ. . . . .	58
3.1 Ретроспективный анализ результатов операций на сердце со стернотомическим доступом с 2014 по 2020 год. . . . .	58
3.2 Выявление факторов риска неблагоприятных исходов у пациентов с аорто-коронарным шунтированием. . . . .	63
3.3 Выявление факторов риска неблагоприятных исходов у пациентов при протезировании клапанов сердца. . . . .	71
ГЛАВА 4 ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РИСКА РАЗВИТИЯ ОСЛОЖНЕНИЙ	

СТЕРНОТОМИИ ПРИ ОПЕРАЦИИ НА СЕРДЦЕ. ....	80
4.1 Прогнозирование предоперационного риска развития осложнений стерналотомии при планировании аорто-коронарного шунтирования. ....	80
4.2 Прогнозирование предоперационного риска развития осложнений стерналотомии при планировании протезирования клапанов сердца. ....	93
4.3 Прогнозирование риска развития осложнений стерналотомии после аорто-коронарного шунтирования. ....	102
4.4 Прогнозирование риска развития осложнений стерналотомии после протезирования клапанов сердца. ....	108
ГЛАВА 5 АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СПОСОБОВ И МАТЕРИАЛОВ СТЕРНОГРАФИИ. ....	112
ГЛАВА 6 СОЗДАНИЕ ЦИФРОВОГО ПОМОЩНИКА ПАЦИЕНТА ДЛЯ РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ ОСЛОЖНЕНИЙ СТЕРНОТОМИИ И СВОЕВРЕМЕННОГО ОБРАЩЕНИЯ ПАЦИЕНТА ЗА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ПОМОЩЬЮ. ....	124
ГЛАВА 7 РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПРОФИЛАКТИКИ ОСЛОЖНЕНИЙ СТЕРНОТОМИИ. ....	134
ГЛАВА 8 ПРОВЕДЕНИЕ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ВНЕДРЕНИЯ АЛГОРИТМА ПРОФИЛАКТИКИ ОСЛОЖНЕНИЙ. ....	147
ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ. ....	156
ВЫВОДЫ. ....	162
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ. ....	164
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ. ....	166
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ. ....	168
СПИСОК ИЛЛЮСТРАТИВНОГО МАТЕРИАЛА. ....	193
ПРИЛОЖЕНИЕ А (справочное) Опросник пациента, представленный в чат-боте «СтерноБотПревент» ....	199
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (справочное) Памятка для пациента после операции на сердце и его лечащего врача. ....	203

## ВВЕДЕНИЕ

### **Актуальность избранной темы**

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 аорто-коронарного шунтирования (АКШ) в 2021 году выполняли в 111 медицинских учреждениях России, и было пролечено 33 626 человек, что почти на 4 тысячи человек больше, чем в 2020 году. Хирургическое и эндоваскулярное лечение ишемической болезни сердца (ИБС) увеличилось на 30 % по сравнению с предыдущим годом. В 2025 году в ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А. Н. Бакулева» Минздрава России (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.

Это связано прежде всего с появлением новых хирургических, анестезиологических и перфузиологических пособий, разработкой новых материалов и оперативных техник.

Классическим доступом к сердцу является продольная срединная стернотомия, так как позволяет хорошо визуализировать сердце и крупные магистральные сосуды [25; 73; 215]. 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 [82; 172]. Возникающая ишемия, в совокупности с тяжелым коморбидным фоном пациента и рядом интраоперационных и

послеоперационных факторов, нередко приводит к присоединению инфекции [4]. 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 %) [2; 30; 181]. До сих пор остается открытым вопрос выбора шовного материала и способа соединения грудины, и чаще зависит от предпочтений самого хирурга [9; 23; 27].

Послеоперационный медиастинит составляет 0,23–3,8 % от всех инфекционных осложнений [23; 39; 132; 178]. 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 [80; 126; 135]. Поэтому профилактика инфекционных осложнений после стернотомии и прогноз их возникновения в послеоперационном периоде в течение последних 15 лет вызывает большой интерес у исследователей. Особое внимание отводится анализу факторов риска развития послеоперационного медиастинита, как более грозного осложнения с высокой летальностью [37; 46; 93; 112; 114]. В настоящее время вопросы по факторам риска возникновения постстернотомических осложнений, методам их профилактики, а так же 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 полученные

результаты 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**

Впервые создана база данных, включающая 55 переменных по 2 006 клиническим случаям оперативного вмешательства на сердце, доступ к которому осуществлялся путем срединной стернотомии, 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**

Результаты исследования достоверны, что определяется достаточным объёмом исследования и применением современных методов статистической

обработки и анализа.

### **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 персонифицированные 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 процессы. Проводила отбор пациентов для контрольной группы с последующим научным анализом, а также дала интерпретацию полученных результатов.

## ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

### 1.1 Доступ к сердцу и основные осложнения, связанные с ним

В структуре заболеваемости населения, на первом месте остаются заболевания сердечно-сосудистой системы. Оперативная активность кардиохирургов за последнее десятилетие тоже возросла, что подтверждают отчеты ассоциации сердечно-сосудистых хирургов России за 2021 год. Ежегодно в мире проводится более миллиона операций на сердце. Это связано, прежде всего, с появлением новых хирургических, анестезиологических и перфузиологических пособий, разработкой новых материалов и оперативных техник [35].

В нашей стране было проведено 259 258 хирургических операций по поводу ИБС, из них 33 626 – АКШ. Представленное количество операций на 12,8 % больше, чем в 2020 году. Протезирование клапанов проведено в 9 850 случаях, реконструкция клапанов – в 4 150 случаях [34].

Стандартным доступом к органам средостения является срединная стернотомия. Впервые стернотомия была проведена Г. Милтоном (H. Milton) у больного медиастинальным туберкулезом в 1897 году. Этот доступ широко не использовался до тех пор, пока О. Julien с соавторами в 1957 году не представили срединную стернотомию как обоснованный подход при операции на сердце [25; 72; 215; 216].

С тех пор выбором хирургического доступа к сердцу и восходящей аорте является срединная стернотомия, обеспечивающая адекватную визуализацию органов средостения, удобство хирургического вмешательства [81].

Несмотря на появление новых подходов в хирургическом лечении болезней сердца и аорты, таких как министернотомии, гибридные методы лечения, роботизированные эндоскопические оперативные технологии, полная срединная стернотомия и в будущем останется самым универсальным доступом в кардиохирургии [11; 19; 73; 186].

Однако этот доступ является и травматичным, так как нарушается кровоснабжение грудины, и снижаются ее репаративные свойства. По этому поводу в 1959 году вышла статья Sanger P. W., Taylor F. H., Robiscsek F. и Stam R. E. «Some problems in open heart surgery», где впервые поднимаются проблемы стернотомии. А в 1963 году Shumacker H. B. и Mandelbaum I. впервые описали метод лечения послеоперационного медиастинита, который до сих пор составляет основу лечения этой категории пациентов. В описанный метод были включены ранняя хирургическая обработка, установка дренажей с непрерывным орошением антибиотиком и закрытие раны (primary wound closure) [191].

Появление новых антибактериальных средств и средств асептики и антисептики, современных способов дренирования раны (VAC-терапия), лечения и профилактики инфекционных осложнений после стернотомии снизило количество осложнений, связанных с доступом, но все равно они являются причиной высокой летальности. По данным Ma X. с соавторами (2024) смертность от стернотомной инфекции достигает 35 %, а по некоторым источникам даже 47 % [2; 35; 54; 143; 181].

Часто развитие глубокой стернальной инфекции обуславливают дегисценция (несостоятельность швов грудины) и нестабильность грудины. Эти осложнения встречаются, по данным литературы, в 0,5–8,0 % [99; 128; 158; 162; 210].

Под нестабильностью грудины подразумевают нефизиологическую подвижность створок грудины после стернотомии, которая развивается при разрыве фиксирующего материала, либо частичном или полном прорезывании швов грудины. Плотная фиксация грудины после операции играет не последнюю роль в профилактике осложнений со стороны доступа и может снижать частоту дегисценции и глубокой стернальной инфекции [6; 22; 167].

Согласно данным Rosenthal V. D. с соавторами, которые включили в свое исследование результаты лечения пациентов из 30 стран, частота встречаемости послеоперационных инфекций в торакальной хирургии составила 482 случая на 7 880 операций (6,1 %) [206]. Послеоперационный медиастинит по данным различных исследований составляет 0,2–3,8 %. Некоторые источники указывают

более высокий процент осложнений после операций на сердце с искусственным кровообращением, который может достигать 30,8 % [39; 132; 178].

В среднем пациенты со стерномедиастинитом проводят в стационаре на 20 суток больше, чем пациенты без осложнений. По данным Mehaffey J. H. с соавторами (2018), средняя стоимость АКШ без осложнений составила \$ 36 580. Каждое дополнительное серьезное осложнение приводило к экспоненциальному росту стоимости. За последние 10 лет общая стоимость осложнений после изолированного АКШ составила \$ 78,6 млн. Эти цифры подчеркивают важность исследований по профилактике инфекционных осложнений со стороны доступа у пациентов после операции на открытом сердце [80; 126; 135].

По данным Graf K. с соавторами, лечение пациентов со стерномедиастинитом обходится в три раза дороже, чем лечение пациентов без осложнений. Также для лечения пациентов с инфекционными осложнениями требуются дополнительные условия в стационаре [94].

Кроме инфекционных осложнений в последнее время поднимается вопрос, связанный с болевым синдромом в раннем и позднем послеоперационном периоде. Боль после срединной стернотомии может быть трудно поддающейся лечению. Неадекватно управляемая боль может привести к увеличению послеоперационных легочных осложнений, осложнений со стороны сердца (например, инфаркту, аритмии) и долгосрочным осложнениям, таким как хронический болевой синдром, связанный со стернотомией.

Тема использования нестероидных противовоспалительных средств, опиоидной анестезии в послеоперационном периоде, осложнения, возникающие при длительном их применении, и эффективность являются предметом оживленной дискуссии между кардиохирургами и анестезиологами в последние годы [64; 67; 118; 125; 134; 168; 169; 209].

Рабочая группа PROSPECT (procedure-specific postoperative pain management) Working Group, представленная хирургами и анестезиологами из Германии, Бельгии и США, в 2023 году провела оценку всех известных подходов обезболивания в послеоперационном периоде. На основании системного обзора

рандомизированных контролируемых исследований и имеющихся доказательств, группа представила клинические рекомендации по использованию анальгетических средств и их коррекции до операции и в послеоперационном периоде. В качестве дополнения к фармакологической терапии авторы предлагают музыкотерапию и массаж [89; 156].

Найдены и другие публикации, где авторы описывают эффективность точечного массажа стоп при боли и тревоге после кардиохирургических операций [100].

В 2021 году исследователи из Германии на основании ретроспективного анализа пациентов отделения торакальной и сердечно-сосудистой хирургии Университетской клиники Рейнско-Вестфальского технического университета пришли к выводу, что глубокая стернальная инфекция чаще всего встречается у женщин с ожирением и сахарным диабетом в анамнезе. Авторы пришли к выводу, что для снижения стернотомных осложнений важны реабилитационные мероприятия в послеоперационном периоде, которые включают в себя ношение поддерживающего корсета. Хорошая фиксация грудины при помощи корсета, по данным исследования, достоверно снижает риск расхождения грудины и медиастинита у пациенток высокого риска после стернотомии, а, следовательно, уменьшает общее количество дней, проведенных пациентом в стационаре [50; 162].

Поэтому профилактика осложнений после стернотомии и прогноз их возникновения в послеоперационном периоде в течение последних 15 лет вызывает большой интерес у исследователей. Особое внимание отводится анализу факторов риска развития послеоперационного медиастинита [53; 84; 113; 123; 175; 177; 181; 212].

По данным многолетнего наблюдения и анализа различных клинических групп коллективами авторов из разных стран, было выявлено, что в развитии послеоперационных осложнений играют роль предоперационные, интраоперационные и послеоперационные факторы риска. Решающая роль отводится предоперационным факторам. Однако, данные о том, какие факторы являются достоверными и имеют больший удельный вес в развитии

инфекционных осложнений грудины, иногда разнятся с точностью до «наоборот» [16; 46; 93; 114; 158].

## **1.2 Классификации осложнений стернотомии**

В настоящее время чаще всего выделяют два типа постстернотомических осложнений в зависимости от глубины поражения тканей: поверхностную инфекцию в области грудины (SSWI, superficial sternal wound infection) – лигатурные свищи, подкожные абсцессы, остеомиелит грудины и ребер с формированием секвестров; глубокую стернальную инфекцию (DSWI, deep sternal wound infection) с развитием медиастинита, с тотальной недостаточностью швов грудины, ее флотацией, обширным поражением мягких тканей.

То, что в иностранной литературе носит название «deep sternal wound infection», в отечественной литературе чаще определяется как понятие «стерномедиастинит» и подразумевает поражение инфекционно-воспалительным процессом костной ткани грудины и мягких тканей переднего средостения [4; 21; 101].

При изучении литературы обнаружено, что классификации постстернотомных осложнений разнообразны, и это может быть одной из причин отсутствия единого метода и подхода в лечении. Для выбора и тактики лечения стернальной инфекции используется деление пациентов с осложнениями на типы и подтипы. Одна из первых классификаций послеоперационных стадий на основе процесса хирургического инфицирования раны, предложенная в 1984 году PaiRolero, включала в себя время, прошедшее после хирургического лечения, глубину инфекции и ее связь с факторами риска. Всего в классификации выделено 3 типа раневой инфекции. При I типе в течение 7 дней после операции наблюдается несостоятельность послеоперационного шва, серозная экссудация, нестабильность грудины, при этом отсутствует остеомиелит/реберный хондрит. При II типе после истечения 2–6 недель после операции имеется гнойная секреция с воспалением подкожно-жировой клетчатки, остеомиелитом, медиастинитом и

положительным бактериальным посевом. Хронический остеомиелит, который формируется в течение от 6 месяцев до 6 лет после операции (медиастинит встречается редко) характерен для III типа по классификации [53].

В дальнейшем для уточнения диагностики и улучшения эффекта лечения DSWI El Oakley R. M. et al. в 1996 году предложили классификацию послеоперационного медиастинита. Авторами было выделено четыре новых подтипа в зависимости от наличия или отсутствия факторов риска, времени появления первых клинических проявлений, а так же учитывались предыдущие неудачные попытки лечения [101].

Mekontso Dessap A. et al. (2010) разделили DSWI на два типа в зависимости от времени, которое прошло от оперативного вмешательства до начала клинических проявлений: менее 14 дней (ранние проявления) и более 14 дней (поздние проявления) [98].

Gao Yongshun L. Y. (2017), ввиду отсутствия в предложенных классификациях информации об инфицированности раны, выделил три типа в зависимости от того, была ли она инфицирована или нет: тип I – незаживающая рана, без инфекции; тип IIА – незаживающая рана, неглубокая инфекция (вненадкостничная); тип IIБ – глубокая инфекция (медиастинит, остеомиелит); тип III – глубокая инфекция с локализованным остеомиелитом и инородным телом средостения [108].

Jones G. et al. сообщили о первой классификации, основанной на поражении анатомической структуры средостения от поверхностной до глубокой, при этом учитывалась стабильность грудины и наличие септицемии. Авторы выступили за одноэтапную обработку раны и ее закрытие для сокращения времени лечения [140].

Greig A. V. et al. в своих исследованиях указали, что, когда рана простирается ниже точки прикрепления нижнего края большой грудной мышцы, реконструировать нижнюю часть сложнее. Для облегчения реконструкции была разработана классификация, предлагающая вид лоскута, который лучше использовать для пластики в зависимости от расположения раневой инфекции на

грудине (в верхней части, в нижней части грудины, вся грудина) [70].

Rupprecht L. и Schmid C. классифицировали стерильную инфекцию на 3 типа. В зависимости от стабильности грудины, степени ее повреждения рекомендуют соответствующие варианты лечения. Так, например, при неинфекционной нестабильности грудины стратегия лечения заключается в повторном остеосинтезе грудины проволочными швами по Robicsek. А при глубоком поражении грудины без нестабильности рекомендовано провести санацию, антибиотикотерапию, после очищения раны (в том числе и VAC-терапии), закрытие с использованием мышечных или сальниковых лоскутов [187].

Van Wingerden J. J. с соавторами предложили классификацию AMSTERDAM (Assiduous Mediastinal Sternal Debridement & Aimed Management – усиленная санация средостения и грудины и прицельное управление в лечении), согласно которой в зависимости от жизнеспособности тканей и костного резерва (остаточного объема грудины) даны рекомендации по дальнейшему лечению пациентов.

Авторы обобщили различные предложения по лечению медиастинитов после стернотомии и разделили их на подтипы. Например, тип I способствует лечению ран путем применения VAC-терапии. При типах II, IIa можно непосредственно герметизировать рану без консервативного лечения, IIb требует отложенного закрытия. При IIIa типе, который характеризуется стабильной грудиной и достаточным объемом жизнеспособной ткани грудины, рекомендуется использовать реостеосинтез. IIIb тип поражения грудины должен быть закрыт тканевым лоскутом (мышечным или сальником). При IVa типе наблюдается нестабильность грудины, некротическое поражение тканей грудины и недостаточный объем жизнеспособных тканей. В этом случае стабильность необходимо восстанавливать с помощью миокутального лоскута после санации. Для IVb типа основным методом является закрытие большим сальником, для IVc – используются два метода одновременно [160].

Anger A. et al. (2015) улучшили предыдущий метод типирования Jones and Greig. По этой классификации к типу I относится инфекция кожи и мягких тканей,

к типу II относится обнажение грудины и ребер, к типу III – дефект грудины и ребер, а при типе IV вовлечено в инфекционный процесс средостение [45].

Пластические хирурги в 2020 году переработали существующие классификации с их точки зрения и предложили план лечения, который удобен для пластических хирургов для восстановления дефекта грудной стенки [56].

Можно отметить, что кроме вышеперечисленных классификаций, существуют и другие, основанные на материале трансплантата коронарных артерий, основных заболеваниях, морфологии несращения кости и т. д. [55; 164].

Таким образом, можно сказать, что более ранние классификации основываются на времени, прошедшем после оперативного вмешательства до первых клинических проявлений, и влиянии факторов риска на раневой процесс. А более поздние классификации отталкиваются от степени поражения анатомических структур, игнорируя влияние факторов риска на заживление ран, а некоторые классификации фокусируются только на глубине поражения – поверхностная либо глубокая стерильная инфекция (DSWI, SSWI).

### **1.3 Факторы риска развития осложнений со стороны стернотомического доступа**

#### **1.3.1 Предоперационные факторы риска**

При анализе факторов риска, связанных с развитием послеоперационных инфекционных осложнений, оказалось, что ведущую роль играют сопутствующие заболевания пациента и их компенсация на момент операции [31; 93; 114; 179; 183].

Ученые из Великобритании Agostini P. et al. (2010) представили данные анализа 234 пациентов, которым было произведено хирургическое вмешательство на грудной клетке. В результате исследования выявлено пять значимых факторов риска. К ним отнесли возраст пациента старше 75 лет, индекс массы тела (ИМТ) более  $30 \text{ кг/м}^2$ , класс риска по классификации Американского общества

анестезиологов (ASA)  $\geq 3$ , курение и хроническую обструктивную болезнь легких (ХОБЛ) [157].

Китайские ученые (2023) также назвали возраст независимым фактором риска развития инфекции хирургического разреза и считают, что риск инфицирования раны прямо пропорционален возрасту [171]. С возрастом ухудшается способность к регенерации тканей, и может возникнуть обострение имеющихся системных заболеваний, из-за чего раны плохо заживают и более склонны к инфицированию [138; 205]. Возраст как фактор риска указывают в своих исследованиях ученые Allen K. V. et al. (2017) [167].

В нескольких публикациях такие факторы, как курение и употребление алкоголя были связаны с послеоперационными легочными осложнениями [189; 193]. Так, в бразильском журнале по сердечно-сосудистой хирургии опубликованы данные о девятилетнем проспективном когортном исследовании, где курение, определяемое как активное или неактивное в течение 10 и менее лет, увеличивало риск развития DSWI после операции АКШ [87].

Как было показано в исследованиях Guarracino F. и Baldassar R. (2012), хроническое употребление алкоголя является одним из наиболее важных факторов риска для развития осложнений в послеоперационном периоде, таких как пневмония, аспирационный пневмонит, дыхательная недостаточность, повторная интубация в течение 48 часов, плевральный выпот, ателектаз, бронхоспазм и пневмоторакс [110].

Инфекция верхних дыхательных путей за месяц до операции повышает реактивность бронхов, риск развития бронхоспазма и ларингоспазма в раннем послеоперационном периоде, а также является предрасполагающим фактором для развития застойной сердечной недостаточности [68].

В связи с полученными данными был рекомендован алгоритм для предотвращения легочных инфекций в послеоперационном периоде: отсрочить дату операции, если в предыдущем месяце была респираторная инфекция, прекратить употребления алкоголя (за две недели до операции) и не курить. Также было показано, что длительные периоды прекращения курения перед

операцией в значительной степени снижают послеоперационные легочные осложнения по сравнению с более короткими периодами [194]. Если период отмены не превышает двух месяцев, то снижение частоты осложнений незначительно [157].

Другие исследователи [176] в результате ретроспективного анализа 1 700 историй болезни пациентов со стерномедиастинитом, достоверно не подтвердили курение как фактор риска инфекционных осложнений со стороны грудины.

Отсутствие влияния курения на развитие глубокой стеральной инфекции показано в работе Lemaigen A. et al. (2015) при анализе 7 170 пациентов и в работе отечественных ученых [21; 203].

При анализе источников литературы, большинство авторов склоняются к тому, что пациенты с хронической обструктивной болезнью легких или с заболеванием легких в анамнезе имеют более высокий риск развития инфекции в области хирургического вмешательства [182; 203].

Хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ) способствует расхождению раны грудины и формированию ее нестабильности [220], глубокой стеральной инфекции [150], развитию медиастинита [145].

Наличие в анамнезе у пациента хронических обструктивных заболеваний легких и хронической инфекции дыхательных путей, по данным литературы, повышает риск послеоперационных осложнений после стернотомии в 3 раза [62; 126; 142].

Баздырев Е. Д. с авторами (2017) также отмечают обструкцию дыхательных путей как неблагоприятный прогностический фактор. При анализе частоты кардиореспираторных осложнений в послеоперационном периоде у пациентов после операции на сердце авторами учитывались все случаи бронхолегочных осложнений, в том числе медиастинит и инфекция грудины. По данным проспективного когортного исследования 662 пациентов с ишемической болезнью сердца, поступивших для планового коронарного шунтирования, оказалось, что патология респираторной системы выявляется меньше чем у

половины (44,7 %). После проведения дополнительных исследований (спирометрия, бодиплетизмография) всем пациентам, независимо от наличия патологии легочной системы, было диагностировано в 3 раза больше пациентов с отягощенным респираторным анамнезом [15].

Согласно исследованию, проведенному Baskett R. J. с соавт., постоянный кашель пациентов с ХОБЛ приводит к расхождению раны, и, как следствие, облегчается миграция бактерий в рану. Также пациенты с обструктивными заболеваниями легких подвержены простудным заболеваниям и дольше находятся на ИВЛ.

По данным Canet J. и Gallart L. (2014), развитие периоперационных респираторных осложнений обусловлено совокупностью ряда показателей: соматическим состоянием пациента, эффектами проводимого анестезиологического пособия и данными лабораторных исследований. Все эти факторы авторы условно подразделили на 2 группы: модифицируемые и немодифицируемые. К факторам риска со стороны пациента авторы отнесли: возраст, мужской пол, предшествующую длительную госпитализацию, курение, сопутствующую коморбидную патологию, онкологические заболевания в анамнезе, класс риска по ASA-классификации выше II. Из лабораторных показателей авторы выделяют высокие уровни креатинина и мочевины, повышения уровня трансаминаз, низкую сатурацию и низкий уровень альбумина, анемию с уровнем гемоглобина менее 100 г/л и ОФВ < 80 % от должных величин. Причем все лабораторные показатели являются потенциально модифицируемыми факторами риска.

Несмотря на то, что многие авторы в своих исследованиях достоверно показывают значимость ХОБЛ как фактора риска в развитии послеоперационных инфекционных осложнений, есть исследования с достаточно большой выборкой пациентов, которые не выявили влияния обструктивных заболеваний легких на осложнения в послеоперационном периоде [144].

Следующий наиболее значимый предоперационный фактор, который описывается многими авторами, – это ожирение. Согласно диапазону индекса

массы тела, указанному Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ), ожирение относится к ИМТ  $> 30 \text{ кг/м}^2$ , а стандартом ожирения в Китае является ИМТ  $> 28 \text{ кг/м}^2$  [171]. По данным Milano C. A. et al. и Vitkover C. Y. et al. (1998), риск медиастинита возрастает на 3 % на каждый лишний  $1 \text{ кг/м}^2$  тела.

Chen C. et al. (2022) обнаружили, что ИМТ был фактором риска развития стеральной инфекции у 9 824 пациентов, перенесших кардиохирургическое вмешательство с помощью срединной стернотомии. В соответствии с их результатами, увеличение ИМТ на одну единицу было связано с повышением риска постстернотомических осложнений на 8,3 %.

Объяснением этому является увеличение послеоперационных механических нагрузок, облегчение бактериального заражения, неправильный подбор дозы антибактериальных средств к массе тела пациента, что приводит к снижению концентрации антибиотика в тканях. Также жировая ткань способствует плохому заживлению раны [78].

Engelman D. T. et al. сообщили, что у пациентов с ожирением и ИМТ  $> 30 \text{ кг/м}^2$  вероятность развития инфекции стернотомного доступа выше, чем у пациентов с ИМТ  $< 30 \text{ кг/м}^2$ . Авторы объясняют это гипертрофией жировых клеток, клеточной гипоксией, дисфункцией адипоцитокинов, увеличением сосудистой проницаемости, высвобождением большего количества воспалительных факторов и, как следствие, формированием порочного круга воспалительной реакции, что приводит к сохранению хронического воспалительного состояния [119].

Кроме того, увеличенная подкожно-жировая клетчатка, большая площадь поверхности тела, более высокое напряжение кожи и плохое подкожное кровоснабжение и лимфатическая функция у пациентов с ожирением также серьезно влияют на хирургическое заживление ран [170]. Эти данные подтверждают в своих исследованиях Ortega-Loubon C. et al. (2019) и Muscogiuri G. (2021). Авторы указывают, что наличие толстого слоя подкожно-жировой клетчатки повышает напряжение в зоне хирургического доступа и давление на ткани во время закрытия раны, что приводит к более высокому риску

несостоятельности шва и его инфицированию. Однако, по данным исследования, такое состояние чаще приводит к возникновению поверхностной стеральной инфекции, чем глубокой.

В то же время и низкий вес или недавняя потеря веса, низкий уровень сывороточного альбумина напрямую связаны с риском развития осложнений в послеоперационном периоде. Снижение массы тела также приводит к замедлению заживления ран и повышению риска инфицирования. У таких пациентов часто наблюдается гипопротеинемия и анемия. Недостаточный синтез белка, снижение количества эритроцитов приводят к гипоксии, медленной регенерации клеток, снижению количества и функции иммунных клеток, затруднению формирования грануляционной ткани и образования коллагеновых волокон.

К значимым предоперационным факторам также нужно отнести сахарный диабет (СД) [90; 176; 185].

Например, Gaudino M. et al. (2023) пришли к выводу, что СД является независимым предиктором стеральной инфекции. Также Corazzari C. et al. (2021) при помощи метаанализа рассмотрели 34 650 пациентов из 30 исследований и выявили, что более высокий уровень гликированного гемоглобина перед операцией ассоциируется с более высоким риском постстернотомной инфекции.

В другом крупном метаанализе, проведенном He S. et al. в 2023 году, было рассмотрено 258 454 пациента с коронарным шунтированием (71 351 – с диабетом и 187 103 – без диабета) из 21 когортного исследования. Было обнаружено, что показатели как SSWI, так и DSWI достоверно выше у пациентов с сахарным диабетом по сравнению с пациентами без диабета.

Результаты Ma X. с соавторами (2024) совпадали с результатами предыдущих исследований. Так, ученые подтвердили, что СД (включая как тип 1, так и тип 2) был значимо ассоциирован с возникновением поверхностной и глубокой стеральной инфекции. У пациентов с сахарным диабетом частота SSWI была выше в 1,04 раза и DSWI – в 2,27 раза выше, чем у пациентов без диабета.

Стойкое повышение концентрации глюкозы в крови приводит к развитию микро- и макроангиопатий, нарушению кровоснабжения и отдаляет сроки

заживления раны. Пациенты с сахарным диабетом имеют нарушения реактивности иммунной системы, что сопровождается тяжелым и длительным течением инфекции. Поэтому обязательным является поддержание нормального уровня сахара в крови до и после оперативного вмешательства [152; 192].

Furnary A. P. et al. еще в 1999 году доложили, что снижение уровня глюкозы в крови у пациентов с диабетом после кардиохирургических операций приводит к снижению риска стерильной инфекции. Авторы пришли к выводу, что как во время периоперационного периода, так и в период выздоровления важен контроль уровня глюкозы в крови.

Kramer R. et al. (2008) в своих исследованиях доказали, что высокий уровень глюкозы в крови в первые 48 часов после кардиохирургической операции достоверно влияет на развитие глубокой стерильной инфекции в послеоперационном периоде.

Эксперименты на животных показали, что содержание сахара в кожной ткани у мышей с диабетом увеличивалось, и заживление раны значительно замедлялось. Из-за гипергликемии иннервация за счет снижения фермента PGP9.5IR, и молекулярная регуляция генов, связанных с гипоксией (HIF1A, Flt1 и KDR), значительно нарушаются, в то время как гены, кодирующие внеклеточный матрикс (ITGB3, TIMP1, Fn1, COL4a1), активируются [146].

Viola A. et al. (2019) в своем исследовании сообщили, что при сочетании у пациентов ожирения и сахарного диабета снижается количество регуляторных Т-лимфоцитов и M2 макрофагов с противовоспалительным фенотипом, уменьшается продукция цитокинов в жировой ткани, что приводит к хроническому воспалению.

Ярбеков Р. Р. (2016) в своих исследованиях демонстрирует, что, несмотря на то, что больные с СД и ИБС являются клинически более тяжелыми пациентами, сахарный диабет сам по себе не является фактором риска повышения госпитальной смертности, инфаркта миокарда и острых нарушений мозгового кровообращения. Наиболее важным фактором риска является послеоперационная длительная гипергликемия, достоверно увеличивающая риск послеоперационных

осложнений. Также автор отмечает, что проведение OPCAB (Off Pump Coronary Artery Bypass) у больных с СД позволяет добиться снижения частоты неврологических и инфекционных осложнений, а также пролонгированных ИВЛ, в отличие от АКШ с ИК.

Большинство авторов, занимающихся исследованием влияния сахарного диабета на послеоперационные инфекционные осложнения, подтверждают влияние гипергликемии на течение послеоперационного периода, но существуют исследования, которые не выявили влияния сахарного диабета на частоту стерномедиастинитов. К таким можно отнести работу Schimmer C. et al. (2008).

Однако, в одном из последних исследований 2024 года, было показано, что пациенты со стеральной инфекцией имели достоверно более высокую долю пациентов с сахарным диабетом – 37,7 % против 19,1 % в контрольной группе ( $p = 0,002$ ), а также более высокий ИМТ ( $26 \pm 3,9$  против  $24,7 \pm 3,6$  в контрольной группе,  $p = 0,01$ ) [181].

Наличие в анамнезе инфаркта миокарда также имело весомую долю в группе с осложнениями – 29,5 % против 13,7 % ( $p = 0,003$ ) [181].

В своих работах Pradeep A. (2021), Шонбин А. Н. (2012), Musher D. M. (2019), Gummert J. F. (2002), Abboud C. S. (2004) указывают на хроническую сердечную недостаточность (ХСН) как фактор риска развития стеральной инфекции. В исследовании Галеева Н. А. (2017) выявлена достоверная корреляция ХСН с недостаточной консолидацией.

Perezgrovas-Olaria R. et al. (2022) на основании метаанализа 24 исследований пришли к выводу, что инфаркт миокарда в значительной степени связан с возникновением стеральной инфекции. Исследование показало, что риск стернотомных осложнений у пациентов с инфарктом миокарда в анамнезе был в 1,33 раза выше, чем у пациентов без него.

В отличие от ИМТ и СД, основной механизм связи между инфарктом и стеральной инфекцией остается неясным. К причинам, которые могут повлиять на развитие инфекционного процесса в этом случае, можно отнести длительное пребывание пациента в отделении интенсивной терапии, что в свою очередь

требует использования большего количества инвазивных методов лечения и продлевает период восстановления. Кроме того, нестабильная гемодинамика у пациентов с инфарктом миокарда приводит к недостаточной перфузии грудины и перистеральной ткани, что подрывает их антимикробную устойчивость из-за снижения оксигенации и накопления метаболитических отходов [124].

Исследования Stacy G. S. et al. (2014), Wong M. S. et al. (2013) указывают, что сопутствующие заболевания у пациентов существенно влияют на костную архитектуру грудины, на плотность кортикальной пластины и губчатого вещества, что в свою очередь влияет на процесс заживления грудины.

Артериальная гипертензия также была идентифицирована как фактор риска развития SSWI, а пациенты с легочной гипертензией имели более высокий риск развития DSWI [129]. В этой же статье было сообщено, что пациенты с постоянной или персистирующей фибрилляцией предсердий подвергались более высокому риску инфицирования поверхностной раны грудины. По данным Nešpor D. et al. (2015), пациенты с гемодинамической нестабильностью, требующей помощи в связи с сердечным выбросом или поддержанием артериального давления, подвергались более высокому риску DSWI.

Заболевание периферических сосудов Perrault L. P. (2018) и инсульт в анамнезе [95] были определены как факторы риска развития осложнений со стороны грудины. Пациенты с почечной недостаточностью и высоким уровнем креатинина в сыворотке крови  $> 130$  мкмоль/л) имели больший риск развития как стеральной инфекции в целом, так и медиастинальных инфекций в частности.

Обострение хронической вирусной или бактериальной инфекции, предоперационная анемия, требующая переливания крови, были определены как факторы риска DSWI Heilmann C. et al. в 2013 году.

Обнаружены работы, которые сообщают о более высоком риске развития осложнений со стороны грудины у тех пациентов, которые прооперированы в экстренном порядке, либо получили внеплановое хирургическое лечение в связи с критическим состоянием [203; 220; 224].

### 1.3.2 Интраоперационные факторы риска

Операция, которую перенесли пациенты, является значимым фактором с точки зрения риска развития стеральной инфекции. Результаты ряда исследований хотя в каких-то моментах и противоречат друг другу, но достоверно показали, что оперативное вмешательство на аортальном клапане, а также сочетание АКШ с операцией по замене аортального клапана, связаны со значительным риском развития стеральных осложнений [77; 87; 95; 178].

Кроме того, было показано, что риск глубокой раневой инфекции грудины возрастает с увеличением количества клапанов, на которых выполнено хирургическое вмешательство [48].

Доказанным интраоперационным фактором риска развития медиастинита указывается двустороннее использование внутренних грудных артерий (ВГА) при маммаро-коронарном шунтировании. Это снижает перфузию грудины примерно на 26 % [97]. Низкая перфузия грудины может привести к некрозу тканей и ухудшению заживления ран. Патологическое исследование на животных показало, что внутренняя грудная артерия обеспечивает основное кровоснабжение грудины. В результате выключения двух ВГА из кровоснабжения у животных в результате ишемических нарушений развивалась SSWI [82; 97; 172; 204].

По данным Lemaigen A. et al. (2015), коронарное шунтирование с использованием внутренних грудных артерий (ВГА) увеличивало риск осложнений со стороны доступа, особенно у женщин. Использование двух ВГА для шунтирования, увеличивало риск стеральной инфекции у пациентов с диабетом [184; 225].

К другим интраоперационным факторам риска можно отнести экстренно выполненное оперативное вмешательство и длительность операции [144; 149; 174]. Пациенты, длительность операции которых превышает 300 минут, были идентифицированы Meszaros K. et al. (2016) и Miyahara K., et al. (2014) как имеющие повышенный риск поверхностной и как предиктор для развития

глубокой стеральной инфекции.

В числе прочих факторами, способствующими развитию инфекционных осложнений в послеоперационном периоде, считают значительную интраоперационную кровопотерю и шоковое состояние пациента [176]. Чрезмерное кровотечение, требующее периоперационного переливания крови, являлось фактором риска развития стеральной инфекции в исследовании Lemaiguen A. et al. (2015).

Исследователи нескольких стран считают одной из причин послеоперационных осложнений грудины метод ее соединения. В настоящее время предложено множество способов, таких как остеосинтез пластиковыми лигатурами, фиксаторами на основе никелид титана, нитиноловыми скобками, использование фиксаторов с саморегулирующейся компрессией [13; 24; 26; 27].

Однако и этот фактор был поставлен под сомнение. Согласно работам Atkin B. Z. (2011) и Diez C. (2007), сам метод соединения грудины не влияет на DSWI, а влияет наличие нестабильности грудины в послеоперационном периоде.

В одном из сообщений 2013 года было описано закрытие грудины с применением местной коллаген-гентамициновой губки [105], использование которой позволило снизить риск глубокой стеральной инфекции. Позднее, в результате ретроспективного анализа Кера К., Krzych Ł. и Krejca M. (2015) при сравнении имплантатов, содержащих гентамицин со стандартным лечением, было обнаружено, что это не является статистически значимым для снижения риска DSWI.

Вишневский А. А. и Печетов А. А. (2012) описали еще один из факторов риска развития медиастинита после срединной стернотомии – это ассиметричная стернотомия. При выполнении остеосинтеза стальной проволокой на фоне ассиметричной стернотомии авторами были отмечены поперечные переломы грудины. Согласно исследованию, отклонение от срединной линии при стернотомии в сочетании с одним и более факторами риска является причиной инфекционных осложнений грудины.

В исследовании Якобсона (2015) осложнений после срединной

стернотомии, асимметрия грудины 10 % или более, измеренная с помощью трехмерной компьютерной томографии, была независимым предиктором инфекции раны грудины, а диабет еще больше увеличивал риск.

Кроме того, среди причин осложнений после стернотомии в литературе есть указания на использование медицинского воска. Воск, который используется для остановки кровотечения из краев грудины, создает барьер, который препятствует срастанию костей, а также ухудшает остеогенез, нарушая работу остеобластов. Все это способствует присоединению и развитию инфекционного процесса в грудине [218; 220].

### **1.3.3 Послеоперационные факторы риска**

Послеоперационные факторы риска преимущественно связаны с осложненным восстановлением, включая кровотечение, длительную вентиляцию легких и сроки пребывания в отделении интенсивной терапии. Также были выявлены факторы риска, связанные с послеоперационным лечением раны [144; 145; 149; 174; 182; 203].

По данным исследования Monica Chan с соавторами (2015), фактором риска SSWI является рестернотомия и пластика с помощью грудной мышцы. А для предотвращения DSWI автор рекомендует раннее закрытие раневого дефекта, сокращение VAC-терапии, несмотря на положительные микробиологические результаты [214]. Однако есть сообщения, где обосновываются показания для пластической реконструкции дефекта грудной клетки лоскутами большой грудной мышцы. Авторами указывается, что улучшить результаты лечения пациентов с инфекционно-воспалительными заболеваниями грудной клетки помогает знание анатомии и кровоснабжения мышцы [20; 30].

Пациенты, которым выполнена рестернотомия, в том числе связанная с кровотечением в послеоперационном периоде, имели повышенный риск развития той или иной формы стеральной инфекции [83]. Наиболее высокий риск развития медиастинита выявлен у пациентов, которые нуждались в повторном

вскрытии грудной клетки в течение 7 дней после операции [182].

Waldow T. et al. (2018) связывают потребность в переливании крови с повышенным риском развития постстернотомического медиастинита. В другом исследовании Cutrell J. V. et al. (2016) отмечают, что те, кто получал более четырех переливаний эритромаcсы с наличием или без наличия предоперационной анемии, имели более высокий риск развития DSWI. Friberg Ö. и Bodin L. (2013) пришли к выводу, что риск стернальных осложнений повышается с увеличением количества необходимых переливаний эритроцитов.

Галеев Н. А. (2017) в своем диссертационном исследовании по сравнению результатов различных видов фиксации грудины выделил факторы развития глубокой стернальной инфекции. К ним он отнес ширину верхнего проволочного шва при выполнении стернотомии более 41 мм, наличие в послеоперационном периоде дыхательной недостаточности и психомоторного возбуждения, обнаружение по КТ-исследованию на 8-е сутки после операции поперечных переломов грудины.

Дыхательная недостаточность является признанным фактором риска развития инфекционных осложнений [54; 203]. При развитии дыхательной недостаточности происходит гипоперфузия всех органов, в том числе и грудины, что при наличии свежих послеоперационных травм (рассеченной грудины) вызывает воспаление с возможным последующим присоединением инфекции.

Послеоперационная дыхательная недостаточность также была идентифицирована как фактор риска развития нестабильности грудины. Дыхательная недостаточность с повторной интубацией является предиктором DSWI [150]. Кроме того, длительная интубация (> 24 часов) была предиктором медиастинита, а послеоперационная вентиляция легких более 48 часов была связана с повышенным риском ПСИ [145].

Было обнаружено, что пациенты, нуждающиеся в инотропной поддержке, имели более высокий риск развития осложнений со стороны грудины. Послеоперационная почечная недостаточность была фактором риска развития DSWI, а послеоперационная гипергликемия у пациентов без диабета была

предиктором медиастинальной инфекции [48]. Это можно объяснить тем, что наличие всех перечисленных факторов, увеличивают продолжительность времени, которое пациенты проводят в отделении интенсивной терапии.

Психомоторное возбуждение пациентов, возникающее после пробуждения от медикаментозного сна, объясняется неконтролируемыми движениями пациента, что в свою очередь может привести к возникновению нестабильности грудины. Этот фактор риска был выявлен в исследованиях Schimmer C. (2008).

Поперечные переломы грудины могут возникнуть как интраоперационно, так и в послеоперационном периоде на разных сроках. На развитие инфекционных осложнений при переломах грудины влияет патологическая подвижность отломков, что приводит к несостоятельности швов грудины и нестабильности грудины [102].

Выраженное влияние на заживление грудины оказывает дисфункция щитовидной железы, которая приводит к дисбалансу обмена кальция и фосфора в организме, развитию остеопороза и, таким образом, к повышению хрупкости костной ткани и снижению репаративного остеогенеза [10]. Влияние остеопороза на процесс репарации костной ткани показан также в исследовании Stacy G. S. et al. (2014). Сочетание остеопороза с такими заболеваниями, как сахарный диабет, хроническая болезнь почек и хроническая обструктивная болезнь легких оказывают влияние на слабое заживление грудины.

Таким образом, на развитие осложнений со стороны стернотомного доступа к сердцу оказывают влияние предоперационные, интраоперационные и послеоперационные факторы. Литературные данные о значимости тех или иных факторов разнятся, и авторы до сих пор не пришли к единому мнению по этому вопросу.

#### **1.4 Виды остеосинтеза грудины и материал для его выполнения**

Одним из главных послеоперационных факторов, способствующих развитию стерномедиастинита, является нестабильность грудины [166; 180].

Поэтому большое внимание в современной торакальной и кардиохирургии уделяется способу остеосинтеза грудины. Швы, накладываемые на грудину, являются единственной удерживающей силой краев грудины в раннем послеоперационном периоде. Материал, из которого сделаны швы, количество накладываемых швов на грудину, расположение швов и их натяжение имеет большое значение. Как указывалось ранее, длительный кашель в послеоперационном периоде, психомоторное возбуждение пациента приводят к тому, что сопоставление краев грудины ослабляется, а затем может привести к переломам и фрагментировать грудину.

Нестабильность грудины, в свою очередь, тесно связана с плохим заживлением, глубокой инфекцией раны (DSWI), а также послеоперационной болью и повышенной потребностью в обезболивании [127; 180].

В настоящее время не существует единого стандарта методики соединения грудной кости после срединной стернотомии, особенно это касается пациентов с несколькими предоперационными факторами риска. Для остеосинтеза грудины используют различные методики и материалы, чаще вид соединения грудины после продольной срединной стернотомии зависит от предпочтений самого кардиохирурга.

В литературе описано множество вариантов стернотомии, но все они сводятся к наложению простых узловых швов, перикостальных (укрепляет грудину спереди, обхватывая межреберья) или перистернальных (шов стягивает половинки грудины как с передней, так и с задней стороны, обхватывая грудину) 8-образных швов и их различное сочетание.

Чаще всего для стернотомии используют швы из металлической проволоки (из сплава тантала и титана или нержавеющей стали). Применение проволоки из нержавеющей стали по-прежнему является «золотым стандартом» после трансстернальной торакотомии. Широкое применение стальных лигатур объясняется простотой наложения и дешевизной материала. Однако наложение отдельных швов может привести к прорезыванию кости и возникновению несостоятельности шва [104; 107; 202].

В качестве потенциального дополнения к проволоке были предложены ленты из нержавеющей стали. Их более широкий профиль обеспечивает лучший контакт поверхностей между лентой и костью, предотвращая прорезывание кости. В трех исследованиях было установлено, что использование стальных лент в сочетании со стандартной проволокой снижает риск расхождения грудины по сравнению с использованием только стальной нити. Однако ни в одном из исследований не было обнаружено, что стальные ленты надежно снижают частоту медиастинита. Критика стальных лент заключается в том, что их структурная жесткость не позволяет им повторять форму грудины, их может быть трудно снять в случае необходимости рестернотомии [52; 196; 221;].

Также в практике применяются синтетические и полиэфирные материалы в различных модификациях. Наиболее часто в литературе упоминается полидиоксанон (PDS) [41; 139].

У авторов нет единого мнения при сравнении отдаленных результатов стернорافیи стальной проволокой и полидиоксаноном. Использование в качестве остеосинтеза PDS нитей активно применяется в детской кардиохирургии, но в качестве основного метода остеосинтеза у взрослых пациентов они не используются в виду своей малой эффективности и высоких рисков развития постстернотомной инфекции. Однако есть работы, которые показывают достаточно хорошие результаты применения полидиоксаноновых нитей у пожилых пациентов с площадью поверхности тела менее  $1,5 \text{ м}^2$ . В некоторых исследованиях результаты даже сопоставимы с использованием стальной проволоки [130; 190].

Не все авторы согласны с этими результатами, и не рекомендуют использование нитей (в том числе и PDS) из-за повышенного трения нити о кость, с последующим разрывом нити, а также из-за биоразлагаемого характера волокна [222; 223].

В связи с этим выбор метода и материала для остеосинтеза грудины является крайне важным и ответственным мероприятием, которое может снизить риск инфекционных осложнений после продольной срединной стернотомии.

За последние десятилетия предложены различные сочетания соединения створок грудины после продольной срединной стернотомии и шовных материалов. Так, в 2004 г. Sharma R. в своих работах описал технику модифицированного проволочного шва, который заключается в наложении 8-образного проволочного шва, нейлонового бандажа и пластины из титана. Этот метод отличается простотой, эффективностью, экономичностью при фиксации грудины.

В 2000 году Рус М. М. с соавторами применили мерсилен – синтетический нерассасывающийся хирургический шовный материал, который отличается высокой упругостью и эластичностью волокон. При этом значительно реже наблюдались осложнения в виде нагноения ран.

Все методики остеосинтеза с применением проволочных или лавсановых лигатур имеют ряд недостатков. При развитии стерномедиастинита обязательным условием является удаление лигатур, так как наличие последних может способствовать проникновению инфекционного процесса в более глубоко лежащие слои. Острые края проволоки могут повредить ткани и сосуды в операционной ране, а наложение дополнительных швов ведет к большей травме грудной кости и окружающих тканей, что увеличивает опасность кровотечений. При применении проволочной лигатуры трудно достичь симметрии во вколе и выколе иглы, что создает неравномерное наложение витка проволоки и может привести к несостоятельности шва. Многочисленные зажимы для проволоки затрудняют визуализацию и манипуляции хирурга, а сам процесс «переламывания» проволоки является трудоемким.

В последнее время большой интерес вызвало применение фиксаторов из сплава на основе никелида титана. Известно, что сплав обладает биологической совместимостью с тканями организма человека и проявляет свойства памяти формы в охлажденном виде и сверхупругости. В 2002 году Negri A. в своем исследовании отметил, что применение у пациентов фиксаторов из нитинола значительно уменьшило число осложнений.

Вишневецкий А. А. и Печетов А. А. в своем исследовании (2011) доказали,

что фиксаторы не травмируют сосуды в межреберьях, быстро и надежно фиксируют грудную кость, могут подвергаться переустановке, абсолютно интактны к тканям и средам организма, обеспечивают постоянную компрессию фрагментов грудины. Преимуществами фиксаторов из нитиоксида титана является возможность выполнения МРТ-исследования.

Однако при применении нитиноловых фиксаторов, важно правильно подобрать размер скобы. В 2012 году был описан случай отсоединения и дислокации термоактивных фиксаторов в позднем послеоперационном периоде из-за неправильного измерения расстояния между межреберными промежутками. В литературе встречаются разные мнения по правильному определению типоразмера скобы. Одни авторы утверждают, что нужно брать размер на 1-2 мм больше ширины грудины, другие – на 7 мм меньше [133].

Группа ученых из Кембриджского университета и университета из Австралии в 2015 году провели исследование, целью которого было выяснить, снижает ли частоту возникновения стерильной инфекции у пациентов с ожирением ( $ИМТ \geq 30$ ) применение фиксаторов из нитинола, по сравнению со стальной проволокой. В исследование вошли 1 371 пациент. При сопоставлении групп оказалось, что поверхностная и глубокая стерильные инфекции достоверно чаще встречались у пациентов с нитиноловыми скобами. Им чаще требовались санации и закрытие раны при помощи вакуума (10 пациентов против 1) [219].

В 2016 году австралийские ученые Dunne В. с соавторами в результате своего исследования пришли к выводу, что метод остеосинтеза не влияет на частоту развития глубокой стерильной инфекции [197].

В исследовании Галеева Н. А. (2017) также не выявлено преимуществ методики стернорافیи нитиноловыми скобами перед закрытием грудины проволочными швами и полимерными фиксаторами типа «хомут». В группе пациентов с применением фиксаторов из нитинола выявлен значимо более высокий уровень частоты возникновения глубокой стерильной инфекции. Авторы объясняют это наличием небольшой подвижности костных краев грудины при их фиксации термоактивными скобами, что при сочетании с факторами риска

создает условия для развития воспалительного процесса. При сочетании у пациента ожирения (ИМТ более 30 кг/м<sup>2</sup>) и сахарного диабета наблюдается снижение прочности скоб.

Есть работы, которые утверждают, что необходимость в рестернотомиях, связанных с послеоперационными кровотечениями, чаще регистрируется у пациентов с нитиноловыми скобами по сравнению с группой пациентов, остеосинтез которым был проведен проволочными швами [219].

В 2013 году в городе Томске был впервые применен сетчатый имплант из нитилона. Из преимуществ данного метода можно отметить, что, благодаря биомеханической и биохимической совместимости импланта с окружающими тканями, происходит прорастание соединительной ткани сквозь сетчатую структуру с образованием единого регенерата. Однако данный метод не применим у больных с выраженной фрагментацией половин грудины, а также у больных с наличием воспалительного процесса [8].

Ряд авторов предложили применение металлических пластин. Так, в том же 2013 году Омеляненко А. С., Горбунов В. А. и Джорджикия Р. К. описали метод наложения на грудину проволочных швов; отличием является то, что свободные концы двух соседних проволочных лигатур скручиваются над прокладками из перфорированных металлических пластин. Такая методика, по мнению авторов, снижает риск прорезывания проволочных лигатур (во время дыхательных экскурсий грудной клетки и при кашле) за счет распределения давления проволоки не на губчатое вещество грудины, а на металлические пластины, тем самым увеличивая площадь давления. Так же этот метод позволяет выполнять надежный остеосинтез стернотомного доступа при фрагментации грудины, несрединной стернотомии и выраженных деструктивных процессах в грудине, даже в условиях развившегося стерномедиастинита [9].

Фиксация грудины полимерными лигатурами по принципу «хомута» (STERNAL ZIPFIX® SYSTEM фирмы DePuy Synthes, Канада) в настоящее время является одним из современных видов остеосинтеза. Материалом, из которого изготавливаются фиксаторы, является биосовместимый полиэтилэфиркетон

(PEEK). Это высокопрочный термопластичный материал, который изначально применялся в травматологии и ортопедии. PEEK имеют стабильность при высоких температурах (более 300 °С), устойчивость к химическим и радиационным повреждениям, совместимость с усиливающими агентами и большую прочность на массу, чем многие металлы [44; 154; 155].

Отечественные ученые в 2012 году (А. А. Силаев с соавторами) применили пластиковые лигатуры на основе PEEK. На рукоятку грудины накладывали 8-образный трансстернальный шов стальной лигатурой, после чего через межреберья на грудину последовательно накладывали от 3 до 5 пластиковых лигатур. Кусачками Листона срезали иглы с лигатур, проводили их свободные концы в специальные замки и затягивали вокруг грудины по типу «хомута», сводя края рассеченной грудной кости. При этом ширина лигатуры составляет 4,2 мм, что за счет плотного прилегания к кости сводит к минимуму возможность ее прорезывания. К преимуществам данного метода можно отнести быстрое осуществление рестернотомии в случае необходимости, а также процесс реабилитации больных при использовании данной методики проходит проще, больные предъявляют меньше жалоб на боли в области грудины и требуют меньшего назначения обезболивающих средств [27].

Стернальные инфекционные осложнения при фиксации грудины полимерными лигатурами по принципу «хомута» также подверглись анализу иностранных исследователей [153; 207]. Martin Grapow с соавторами (2012) представили результаты исследования 50 пациентов, грудина которых была закрыта системой ZipFix. Через 30 дней нестабильности грудины у пациентов не наблюдалось, у двух пациентов развился медиастинит, который потребовал удаления устройства, однако ZipFix был интактным, а грудина оставалась стабильной. В другой работе авторов проведено сравнение между стерноррафией проволочными швами и фиксаторами типа «хомут» и их взаимосвязь с инфекционными осложнениями. По данным исследователей не было выявлено диастазов грудины в группе с использованием полимерных фиксаторов типа «хомут», в группе с проволочными швами – 4 случая нестабильности грудины [44].

В 2015 году группой ученых под руководством Stelly M. M. проведено ретроспективное исследование на базе госпиталя штата Алабама 609 пациентов с индексом массы тела выше 30 (у 300 из них грудина была закрыта проволочными стальными швами, у 309 – полимерными стяжками). Глубокая стеральная инфекция наблюдалась у 2,6 % пациентов с наложением стальных швов, в группе с полимерными стяжками типа «хомут» случаев глубокой инфекции не наблюдалось [195].

Разрабатываются и предлагаются различные инновационные методы остеосинтеза, иногда они сложны в своем использовании и очень дорогостоящи. В 2008 году Voss B. с соавторами описали Synthes Titanium Fixation System при стернотомии. Метод заключается в соединении грудины фиксаторами, которые состоят из 2 частей, и в каждой из которых по 6 отверстий. Обе части соединяются штифтом для быстрого соединения и разъединения грудины при рестернотомии. Обе части фиксаторов крепятся к грудины винтами, что позволяет предотвратить баллотирование створок грудины [201].

Особым методом остеосинтеза можно назвать использование различных биогелей или цементов (криптонит). В литературе описаны разработки применения аутологичного костного импланта и аутологичного геля из тромбоцитов. Контрольное обследование через 4 месяца после операции с использованием костного импланта подтвердило полное заживление места расхождения грудины с образованием твердой соединяющей кости [42; 131; 137].

Разработаны и другие устройства, такие как пластины в виде поперечных мостов, винты, j-образные крючковые пластины, быстросъемные зажимы и специальные застежки. Многие из этих продуктов не включают ортопедический принцип жесткой фиксации и не имеют достаточных рандомизированных доказательств [106; 111].

В особую группу входят устройства для пластики костных дефектов уже после инфекционно-воспалительных процессов грудины. Изучаются морфологические особенности тканевой интеграции двухслойного металлотрикотажа, представлены результаты реконструкции грудной стенки

имплантатами из никелида титана (NiTi) [23; 33].

### **1.5 Биомеханика и способы оценки эффективности стернотомии**

Заживление переломов костей, будь то травматических или в результате хирургической остеотомии, зависит от сложного взаимодействия между биологическими процессами и биомеханическими силами. Биомеханические принципы, влияющие на успешное заживление кости, включают, во-первых, точное сопоставление костных краев, так как уменьшение разрыва между отломками способствует восстановлению кровотока и клеточной коммуникации; во-вторых, хорошую компрессию, достаточную для стимулирования остеосинтеза, но не настолько чрезмерную, чтобы препятствовать кровотоку; и, в-третьих, жесткую фиксацию для стабилизации и предотвращения повторных микропереломов [211].

Так как процесс заживления рассеченной грудины должен пройти несколько фаз регенерации, то наблюдение за пациентами после стернотомии должно быть длительно по времени. Нестабильность грудины может возникнуть как сразу после оперативного вмешательства, так и через несколько месяцев. Еще в 1958 году И. Л. Зайченко предложил схему заживления переломов, которая включает в себя шесть последовательных стадий. Обязательным условием для первичного сращения костей является стабильная фиксация отломков. Поэтому метод остеосинтеза играет не последнюю роль в формировании нестабильности грудины. Еще один фактор, который может способствовать формированию дегисценции – это остеопорозность грудины. Остеопороз снижает репаративный остеогенез, снижает прочность костной ткани, что увеличивает риск прорезывания половин грудины фиксирующими элементами, поперечных переломов интраоперационно и в послеоперационном периоде при активизации пациентов [29; 103].

Порозность грудины ведет к повышенной кровоточивости костных краев, что требует использования большего количества костного воска, применение

которого является фактором риска развития нестабильности грудины и послеоперационных инфекционных осложнений [63; 96].

Также на слабое сращение грудины к 12-му месяцу после операции, по данным исследования Галеева Н. А. (2017), оказывали влияние такие факторы послеоперационного периода, как пребывание в отделении реанимации и интенсивной терапии более 3 суток, выраженный кашель в послеоперационном периоде, трансфузия большого количества свежзамороженной плазмы, сердечно-сосудистая недостаточность, требующая продленной инотропной поддержки.

Как оказалось, по данным биомеханических исследований, важную роль в профилактике нестабильности грудины играет техническая сторона остеосинтеза. Важен не только материал, который используется для соединения грудины, но и количество швов, расстояние между швами и плотность прижатия краев грудины. По данным A. R. Casha et al. диастаз грудины чаще всего происходит в течение первых двух недель после операции, то есть до того момента, пока сращение кости не стало более или менее значительным. В работе авторов практически впервые произведен анализ различных методов остеосинтеза грудины и применена математическая модель для расчета сохранения стабильности грудной клетки во время кашля.

Почти половина пациентов, поступающих на коронарное шунтирование, имеет в своем анамнезе хронические обструктивные заболевания легких [15], поэтому расчеты коллег из Англии приобретают важное практическое применение. Посчитали, что во время кашля, учитывая радиус и высоту грудной клетки пациента средней массы, объем форсированных вдоха и выдоха и длительность одного кашлевого толчка, повышается внутриплевральное давление до 300 мм рт. ст., а на грудину оказывается в среднем давление массой 150 кг. Таким образом, если пациенту среднего веса с сильным кашлем для остеосинтеза использовалось 6 проволочных швов, то на каждый шов будет воздействовать масса в 25 кг. При этом раскручивание стальной проволоки происходит уже при силе в 20–22 кг. Из своего исследования A. R. Casha et. al сделали вывод, что на

грудину для большей фиксации и для профилактики нестабильности должно быть наложено не менее 8 одиночных швов, либо четырех 8-образных. Использование множественных швов обеспечивает плотную фиксацию краев грудины и приводит к более раннему формированию костной мозоли [15; 69].

В последующем, по мере появления различных методик остеосинтеза и материалов для его осуществления появились работы, оценивающие степень и сроки сращения грудины. Исследованию подверглись наиболее часто используемые фиксирующие материалы – стальная проволока, металлические пластины, нерассасывающийся шовный материал (Этибонд, США), фиксаторы из никелида титана. Для оценки сращения грудины использовались данные КТ-снимков и специальные шкалы, разработанные авторами [10; 96; 103; 198; 199].

На стабильность грудины в послеоперационном периоде может влиять и расстояние, на котором наложены швы. Размер швов редко учитывается исследователями в своих работах. Так, доказано, что узкий проволочный шов в области рукоятки грудины менее устойчив к частичным и полным прорезываниям кости. Это подтвердилось в ходе анализа КТ-исследований, и был вычислен порог устойчивости шва – не менее 28 мм [10].

Следует отметить, что единой шкалы оценки сращения грудины не существует, каждый автор ориентируется на свои точки измерения грудины и сроки исследования после оперативного вмешательства.

Wingerden J. J. с соавторами представили объемную работу, включающую 233 источника литературы из баз данных Cochrane Central Register of Controlled Trials, Ovid Medline и PubMed и Web of Science. В результате исследования авторы пришли к выводу, что раннее распознавание и, по возможности, избегание факторов риска, способствующих развитию постстернотомического медиастинита, составляют основу успешной профилактики. После того, как стерномедиастинит диагностирован, известные факторы риска уже имеют ограниченное влияние на лечение [160].

Это еще раз подтверждает, что прогнозирование и профилактика осложнений стернотомического доступа поможет снизить частоту их возникновения и снизить летальность у этой группы пациентов.

## ГЛАВА 2 МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1 Дизайн исследования

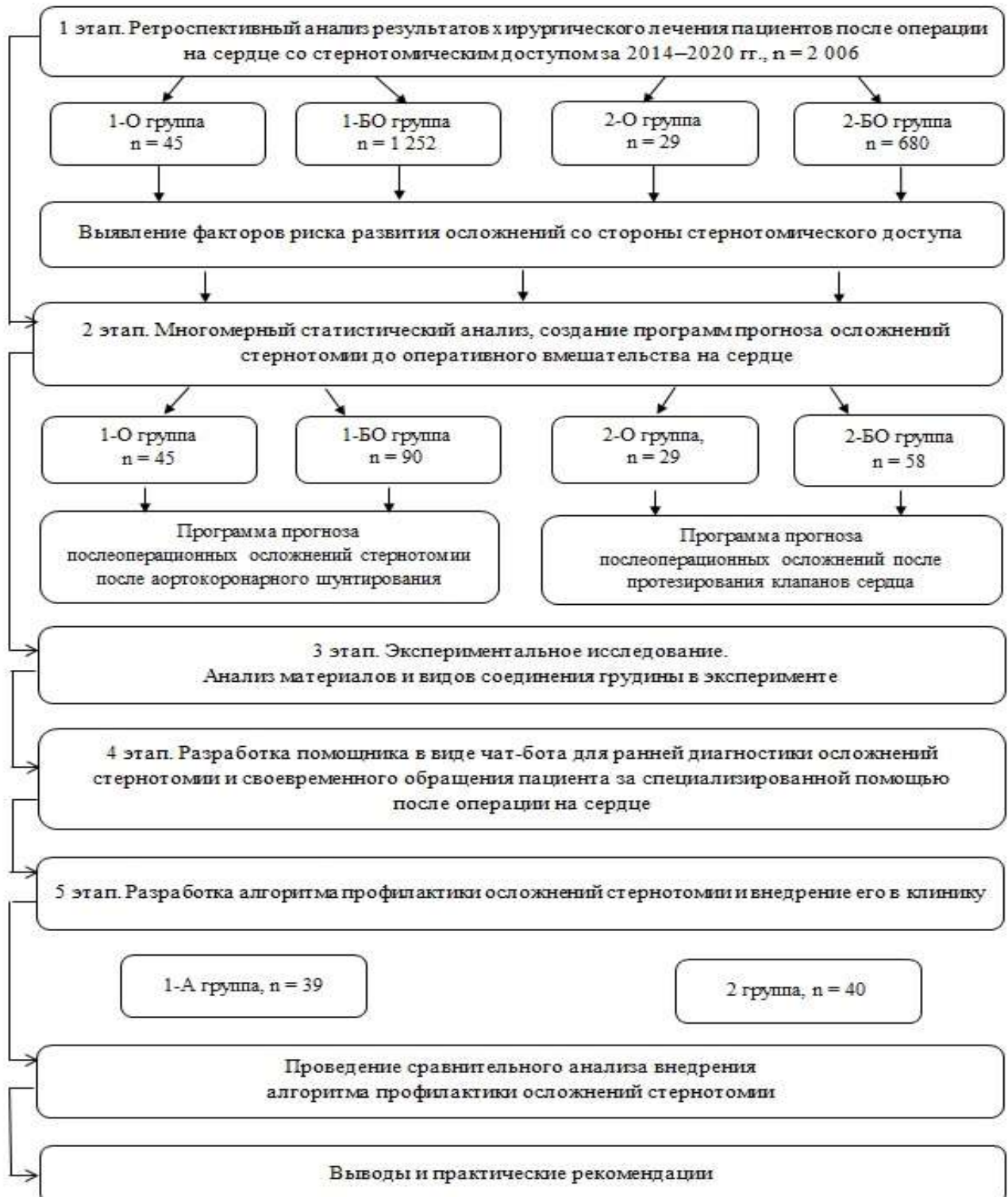


Рисунок 2.1.1 – Дизайн исследования (схема)

Для клинического исследования было взято 2 006 пациентов после открытой операции на сердце со стернотомическим доступом, находившихся на стационарном лечении в кардиохирургическом отделении ГБУЗ ТО ОКБ № 1 в период 2014–2020 гг.

Критериями исключения были смерть пациента в течение первых 48 часов после операции, по причине тяжелой сопутствующей патологии, инфаркта миокарда и тромбоэмболии сосудов; иммунодефицитные состояния, в том числе ВИЧ; онкологическое заболевание в анамнезе; отказ пациента от участия в данном исследовании. В исследование также не вошли пациенты, оперативное вмешательство на сердце которым проводилось без искусственного кровообращения (ИК) и те, кому одновременно было проведено АКШ и протезирование клапанов сердца.

Все исследуемые были поделены на две группы: пациенты после аорто-коронарного шунтирования (1 группа) и после протезирования клапанов сердца (2 группа). Для проведения сравнительного анализа каждая группа пациентов подразделена на подгруппы. Группа 1-О включает в себя пациентов после АКШ, у которых возникли осложнения со стороны доступа к сердцу; группу 1-ОБ составили пациенты без осложнений стернотомии в послеоперационном периоде. Аналогично 2 была поделена на пациентов со стернотомическими осложнениями (группа 2-О) и без них (группа 2-ОБ). Выделяли следующие осложнения со стороны доступа: нестабильность грудины, потребовавшая хирургической коррекции, и гнойные осложнения. При анализе инфекционных стернотомных осложнений использовалась общепринятая кардиоторакальными хирургами классификация в зависимости от глубины поражения тканей. К поверхностной инфекции в области грудины (SSWI) отнесены лигатурные свищи, подкожные абсцессы, остеомиелит грудины и ребер с формированием секвестров; к глубокой стернальной инфекции (DSWI) – развитие медиастинита с тотальной недостаточностью швов грудины, ее флотацией, обширным поражением мягких тканей. Дизайн исследования представлен на Рисунке 2.1.1.

Первым этапом выполнен ретроспективный анализ результатов хирургического лечения пациентов после операции на сердце, доступ к которому осуществлялся путем продольной срединной стернотомии. Все прооперированные находились на стационарном лечении с 2014 по 2020 год и были разделены на 2 группы в зависимости от выполненного хирургического вмешательства. Выявлены предоперационные и интраоперационные факторы риска развития осложнений со стороны доступа в раннем и позднем послеоперационном периоде. Эти факторы легли в основу программ прогноза послеоперационных осложнений стернотомии для пациентов после АКШ и протезирования клапанов сердца, а также разработанного дифференцированного алгоритма профилактики осложнений, который начал применяться с 2022 года в тактике лечения больных в клинической практике.

Следующим этапом исследования было проведение многомерного статистического анализа факторов риска возникновения послеоперационных осложнений стернотомии и послеоперационной летальности у кардиохирургических больных. С этой целью использован логистический регрессионный анализ, в результате которого разработаны программы прогноза осложнений стернотомии после хирургического лечения ИБС и клапанных пороков сердца.

На четвертом этапе проведено экспериментальное исследование на искусственной модели грудины с имитацией продольной срединной стернотомии. В эксперименте при помощи электромеханической разрывной машины ИР-5047-50-10 было проверено три способа остеосинтеза грудины: одиночный узловый шов, перистернальный и перикостальный 8-образные швы и два вида шовного материала – стальная проволока (Ethicon steel, Johnson & Johnson, США) и полиамидная монопить «МедКапрон» (ЗАО НПП «МедИнж», Россия).

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

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. Пациенту присваивался порядковый номер; при выпадении чётного числа пациент включался в основную группу (получавших лечение по рекомендациям разработанного алгоритма профилактики осложнений стернотомии), при выпадении нечётного – в группу сравнения (без учета предложенных интраоперационных профилактических мероприятий). Предоперационное ведение пациентов обеих групп совпадало. Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании.

Пациенты до завершения лечебного процесса не знали, к какой группе они относятся (простое слепое исследование). На проведение клинических исследований получено разрешение Комитета по этике при ГБОУ ВО ТюмГМУ Минздрава России (выписка из протокола № 109 заседания Комитета по этике от 3 октября 2022 года).

## **2.2 Материал и методы клинического 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 аорто-коронарного шунтирования и 709 (35,3 %) – после протезирования клапанов сердца. Из исследования были исключены 311 пациентов, которым было проведено одновременно АКШ и протезирование клапанов сердца, а также больные, умершие в течение первых

48 часов после операции, при этом причиной смерти были тяжелая сопутствующая патология, инфаркт миокарда и тромбоэмболия сосудов.

Каждая из групп пациентов после АКШ и после протезирования клапанов сердца были разделены 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. 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.

### **2.2.1 Общая характеристика клинического исследования у пациентов после операции на сердце со стернотомическим доступом**

Ретроспективно у всех пациентов 1 группы (n = 1 297) оценивались предоперационные, интраоперационные показатели, а затем проводилась сравнительная характеристика между группами 1-БО и 1-О. Из предоперационных факторов анализировались: пол, возраст, наличие сопутствующей патологии (сахарного диабета (СД), хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ), артериальной гипертензии), индекс массы тела (ИМТ), наличие ожирения и его степень, уровень глюкозы крови при поступлении и перед оперативным вмешательством, уровень креатинина крови, степень поражения коронарных артерий (по данным КАГ) и наличие стеноза брахиоцефальных артерий (БЦА). 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.

После разделения пациентов на подгруппы 1-БО и 1-О, в зависимости от наличия специфических осложнений со стороны стернотомии, произведен анализ влияния каждого из факторов на развитие стернотомных осложнений и их взаимосвязь друг с другом. Специфическими осложнениями, то есть осложнениями, связанными со стернотомическим доступом, считали нестабильность грудины в раннем и позднем послеоперационном периоде, остеомиелит грудины и (или) ребер, формирование лигатурных свищей и глубокие инфекционные осложнения в виде стерномедиастинита.

Для количественных признаков проводился расчет арифметической

средней, взаимосвязь качественных признаков с неблагоприятным исходом операции оценивался путем анализа таблиц сопряженности. При помощи корреляционного анализа оценивалась взаимосвязь факторов между собой. По качественным показателям выявлены наиболее значимо оказывающие влияние на возникновение осложнений факторы, т. е. с наибольшими значениями  $\chi^2$  и наименьшими значениями «р».

Степень тяжести послеоперационных хирургических осложнений, отдельно связанных и не связанных с доступом, была определена по классификации, предложенной Clavien – Dindo с соавторами в 2004 году. Классификация включает 5 степеней тяжести и позволяет объективно оценить результат лечения (Таблица 2.2.1.1).

Таблица 2.2.1.1 – Классификация хирургических осложнений по Clavien – Dindo (2004)

Класс	Определение
I	любое отклонение от нормального течения послеоперационного периода без необходимости медикаментозного лечения или хирургических, эндоскопических, радиологических вмешательств
II	требующие лечения медикаментозными препаратами, помимо допускаемых для I класса осложнений, также включены переливание крови и общее парентеральное питание
III	требующие хирургических, эндоскопических, радиологических вмешательств
IIIА	вмешательства без общего обезболивания
IIIВ	вмешательства под общим обезболиванием
IV	жизнеопасные осложнения (включая осложнения со стороны цнс), требующие лечения в отделениях интенсивной терапии/реанимации
IVА	дисфункция одного органа (включая гемодиализ)
IVВ	полиорганная недостаточность
V	смерть пациента
Суффикс «d»	добавляется к степени в случае необходимости повторного лечения (после выписки)

Осложнения, не связанные со стернотомией, которые возникали у пациентов в послеоперационном периоде, также оценивались по классификации хирургических осложнений по Clavien – Dindo. К этим осложнениям отнесены: инфаркт миокарда в послеоперационном периоде, тромботические осложнения, плевриты, обострение бронхиальной астмы, нарушения ритма.

Для оценки общей характеристики пациентов 2 группы после протезирования клапанов сердца были взяты такие же предоперационные и интраоперационные показатели. Отличительной особенностью от 1 группы является то, что дополнительно были взяты показатели ЭХОКГ, такие как фракция сердечного выброса (ФВ), количество пораженных клапанов сердца и степень их поражения, давление в легочной артерии в мм рт. ст.

Интраоперационные показатели включали: длительность оперативного вмешательства и ИК в минутах, кровотечение более 1 000 мл, если оно возникло во время операции. Симметричность доступа и правильность наложения швов на грудину оценивалась аналогично группе 1. Степень тяжести послеоперационных осложнений определялась при помощи классификации Clavien – Dindo.

Все пациенты 2 группы разделены на подгруппы 2-БО и 2-О в зависимости от наличия или отсутствия специфических осложнений со стороны доступа, после чего проведен анализ влияния каждого фактора на развитие послеоперационных осложнений и парные взаимосвязи друг с другом.

### **2.3 Создание программ для электронных вычислительных машин для прогноза специфических осложнений стернотомии**

После выполнения первого 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 %).

Из 16 уравнений с наиболее высокими показателями согласия и диагностической ценности (чувствительности, специфичности и эффективности) были отобраны наилучшие уравнения по составу предикторов и коэффициентам регрессии для пациентов, которым планируется АКШ и протезирование клапанов сердца. Также были отобраны уравнения для пациентов, которым уже выполнено хирургическое вмешательство, то есть те, которые содержат в себе факторы не только предоперационные, но и интраоперационные.

С целью автоматизации прогностической модели осложнений стернотомии у пациентов после АКШ и протезирования клапанов сердца использовалась среда программирования Delphi XE (Embarcadero Technologies). Хранение данных пациентов, которым проводилась оценка осложнений согласно разработанному алгоритму, реализовано с использованием многопользовательской кроссплатформенной системы управления базами данных (СУБД) Firebird 2.5.

Для своевременной оценки риска возникновения осложнений стернотомии у пациентов после операций по поводу ИБС либо протезирования клапанов сердца одной из задач настоящего диссертационного исследования стала разработка и внедрение в практическую деятельность прогностической модели оценки риска развития осложнений на основе построенной математической модели.

Для этого была сформирована обучающая выборка для пациентов после АКШ и после протезирования клапанов сердца. 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 в 2014–2020 гг. на базе ГБУЗ ТО ОКБ № 1. Группа 2 была сформирована из 87 пациентов после оперативного вмешательства на клапанах сердца. Группа 2-БО включила пациентов без осложнений со стороны доступа (58 лиц), группа 2-О – 29 пациентов с осложнениями со стороны стернотомии. 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 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.

Полученные математические модели реализованы в программах для ЭВМ:

- «Расчет вероятности осложнений стернотомии до операции аорто-коронарного шунтирования» (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022685391 от 22.12.2022);
- «Расчет вероятности осложнений стернотомии до коррекции клапанных пороков сердца» (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022685397 от 22.12.2022);
- «Прогноз послеоперационных осложнений стернотомии после аорто-коронарного шунтирования» (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024666970 от 18.07.2024);

- «Прогноз послеоперационных осложнений стернотомии после протезирования клапанов сердца» (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024666971 от 18.07.2024).

## **2.4 Материал и методы экспериментального исследования**

Для решения поставленных задач проведено экспериментальное исследование для изучения различных способов и материалов соединения створок грудины после срединной стернотомии. Исследование проведено в лаборатории кафедры физики, методов контроля и диагностики Тюменского индустриального университета. Для испытания была создана искусственная модель из текстолита с имитацией срединной стернотомии. Размеры модели соответствуют грудине взрослого человека весом 75 кг. Для моделирования межреберных промежутков на обеих половинах искусственной грудины выполнено по 8 отверстий.

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 в виде «восьмерки», при котором на задней поверхности модели образуется двойной шов, дополнительно фиксирующий обе половины. Из материалов для стернотомии были проверены стальная проволока USP 7 (Ethicon steel, Johnson & Johnson, США) и полиамидная нить МедКапрон USP 6 (ЗАО НПП «МедИнж», Россия).

Всего проведено два опыта по 3 серии с каждым вариантом соединения. Оба опыта осуществлены с помощью универсальной электромеханической машины ИР-5047-50-10, которая позволяет определить характеристики свойств материалов по ГОСТ 1497 и ГОСТ 10006 и выдает протокол результатов испытаний в виде кривых смещения (сертификат Госстандарта России № 6726).

В первом опыте стальной проволокой или полиамидной нитью выполняли

восстановление целостности «грудины» на модели с имитацией срединной стернотомии, которая затем помещалась в разрывную машину. Путем растяжения в поперечном направлении фиксировались результаты воздействия силы в 200 Н (20 кг) на модель грудины, и оценивалась максимальная нагрузка, при которой происходил разрыв соединения. Одновременно производились замеры формирующегося диастаза «грудины».

Второй опыт заключался в определении свойств эластичности материалов для остеосинтеза грудины. На шов, сформированный между половинами модели, осуществлялись нагрузка в 20 кг путем подвешивания груза и формирование необходимого диастаза. После чего действие силы прекращали и производили замер расстояния между краями модели сразу после нагрузки и каждую минуту в течение 15 минут.

Проведен сравнительный анализ прочности соединений и шовного материала, а также эластичность полиамидной нити при боковой нагрузке в 200 Н.

## **2.5 Статистические методы исследования**

Для научного исследования по выявлению факторов риска осложнений со стороны стернотомического доступа составлена база данных пациентов после операции на сердце в 2014–2020 гг. (Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2022621885 от 01.08.2022). В базу вошло 2 006 клинических наблюдений и всего выделено 55 факторов, которые могли иметь значение для прогноза риска развития осложнений со стороны доступа.

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

## ГЛАВА 3 АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 3.1 Ретроспективный анализ результатов операций на сердце со стернотомическим доступом за период с 2014 по 2020 год

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 (Рисунок 3.1.1). Из них до 14 % ежегодно хирургическая помощь оказывалась в экстренном или срочном порядке. Удельный вес таких хирургических вмешательств на сердце, выполненных в 2014–2020 годы представлен на Рисунке 3.1.2.

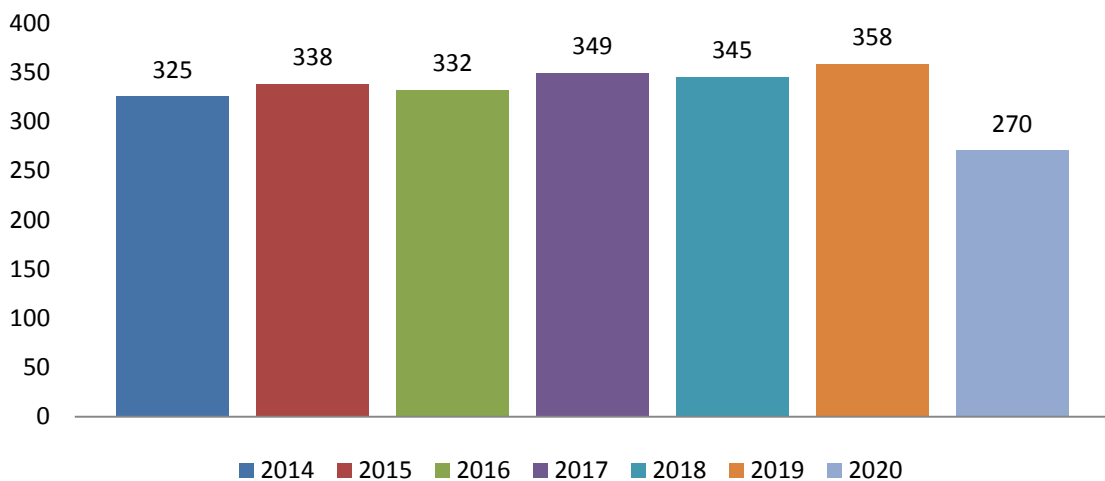


Рисунок 3.1.1 – Диаграмма количества операций на сердце в условиях ИК, выполненных в 2014–2020 годы

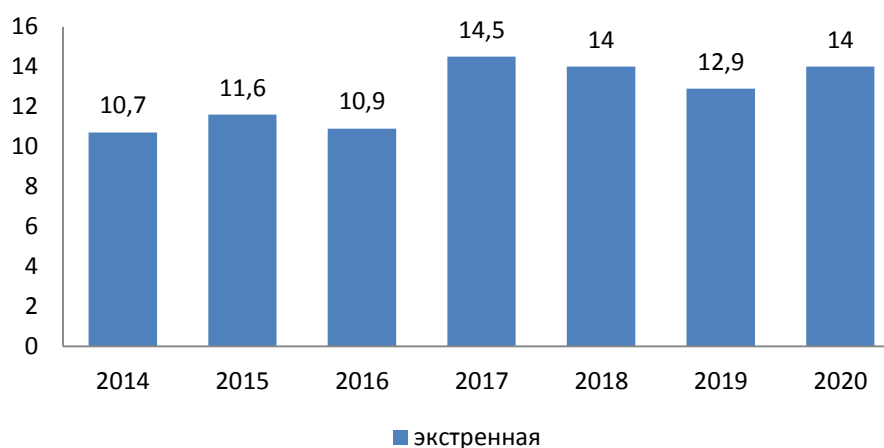


Рисунок 3.1.2 – Диаграмма удельного веса экстренных и срочных хирургических вмешательств на сердце, выполненных в 2014–2020 годы

Всего за исследуемый период наблюдалось 74 случая (3,2 %) осложнений со стороны стернотомического доступа. Как видно из Рисунка 3.1.2 количество пациентов с осложнениями стернотомии ежегодно находится на одном уровне и составляет примерно 10 случаев. Увеличение осложнений в 2020 году до 15 случаев можно связать с пандемией коронавирусной инфекции COVID-19. В этом же году значительно снизилась хирургическая активность до 270 операций в год (Рисунок 3.1.3).



Рисунок 3.1.3 – Диаграмма количества пациентов с осложнениями стернотомии в 2014–2020 годы

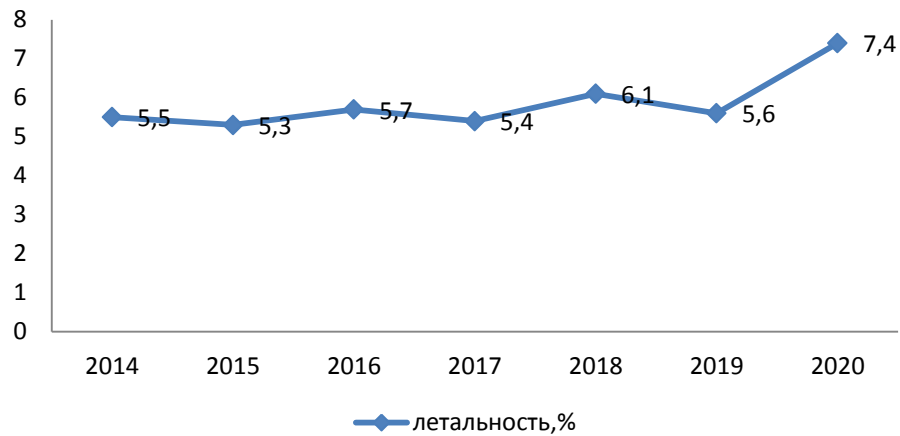


Рисунок 3.1.4 – Диаграмма удельного веса летальных исходов у пациентов после операции на сердце в условиях ИК со стернотомным доступом

Летальность после операции на сердце в условия ИК в среднем за все время исследования составила 5,8 %. Наибольшее количество летальных исходов снова выпало на 2020 год. Диаграмма удельного веса летальных исходов по годам представлено на Рисунке 3.1.4.

Всего в 1 группу исследования, после аорто-коронарного шунтирования, вошло 1 297 пациентов. Средний возраст составил  $61,7 \pm 7,2$  (от 49 до 77 лет). Лица мужского пола (76,2 %) преобладали над лицами женского пола (23,8 %). По оценке физического состояния по классификации ASA 572 пациента (44,1 %) вошли в группу ASA III (с тяжелым системным заболеванием), ASA IV (с тяжелым системным заболеванием, которое представляет постоянную угрозу для жизни) – 721 пациент (55,6 %). В среднем пациенты после АКШ находились на лечении в стационаре ( $18,2 \pm 8,6$ ) дня.

Осложнения со стороны стернотомического доступа после АКШ наблюдались у 45 пациентов (3,5 %). Распределение пациентов по осложнениям со стороны доступа представлено в Таблице 3.1.1.

Таблица 3.1.1 – Структура специфических послеоперационных осложнений пациентов после операции АКШ (n = 1 297)

Послеоперационное осложнение	n (%)
Нестабильность грудины	14 (31,1)
Остеомиелит грудины и (или) ребер	8 (17,8)
Стерномедиастинит	23 (51,1)

Так, в группу 1-О вошли 14 пациентов (31,1 %) с нестабильностью грудины, у 8 (17,8 %) – наблюдался остеомиелит грудины и (или) ребер, у 23 пациентов (51,1 %) – развился стерномедиастинит.

Осложнения, не связанные со стернотомией, такие как инфаркт миокарда в послеоперационном периоде, нарушения ритма, тромботические осложнения, плевриты, обострение бронхиальной астмы, наблюдались у 96 пациентов (7,4 %) 1 группы.

Во 2 группу пациентов, с пороками сердца, прооперированных за исследуемый период, вошло 709 человек. Средний возраст пациентов, вошедших во 2 группу исследования, составил  $56,2 \pm 10,4$  (от 25 до 71 года). Мужчины также преобладали над лицами женского пола – 57,97 % и 42,03 % соответственно. По шкале Американского общества анестезиологов (ASA) физическое состояние пациентов распределилось следующим образом: 271 (38,2 %) вошли в группу ASA III и 438 (61,7 %) – в группу ASA IV. Общее количество койко-дней, проведенных пациентами в стационаре, составило в среднем  $(20,9 \pm 11,4)$  дня.

Таблица 3.1.2 – Структура специфических послеоперационных осложнений пациентов после клапанной коррекции (n = 709)

Послеоперационное осложнение	n (%)
Нестабильность грудины	10 (34,4)
Остеомиелит грудины и (или) ребер	4 (13,8)
Стерномедиастинит	15 (51,8)

Группу с осложнениями со стороны доступа (группа 2-О) составили

29 (4,09 %) больных. Нестабильность грудины наблюдалась у 10 пациентов (34,4 %), остеомиелит развился у 13,8 % (4 пациентов) и медиастинит – у 15 (51,8 %) пациентов (см. Таблицу 3.1.2). Осложнения, не связанные с доступом (нарушение ритма, тромботические осложнений, плевриты) в послеоперационном периоде наблюдались у 87 пациентов (12,3 %).

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 (нагноение раны, формирование лигатурных свищей, остеомиелит грудины и ребер), но и глубокими, вплоть до стерномедиастинита.

Таким образом, с каждым годом увеличивается количество операций на сердце. Так, с 2014 года рост оперативной активности в отделении кардиохирургии ГБУЗ ТО ОКБ № 1 вырос 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).

Причем до 14 % оперативных вмешательств приходится выполнять в эстренном или срочном порядке, что увеличивает риск неблагоприятных исходов. Процент осложнений, несмотря на совершенствования анестезиологического обеспечения, технического оснащения, появления новых методов лечения, остается на прежнем уровне.

В результате возникновения специфических осложнений, в том числе и в

позднем послеоперационном периоде, наблюдение за такими пациентами не должно ограничиваться стандартными сроками диспансеризации, а время до госпитализации при первых инфекционных проявлениях должно быть минимальным для предотвращения распространения инфекции в глубокие ткани средостения.

Поэтому мы решили сравнить данные пациентов в зависимости от результатов послеоперационного периода и выявить факторы риска специфических осложнений.

### **3.2 Выявление факторов риска неблагоприятных исходов у пациентов с аорто-коронарным шунтированием**

Для выявления факторов риска неблагоприятных исходов у пациентов после операции АКШ, в первую очередь, была проведена общая характеристика количественных и качественных показателей у пациентов 1 группы. Результаты анализа представлены в Таблицах 3.2.1 и 3.2.2. После чего произведена оценка влияния каждого фактора на развитие послеоперационных осложнений и парные взаимосвязи друг с другом.

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. Повышенную массу тела имеют 44,2 % пациентов 1 группы, из них у 145 (11,2 %) – II степень ожирения, и у 25 (1,9 %) – III степень.

Таблица 3.2.1 – Общая характеристика количественных показателей у пациентов после АКШ (n = 1 297)

Показатель	Минимум	Максимум	Среднее	Стандартная ошибка	Стандартное отклонение
Возраст, лет	49	77	61,7	0,2	7,2
Уровень глюкозы крови до операции, ммоль/л	3,5	15,0	5,7	0,04	1,5
Уровень креатинина крови до операции, мкмоль/л	44,0	203,0	83,4	0,5	17,7
ИМТ	17,4	43,5	29,4	0,12	4,4
Уровень глюкозы крови после операции, моль/л	3,1	27,6	6,2	0,08	2,8
Уровень креатинина крови после операции, мкмоль/л	43	258	82,9	0,7	25,5
Легочная гипертензия, мм. рт. ст	16	50	21,6	0,12	4,4
EuroScore II	1,42	8,9	2,7	0,02	0,9
Койко-дни до операции	1	15	4,8	0,6	2,4
Длительность операции, мин	100	420	196,4	1,1	40,3
Длительность ИК, мин	20	240	77,02	0,75	27,3

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.

Таблица 3.2.2 – Общая характеристика качественных показателей у пациентов после АКШ (n = 1 297)

Показатель	n (%)
Мужчины/женщины	988 (76,2)/309 (23,8)
Хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ)	196 (15,1)
Курение $\geq$ 5 лет	329 (25,4)
Сахарный диабет (СД)	310 (23,9)
Уровень гликемии до операции	
До 6 ммоль/л	912 (70,3)
6,1–9,9 ммоль/л	357 (27,5)
10 и выше	28 (2,2)
Креатинин крови выше нормы до операции	61 (4,7)
Пациенты с ожирением	573 (44,2)
I степень	403 (31,1)
II степень	145 (11,2)
III степень	25 (1,9)
Артериальная гипертензия	1 226 (94,5)
Наличие стеноза брахиоцефальных артерий (БЦА)	458 (35,3)
Индекс коморбидности Чарлсона больше 5	383 (29,5)
Риск по шкале EuroScore II	
1-низкий риск (< 1 %)	0
2-умеренный риск (1–5 %)	1 253 (96,6)
3-высокий риск (5–10 %)	44 (3,4)
4-очень высокий риск (> 10 %)	0

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 с осложнениями стернотомии и без осложнений со стороны доступа наибольшее влияние на неблагоприятный исход у пациентов после АКШ повлияли такие факторы, как уровень глюкозы крови до операции 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 (Таблицы 3.2.3 и 3.2.4).

Таблица 3.2.3 – Сравнительный анализ групповых средних количественных признаков в исследуемых группах больных с развитием послеоперационных осложнений стернотомии и без осложнений после АКШ (n = 1 297)

Количественный признак	Группы больных, М		Уровень значимости «р»
	без осложнений n = 1 252	с осложнениями n = 45	
Степень поражения коронарных артерий (КА), %	65,84	78	< 0,0001
Уровень глюкозы крови до операции, ммоль/л	5,6	6,8	< 0,0001
Уровень глюкозы крови после операции (1 сутки), ммоль/л	6,05	9,9	< 0,0001
Койко-дни в реанимации	2,02	5,20	< 0,0001
Всего койко-дней в стационаре	17,63	34,20	< 0,0001
EuroScore II (риск госпитальной летальности),%	2,67	4,45	< 0,0001
Койко-дни до операции	4,80	4,60	0,023
Выживаемость в течение 10 лет (индекс коморбидности Чарлсона), %	52,9	11,8	0,004
Легочная гипертензия, мм. рт. ст	21,56	22,6	0,172
Возраст, год	61,7	61,8	0,191
Уровень креатинина до операции, мкмоль/л	83,384	83,622	0,211
Фракция выброса, %	59,8	59,02	0,339
Индекс массы тела (ИМТ)	29,3389	32,3522	0,431
Длительность искусственного кровообращения (ИК), минута	76,90	80,18	0,562
Уровень креатинина после перации (1-е сутки), мкмоль/л	82,86	85,47	0,706
Длительность операции, минута	196	211	0,855

Существенное влияние на развитие послеоперационных осложнений,

связанных со стернотомией оказали наличие ХОБЛ, степень ожирения и степень артериальной гипертензии (Таблица 3.2.4). Из интраоперационных факторов значимыми оказались кровотечение во время операции более 1 000 мл, ошибки, связанные с доступом (несимметричный доступ) и наложением швов. 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. Существенной разницы не выявлено между полом, возрастом пациента, количеством креатинина в крови, длительностью операции и продолжительностью ИК. В нашем исследовании ИМТ на развитие специфических послеоперационных осложнений особого влияния не оказал, но степень ожирения имеет влияние, чем выше степень, тем вероятнее развитие стернотомных осложнений.

Таблица 3.2.4 – Результаты анализа таблиц сопряжённости при исследовании взаимосвязи качественных показателей с развитием послеоперационных осложнений стернотомии у пациентов после АКШ (n = 1 297)

Показатель	Значения $\chi^2$	P	V-критерий Крамера
риск по EuroScore II	147,1	< 0,0001	0,337
ошибки, связанные с наложением швов	129,1	< 0,0001	0,320
ХОБЛ	53,089	< 0,0001	0,202
ошибки, связанные с доступом	115,6	< 0,0001	0,299
Уровень гликемии после операции	90,339	< 0,0001	0,264
Осложнения, не связанные с доступом	93,3	< 0,0001	0,268
Индекс коморбидности Чарлсона больше 5	73,1	< 0,0001	0,237
Уровень гликемии до операции	58,896	< 0,0001	0,213
Степень ожирения	47,427	< 0,0001	0,191
Степень артериальной гипертензии (АГ)	38,14	< 0,0001	0,171

Продолжение Таблицы 3.2.4

Показатель	Значения $\chi^2$	P	V-критерий Крамера
Кровотечение более 1 000 мл	34,614	< 0,0001	0,163
наличие стеноза БЦА	33,05	< 0,0001	0,160
тяжесть по Clavien – Dindo выше 3	13,05	< 0,0001	0,1
наличие повторного оперативного вмешательства (рестернотомия)	675,1	< 0,0001	0,721
Сахарный диабет	6,642	< 0,01	0,072
Курение $\geq$ 5 лет	3,793	< 0,05	0,054
Длительность оперативного вмешательства выше 200 мин	3,229	0,07	0,05
Пол	0,659	0,417	0,23
креатинин высокий до операции	0,640	0,42	0,022
креатинин высокий после операции	0,154	0,69	0,011
МКШ	1,79	0,18	0,037
Исход	0,607	0,43	0,02

При анализе связи показателей с гнойными послеоперационными осложнениями (остеомиелит грудины, формирование лигатурных свищей, стерномедиастинит) у пациентов после перенесенного АКШ, из количественных предоперационных факторов значимыми оказались только уровень глюкозы крови до операции и в раннем послеоперационном периоде, степень поражения коронарных артерий (Таблица 3.2.5).

Таблица 3.2.5 – Сравнительный анализ групповых средних количественных признаков в исследуемых группах больных после АКШ с развитием гнойных послеоперационных осложнений и без (n = 1 297)

Количественный признак	Группы больных, М		Уровень значимости «р»
	без гнойных осложнений n = 1 266	с гнойными осложнениями n = 31	
Степень поражения коронарных артерий (КА), %	65,7	73,9	< 0,0001
Всего койко-дней в стационаре	17,7	37,1	< 0,0001
Уровень глюкозы крови после операции (1 сутки), ммоль/л	6,1	10,8	< 0,0001
Уровень глюкозы крови до операции, ммоль/л	5,6	7,0	< 0,0001
EuroScore II (риск госпитальной летальности), %	2,7	4,4	< 0,0001
Койко-дни в реанимации	2	6,6	< 0,0001
Уровень креатинина после операции (1 сутки), мкмоль/л	82,8	86,7	0,007
Выживаемость в течение 10 лет (индекс коморбидности Чарлсона), %	52,4	11,7	0,02
Койко-дни до операции	4,8	4,4	0,06
Фракция выброса, %	59,9	56,7	0,06
Уровень креатинина до операции, мкмоль/л	83,3	83,1	0,1
Длительность операции, минута	196	214	0,2
Индекс массы тела (ИМТ)	29,4	32,1	0,3
Возраст, год	61,5	63,1	0,43
Легочная гипертензия, мм. рт. ст	21,6	22,2	0,46
Длительность искусственного кровообращения (ИК), минута	76,8	83,9	0,7

Пациенты с инфекционными осложнениями находятся дольше в реанимации и проводят больше койко-дней в стационаре ( $p < 0,0001$ ). Средние

значения возраста пациента, ИМТ, фракции сердечного выброса, легочной гипертензии, уровня креатинина не имели статистически значимых различий в исследуемых группах ( $p < 0,05$ ).

Таблица 3.2.6 – Результаты анализа таблиц сопряженности при исследовании взаимосвязи качественных показателей с развитием гнойных послеоперационных осложнений со стороны грудины у пациентов после АКШ ( $n = 1\ 297$ )

Показатель	Значения $\chi^2$	p	V-критерий Крамера
Индекс коморбидности Чарлсона	270,7	< 0,0001	0,46
Уровень гликемии после операции	105,2	< 0,0001	0,28
Риск по eugoscore II	99,8	< 0,0001	0,27
Ошибки, связанные с доступом	85,4	< 0,0001	0,26
Осложнения, не связанные с доступом	66,1	< 0,0001	0,23
Степень артериальной гипертензии (АГ)	55,6	< 0,0001	0,207
Ошибки, связанные с наложением швов	53,8	< 0,0001	0,21
Индекс коморбидности Чарльстона больше 5	45,1	< 0,0001	0,186
Уровень гликемии до операции	48,6	< 0,0001	0,194
Хобл	32,98	< 0,0001	0,159
Степень ожирения	27,7	< 0,0001	0,146
Наличие стеноза БЦА	17,70	< 0,0001	0,12
Кровотечение более 1 000 мл	17,2	< 0,0001	0,12
Наличие повторного оперативного вмешательства (рестернотомия)	464,8	< 0,0001	0,6
Тяжесть по Clavien – Dindo выше 3	8,1	0,004	0,079
Сахарный диабет	7,8	0,005	0,078
Пол	0,475	0,03	0,019
Курение $\geq 5$ лет	2,98	0,084	0,048
Креатинин высокий до операции	1,56	0,2	0,35
Длительность оперативного вмешательства выше 200 мин	0,45	0,5	0,019
Креатинин высокий после операции	0,086	0,7	0,008

Тяжелая сопутствующая патология по ИКЧ, риск осложнений операции по шкале EuroScore II, наличие в анамнезе ХОБЛ и гликемии после оперативного вмешательства оказывают существенную роль в развитии гнойных осложнений со стороны доступа (Таблица 3.2.6). 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.

Таким образом, у пациентов после АКШ наибольшее влияние на развитие осложнений стернотомии оказывает коморбидная патология, особенно наличие ХОБЛ, степень ожирения и СД, а также ошибки со стороны доступа и наложения швов на грудину.

### **3.3 Выявление факторов риска неблагоприятных исходов у пациентов при протезировании клапанов сердца**

Для оценки предоперационных и интраоперационных факторов у пациентов после коррекции клапанных пороков сердца, использовались такие же критерии. Произведен анализ общей характеристики группы, затем проанализировано влияние каждого показателя на развитие специфических осложнений со стороны грудины и парные взаимосвязи друг с другом. Общая характеристика количественных и качественных показателей пациентов 2 группы представлена в Таблицах 3.3.1 и 3.3.2.

Таблица 3.3.1 – Общая характеристика количественных показателей у пациентов после протезирования клапанов сердца (n = 709)

Показатель	Минимум	Максимум	Среднее	Стандартная ошибка	Стандартное отклонение
Возраст, лет	25	71	56,2	0,4	10,4
Глюкоза крови до операции, ммоль/л	3,5	12,0	5,2	0,04	1,03

Продолжение Таблицы 3.3.1

Показатель	Минимум	Максимум	Среднее	Стандартная ошибка	Стандартное отклонение
Креатинин крови до операции, мкмоль/л	50	197	90,8	0,9	22,1
ИМТ	17,6	4,8	2,6	0,2	5,9
Глюкоза крови после операции, моль/л	3,75	19	5,9	0,1	3,5
Креатинин крови после операции, мкмоль/л	34	211	84,8	0,97	25,2
Легочная гипертензия, мм. рт. ст	19	85	27,1	0,5	13,2
EuroScore II	1,94	6,82	2,67	0,03	0,79
Койко-дни до операции	1	20	5,79	0,1	3,8
Длительность операции, мин	110	750	223,7	3,9	101,5
Длительность ИК, мин	47	585	120,3	3,1	79,9
Фракция сердечного выброса (Эхо-КГ)	43	65	59,6	6,9	9,04

Во 2 группе пациентов после коррекции клапанной патологии также преобладают мужчины (58 %), средний возраст группы 2 моложе группы 1 и составляет 56 лет.

Таблица 3.3.2 – Общая характеристика качественных показателей у пациентов после протезирования клапанов сердца (n = 709)

Показатель	n (%)
Мужчины/женщины	411 (57,97)/298 (42,03)
Хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ)	78 (11)
Курение $\geq$ 5 лет	138 (19,5)
Сахарный диабет (СД)	66 (9,3)
Уровень гликемии до операции	
До 6 ммоль/л	602 (84,9)
6,1–9,9 ммоль/л	105 (14,8)

Продолжение Таблицы 3.3.2

Показатель	n (%)
Уровень гликемии до операции	
10 и выше	2 (0,3)
Креатинин крови выше нормы до операции	75 (10,6)
Пациенты сожирением	
I степень	170 (23,9)
II степень	58 (8,2)
III степень	23 (3,2)
Артериальная гипертензия	545 (76,9)
Наличие стеноза брахиоцефальных артерий (БЦА)	30 (4,2)
Индекс коморбидности Чарлсона больше 5	58 (8,2)
Риск по шкале euroscore II	
1-низкий риск (< 1 %)	0
2-умеренный риск (1–5 %)	700 (98,7)
3-высокий риск (5–10 %)	9 (1,3)
4-очень высокий риск (> 10 %)	0
Количество пораженных клапанов	
1 клапан	259 (36,5)
2 клапана	285 (40,2)
3 клапана	165 (23,3)
Степень поражения клапана (ЭХОКГ)	
2 степень	437 (61,6)
3 степень	258 (36,4)
4 степень	14 (2)

В группе 2 оценивалась выраженность 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 степень поражения клапана сердца, 3 степень – 258 пациентов (36,4 %), и самая тяжелая степень наблюдалась у 14 пациентов (2 %).

Среди пациентов 2 группы имеется сопутствующая патология в анамнезе: у 76,9 % – АГ, у 78 (11 %) – ХОБЛ, у 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 (Таблица 3.3.2). В исследуемой группе пациентов после протезирования клапанов сердца ИКЧ 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 %).

Таким образом, пациенты 2 группы чаще всего молодые лица, тяжелые по основному заболеванию, с повышенной массой тела и сопутствующей патологией.

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 (Таблица 3.3.3). Статистически значимых различий средних значений возраста пациента, ИМТ, фракции сердечного выброса, легочной гипертензии, уровня креатинина в исследуемых группах не наблюдалось ( $p < 0,05$ ).

Для пациентов после протезирования клапанов сердца наибольшее влияние на развитие осложнения со стороны доступа оказывает тяжелая сопутствующая патология по ИКЧ и шкале EuroScore II.

Таблица 3.3.3 – Сравнительный анализ групповых средних количественных признаков в исследуемых группах больных с осложнениями стернотомии и без осложнений при протезировании клапанов сердца (n = 709)

Количественный признак	Группы больных, М		Уровень значимости «р»
	без осложнений n = 680	с осложнениями n = 29	
Уровень глюкозы крови после операции (1 сутки), ммоль/л	5,8480	8,99	< 0,0001
Койко-дни в реанимации	2,54	6	< 0,0001
Всего койко-дней в стационаре	20,09	46,8	< 0,0001
Выживаемость в течение 10 лет (индекс коморбидности Чарлсона), %	77,1	19,1	0,01
Уровень глюкозы крови до операции, ммоль/л	5,17	5,98	0,016
Возраст, год	56,02	60,55	0,133
Длительность операции, минута	223,51	230,25	0,304
Индекс массы тела (ИМТ)	27,44	32,08	0,475
Койко-дни до операции	5,77	6,5	0,586
Длительность искусственного кровообращения (ИК), минута	120,45	116,45	0,539
Уровень креатинина после операции (1 сутки), мкмоль/л	84,74	88,40	0,795
Легочная гипертензия, мм. рт. ст	27,11	29,40	0,822
Уровень креатинина до операции, мкмоль/л	90,631	95,150	0,84
Фракция сердечного выброса (ЭХОКГ)	61,55	61,75	0,25
EuroScore II (риск госпитальной летальности), %	2,6	3,9	0,6

На неблагоприятный исход повлияли такие факторы, как степень поражения клапана, которая оценивалась по ЭХО-КГ, наличие ХОБЛ и СД у пациента, степень ожирения, курение в анамнезе и наличие артериальной гипертензии. Не было существенной разницы в группах по полу пациента и значениям креатинина до оперативного вмешательства (см. Таблицу 3.3.3).

Таблица 3.3.4 – Результаты анализа таблиц сопряженности при исследовании взаимосвязи качественных показателей с развитием послеоперационных осложнений стернотомии после протезирования клапанов сердца (n = 709)

Показатель	Значения $\chi^2$	P	V-критерий Крамера
Наличие повторного оперативного вмешательства (рестернотомия)	236,8	< 0,0001	0,59
Индекс коморбидности Чарлсона	214,7	< 0,0001	0,56
Индекс коморбидности Чарлсона больше 5	135,2	< 0,0001	0,45
Ошибки, связанные с доступом	133	< 0,0001	0,45
Риск по euroscore II	130,78	< 0,0001	0,44
Ошибки, связанные с наложением швов	43,8	< 0,0001	0,26
Степень поражения клапана (ЭХОКГ)	40,28	< 0,0001	0,245
Уровень гликемии до операции	34,793	< 0,0001	0,228
ХОБЛ	26,87	< 0,0001	0,2
Степень ожирения	26,77	< 0,0001	0,2
Уровень гликемии после операции	19,41	< 0,0001	0,17
Наличие стеноза БЦА	16,1	< 0,0001	0,155
Осложнения, не связанные с доступом	16,1	< 0,0001	0,155
Сахарный диабет	12,606	< 0,0001	0,137
Количество пораженных клапанов	12,7	< 0,0001	0,137
Курение $\geq$ 5 лет	12,341	< 0,0001	0,136
Артериальная гипертензия	10,911	< 0,004	0,128
Креатинин высокий после операции	4,46	< 0,35	0,082
Кровотечение более 1 000 мл	2,92	0,087	0,066
Пол	2,59	< 0,1	0,62
Длительность оперативного вмешательства выше 200 мин	1,93	0,165	0,054
Тяжесть по Clavien – Dindo выше 3	1,68	0,195	0,05
Креатинин высокий до операции	0,358	0,5	0,023

Таким образом, на возникновение осложнений, связанных с доступом у пациентов после коррекции клапанов сердца, наибольшее влияние оказывает также, как и у пациентов после АКШ, коморбидная патология. Однако большее

влияние оказывают наличие ХОБЛ или СД. Из интраоперационных факторов наиболее значимыми являются правильность наложения швов на грудину и симметричность стернотомного доступа (см. Таблица 3.3.4).

Таблица 3.3.5 – Сравнительный анализ групповых средних количественных признаков в исследуемых группах больных с гнойными осложнениями со стороны грудины и без осложнений при протезировании клапанов сердца (n = 709)

Количественный признак	Группы больных, М		Уровень значимости «р»
	без гнойных осложнений n = 690	с гнойными осложнениями n = 19	
Койко-дни в реанимации	2,5	7,3	< 0,0001
Всего койко-дней в стационаре	20,3	48,3	< 0,0001
EuroScore II (риск госпитальной летальности), %	2,6	3,8	0,001
Уровень глюкозы крови после операции (1 сутки), ммоль/л	5,9	8,4	0,01
Уровень глюкозы крови до операции, ммоль/л	5,19	5,22	0,1
Фракция сердечного выброса (ЭХОКГ)	61,5	60,9	0,1
Койко-дни до операции	5,8	5,1	0,1
Возраст, год	56,0	61,9	0,3
Выживаемость в течение 10 лет (индекс коморбидности Чарлсона), %	76,7	14,0	0,6
Длительность операции, минута	120,3	120,0	0,6
Легочная гипертензия, мм. рт. ст	27,2	27,4	0,6
Индекс массы тела (ИМТ)	27,4	32,2	0,6
Уровень креатинина до операции, мкмоль/л	90,6	97,2	0,7
Длительность искусственного кровообращения (ИК), минута	223,5	234	0,9
Уровень креатинина после операции (1 сутки), мкмоль/л	84,7	90,7	0,9

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), связанного с послеоперационным кровотечением (см. Таблицы 3.3.5 и 3.3.6).

Таблица 3.3.6 – Результаты анализа таблиц сопряженности при исследовании взаимосвязи качественных показателей с развитием гнойных послеоперационных осложнений со стороны грудины у пациентов после протезирования клапанов сердца ( $n = 709$ )

Показатель	Значения $\chi^2$	P	V-критерий Крамера
Ошибки, связанные с доступом	212,1	< 0,0001	0,56
Наличие повторного оперативного вмешательства (рестернотомия)	189,8	< 0,0001	0,53
Индекс коморбидности Чарлсона	198,8	< 0,0001	0,5
Индекс коморбидности Чарлсона больше 5	131,6	< 0,0001	0,44
Риск по euroscore II	112,8	< 0,0001	0,41
Уровень гликемии до операции	52,5	< 0,0001	0,28
Степень поражения клапана (ЭХОКГ)	34,5	< 0,0001	0,23
Наличие стеноза БЦА	28,3	< 0,0001	0,2
ХОБЛ	27,2	< 0,0001	0,2
Степень ожирения	23,6	< 0,0001	0,18
Ошибки, связанные с наложением швов	21,4	< 0,0001	0,12
Курение $\geq 5$ лет	15,05	< 0,0001	0,15
Уровень гликемии после операции	10,6	0,005	0,126
Осложнения, не связанные с доступом	9,3	0,002	0,12
Креатинин высокий после операции	9,3	0,002	0,12
Артериальная гипертензия	8,7	0,012	0,11
Сахарный диабет	3,7	0,05	0,075

Продолжение Таблицы 3.3.6

Показатель	Значения $\chi^2$	P	V-критерий Крамера
Длительность оперативного вмешательства выше 200 мин	2,02	0,15	0,055
Пол	0,75	0,38	0,033
Кровотечение более 1 000 мл	0,45	0,5	0,026
Креатинин высокий до операции	0,27	0,6	0,02
Тяжесть по Clavien – Dindo выше 3	0,25	0,6	0,019

Если у пациентов после АКШ значительную роль играет уровень гликемии после операции, то у пациентов после коррекции клапанов сердца значимым является само наличие заболевание СД и уровень гликемии как до, так и после оперативного вмешательства. Также существенную роль в развитии гнойных специфических осложнений играют степень поражения клапана и стеноз БЦА, ИКЧ выше 5. Как и у пациентов после АКШ, влияние на развитие стернотомных осложнений имеют симметричность доступа и правильность и достаточное количество наложенных швов на грудину ( $p < 0,0001$ ).

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

## **ГЛАВА 4 ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РИСКА РАЗВИТИЯ ОСЛОЖНЕНИЙ СТЕРНОТОМИИ ПРИ ОПЕРАЦИИ НА СЕРДЦЕ**

При анализе предоперационных и интраоперационных показателей подтвердилось, что на развитие специфических послеоперационных осложнений со стороны доступа срединной стернотомии оказали значимое влияние исходное состояние пациента, тяжесть сопутствующей патологии (особенно ХОБЛ и СД), уровень гликемии крови до операции и в раннем послеоперационном периоде, ошибки, связанные с симметричностью доступа и правильностью наложения швов. Вторым этапом для анализа взаимосвязи между одним качественным признаком, выступающим в роли зависимого, результирующего показателя, и подмножеством количественных и качественных признаков стало использование модели 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 ценности (чувствительность, специфичность и эффективность) более 80 %. При включении в уравнение как интегральных показателей, так и их отдельных компонентов модель была проверена на мультиколлинеарность (показатель VIF).

### **4.1 Прогнозирование предоперационного риска развития осложнений стернотомии при аорто-коронарном шунтировании**

Для пациентов при АКШ со стернотомическим доступом, было отобрано уравнение с наиболее высокими показателями согласия и диагностической ценности (чувствительности, специфичности и эффективности). Состав предикторов и коэффициенты регрессии представлены в Таблице 4.1.1.

Первым из факторов, вошедшим в уравнение стал ИКЧ более 5 ( $\chi^2 = 73,1$ ;  $p < 0,0001$ ) (см. Таблицу 3.1.2). По данным литературного обзора, ИКЧ является объективным фактором, оказывающим влияние на исход заболеваний,

продолжительность жизни и прямо пропорционально влияющий на любые сложные оперативные вмешательства. Значения ИКЧ, которые выявляют прямую статистически значимую взаимосвязь между развитием осложнений и сопутствующей патологией, разнятся от 4,0 до 6,5. В исследовании Л. А. Худайнетдинова с соавторами была выявлена такая взаимосвязь у пациентов кардиологического профиля при ИКЧ более 4 [38].

Таблица 4.1.1 – Предикторные переменные и коэффициенты уравнения логит-регрессии для расчета риска развития осложнений стернотомии у пациентов при АКШ

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

Примечания:

1. X<sub>1</sub> – индекс коморбидности Чарлсона выше 5; X<sub>2</sub> – Индекс массы тела; X<sub>3</sub> – степень поражения КА; X<sub>4</sub> – наличие ХОБЛ; X<sub>5</sub> – наличие стеноза БЦА; X<sub>6</sub> – риск по шкале Euroscore II.
2. Коэффициент ( $\beta$ ) – весовое значение для каждой предикторной переменной модели.
3. Стандартная ошибка – оценка погрешности весовых значений.
4. Статистика критерия Вальда  $\chi^2$  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.

В научной работе по исследованию влияния коморбидной патологии на результаты хирургического лечения клапанных пороков сердца, статистически достоверной значимости достиг ИКЧ более 6,5 и коррелировал с госпитальной летальностью [5].

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.

Вторым предиктором является ИМТ. Этот фактор при одномерном анализе не имел статистического отличия в группах сравнения (см. Таблица 3.2.3,  $p = 0,431$ ), но в комбинации с другими предикторами обнаружено его существенное влияние на появление осложнений со стороны стернотомии. В литературе нами были найдены научные исследования, которые доказали, что ожирение является наиболее значимым предоперационным фактором, при этом риск медиастинита возрастает на 3 % на каждый лишний 1 кг/м<sup>2</sup> тела [143].

Замечена связь ИМТ с формированием нестабильности грудины, особенно у курильщиков, что можно объяснить кашлем в раннем послеоперационном периоде [36].

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 (ХОБЛ) является в нашем исследовании значимым фактором как при одномерном исследовании (см. Таблица 3.1.2;  $\chi^2 = 53,089$ ;  $p < 0,0001$ ), так и при проведении логистической регрессии. Нами обнаружены исследования, где ХОБЛ как фактор риска в развитии послеоперационных инфекционных осложнений имеет достоверную значимость, а есть работы, которые не выявили влияния обструктивных заболеваний легких на осложнения в послеоперационном периоде [144].

При корреляционном анализе в нашей работе, выявлена взаимосвязь фактора ХОБЛ с курением. По данным исследования, проведенного R. J. Baskett с соавторами, постоянный кашель пациентов с ХОБЛ приводит к расхождению раны, и, как следствие, облегчается миграция бактерий в рану. Инфекция

дыхательных путей совместно с хронической гипоксемией и легочной гипертензией в малом круге кровообращения тоже участвуют в замедлении процессов заживления послеоперационной раны. Пациенты с обструктивными заболеваниями легких подвержены простудным заболеваниям и дольше находятся на ИВЛ, что повышает риск послеоперационных осложнений после стернотомии в 3 раза [62].

Таблица 4.1.2 – Фактическое и предсказанное по выбранной модели прогноза количество пациентов в исследуемых группах

Фактическое количество пациентов	Предсказанное количество пациентов		Всего
	1 группа	2 группа	
1 группа	1 222 (98,4 %) <sup>1</sup>	20	1 242
2 группа	17	28 (62,3 %) <sup>2</sup>	45
Всего	1 239	48	1 297

Примечания:  
<sup>1</sup> – доля истинно отрицательных результатов;  
<sup>2</sup> – доля истинно положительных результатов.

Чувствительность полученной нами модели прогноза – 62,3 %, специфичность – 98,4 %, а эффективность – 93,9 % (см. Таблицу 4.1.2).

Уравнение логистической регрессии выглядит следующим образом:

$$p = \frac{\exp(\beta)}{1 + \exp(\beta)},$$

где  $p$  – вероятность исхода;

$$\beta = b_1 \times x_1 + b_2 \times x_2 + b_3 \times x_3 + b_4 \times x_4 + b_5 \times x_5 + b_6 \times x_6;$$

$b_1-5$  – регрессионные коэффициенты предикторов;

$x_1-5$  – значения предикторной переменной.

Результат уравнения – это вычисление вероятности исхода ( $p$ ). Так как зависимая переменная «осложнения стернотомии» имеет 2 градации, то исхода

два. Первый исход (градация 1) – отсутствие осложнений, второй исход (градация 2) – возникновение осложнений. Вероятность исхода 1 равна «р», вероятность исхода 2 равна единице минус «р».

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).

Несмотря на высокую специфичность более 98 %, чувствительность полученной модели прогноза 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.

При анализе пациентов с отрицательными и положительными результатами, полученными по модели прогноза осложнений со стороны стернотомии у пациентов с АКШ (см. Таблицу 4.1.2), 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 (Таблица 4.1.3). 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, рестернотомии, несимметричности доступа и др.), и

осложнений не связанных с доступом не возникло. Из Таблицы 4.1.3 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 отрицательным результатом по модели прогноза осложнений стернотомии после АКШ, но 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 ( $< 0,001$ ).

Таблица 4.1.3 – Сравнительный анализ предоперационных и интраоперационных факторов риска у пациентов с ложноположительными и ложноотрицательными результатами по модели прогноза осложнений стернотомии для пациентов с АКШ

Фактор	<sup>1</sup> n = 17	<sup>2</sup> 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
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

Продолжение Таблицы 4.1.3

Фактор	<sup>1</sup> n = 17	<sup>2</sup> n = 20	P
Несимметричность доступа	3 (17,6 %)	0	< 0,001
Ошибки при наложении швов на грудину	15 (88,2 %)	0	< 0,001
Примечания: <sup>1</sup> – группа пациентов с ложноотрицательным результатом по модели прогноза осложнений стернотомии после АКШ; <sup>2</sup> – группа пациентов с ложноположительным результатом по модели прогноза осложнений стернотомии после АКШ.			

При сравнительном анализе послеоперационных осложнений у предсказанных по модели прогноза пациентов были оценены осложнения, связанные со стернотомией и не связанные с доступом (Таблица 4.1.4). Так, у пациентов обеих групп в послеоперационном периоде наблюдались отклонения, не связанные с доступом различной степени тяжести по шкале Clavien – Dindo. У пациентов, у которых развилось осложнение со стороны стернотомии, тяжесть этих осложнений была более выраженная (< 0,001). У 14 пациентов (82,3 %) осложнения имели тяжесть I степени (боль, не требующая наркотических анальгетиков, гипергликемия выше 7 ммоль/л в послеоперационном периоде, повышение АД, снижение сатурации, субфебрильная температура, кашель), и у 3 (17,6 %) – II степени (нарушение ритма, фебрильная температура, потребовавшие медикаментозного лечения). У пациентов другой группы все осложнения, не связанные с доступом, были I степени тяжести.

Таблица 4.1.4 – Сравнительный анализ тяжести послеоперационных осложнений по Clavien – Dindo, не связанных с доступом, у пациентов с ложноположительными и ложноотрицательными результатами по модели прогноза осложнений стернотомии для пациентов с АКШ

Фактор	<sup>1</sup> n = 17 (%)	<sup>2</sup> n = 20 (%)	P
I степень	14 (82,3)	20 (100)	< 0,001
II степень	3 (17,6)	0	
Примечания:			
<sup>1</sup> – группа пациентов с ложноотрицательным результатом по модели прогноза осложнений стернотомии после АКШ;			
<sup>2</sup> – группа пациентов с ложноположительным результатом по модели прогноза осложнений стернотомии после АКШ.			

У пациентов 1 группы возникли следующие осложнения со стороны стернотомии: нестабильность грудины (35,3 %), поверхностная (47,1 %) и глубокая стернальная инфекции (17,6 %). Тяжесть этих осложнений по Clavien – Dindo оценивается как III и IV степени (Таблица 4.1.5). К пациентам III степени были отнесены 15 человек (88,2 %), которым понадобились 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 (олигурии, повышению азотистых шлаков в крови), что в свою очередь потребовало лечения в условиях АРО.

Таблица 4.1.5 – 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 стернальная инфекция	8 (47,1)
Глубокая стернальная инфекция	3 (17,6)

Продолжение Таблицы 4.1.5

Осложнение стернотомии	n (%)
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.

Для иллюстрации работы программы прогноза осложнений стернотомии приводим клинические примеры.

#### Клинический пример 1

Пациент К., 55 лет. Поступил с диагнозом: ИБС. Стенокардия напряжения, ФК III. Атеросклероз коронарных артерий. Постинфарктный кардиосклероз неизвестной давности. ХСН IIА. ФК II (NYHA). Сопутствующие диагнозы: Артериальная гипертензия III стадии, 3 степени, риск 4. Сахарный диабет, тип 2, инсулинозависимый. Диабетическая дистальная сенсорная полинейропатия нижних конечностей. Целевой уровень гликированного гемоглобина 7 %. Хронический бронхит средней тяжести вне обострения. Ожирение I степени по ВОЗ (ИМТ 34,6 кг/м<sup>2</sup>).

Пациенту проведено оперативное лечение: под ЭТН выполнена стернотомия, АКШ в условиях ИК, шунтирование ветви тупого края и правой коронарной артерии аутовеной, шунтирование правой межжелудочковой ветви левой внутренней грудной артерией. Продолжительность операции 180 минут, ИК – 67 минут. В реанимации провел 34 часа, наблюдалась гипотония, потребовавшая введение вазопрессоров в течение суток, длительность ИВЛ после операции составила 5 часов, для санации трахеобронхиального дерева

понадобилась санационная бронхоскопия. На 2-е сутки послеоперационный период осложнился развитием нестабильности грудины с последующей несостоятельностью швов грудины, развитием остеомиелита грудины и передним медиастинитом (Рисунок 4.1.1).



Рисунок 4.1.1 – МСКТ пациента К. на 10-е сутки после АКШ

Послеоперационный период осложнился двусторонним гидротораксом, что потребовало дренирования плевральных полостей. Определены показания и на 14-е сутки после операции АКШ выполнена остеонекрэктомия грудины, установка проточно-промывной системы с целью дренирования переднего средостения. Дальнейшее лечение пациент продолжил в условиях отделения реанимации по тяжести состояния. Получал инфузионную, антибактериальную, кардиометаболическую и инсулинотерапию по уровню гликемии. На 25-е сутки пациенту выполнена двухлопастная торакооментопластика по Yoshida. Выписан из стационара на 64-е сутки после оперативного лечения.

Расчет риска осложнений:

$X_1$  (индекс коморбидности Чарлсона выше 5) = 1 (возраст –2 балла, инфаркт миокарда в анамнезе – 1 балл, ХОБЛ – 1 балл, СД – 2 балла; всего 6 баллов, то есть выше 5);

$X_2$  (индекс массы тела) = 34,6;

$X_3$  (степень поражения коронарных артерий) = 75 %;

$X_4$  (наличие ХОБЛ) = 1;

$X_5$  (наличие стеноза БЦА) = 1;

$X_6$  (риск госпитальной летальности по шкале Euroscore II) = 6,19;

$\text{beta} = (-2,888 \times 1) + (0,178 \times 34,6) - (0,045 \times 75) - (1,988 \times 1) - (1,763 \times 1) -$   
 $- (1,857 \times 6,19) = -12,46.$

Значение  $1 - p = 0,99.$

Таким образом, вероятность возникновения послеоперационных осложнений со стороны грудины очень высокая – до 100 % (Рисунок 4.1.2).

Рисунок 4.1.2 – Скриншот программы «Расчет вероятности осложнений стернотомии до операции аорто-коронарного шунтирования» для пациента К.

Анализируя данный пример, можно сделать вывод, что факторами возникновения нестабильности грудины послужили тяжелый коморбидный фон пациента (ожирение, хронический бронхит, диабетические ангиопатии). Наличие перечисленных факторов совместно с кашлем в послеоперационном периоде (обострение бронхита сразу после оперативного лечения) способствовало несостоятельности наложенных лигатур в нижней трети грудины с формированием диастаза до 1,5 см, что явилось входными воротами для присоединения инфекции (см. Рисунок 4.1.1). При дискриминантном анализе

предоперационных и интраоперационных факторов риска у пациента вероятность осложнений со стороны грудины так же осталась на высоком уровне (см. раздел 4.3).

### Клинический пример 2

Пациент Н., 60 лет. Поступил с диагнозом: ИБС. Стенокардия напряжения, ФК III. Многососудистое гемодинамически значимое атеросклеротическое поражение коронарных артерий. ХСН IIА. ФК III (NYHA). Сопутствующие диагнозы: Артериальная гипертония III стадии, 1 степени, риск 4. Ожирение I степени по ВОЗ (ИМТ 35 кг/м<sup>2</sup>). Дислипидемия.

Под ЭТН пациенту выполнена стернотомия, АКШ в условиях ИК, шунтирование огибающей артерии и ветви тупого края аутовеной, шунтирование правой межжелудочковой ветви левой внутренней грудной артерией. Продолжительность операции 210 минут, ИК 96 минут, длительность ИВЛ составила после операции 5 часов 20 минут. Послеоперационный период протекал без осложнений, заживление раны первичным натяжением, пациент выписан на 14-е сутки.

Расчет риска стернотомических осложнений в послеоперационном периоде:

$X_1$  (индекс коморбидности Чарлсона выше 5) = 0 (возраст – 2 балла; всего 2 балла, то есть менее 5);

$X_2$  (индекс массы тела) = 35;

$X_3$  (степень поражения коронарных артерий) = 60 %;

$X_4$  (наличие ХОБЛ) = 0;

$X_5$  (наличие стеноза БЦА) = 0;

$X_6$  (риск госпитальной летальности по шкале Euroscore II) = 1,94;

$\text{beta} = (-2,888 \times 0) + (0,178 \times 35) - (0,045 \times 60) - (1,988 \times 0) - (1,763 \times 0) - (1,857 \times 1,94) = -0,07$ .

Значение  $1 - p = 0,51$ .

Таким образом, вероятность возникновения послеоперационных осложнений со стороны грудины у пациента составляет 51% (Рисунок 4.1.3).

АКШ: предоперационный риск

**Пациент**

\*Фамилия: Н\*\*\*\*\* \*Дата рождения: 01.01.0001  Муж.  Жен.

\*Имя: Г\*\*\*\*\* № госпитализации: Примечания:

Отчество: А\*\*\*\*\* Дата госпитализации: 01.01.0001

История расчётов Поиск

**Показатели**

Степень поражения КА, %: 60 ИМТ, кг/м2: 35

Риск по EuroScore: 1,94 ИК Чарльстона: 0

Стеноз БЦА:  ХОБЛ:

Рассчитать

**Расчёты**

Значение 1 - p: 0,518137 Риск, %: 51,81

Абсолютное значение: -0,0725800000000000  
3

Значение по экспоненте: 0,481863

Сохранить

Закрыть

Рисунок 4.1.3 – Скриншот программы «Расчет вероятности осложнений стернотомии до операции аорто-коронарного шунтирования» для пациента Н.

В приведенном клиническом примере пациент имеет I степень ожирения. Данный фактор не входит в шкалу Euroscore II и в ИКЧ. Поэтому, несмотря на то, что ИКЧ ниже 5 и риск госпитальной летальности по шкале Euroscore II низкий, пациент имеет вероятность осложнений со стороны доступа. В сравнении с предыдущим примером, у пациента Н. не развились специфические осложнения со стороны грудины, так как все интраоперационные факторы пациента были исключены (см. раздел 4.3).

Таким образом, несмотря на высокий предоперационный риск, правильная профилактика модифицируемых интра- и послеоперационных факторов риска может позволить избежать неблагоприятного исхода со стороны доступа у этой категории пациентов.

## 4.2 Прогнозирование предоперационного риска развития осложнений стернотомии при планировании протезирования клапанов сердца

Уравнение с наиболее высокими показателями чувствительности, специфичности и эффективности, выбранное для пациентов при клапанной коррекции сердца, для прогнозирования осложнений стернотомии представлено в Таблице 4.2.1.

Первым фактором в уравнении прогноза осложнений стернотомии у пациентов после клапанной коррекции стал, как и в случае уравнения для пациентов при АКШ, ИКЧ более 5 ( $\chi^2 = 214,7$ ;  $p < 0,0001$ ) (см. Таблицу 3.2.2). По результатам корреляционного анализа в нашем исследовании данный показатель имел прямо пропорциональную взаимосвязь средней интенсивности со шкалой EuroScore II, наличием СД и ХОБЛ.

Таблица 4.2.1 – Предикторные переменные и коэффициенты уравнения логит-регрессии для расчета риска развития осложнений стернотомии у пациентов с пороками сердца

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

Примечания:

1. X<sub>1</sub> – индекс коморбидности Чарлсона выше 5; X<sub>2</sub> – Индекс массы тела; X<sub>3</sub> – количество пораженных клапанов; X<sub>4</sub> – наличие сахарного диабета; X<sub>5</sub> – наличие ХОБЛ;
2. Коэффициент ( $\beta$ ) – весовое значение для каждой предикторной переменной модели;
3. Стандартная ошибка – оценка погрешности весовых значений;
4. Статистика критерия Вальда  $\chi^2$  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.

Индекс массы тела (ИМТ) – второй предиктор, вошедший в уравнение. Также, как и в случае с уравнением для прогноза осложнений при АКШ, этот фактор не имел статистического отличия в группах сравнения (см. Таблицу 3.2.1,  $p = 0,475$ ), 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 минут 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 (см. Таблицу 3.2.2;  $\chi^2 = 26,87$ ;  $p < 0,0001$ ), 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 (СД) так же является важным предиктором в развитии послеоперационных инфекционных осложнений со стороны доступа (см.

Таблицу 3.2.1;  $\chi^2 = 12,6$ ;  $p < 0,0001$ ). 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 особенная 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 % (Таблица 4.2.2).

Таблица 4.2.2 – Фактическое и предсказанное по выбранной модели прогноза количество пациентов в исследуемых группах

Фактическое количество пациентов	Предсказанное количество пациентов		Всего
	1 группа	2 группа	
1 группа	636 (93,5 %) <sup>1</sup>	44	680
2 группа	5	24 (82,8 %) <sup>2</sup>	29
Всего	641	68	709
Примечания: <sup>1</sup> – доля истинно отрицательных результатов; <sup>2</sup> – доля истинно положительных результатов.			

При анализе данных историй болезни и оценке КТ-исследований пациентов после протезирования клапанов сердца, также как и в случае с моделью прогноза осложнений стернотомии для пациентов с АКШ (см. Таблицу 4.1.2) 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 4.2.3).

Таблица 4.2.3 – 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	<sup>1</sup> n = 5	<sup>2</sup> 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 ± 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

Примечания:

<sup>1</sup> – группа пациентов с ложноотрицательным результатом по модели прогноза осложнений стернотомии при протезировании клапанов сердца;

<sup>2</sup> – 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 4.2.3).

Таблица 4.2.4 – Сравнительный анализ тяжести послеоперационных осложнений по Clavien – Dindo, не связанных с доступом, у пациентов с ложноположительными и ложноотрицательными результатами по модели прогноза осложнений стернотомии для пациентов после протезирования клапанов сердца

Фактор	<sup>1</sup> n = 5 (%)	<sup>2</sup> n = 44 (%)	P
I степень	2 (40)	44 (100)	< 0,001
II степень	2 (40)	0	
III степень	1 (20)	0	
Примечания:			
<sup>1</sup> – группа пациентов с ложноотрицательным результатом по модели прогноза осложнений стернотомии при протезировании клапанов сердца;			
<sup>2</sup> – группа пациентов с ложноположительным результатом по модели прогноза осложнений стернотомии при протезировании клапанов сердца.			

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 (Таблицы 4.2.4 и 4.2.5). Пациенты 1 группы имели более высокую степень тяжести нестернальных осложнений, чем пациенты 2 группы ( $p < 0,001$ ). Все пациенты другой группы с ложноположительными результатами риска развития осложнений со стороны доступа по модели прогноза имели I степень тяжести по Clavien – Dindo (боль, не требующая наркотических анальгетиков, гипергликемия в послеоперационном периоде, субфебрильная температура). У пациентов, в послеоперационном периоде которых случились

осложнения со стороны доступа (1 группа), наблюдались такие осложнения, как 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 (Таблица 4.2.5). Трём пациентам (60 %) выполнялась бронхоскопия в послеоперационном периоде (IIIA степень по Clavien – Dindo), одному пациенту понадобились рестернотомия и удаление проволочной лигатуры, ещё одному – вскрытие гематомы в области оперативного вмешательства под наркозом (IIIB степень по Clavien – Dindo).

Таблица 4.2.5 – 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	
IIIA степень	3 (60)
IIIB 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.

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).

### Клинический пример 3

Пациент П., 71 год. Поступил с диагнозом: Хроническая ревматическая

болезнь сердца, неактивная фаза. Сложный аортальный порок с преобладанием стеноза, недостаточность митрального клапана 2 степени. ИБС. Атеросклероз коронарных артерий. Осложнения: Постоянная форма фибрилляции предсердий, тахисистолический вариант. ХСН IIА, ФК III. Сопутствующие диагнозы: Артериальная гипертензия III стадии, 2 степени, риск 4. Атеросклероз брахиоцефальных артерий без гемодинамически значимых стенозов. ХОБЛ, неполная клиническая ремиссия. Ожирение I степени по ВОЗ (ИМТ = 31 кг/м<sup>2</sup>). Из анамнеза стоит выделить ХОБЛ (курит в течение 14 лет до 20 сигарет в сутки).

Пациенту проведено оперативное лечение порока: под ЭТН выполнена стернотомия, протезирование аортального клапана биопротезом Biocor 23, протезирование митрального клапана биопротезом Biocor 29. Продолжительность операции 320 минут, искусственное кровообращение 214 минут, окклюзия аорты 154 минуты. В реанимации провел 36 часов, наблюдались гипотония, нарушение ритма, потребовалось в течение суток вводить вазопрессоры, длительность ИВЛ составила после операции 6 часов, для санации трахеобронхиального дерева понадобилась санационная бронхоскопия. На 8-е сутки послеоперационный период осложнился развитием нестабильности грудины. Определены показания и выполнен реостеосинтез грудины (интраоперационно – полная несостоятельность грудины). Укрепление грудины стальными проволочными швами по Robicsek. Через месяц после оперативного лечения выписан на амбулаторное лечение.

Расчет риска осложнений перед операцией:

$X_1$  (ИКЧ) = 6 (ХСН – 1 балл, ХОБЛ – 1 балл, возраст 71 год – 4 балла);

$X_2$  (ИМТ) = 31;

$X_3$  (количество клапанов, требующих хирургической коррекции) = 2;

$X_4$  (наличие СД) = 0;

$X_5$  (наличие ХОБЛ) = 1;

$$\begin{aligned} \text{beta} &= -2,35 \times 1 + 0,124 \times 31 + (-2,297 \times 2) + (-1,585 \times 1) + (-1,707 \times 0) = \\ &= -4,37. \end{aligned}$$

Значение  $1 - p = 0,98$  (Рисунок 4.2.1).

Таким образом, в данном клиническом наблюдении вероятность развития

послеоперационных осложнений стернотомии соответствует 98,8 %, т. е. риск максимально высокий.

Анализируя данный пример, можно сделать вывод, что самый большой вклад в возникновение нестабильности грудины вложили наличие 2 клапанов, требующих коррекции, у пациента в возрасте, и как следствие более продолжительное оперативное вмешательство, длительное ИК и ИВЛ, введение вазопрессоров в течение суток после операции. Обострение ХОБЛ сразу после оперативного лечения (у пациента наблюдался кашель) способствовало формированию нестабильности грудины.

Протезирование: предоперационный риск

**Пациент**

\*Фамилия: П\*\*\*\*\* \*Дата рождения: 01.01.0001 Муж. Жен.

\*Имя: В\*\*\*\*\* № госпитализации: Примечания:

Отчество: И\*\*\*\*\* Дата госпитализации: 01.01.0001

История расчётов Поиск

**Показатели**

Кол-во пораженных клапанов: 2 ИК Чарльстона: 6

ИМТ, кг/м2: 31 Сахарный диабет: ХОБЛ:

Рассчитать

**Расчёты**

Значение 1 - p: 0,987507 Риск, %: 98,75

Абсолютное значение: -4,37 Сохранить

Значение по экспоненте: 0,012493 Закреть

Рисунок 4.2.1 – Скриншот программы «Расчет вероятности осложнений стернотомии до коррекции клапанных пороков сердца» для пациента П.

#### Клинический пример 4

Пациент Л., 53 года. Поступил с диагнозом: Недостаточность митрального клапана III ст. Вторичная дилатация левых отделов сердца. Постоянная форма фибрилляции предсердий, нормосистолический вариант. ХСН IIА, ФК III.

По данным ЭхоКГ: Миксоматозная дегенерация створок митрального

клапана. Недостаточность митрального клапана III ст. Сопутствующей патологии по другим системам не наблюдалось, ИМТ 26,3 кг/м<sup>2</sup>.

Пациенту выполнена стернотомия, протезирование митрального клапана механическим протезом. Продолжительность операции 115 минут, искусственное кровообращение 47 минут, окклюзия аорты 33 минуты, длительность ИВЛ составила после операции 86 минут. Послеоперационный период протекал без осложнений, заживление раны первичным натяжением, пациент выписан на 20-е сутки.

Расчет риска осложнений перед операцией (Рисунок 4.2.2):

$X_1$  (ИКЧ) = 3 (ХСН – 1 балл, возраст – 2 балла);

$X_2$  (ИМТ) = 26,3;

$X_3$  (количество клапанов, требующих хирургической коррекции) = 1;

$X_4$  (наличие СД) = 0;

$X_5$  (наличие ХОБЛ) = 0.

В данном клиническом примере пациент по расчету вероятности осложнений стернотомии до коррекции клапанных пороков сердца относился к группе низкого риска (27,8 %).

Протезирование: предоперационный риск

**Пациент**

\*Фамилия: Л\*\*\*\*\* \*Дата рождения: 01.01.0001 Муж Жен

\*Имя: К\*\*\*\*\* № госпитализации: Примечания:

Отчество: Н\*\*\*\*\* Дата госпитализации: 01.01.0001

История расчётов Поиск

**Показатели**

Кол-во пораженных клапанов: 1 ИК Чарльстона: 3

ИМТ, кг/м2: 26,3 Сахарный диабет:  ХОБЛ:

Расчитать

**Расчёты**

Значение 1 - p: 0,276038 Риск, %: 27,6

Абсолютное значение: 0,9642 Сохранить

Значение по экспоненте: 0,723962 Закрыть

Рисунок 4.2.2 – Скриншот программы «Расчет вероятности осложнений стернотомии до коррекции клапанных пороков сердца» для пациента Л.

Таким образом, на возникновение осложнений стернотомии, кроме предоперационных (предрасполагающих) факторов, оказывают интраоперационные и послеоперационные предикторы. В частности, несимметричный доступ и ошибки при закрытии доступа с использованием швов из стальной проволоки. Наше исследование направлено на прогноз осложнений и выявление той категории пациентов, у которых даже при отсутствии модифицируемых предикторов, риск остается высокий и для них требуется особый подход и индивидуальная тактика лечения, как на этапе подготовки к операции, так и при формировании доступа, выборе способа закрытия и ведения в послеоперационном периоде.

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.

#### **4.3 Прогнозирование риска развития осложнений стернотомии после аорто-коронарного шунтирования**

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 в 2014–2020 годы 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.

Использовался пошаговый алгоритм с включением, с расчетом критерия Уилкса (Wilks' lambda), когда на каждом шаге в дискриминантную функцию вводится один признак (независимая переменная). Количество эффектов – 0, дельта выметания – 7; дельта обращения – 12. Кросс-проверка на данном этапе не проводилась. Предсказанные значения и статистики остатков сохранялись для дальнейшего анализа. Общее количество совершенных шагов – 8. С помощью процедуры Bootstrap на обучающей выборке проведена проверка устойчивости коэффициентов дискриминации предикторов. По результатам анализа все переменные, включенные в модель качественные.

Следующим шагом анализа было проведение оценки корреляции предикторов. В дальнейшем эти данные были использованы для создания итоговой модели для прогнозирования риска развития стернотомных осложнений. Критерий Лямбда Уилкса равен 0,226 ( $p < 0,001$ ), что подтвердило очень значимое различие в обеих группах, а полученные средние значения дискриминантной функции являются удовлетворительными (так значение ближе к 0, чем к 1).

Таким образом, 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 % (Таблица 4.3.1).

Таблица 4.3.1 – Фактическое и предсказанное по выбранной модели прогноза количество пациентов в исследуемых группах

Фактическое количество пациентов	Предсказанное количество пациентов		Всего
	1 группа	2 группа	
1 группа	90 (100 %) <sup>1</sup>	0	90
2 группа	5	40 (88,8 %) <sup>2</sup>	45
Всего	95	40	135
Примечания:			
<sup>1</sup> – доля истинно отрицательных результатов;			
<sup>2</sup> – доля истинно положительных результатов.			

В математическую модель вошли следующие факторы: степень поражения коронарной артерии по результатам коронароангиографии, индекс коморбидности Чарлсона (ИКЧ) и шкала риска госпитальной летальности по Euroscore II. Из интраоперационных факторов в уравнение вошли кровотечение более 1 000 мл, ошибки доступа и остеосинтез грудины. Правильность наложения швов и симметричность доступа оценивались либо по протоколам операции, либо по компьютерной томографии органов грудной клетки. Под правильностью наложения швов мы подразумеваем достаточное количество

швов, наложенных на грудину, а также отсутствие формирования дегисценции, разрыва лигатуры или ее смещения. Асимметричная стернотомия так же оказалась одним из значимых факторов риска послеоперационных стернотомических осложнений ( $p < 0,001$ ).

### Клинический пример 1.1

Для иллюстрации использования математической модели проанализируем данные пациента К. 55 лет, которого рассматривали в 1-м клиническом случае раздела 4.1.

Расчет риска осложнений:

$X_1$  (степень поражения коронарных артерий) = 75 %;

$X_2$  (индекс коморбидности Чарлсона выше 5) = 2 (возраст – 2 балла, инфаркт миокарда в анамнезе – 1 балл, ХОБЛ – 1 балл, СД-2 балла; всего 6 баллов, то есть выше 5);

$X_3$  (риск госпитальной летальности по Euroscore II) = 6,19;

$X_4$  (кровотечение более 1 000 мл во время операции), кровотечения не было = 0;

$X_5$  (несимметричный стернотомический доступ, Рисунок 4.1.1) = 1;

$X_6$  (правильность наложения швов на грудину, Рисунок 4.1.1) = 1;

$\text{beta} = 0,80806 + (0,0245 \times 75) - (1,366 \times 0) - (1,4601 \times 2) - (0,30636 \times 6,19) - (0,94001 \times 1) - (1,46815 \times 1) = -3,24$ .

Таким образом, данное значение ниже референсного ( $-0,650215$ ), что говорит о высоком риске возникновения послеоперационных осложнений со стороны грудины.

Подводя итог можно сказать, что для данного пациента факторами развития послеоперационных осложнений (формирования нестабильности грудины с последующим развитием остеомиелита грудины и явлений стерномедиастинита) были не только предоперационные факторы. Сочетание тяжелого коморбидного фона (ХОБЛ, СД, ожирение) с ассиметричным доступом через грудину и правильностью наложения швов, способствовало несостоятельности наложенных лигатур в нижней трети грудины с формированием диастаза с последующим

развитием нестабильности створок грудины и присоединению инфекции (см. Рисунок 4.1.1).

### Клинический пример 2.1

Расчет риска стернотомических осложнений в послеоперационном периоде для пациента Н., 60 лет (см. раздел 4.1):

$X_1$  (степень поражения коронарных артерий) = 60 %

$X_2$  (индекс коморбидности Чарлсона выше 5) = 1 (возраст – 2 балла; всего 2 балла, то есть менее 5);

$X_3$  (риск госпитальной летальности по Euroscore II) = 1,94;

$X_4$  (кровотечение более 1 000 мл во время операции), кровотечения не было = 0;

$X_5$  (несимметричный стернотомический доступ) = 0;

$X_6$  (правильность наложения швов на грудину) = 0;

$\text{beta} = 0,80806 + (0,0245 \times 60) - (1,366 \times 0) - (1,4601 \times 1) - (0,30636 \times 1,94) - (0,94001 \times 0) + (1,46815 \times 0) = 0,23$ .

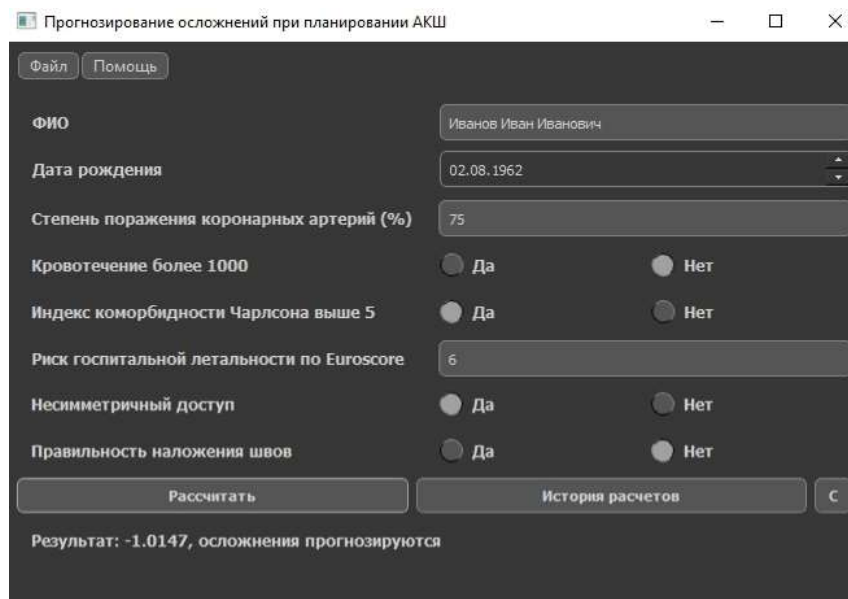
В данном клиническом примере пациент по расчету вероятности осложнений стернотомии имеет значение выше референсного ( $-0,650215$ ), что говорит о низком риске возникновения послеоперационных осложнений.



Рисунок 4.3.1 – МСКТ пациента В. на 5-е сутки после АКШ

По предоперационному риску пациент Н. имел высокий риск осложнений, до 51 % (см. раздел 4.1) в связи с наличием ожирения. Пациенту были исключены

интраоперационные факторы риска: не было интраоперационного кровотечения, выполнен симметричный стернотомный доступ, наложено достаточное количество швов (см. Рисунок 4.3.1). Удалось избежать осложнений, не связанных с доступом. По сумме всех факторов риска, вероятность осложнений со стороны грудины значительно снизилась (значение выше референсного).



Прогнозирование осложнений при планировании АКШ

Файл Помощь

ФИО Иванов Иван Иванович

Дата рождения 02.08.1962

Степень поражения коронарных артерий (%) 75

Кровотечение более 1000  Да  Нет

Индекс коморбидности Чарлсона выше 5  Да  Нет

Риск госпитальной летальности по Euroscore 6

Несимметричный доступ  Да  Нет

Правильность наложения швов  Да  Нет

Рассчитать История расчетов С

Результат: -1.0147, осложнения прогнозируются

Рисунок 4.3.2 – Внешний вид программного обеспечения для прогнозирования осложнений стернотомии после АКШ

В представленном клиническом наблюдении послеоперационный период протекал у пациента без осложнений, заживление раны первичным натяжением, выписан был на 14-е сутки на амбулаторное лечение, что соответствует прогнозу математической модели.

Данная прогностическая модель оценки риска развития осложнений на основе построенной математической модели реализована в программе ЭВМ «Прогноз послеоперационных осложнений стернотомии после аорто-коронарного шунтирования» (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024666970 от 18.07.2024). Внешний вид программы представлен на Рисунке 4.3.2.

#### 4.4 Прогнозирование риска развития осложнений стернотомии после протезирования клапанов сердца

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 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.

Для пациентов с протезированием клапанов сердца была получена следующая математическая модель:

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

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.

Таблица 4.4.1 – Фактическое и предсказанное по выбранной модели прогноза количество пациентов в исследуемых группах

Фактическое количество пациентов	Предсказанное количество пациентов		Всего
	1 группа	2 группа	
1 группа	58 (100 %) <sup>1</sup>	0	58
2 группа	2	27 (93,1 %) <sup>2</sup>	29
Всего	60	27	87

Примечания:  
<sup>1</sup> – доля истинно отрицательных результатов:  
<sup>2</sup> – доля истинно положительных результатов.

Чувствительность полученной модели прогноза – 93,1%, специфичность – 100%, а эффективность – 97,7% (см. Таблицу 4.3.2).

В математическую модель прогноза осложнений стернотомии для пациентов с протезированием клапанов сердца вошло всего 5 факторов. Из предоперационных факторов в уравнение вошли: пол пациента, ИКЧ, который рассчитывается по калькулятору, риск летального исхода после кардиохирургической операции, рассчитанный по европейской системе оценки EuroScore II. Интраоперационный и послеоперационный факторы – симметричность стернотомического доступа (да/нет) и наличие повторного оперативного вмешательства, то есть рестернотомия в анамнезе у пациента.

### Клинический пример 3.1

Для иллюстрации использования математической модели используем данные пациента П., 71 года, анамнез заболевания которого рассматривался ранее и описан в клиническом случае 3 (см. раздел 4.2).

Расчет риска осложнений:

$X_1$  (пол пациента) мужской = 1;

$X_2$  (индекс коморбидности Чарлсона) = 6 (ХСН – 1 балл, ХОБЛ – 1 балл, возраст 71 год – 4 балла);

$X_3$  (риск госпитальной летальности по Euroscore II) = 2 (умеренный риск (1–5 %));

$X_4$  (симметричность доступа) несимметричный = 1;

$X_5$  (наличие повторного оперативного вмешательства) = 1;

$\text{beta} = -5,56711 + 0,77389 \times 1 + 0,51075 \times 6 + 1,14122 \times 2 + 1,41664 \times 1 + 1,39579 \times 1 = 4,78279$ .

Данное значение выше референсного (0,605675), что говорит о высоком риске возникновения послеоперационных осложнений со стороны грудины.

У наблюдаемого пациента на 8-е сутки послеоперационный период осложнился развитием нестабильности грудины, интраоперационно обнаружена полная несостоятельность грудины, выполнен реостеосинтез грудины (см. Рисунок 4.4.1). Эти данные соответствуют прогнозу математической модели.



Рисунок 4.4.1 – МСКТ пациента П. на 8-е сутки после операции и после реостеосинтеза грудины

Данная прогностическая модель оценки риска развития осложнений на основе построенной математической модели реализована в программе ЭВМ «Прогноз послеоперационных осложнений стернотомии после протезирования клапанов сердца» (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024666971 от 18.07.2024).

В итоге анализа математических моделей прогноза осложнений стернотомии и по приведенным примерам ее использования, можно сделать 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.

## ГЛАВА 5 АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СПОСОБОВ И МАТЕРИАЛОВ СТЕРНОРАФИИ

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. Под правильностью наложения швов понималось достаточное количество швов, наложенных на грудину, без признаков дегисценции, разрыва лигатуры либо ее смещения в послеоперационном периоде. 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 (см. Таблицу 3.1.2;  $\chi^2 = 129,1$ ;  $p < 0,0001$ ). У пациентов после протезирования клапанов сердца наблюдается такая же картина, при этом  $\chi^2 = 43,8$ ;  $p < 0,0001$  (см. Таблицу 3.2.2). Значимым фактор оказался и при анализе таблиц сопряженности при исследовании взаимосвязи качественных показателей с развитием гнойных осложнений со стороны доступа (см. Таблицы 3.1.4 и 3.2.4).

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 (Рисунок 5.4).

Было проверено три основных способа соединения грудины: одиночный узловый шов и два варианта 8-образных швов двумя видами шовного материала – стальной проволокой USP 7 (Ethicon steel, Johnson & Johnson, США) и полиамидной нитью «МедКапрон» USP 6 (ЗАО НПП «МедИнж», Россия).

Одиночный узловый шов формировался для соединения половин «грудины» через отверстия («межреберные промежутки») вокруг грудины, при этом на

задней поверхности образовывался одиночный шов, соединяющий грудину. Стальная проволока закручивалась до сопоставления краев грудины, нить из полиамида завязывалась на 5 узлов (Рисунок 5.1).

Формирование 8-образного перистернального шва (вариант 1) производилось через 2 межреберных промежутка в виде буквы Z, при этом на задней поверхности грудины образуется двойной шов, фиксирующий половины грудины (Рисунок 5.2).

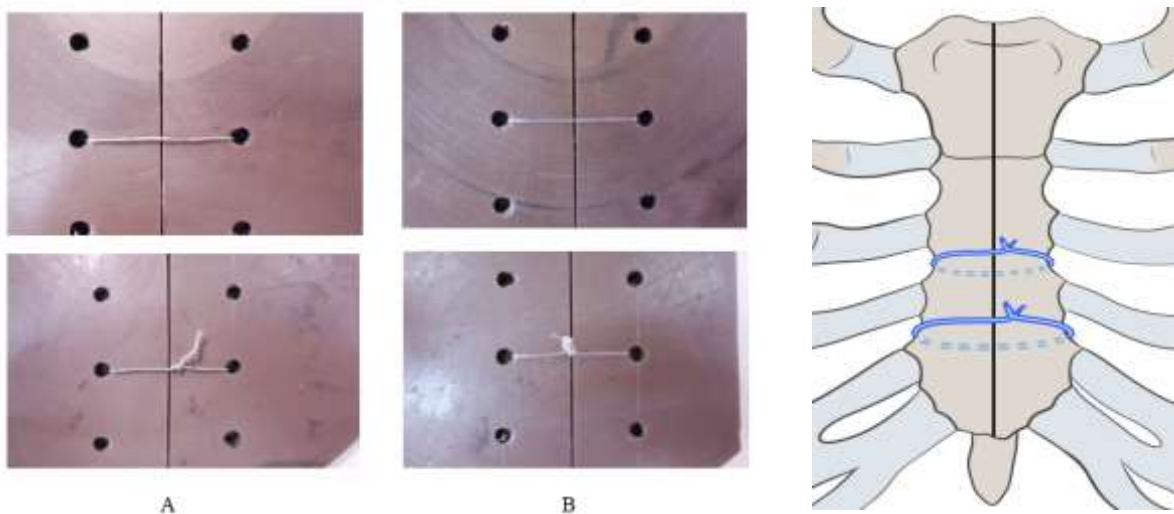


Рисунок 5.1 – Одиночный узловый шов сформирован из стальной проволоки № 7 (А) и МедКапрона (В). Схема наложения одиночного узлового шва

Третий шов, проверенный в эксперименте – это 8-образный перикостальный шов (вариант 2). При его наложении образуется шов в виде поперечной «восьмерки», при этом шов формируется через 2 межреберных промежутка с захватом ребра, на задней поверхности грудины фиксирующие швы располагаются параллельно друг другу (Рисунок 5.3).

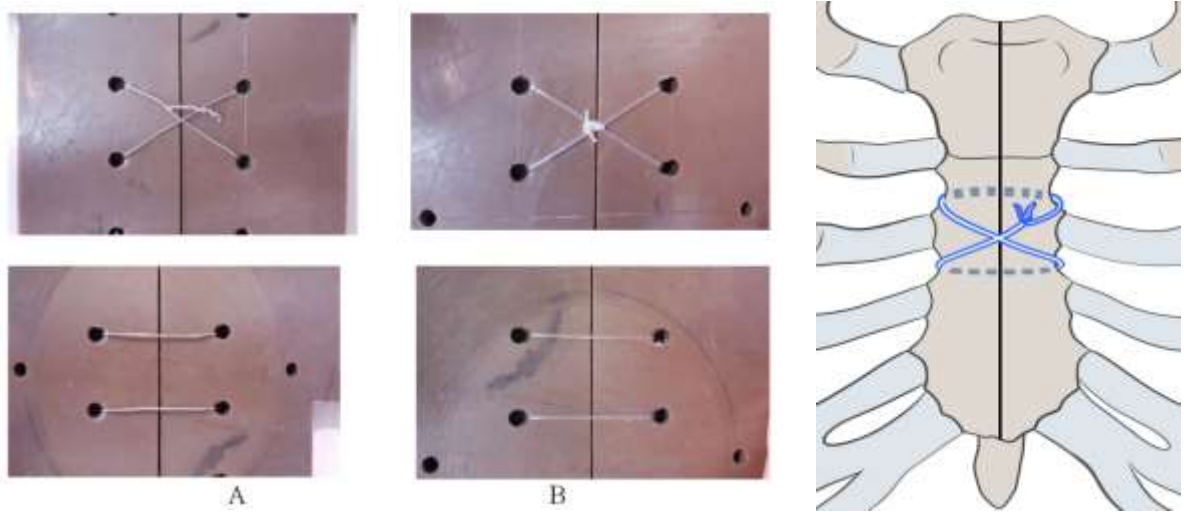


Рисунок 5.2 – Сформирован 8-образный шов (1 вариант) из стальной проволоки (А) и полиамидной нити (В). Вид спереди (верхний ряд) и вид сзади (нижний ряд). Схема наложения 8-образного перистернального шва

Оба опыта осуществлены с помощью универсальной электромеханической машины ИР-5047-50-10, которая позволяет определить характеристики свойств материалов по ГОСТ 1497 и ГОСТ 10006 и выдает протокол результатов испытаний в виде кривых смещения (Сертификат госстандарта России № 6726).

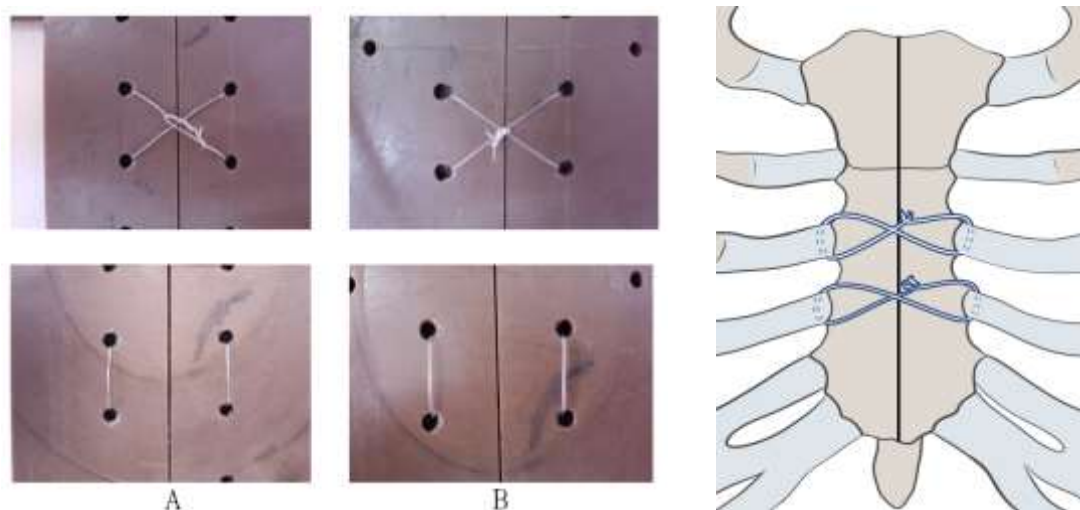


Рисунок 5.3 – Сформирован 8-образный шов (2 вариант) из стальной проволоки (А) и полиамидной нити (В). Вид спереди (верхний ряд) и вид сзади (нижний ряд). Схема наложения 8-образного перикостального шва

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 (Рисунок 5.4). Одновременно производились замеры формирующегося диастаза «грудины». Всего проведено два опыта по 3 серии с каждым вариантом соединения [41].

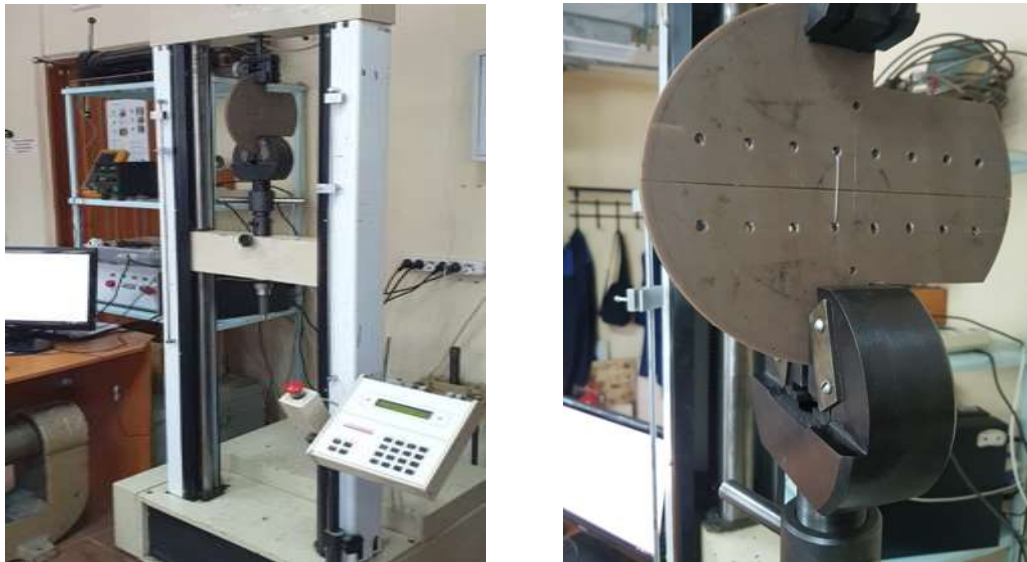


Рисунок 5.4 – Модель искусственной грудины со сформированным одиночным швом из стальной проволоки 8 помещена в разрывную машину ИР-5047-50-10

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

Сравнительный анализ прочности способов соединения «грудины» выявил

закономерность, одинаковую для обоих видов шовного материала (Таблица 5.1). 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 (Таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Сравнительный анализ прочности различных способов соединения модели грудины и шовных материалов

Способ соединения	Усилие, $M \pm sd$ , Н	Сравнение, $p$
стальная проволока		
1	$675,0 \pm 32,5$	$p^{12} = 0,008$ ; $p^{11} = 0,006$
2	$1\ 271,0 \pm 89,1$	$p^{23} = 0,002$ ; $p^{22} = 0,006$
3	$610,5 \pm 6,4$	$p^{31} = 0,15$ ; $p^{33} = 0,001$
полиамидная нить		
1	$336,5 \pm 34,6$	$p^{12} = 0,045$
2	$544,5 \pm 52,6$	$p^{23} = 0,026$
3	$316,5 \pm 17,7$	$p^{31} = 0,64$
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.		

Разрыв одиночного узлового шва, сформированного стальной проволокой происходил при усилении в  $(675 \pm 32,5)$  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 швами, а сформированное нитью из

полиамида – в 1,6–1,7 раза больше (см. Таблицу 5.1).

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 [41].

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 (Рисунки 5.5 и 5.6).

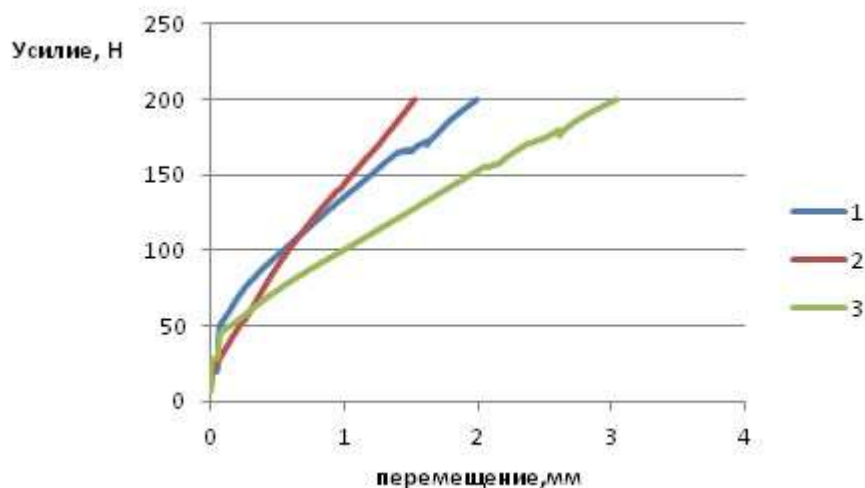


Рисунок 5.5 – Среднее расстояния между краями модели при усиллии 200 Н для различных способов соединения грудины полиамидной нитью: 1 – одиночный; 2 – 8-образный (1-й вариант); 3 – 8-образный (2-й вариант)

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  $p = 0,05$  соответственно (Таблица 5.2).

Таблица 5.2 – Сравнительный анализ расстояния между краями модели грудины при усилии в 200 Н для различных способов соединения модели грудины и шовных материалов

Способ соединения	Перемещение, $M \pm sd$ , 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	$1,51 \pm 0,03$	$p^{23} = 0,021$
3	$2,95 \pm 0,26$	$p^{31} = 0,05$
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 (Рисунки 5.5 и 5.6). Изучение диастаза при действии силы в 200 Н не выявило значимых отличий ( $p > 0,05$ ) при сравнении шовных материалов во всех сериях опыта (Таблица 5.2).

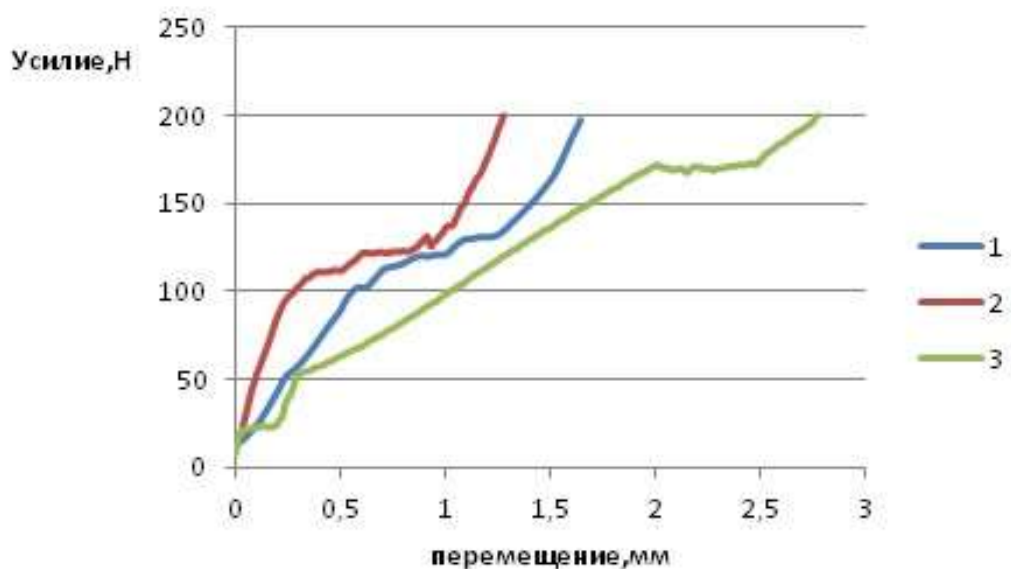


Рисунок 5.6 – Среднее расстояние между краями модели при усилии 200 Н для различных способов соединения грудины стальной нитью: 1 – одиночный; 2 – 8-образный (1-й вариант); 3 – 8-образный (2-й вариант)

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 (Рисунок 5.7), наименьшее – при 8-образном перистернальном (Рисунок 5.8).

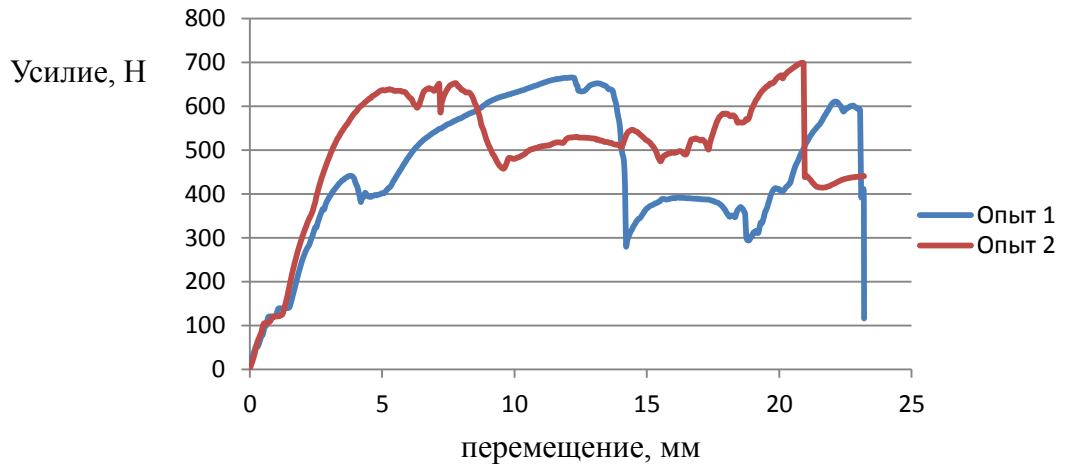


Рисунок 5.7 – Кривая смещения при фиксации грудины одиночным узловым швом, стальная проволока

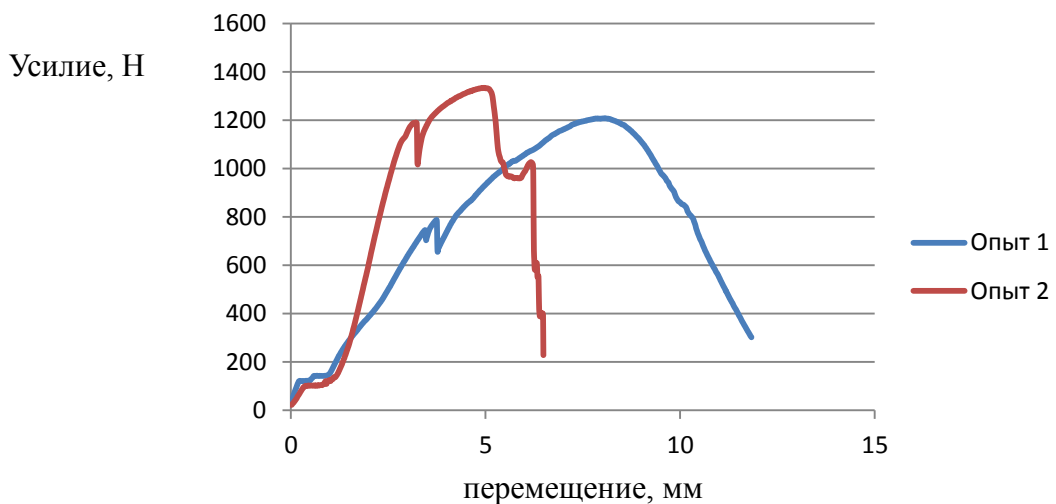


Рисунок 5.8 – Кривая смещения при фиксации грудины 8-образным парастернальным швом, стальная проволока

Полиамидная нить постепенно растягивается без особых скачков, так как нить из этого материала более эластичная, узлы не развязываются, и рвется при нагрузке, в 1,5–2,0 раза превышающей 200 Н (Рисунок 5.9). Эта способность нити может быть положительно оценена в клинической практике, так как воздействие на края грудины нитью из полиамида минимальны в сравнении со стальной проволокой.

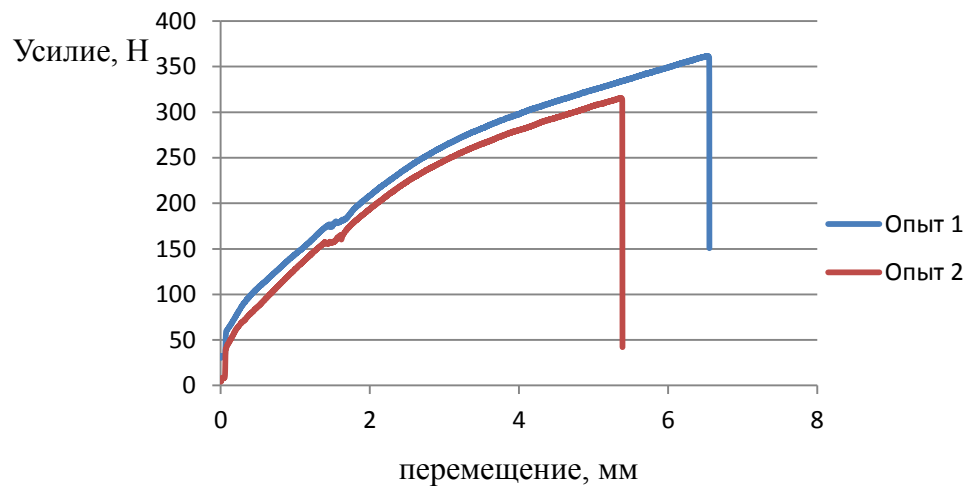


Рисунок 5.9 – Кривая смещения при фиксации грудины одиночным узловым швом, полиамидная нить

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. Поэтому, 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 с края экспериментальной модели полностью сблизилась (Рисунок 5.10). При формировании диастаза в 5–6 мм также происходит постепенное сокращение нити из полиамида, однако остается зазор между краями модели в 0,5 мм как через 6 мин, так и через 24 ч наблюдения за счет перерастяжения нити и необратимой деформации материала. 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 5.2). То есть, если у пациента сформируется при кашле 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.

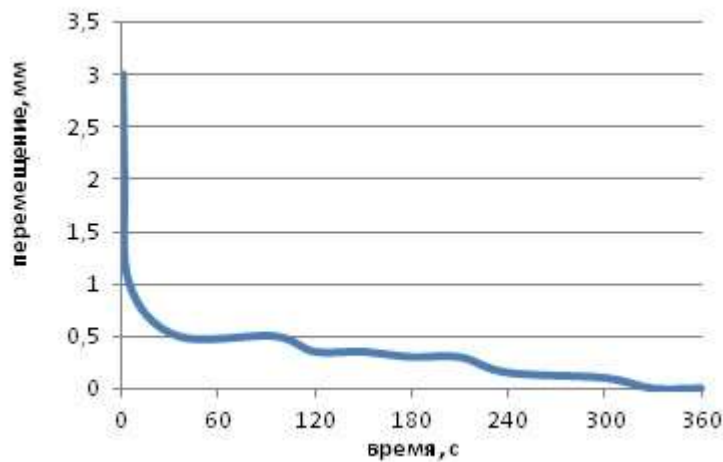


Рисунок 5.10 – График уменьшения расстояния между краями модели, соединенной узловым швом из полиамидной нити, после воздействия нагрузки в 200 Н

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.

Существенным результатом эксперимента являются полученные данные по эластичности полиамидной нити. Так, при воздействии силы в 200 Н на шов, что

соответствует в клинике кашлевому толчку, использование полиамидной нити для остеосинтеза грудины имеет преимущество, так как позволяет нивелировать резкие колебания за счет своей эластичности. Таким образом, у пациентов с высоким риском нестабильности грудины считаем обоснованным использование швов для стернотомии полиамидной нити.

Данные экспериментального исследования вошли в алгоритм профилактики осложнений стернотомии у пациентов после операции на сердце.

## **ГЛАВА 6 СОЗДАНИЕ ЦИФРОВОГО ПОМОЩНИКА ПАЦИЕНТА ДЛЯ РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ ОСЛОЖНЕНИЙ СТЕРНОТОМИИ И СВОЕВРЕМЕННОГО ОБРАЩЕНИЯ ПАЦИЕНТА ЗА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ПОМОЩЬЮ**

Профилактика и ранняя диагностика хирургических осложнений, в том числе и после операций на сердце, заключается не только в выполнении пациентом рекомендаций, назначенных врачом, но важно и вовлечение пациента в процесс диагностики заболевания, и возможность вовремя записаться на прием к специалисту, который сможет оказать специализированную медицинскую помощь. Несмотря на обилие информации, часто пациент теряется и не знает, что ему делать. В современном мире смартфоны распространены повсеместно, поэтому простой доступ к помощнику (по ссылке или QR-коду), позволяет пациенту получить больше информации о заболевании несложным языком и получить рекомендации для обращения в медицинское учреждение. К преимуществам такого распространения информации и информированности населения можно отнести доступность, экономию времени пациента и большой охват населения, снижение нагрузки на медицинский персонал.

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 языка 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).

Программа представлена в виде чат-бота Telegram, так как при анализе социальных сетей и мессенджеров выяснилось, что данная площадка имеет ряд преимуществ. Во-первых, хороший интерфейс и развитый API для разработки и использования чат-ботов, который может применяться для решения любых задач. Во-вторых, бота в Telegram можно легко найти по названию аккаунта (username)

(в отличие от ВКонтакте и Viber) или же приглашать пользователей по ссылке – прямой или при помощи QR-кода. К преимуществам Telegram так же можно отнести высокую скорость отправки данных, безопасность информации, веб-версию, работу с несколькими устройствами, возможность скрыть номер телефона, облачное хранилище.

«СтерноБотПревент» – программа, которая предназначена для прогнозирования и профилактики послеоперационных осложнений у пациентов, перенесших оперативное вмешательство со стернотомическим доступом, способствует раннему выявлению осложнений стернотомии, что позволит своевременно направить пациента к необходимому специалисту. Программа дает возможность врачу контролировать самочувствие пациента (как в определенный период времени, так и в динамике) и соблюдение им рекомендаций между очными консультациями специалиста.

Для помощника разработана анкета из 15 вопросов (Приложение А). Из них 13 вопросов направлены на оценку патогномичных жалоб пациента и имеющихся факторов риска, 14-й 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 к необходимому врачу-специалисту 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](http://www.gosuslugi.ru).

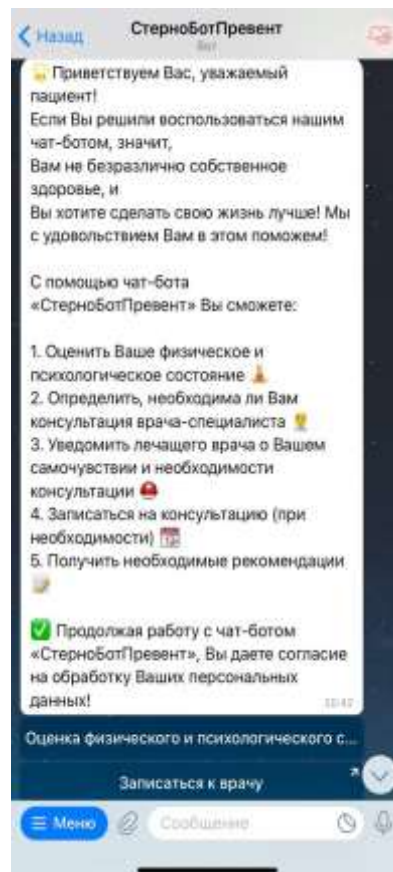


Рисунок 6.1 – Общий вид программы «СтерноБотПревент». Основное меню, отображаемое пациенту

При переходе на данный бот по ссылке или QR-коду, перед пациентом открывается окно с приветствием, описываются возможности программы, так же пациент дает согласие на обработку персональных данных (см. Рисунок 6.1). После указания вводных данных пациента для его идентификации, предлагается пройти опрос. Вопросы, направленные на оценку физического и психологического состояния пациента, включают сбор жалоб (1–6 вопросы) и оценку факторов риска развития осложнений (7–13 вопрос) (Рисунок 6.2).

Оценка болевого синдрома (вопрос 14) проводится по визуально-аналоговой шкале боли (ВАШ). Для оценки интенсивности болевого синдрома, более удобного восприятия информации и объективизации результата нами были использованы привычные всем смайлы «emojii» (Рисунок 6.3). Эффективность использования такого подхода была подтверждена научными исследованиями [76]. Пациент вводит в поле для ответа цифру, соответствующую выбранному смайлу, который

автоматически переводится в цифру в соответствии с числовой ВАШ, что и отображается в итоговой таблице чат-бота.

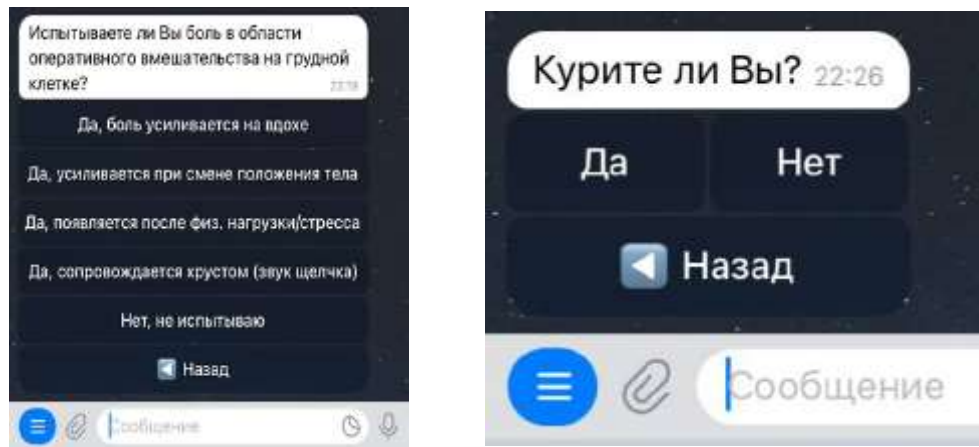


Рисунок 6.2 – Окна программы «СтерноБотПревент»

Вопрос 15 включает шкалу субъективной оценки состояния здоровья пациента. Данная шкала представлена в опроснике по здоровью «EQ-5D-5L», который валидирован Российским кардиологическим обществом (2009). В чат-боте шкала вместе с инструкцией и формулировкой вопроса представлена в виде картинки. Пациент вводит только цифру в текстовом поле чат-бота, баллы вносятся в таблицу, которую видит врач.

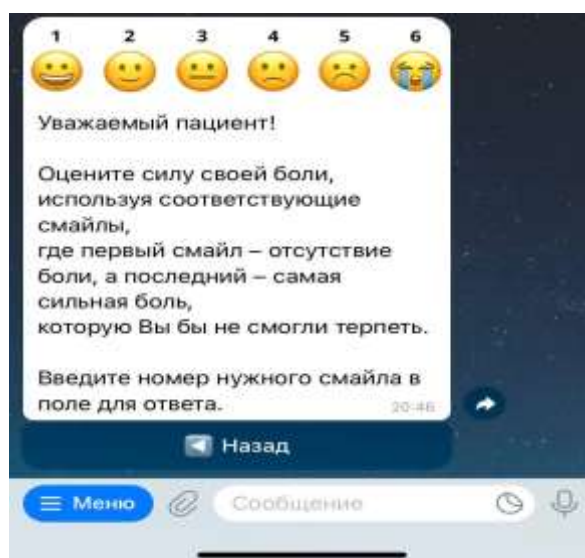


Рисунок 6.3 – Оценка интенсивности болевого синдрома на основе смайлов «emojı»

После прохождения анкетирования, пациент получает заключение с направлением к специалисту, либо специалистам, сформированное по результатам пройденного опроса (Рисунок 6.4). Далее по ссылке из чат-бота пациент имеет возможность перейти на портал Госуслуг для записи на прием к врачу.

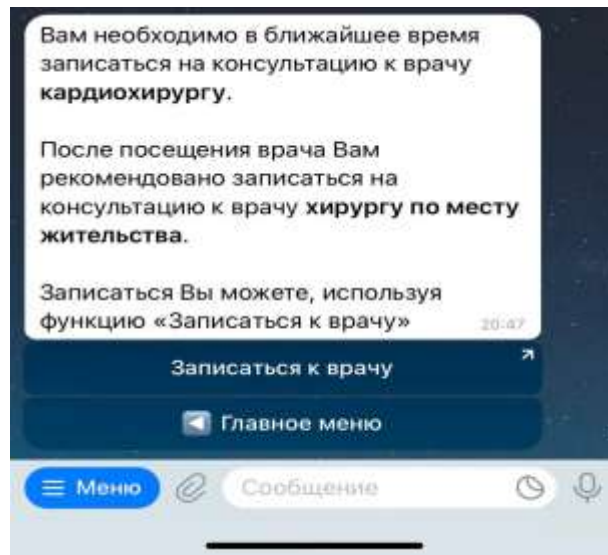


Рисунок 6.4 – Внешний вид окна программы с заключением для пациента (пример)

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 (Рисунок 6.5). Некоторые результаты отображаются в таблице уже в пересчитанном виде, так, например, пациент вводит рост и массу тела при прохождении опроса, а в таблице указывается уже ИМТ. То же самое происходит и с ВАШ и другими показателями. Анализ пациента может провести (скачать отчет, таблицу) как врач с правами Суперадмина, так и врач с правами Админа.

Программа «СтерноБотПревент» была запущена в тестовом режиме на базе кардиохирургического отделения ГБУЗ ТО «ОКБ № 1» с июня 2024 года. За

7 месяцев услугами бота после выписки из стационара воспользовались 72 пациента. Из них два пациента (2,8 %) по данным ответов были приглашены на осмотр к кардиохирургу.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
1	Дата прохождения опроса	2024-05-30 05	2024-05-30 1	2024-05-30	2024-06-21	2024-06-21 1	2024-06-21	2024-06-21	2024-06-21 19	2024-06-
2	ID пользователя	1291129897	1745146891	782005582	5142861584	1285935884	1158738571	5215704846	5712211693	1285935
3	ФИО									
4	Номер телефона									
5	Дата операции	апр.24	12.04.2024	мар.24	Март 2023	5.07.24	07.2024	30.06.24	07.2024	07.24
6	Боль в области оперативной	Нет, не испы	Нет, не испы	Нет, не исп	Нет, не исп	Нет, не испы	Да, боль ус	Нет, не исп	Да, усиливает	Да, боли
7	Боль в области оперативной	Нет, не испы	Нет, не испы	Нет, не исп	Нет, не исп	Нет, не испы	Да, отмеча	Нет, не исп	Нет, не испы	Нет, не
8	Покраснение кожи в области	Нет	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	Да	Нет	Да
9	Подвижность в области груди	Нет	Нет	Да	Да	Нет	Да	Нет	Да	Нет
10	Выделение из послеоперационной	Нет	Нет	Да, гнойно	Нет	Нет	Да, отделя	Нет	Нет	Нет
11	Повышение температуры	Нет, темпер	Нет, темпер	Да, темпер	Нет, темпер	Нет, темпер	Да, темпер	Да, темпер	Нет, темпер	Нет, тем
12	Сахарный диабет	Нет	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
13	Гликемия утром				6.1–8.5 ммоль/л					
14	Гликемия вечером				6.1–8.5 ммоль/л					
15	ХОБЛ	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
16	Курение	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	Нет
17	Количество выкуриваемых пачек в день						2			
18	Кашель						Да			
19	Одышка						Нет			
20	ИМТ	36,13	24,22	23,89	30,99	28,65	26,78	27,13	34,09	36,72
21	Субъективная оценка состояния	75	80	99	70	95	50	70	60	50
22	ВАШ	Слабая боль	Боль отсутс	Боль отсутс	Умеренная	Слабая боль	Умеренная	Слабая бол	Умеренная бс	Умерен
23	№ Опроса	1	1	1	1	1	1	1	1	2
24										

Рисунок 6.5 – Данные в виде таблицы, полученные в ходе опроса пациентов

Одному пациенту был проведен реостеосинтез грудины по причине ее нестабильности (клинический пример 5), у второго пациента сформировался лигатурный свищ, который удалось закрыть с помощью консервативных методов лечения. Оба пациента осмотрены в течение первых суток после анкетирования в чат-боте, тем самым в разы сокращено время до госпитализации, в сравнении с госпитализацией пациента через запись терапевта и кардиохирурга (клинический пример 6). Ранняя диагностика осложнений позволила избежать у этих пациентов глубокой стеральной инфекции.

#### Клинический пример 5

Пациентка И., 71 год. Поступила с диагнозом: ИБС. Многососудистое стенотическое и окклюзионное поражение коронарных артерий. Стенокардия

напряжения. ХСН I. ФК II (NYHA). Сахарный диабет 2 типа. Целевой уровень гликированного гемоглобина менее 7,5 %. Артериальная гипертензия III ст., контролируемая, риск 4. Целевой уровень АД 130–139/70–79 мм рт. ст. Дислипидемия. Ожирение I степени по ВОЗ (ИМТ 37,8 кг/м<sup>2</sup>). Атеросклероз БЦА, артерий нижних конечностей, гемодинамически незначимый.

На 3-и сутки после госпитализации пациентке проведено оперативное лечение: маммаро-коронарное шунтирование передней нисходящей артерии левой внутренней грудной артерией, аутовенозное аорто-коронарное шунтирование ветви тупого края, задней межжелудочковой ветви. Из реанимации в палату отделения пациентка переведена на 3-и сутки после оперативного вмешательства. На 10-е сутки после операции отмечался диастаз кожных краев раны после стернотомии в ее нижней трети на протяжении 5 см без патологического отделяемого, проводились ежедневные перевязки с растворами антисептиков. По данным инструментальных методов обследования: по Эхо-КГ ФВ 57 %, выпота в полости перикарда нет; по данным рентгенографии органов грудной клетки без очаговых и инфильтративных теней, минимальный гидроторакс слева. Параклинически на момент выписки лейкоцитоза нет, уровень СРБ в динамике снизился, почечно-печеночные показатели в пределах нормы. Выписана в удовлетворительном состоянии на 27-е сутки после операции. При выписке пациентка ознакомлена с работой чат-бота «СтерноБотПревент», на руки выдана памятка с работой бота и информация для лечащего врача поликлинического звена (Приложение Б). После выписки из стационара, пациентка получала амбулаторную помощь, выполнялись перевязки с растворами антисептиков через день, швы сняты на 10-е сутки. Через 2 недели после снятия швов у пациентки появилась болезненность в области послеоперационной раны, озноб, повышение температуры до субфебрильных цифр. В связи с появлением клиники пациентка при помощи родственников заполнила форму чат-бота и на следующий день была приглашена на осмотр в приемное отделение ОКБ № 1, где была осмотрена и была согласована дата госпитализации для дообследования и определения дальнейшей тактики лечения. В общем, от момента обращения в бот

до госпитализации прошло 3-е суток. Локальный статус (при поступлении): несостоятельность послеоперационной раны в средней трети грудины, серозное отделяемое. По данным КТ: состояние после стернотомии, выявлен диастаз грудины в верхних и средних отделах до 12 мм, на уровне грудины в мягких тканях определяются мелкие пузырьки газа (Рисунок 6.6).

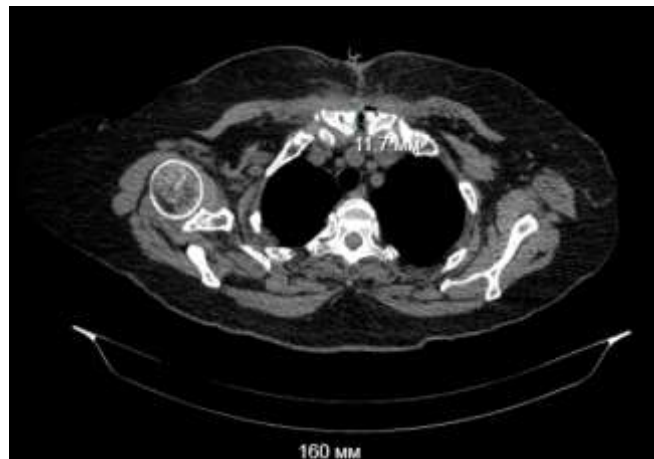


Рисунок 6.6 – Компьютерная томография ОГК пациентки И., 71 год, при повторном поступлении в стационар (отмечается диастаз грудины в средней трети 11,7 мм, пузырьки воздуха)

После консервативного лечения пациентке проведено хирургическое вмешательство реостеосинтез грудины. Пациентка выписана на 23-и сутки в удовлетворительном состоянии. На момент выписки грудина стабильна, послеоперационный шов без признаков воспаления.

#### Клинический пример 6

Пациент Р., 62 года, поступил с диагнозом: ИБС. Атеросклероз коронарных артерий с вовлечением ствола ЛКА (бифуркационный стеноз ствола ЛКА до 90 %). Стенокардия напряжения ФК II. ХСН I. Артериальная гипертония III ст., контролируемая, риск 4. Целевой уровень АД 120–129/70–79 мм рт. ст. Гипертрофия миокарда ЛЖ. Дислипидемия. Атеросклероз артерий нижних конечностей. Состояние после БПШ слева (2014 г). Нефункционирующий шунт. Дефицит кровотока в ЗББА справа и слева. Атеросклероз БЦА. ВСА справа 52 %.

ВСА слева 40 %. Ожирение I степени по ВОЗ (ИМТ 30,9 кг/м<sup>2</sup>).

На 2-е сутки после госпитализации проведено хирургическое лечение ИБС: Маммаро-коронарное шунтирование передней нисходящей артерии правой ВГА, ветви тупого края левой ВГА, аутовенозное аорто-коронарное шунтирование интермедиарной артерии.

Пациент переведен из реанимации в палату отделения на 1-е сутки после оперативного лечения. На 3-и сутки после операции отмечалось промокание повязки на стернотомной ране сукровичным отделяемым в нижней трети, на перевязках швы состоятельны, без признаков воспаления. Проводились ежедневные перевязки с растворами антисептиков. Заживление ран первичным натяжением. От дальнейшего лечения и наблюдения в отделении кардиохирургии пациент отказался, и по настоянию последнего выписан в удовлетворительном состоянии на 8-е сутки после операции.

Через сутки после выписки у пациента появилась субфебрильная температура, а уже через трое суток наблюдался подъем температуры до 39 градусов, по поводу чего больной обратился к терапевту по месту жительства. Назначено лечение антибактериальными препаратами, на фоне которого наблюдалась положительная динамика в виде нормализации температуры. Через 11 дней после выписки пациент обнаружил в нижней части кожного шва незаживающий дефект, снова обратился в поликлинику по месту жительства и был направлен на консультацию сердечнососудистого хирурга, после чего был госпитализирован в отделение кардиохирургии. Всего от первых клинических проявлений до момента госпитализации прошло 13 суток.

При повторном поступлении локально в нижней трети послеоперационного шва расхождение длиной 7 см, шириной 3 см, глубиной до 2 см. По краям раны слизь, налет фибрина. Грудина при пальпации стабильна. Выполнена ревизия раны, обработка растворами антисептиков. Наложена вакуумная повязка. По данным КТ ОГК: состояние после стернотомии, выявлен диастаз грудины в верхней трети до 6 мм, признаки остеомиелита грудины в нижней трети (Рисунок 6.7).

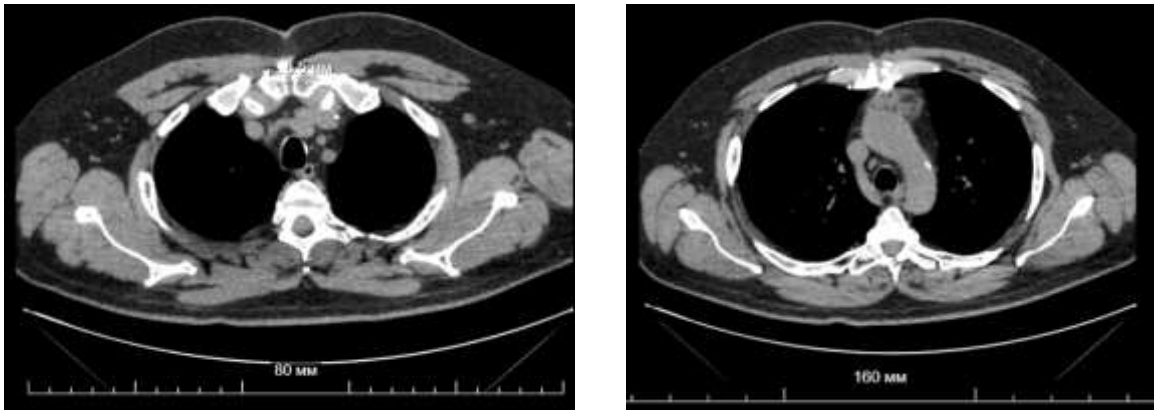


Рисунок 6.7 – Компьютерная томография ОГК пациента Р., 62 года, при повторном поступлении в стационар (отмечается диастаз грудины до 6 мм, признаки остеомиелита нижней трети грудины)

На фоне консервативного лечения, в том числе, вакуум-терапии, рана очистилась. При выписке на 46-е сутки после госпитализации рана без признаков воспаления и патологического отделяемого. Пациент выписан на амбулаторное лечение в удовлетворительном состоянии.

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 функцию ранней диагностики осложнений стернотомии и дает возможность пациентам получить вовремя специализированную помощь, и, тем самым, избежать тяжелых гнойных осложнений стернотомной раны.

## ГЛАВА 7 РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПРОФИЛАКТИКИ ОСЛОЖНЕНИЙ СТЕРНОТОМИИ

По данным анализа предоперационных и интраоперационных факторов риска развития осложнений со стороны стернотомии нами был разработан алгоритм ведения пациента, включающий комплекс мероприятий, который должен соблюдаться от момента поступления пациента в стационар и до выписки на амбулаторное лечение. Понимание, как факторы риска влияют на развитие стернальных осложнений, поможет снизить частоту осложнений со стороны доступа у пациентов после операции на сердце.

При формировании алгоритма, нами были учтены данные анализа пациентов по программам прогноза осложнений стернотомии, представленные в главе 4. 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.

До сих пор непонятно, стерральная инфекция является причиной расхождения краев послеоперационной раны и как следствие нестабильности грудины, либо нестабильность грудины и недостаточное ее кровоснабжение приводит к воспалению подкожной клетчатки, а затем и тканей грудины [7; 32]. В связи с этим все профилактические мероприятия должны быть направлены как на исключение или снижение воздействия факторов, которые могут привести к нестабильности грудины, так и на предотвращение нарушения кровоснабжения и обсемененности микрофлорой в области операционной раны.

В нашем исследовании выявлено несколько причин, которые влияют на развитие послеоперационных осложнений стернотомии. Большинство предоперационных факторов связаны с самим пациентом и его коморбидным состоянием, сопутствующей патологией и степенью ее компенсации. Так, для

пациентов после АКШ и протезирования клапанов сердца существенное влияние оказывает степень выраженности поражения коронарных артерий при ИБС и количество пораженных клапанов и выраженность их изменений при клапанной патологии; наличие в анамнезе ХОБЛ, СД, АГ, степень ожирения. А гипергликемия выше 10,0 ммоль/л в предоперационном и раннем послеоперационном периоде имеет достоверное значение, даже при отсутствии у пациента СД ( $p < 0,0001$ ). Для уменьшения инфекционных осложнений со стороны грудины важным считаем поддержание уровня глюкозы в крови до 10 ммоль/л перед операцией и в раннем послеоперационном периоде.

Большинству пациентов с СД в стационаре рекомендуется инсулинотерапия. Пациенты, которые получали инсулин до госпитализации, должны продолжать принимать обычную для себя дозировку препарата. Либо дозировка может быть скорректирована эндокринологом с учетом гликемического контроля и тяжести заболевания. Пациенты, ранее не лечившиеся инсулином в условиях стационара, переводятся из расчета веса пациента на базальный и/или базально-болюсный режим получения инсулина. По данным литературы, использование ингибиторов дипептидилпептидазы 4 отдельно или в сочетании с низкими дозами базального инсулина может представлять собой эффективную и безопасную альтернативу базально-болюсному режиму инсулина. Схема лечения с ингибиторами дипептидилпептидазы 4 способствует улучшению гликемического контроля, при этом снижая риск гипогликемии [116].

Наличие ХОБЛ у пациента увеличивает шансы возникновения осложненного течения послеоперационного периода в 2,1 раза [17]. Нарушения в системе внешнего дыхания, особенно снижения ОФВ1 менее 60 % от нормы с увеличением остаточного объема легких (ООЛ) более 130 %, являются достоверным фактором увеличения продолжительности ИВЛ после АКШ в 2,5 раза. По нашим данным, риск развития осложнений со стороны дыхательной системы возрастает при снижении ОФВ1 менее 70 % по результатам спирографии перед оперативным вмешательством.

При исследовании исходной функции легких у пациентов с ИБС перед

плановым проведением КШ в условиях ИК Баздырев Е. Д. с соавт. (2017) пришли к выводу о высокой распространенности (44,7 %) сочетанной патологии ИБС и ХОБЛ. При этом на догоспитальном этапе неverified заболевания респираторной системы наблюдались у 37,7 %. Поэтому перед оперативным вмешательством нужны дополнительные методы исследования легочной системы, включающие не только клинический осмотр, сбор анамнеза, но и показатели спирометрии, бодиплетизмографии и исследование диффузионной способности легких. Эти методы позволяют более точно оценить внешнее дыхание и эффективность транспорта кислорода из альвеол в кровь.

Избегая обострений респираторной системы, мы снижаем вероятность возникновения кашля в послеоперационном периоде, а, следовательно, воздействия на грудину и снижения вероятности формирования ее нестабильности. Уменьшая продолжительность ИВЛ, снижаем количество койко-дней, проведенных пациентом в реанимации и в стационаре, а значит и риски присоединения внутрибольничной инфекции.

При создании алгоритма, внимание было обращено на утверждения Акчурина Р. С. (2001), где он связывает кардиохирургическую инфекцию с количеством и степенью вирулентности микроорганизмов, уровнем активности иммунной системы организма и эндокринного статуса пациента. Поэтому, для предотвращения попадания патогенных микроорганизмов в рану с близлежащих тканей строго осуществлялись правила асептики и антисептики, в том числе местные меры воздействия на патогенную флору, которые включают обработку операционного поля антисептиками в области предстоящего разреза и отграничение раны стерильными полотенцами.

Еще в 1991 году Nishida Н. с соавторами указали, что сохранение адекватного кровоснабжения области раны является одним из условий снижения риска инфекционных осложнений. Во время хирургического доступа разрез тканей приводит к нарушению сети микроциркуляторного русла, что в свою очередь снижает нормальное поступление питательных веществ к клеткам в области разреза [71]. Значительно снижается транспорт кислорода, глюкозы и

аминокислот в область раны, а также нарушается процесс выведения углекислого газа, лактата и ионов перикисей, то есть нарушается гомеостаз клетки в области доступа.

Пациенты, которым выполняется хирургическое вмешательство на сердце, часто имеют снижение производительности миокарда, тем самым ухудшается кровоснабжение тканей, нарушается их оксигенация и усугубляется ишемия в области раны. Ухудшение работы сердечно-сосудистой системы также влияет на распределение антибиотика в тканях, и максимальная его концентрация возникает позднее. Таким образом, местное применение антибиотиков может повысить эффективность профилактики развития инфекции раны [32].

Установлено, что сочетание системной и местной антибиотикопрофилактики цефазолином является простым и эффективным методом предупреждения глубокой стеральной инфекции у кардиохирургических больных и достоверно ( $p < 0,01$ ) снижает вероятность развития переднего медиастинита [14].

Нас заинтересовала работа Шихвердиева Н. Н. с соавт. (2017) по местному применению антибиотиков для повышения эффективности воздействия на патогенную флору в ране, которая заключается в местном применении ванкомицина в виде замазки для губчатого вещества грудины и орошением гентамицином мягких тканей при ушивании стернотомной раны. По данным авторов, применение данной методики статистически значимо привело к снижению стеральной инфекции с 7,9 до 0,45 %.

Так же статистически значимого снижения процента гнойно-воспалительных раневых осложнений смогла добиться группа авторов [31] при применении комплексных периоперационных мероприятий совместно с пролонгированной ирригацией ран антибиотиками и инсуфляцией кислородом в межоперационный период.

При создании алгоритма профилактики осложнений стернотомии, мы взяли за основу антибиотикопрофилактику кардиохирургических инфекций из «Справочника по антимикробной терапии» Козлова Р. С., Дехнича А. В.,

предложенную в клинических рекомендациях по лечению пациентов с послеоперационным стерномедиастинитом (2014).

Процесс заживления раны грудины нарушается из-за ишемии кости. Нарушение кровоснабжения грудины возникает при массивной коагуляции тканей и надкостницы при стернотомии, применении воска для остановки кровотечения из краев грудины, а также при наложении швов на подкожную клетчатку. Ишемия грудной кости усугубляется, если края грудины не сопоставлены должным образом и при этом имеются асимметричная стернотомия, чрезмерная электрокоагуляция, применение воска [115].

В нашем исследовании несимметричность доступа при стернотомии является одним из значимых факторов риска послеоперационных осложнений со стороны грудины ( $p < 0,0001$ ). Это согласуется с выводами А. А. Вишневого с соавт. (2012), которые в своем исследовании показали, что асимметричная стернотомия приводит к нестабильности фрагментов грудной кости даже при выполнении остеосинтеза современными методами, а при остеосинтезе стальной нитью часто сопровождается поперечными переломами грудины.

Если при осуществлении доступа происходит повышение температуры тканей при воздействии электростернотомом, то для того, чтобы снизить ишемизацию тканей грудины, возможно применение других вариантов рассечения грудины, например, пилой Джилли или с помощью кусачек Luer. Использование перечисленных вариантов занимает больше времени для доступа к сердцу и не всегда можно получить ровный симметричный доступ, как при использовании стернотома. Поэтому, для снижения температуры тканей мы попробовали использовать подачу воды во время проведения доступа.

К интраоперационному этапу при доступе к сердцу, которое стали проводить у всех пациентов, мы отнесли удаление мечевидного отростка грудины. В послеоперационном периоде отросток испытывает ишемию, так как кровоснабжается через ветвь от ВГА, и может стать сам источником инфекции.

Согласно клиническим рекомендациям (2014) по лечению пациентов с послеоперационным стерномедиастинитом, имеется указание на использование

при возможности OFF-pump хирургии при КШ. По нашим данным, операция в условиях ИК и ее длительность, даже более 200 минут, при КШ и при протезировании клапанов сердца оказались незначимыми факторами в развитии осложнений стернотомии ( $p < 0,07$  и  $p = 0,165$  соответственно). Хотя данный вопрос остается дискуссионным, так как циркуляция крови идет по экстракорпоральному контуру и взаимодействует, в том числе и с роликовыми насосами, что приводит к травматизации клеток крови. Это может привести к дополнительной ишемии органов и тканей. По нашим наблюдениям, значение в развитии стернотомных осложнений имеет интраоперационное кровотечение и связанные с этим гемотранфузии ( $p < 0,0001$ ). Во время операции хирург должен снизить риски, связанные с кровопотерей: тщательный гемостаз, замену электрокоагуляции перевязкой сосуда, применение гемостатических материалов.

Применение ВГА при КШ, по данным нашего исследования, также является несущественным фактором в развитии специфических осложнений со стороны доступа ( $p < 0,18$ ). Но скелетирование ВГА производилось в соответствии с клиническими рекомендациями. Для шунтирования использовалась только одна грудная артерия, так как двустороннее использование ВГА достоверно снижает перфузию грудины примерно на 26 % [69]. Низкая перфузия грудины, как описывалось ранее, приводит к ишемии тканей и ухудшению заживления раны.

Таким образом, мероприятия, включенные в алгоритм профилактики осложнений стернотомии у пациентов, связаны с компенсацией сопутствующей патологии и уменьшением обсеменения патогенной микрофлорой раны. Интраоперационные мероприятия: уменьшение повреждения окружающих тканей, особенно с применением электрокоагуляции для рассечения надкостницы при осуществлении стернотомии и ограничение применения воска при кровотечении из краев грудины.

Значимыми факторами риска, полученными в нашем исследовании, стали ошибки, связанные с наложением швов на грудину у пациентов при АКШ и коррекции клапанов сердца ( $p < 0,0001$ ). По данным экспериментального исследования по сравнению материалов и видов остеосинтеза грудины, у

пациентов с высоким риском нестабильности грудины считаем обоснованным использование швов для стернорамии из полиамидной нити. Согласно ортопедическим принципам заживления переломов (Илизаров Г. А., 1992), для формирования костной мозоли нужны точное сопоставление костных краев, хорошая компрессия и жесткая фиксация с применением адекватной нагрузки на кость [80]. Расстояние между сопоставляемыми краями грудины должно быть минимальным, так как уменьшение разрыва между отломками способствует восстановлению кровотока и клеточной коммуникации, а жесткая фиксация нужна для стабилизации и предотвращения микропереломов. Нагрузка на грудину присутствует всегда при дыхательных движениях, поэтому для фиксации должен быть выбран шов, обеспечивающий хорошую стабилизацию створок грудины. Для того, чтобы нагрузка на грудину распределялась равномерно, обязательно нужно стремиться к симметричному доступу во время стернотомии.

Остеосинтез грудины проводился по предложенной нами методике, который позволяет осуществить надежную фиксацию створок грудины. 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 парастернальные швы проводятся по межреберьям, при этом и на передней, и на задней поверхности грудины образуется двойной шов, фиксирующий обе ее створки (Рисунок 7.1). 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.

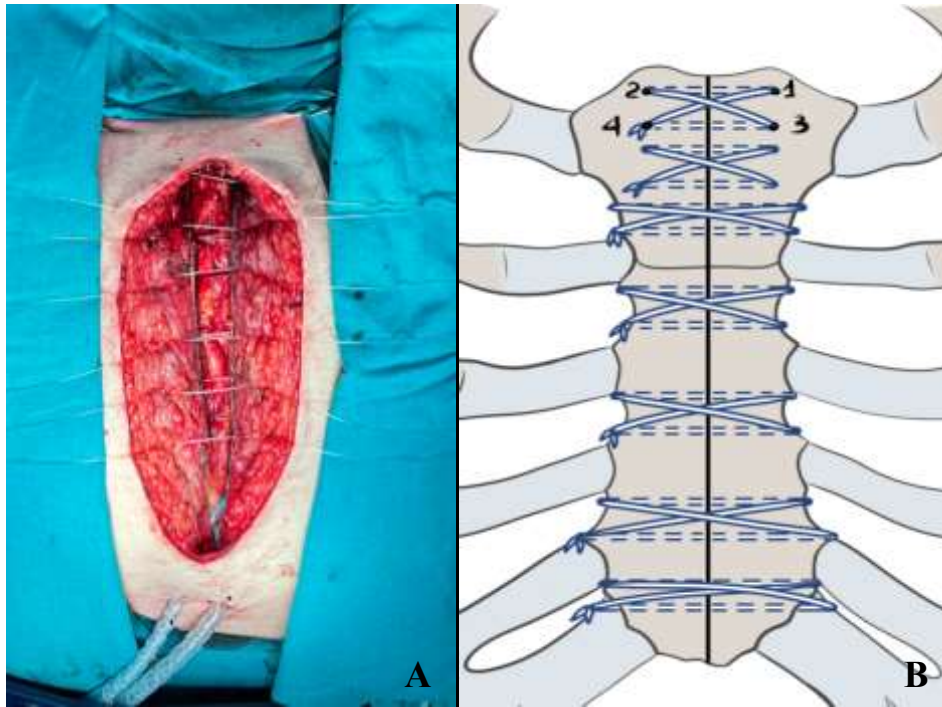


Рисунок 7.1 – Внешний вид остеосинтеза грудины полиамидной нитью интраоперационно (А). Схема наложения швов (В) (обозначения: 1, 3 – вкол иглы, 2, 4 – выкол иглы; пунктирная линия – расположение швов на задней поверхности грудины)

Выбор перистернального шва был сделан при сравнительном анализе прочности различных способов соединения модели «грудины», при котором перистернальный шов выносит нагрузку в 1,7 раза больше, чем перикостальный (см. Таблицу 5.1).

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, использующийся 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.

При помощи разработанных нами программ предоперационного прогноза «Расчет вероятности осложнений стернотомии до операции аорто-коронарного шунтирования» и «Расчет 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 к операции пациентов, 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.

#### Предоперационная профилактика осложнений стернотомии

1) 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.

2) За 2 недели до оперативного вмешательства отказаться от курения и алкоголя.

3) 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.

4) 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.

5) Контроль над уровнем глюкозы крови, особенно в предоперационном периоде и первые 2 суток после операции. Гликемия не должна превышать 10 ммоль/л.

6) 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.

7) Исключение носительства инфекции (ЛОР-заболеваний, лечения зубов). Консультация уролога, гинеколога перед плановым оперативным вмешательством.

8) 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).

9) 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 (тампопада).

7) Тщательный гемостаз во время операции для исключения рестернотомий и дополнительных гемотрансфузий. Уменьшить применение электорокоагуляции, 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

В стационаре:

1) 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.

2) Ранняя активизация больных и ношение корсета на грудную клетку для стабильной фиксации грудины, стимулирования формирования костной мозоли и предотвращения микропереломов грудины.

3) Контроль над уровнем глюкозы крови в послеоперационном периоде, особенно в 1-е сутки после операции. Гликемия не должна превышать 7 ммоль/л.

4) Пациенты с СД в условиях стационара продолжают получать инсулинотерапию.

5) Оценка функционального состояния бронхо-легочной системы в послеоперационном периоде.

6) 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.

Алгоритм профилактики осложнений стернотомии внедрен в практику ГБУЗ ТО «Областная клиническая больница № 1» (Акт внедрения в практику от

10.01.2025) и в учебный процесс кафедры госпитальной хирургии ФГБОУ ВО ТюмГМУ Минздрава России (Акт внедрения результатов научно-исследовательской работы № 17/06.1 от 26.03.2025).

## **ГЛАВА 8 ПРОВЕДЕНИЕ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ВНЕДРЕНИЯ АЛГОРИТМА ПРОФИЛАКТИКИ ОСЛОЖНЕНИЙ**

По разным методам расчета мощности проспективного исследования количество пациентов составило 35-36 человек в группе. Нами были использованы формула Лера [136] и метод M. Bland [66]. Для проведения сравнительного анализа частоты возникновения стернальных осложнений после операции на сердце в условиях искусственного кровообращения, было сформировано две группы из 80 пациентов.

Процедура рандомизации пациентов в основную группу и группу сравнения проводилась с использованием генератора случайных чисел, встроенного в программное обеспечение Statistica. Пациенту присваивался порядковый номер; при выпадении чётного числа пациент включался в основную группу, при выпадении нечётного – в группу сравнения. Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании и до завершения лечебного процесса не знали, к какой группе они относятся (простое слепое исследование).

В основную 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 сравнения сформирована из 40 пациентов высокого риска, которые были пролечены без учета предложенных интраоперационных профилактических мероприятий (группа 2). Предоперационное ведение пациентов обеих групп совпадало.

Критерии исключения: смерть пациента в течение первых 48 часов после операции, причинами которой явились тяжелая сопутствующая патология, инфаркт миокарда и тромбоэмболия сосудов; иммунодефицитные состояния, в том числе ВИЧ; онкологические заболевания в анамнезе пациента; отказ от участия в данном исследовании. Из исследования по сравнительному анализу внедрения алгоритма профилактики осложнений был исключен 1 пациент, умерший в первые 24 часа после операции, причиной смерти стал инфаркт миокарда.

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.

Таблица 8.1 – Сравнительный анализ по предоперационным показателям в исследуемых группах пациентов

Фактор	1-А группа (n = 39)	2 группа (n = 40)	Уровень значимости, p
Возраст, годы	64,3 ± 6,3	64,6 ± 5,3	0,97
Доля женщин в группе, n (%)	13 (33,3)	10 (25)	0,41
ИМТ ≥ 30 кг/м <sup>2</sup> , n (%)	15 (38,5)	13 (32,5)	0,58
Сахарный диабет, n (%)	13 (33,3)	14 (35)	0,87
ХОБЛ, n (%)	5 (12,8)	3 (7,5)	0,43
Курение ≥ 5 лет	6 (15,4)	4 (10)	0,47
Нарушение толерантности к глюкозе, n (%)	2 (5,1)	3 (7,5)	0,66
Хроническая болезнь почек, n (%)	9 (23)	8 (20)	0,78
Гипотиреоз, n (%)	3 (7,7)	3 (7,5)	0,97
Индекс коморбидности Чарлсона больше 5, n (%)	11 (28,2)	10 (25)	0,74
Риск по EuroScore II			
Умеренный риск (1–5%), n (%)	36 (92,3)	32 (80)	0,76
Высокий риск (5–10%), n (%)	3 (7,7)	2 (5)	

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 ( $64,6 \pm 5,3$ ) лет соответственно. Также группы не имели статистически значимых отличий по сопутствующей патологии: сахарный диабет, ХОБЛ, ожирение, ХБП, гипотиреоз, нарушение толерантности к глюкозе (см. Таблицу 8.1). 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 ( $p = 0,76$ ).

Таблица 8.2 – Сравнительный анализ по интраоперационным показателям в исследуемых группах пациентов

Фактор	1-А группа (n = 39)	2 группа (n = 40)	Уровень значимости, p
Длительность операции, мин	$161,9 \pm 42,4$	$191,5 \pm 32,3$	0,58
Длительность ИК, мин	$55,9 \pm 14,7$	$68,0 \pm 21,8$	0,64
Длительность ИВЛ, мин	$444,1 \pm 98,4$	$497,0 \pm 115,7$	0,73
Отклонение более 10 % от срединной линии при доступе, n (%)	0	4 (10)	0,04
Количество наложенных швов на грудину менее 7, n (%)	0	6 (15)	0,01

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 – длительность операции, длительность ИК и ИВЛ, – группы тоже оказались сопоставимы (см. Таблицу 8.2).

Согласно алгоритму профилактики осложнений, между группами имелось различие в материалах и видах остеосинтеза грудины. Пациентам группы 1-А проводился остеосинтез по предложенной методике 8-образными перистернальными швами из полиамидной нити. Накладывали не менее 7 швов, первые два 8-образных шва накладывались на рукоятку грудины трансстернально, остальные парастернально. Стабилизация створок грудины при использовании полиамидной нити достигалась завязыванием 5 хирургических узлов. Всем пациентам произведен симметричный доступ.

Таблица 8.3 – 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 ± 1,1	1,8 ± 0,8	0,51
Количество отделяемого по дренажам, мл	301,0 ± 120,5	314,0 ± 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

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 зависели от предпочтений оперирующего кардиохирурга. Несимметричный доступ (отклонение от срединной линии более 10 %) наблюдался у 4 пациентов (10 %), у 6 (15 %) пациентов количество швов, наложенных на грудину не соответствовало ее длине (менее 7 одиночных швов),  $p < 0,05$ .

В раннем послеоперационном периоде потребность в вазопрессорных препаратах была у 8 пациентов (20,5 %) 1-А группы, у 13 пациентов (32,5 %) 2 группы ( $p = 0,2$ ) (см. Таблицу 8.3). 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.

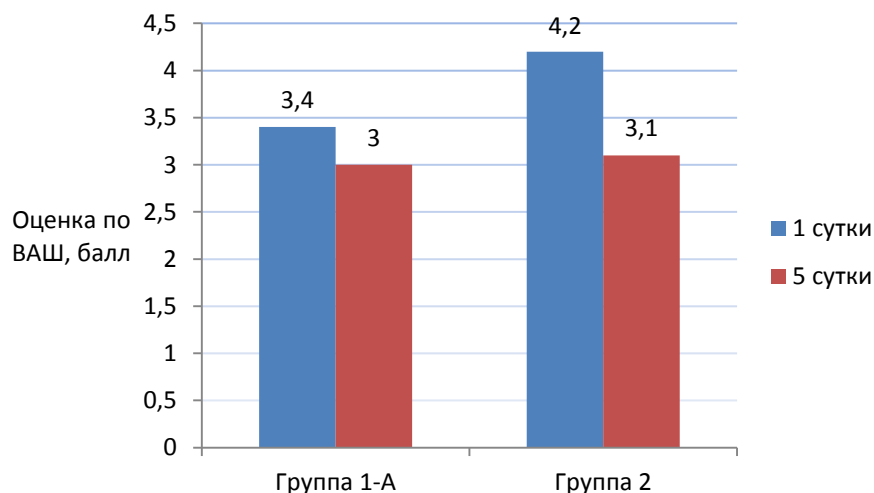


Рисунок 8.1 – Оценка боли по шкале ВАШ в послеоперационном периоде на 1-е и 5-е сутки после операции

У всех пациентов в послеоперационном периоде оценивался болевой синдром по визуально-аналоговой шкале боли (ВАШ) в 1-е и 5-е сутки после операции (см. Рисунок 8.1). 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,  $(4,2 \pm 1,5)$  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 8.4 – 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			
IIIА степень, n (%)	1 (2,6)	2 (5)	0,04
IIIВ 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)	

В послеоперационном периоде в обеих группах наблюдались осложнения как связанные с доступом, так и не связанные с ним (см. Таблицу 8.4). 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 (IIIВ 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 ( $p = 0,01$ ).

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 8.5 – 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 стернальная инфекция (ПСИ). Следует отметить, что у данного пациента был высокий риск по программе прогноза осложнений

стернотомии (86 %). Индекс коморбидности Чарлсона (ИКЧ) выше 5, ИМТ более  $35 \text{ кг/м}^2$ , а также сахарный диабет в анамнезе повлияли на развитие нагноения послеоперационной раны. Глубокая стеральная инфекция (ГСИ) в группе не наблюдалось (см. Таблицу 8.5).

Использование полиамидной нити в данной ситуации привело к благоприятному исходу. За счет эластических свойств нити не произошло повреждения краев грудины, что могло привести к ее нестабильности и стать входными воротами для дальнейшего распространения инфекции. 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.

Так как пациенты 1-А и 2 групп имели схожие предоперационные риски, мы решили выяснить, влияет ли материал для остеосинтеза грудины на развитие инфекционных осложнений в области оперативного вмешательства. Для этого было оценено количество лейкоцитов в периферической крови у пациентов на 1-е, 5-е и 7-е сутки после операции, проанализирована температурная реакция (лихорадка) в раннем послеоперационном периоде. В 1-е сутки после операции лейкоцитоз наблюдался в обеих группах пациентов, независимо от материала остеосинтеза. Нормализация количества лейкоцитов крови у пациентов с применением полиамидной нити происходила к 5-м суткам, тогда как у пациентов с остеосинтезом стальной проволокой только к 7-м суткам (Таблица 8.6).

Таблица 8.6 – Динамика количества лейкоцитов в периферической крови у пациентов в раннем послеоперационном периоде

Дни после оперативного вмешательства	1-А группа (n = 39)	2 группа (n = 40)	Уровень значимости, p
1-е сутки	12,6 ± 2,8	13,1 ± 3,3	0,12
5-е сутки	8,07 ± 1,40	9,1 ± 1,5	0,5
7-е сутки	7,5 ± 2,5	8,6 ± 1,8	0,36

Лихорадка в послеоперационном периоде наблюдалась у трети пациентов в 1-А и 2 группах, 33 % и 35 % соответственно. Количество дней повышения температуры тела у пациентов в группе с традиционным видом остеосинтеза, в среднем, на сутки больше и составило ( $2,1 \pm 1,1$ ) дня, в группе с остеосинтезом полиамидной нитью – ( $1,5 \pm 0,6$ ) дня.

Меньшее количество инфекционных осложнений в послеоперационном периоде, уменьшение длительности температурной реакции и лейкоцитоза в периферической крови привели 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.

Полученные показатели заставили задуматься, что материал, используемый для остеосинтеза грудины, тоже вносит вклад в развитие инфекционных осложнений. Этот вопрос требует дальнейшего изучения и анализа на большей выборке пациентов.

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.

## ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

После первого описания Мильтоном срединной стернотомии, как оперативного доступа к средостению, этот подход до сих пор остается наиболее распространенным в сердечно-сосудистой хирургии. Эволюция в современной кардиохирургии предлагает новые, менее инвазивные, эндоваскулярные методы лечения, но остаются патологии сердца и сосудов, коррекция которых возможна только при открытом доступе к средостению. Любая хирургическая процедура сопряжена с потенциальными осложнениями, так и стернотомия несет в себе потенциальный риск дегисценции грудины и присоединения инфекции, которые могут угрожать исходу операции и повлиять не только на физическое, но и на психологическое восстановление пациента. Это также и экономический вопрос, так как осложненное послеоперационное течение обходится почти в 3 раза дороже, чем лечение пациента без осложнений [75; 167].

Во многих проанализированных нами исследованиях, направленных на оценку факторов риска возникновения осложнений со стороны доступа, изучалась частота инфекционных осложнений в области хирургического вмешательства. Были созданы даже модели оценки риска, но все они были разработаны для пациентов, у которых имеется только какой-то один из факторов риска [58; 116; 147; 188]. Так, например, большинство работ направлено на выявление осложнений, связанных с использованием двух внутренних грудных артерий для шунтирования [47]. Одна из последних шкал, которая встретилась нам в литературе, предложена Nooh E. с соавторами (2021), где представлена стратегия для снижения частоты формирования только нестабильности грудины, но данных о внедрении данной шкалы в практику нет.

В нашей работе проведен анализ влияния каждого фактора на развитие послеоперационных осложнений и парные взаимосвязи друг с другом. Нами проанализированы как отдельно предоперационные факторы риска, чтобы определиться с дальнейшей тактикой ведения пациента, так и всех факторы, включая и интраоперационные. Знание факторов риска позволяет определить

группы лиц, которым требуется повышенное внимание. В связи с этим, оценка возможных предикторов осложнений у пациентов со стернотомией стала одной из важных задач нашего исследования.

Нами выяснено, что наибольшее влияние на неблагоприятный исход у пациентов после АКШ оказали такие факторы, как уровень глюкозы крови до операции и после операции (1 сутки), степень поражения коронарных артерий, тяжелая сопутствующая патология по ИКЧ и высокий риск летального исхода после кардиохирургической операции по европейской системе оценки EuroScore II ( $p < 0,0001$ ). 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. На исходы оперативного лечения повлияла степень тяжести послеоперационных хирургических осложнений по Clavien – Dindo, как связанных с доступом, так и не связанных с ним. Тяжелая сопутствующая патология по ИКЧ, риск осложнений операции по шкале EuroScore II, наличие в анамнезе ХОБЛ и гликемии после оперативного вмешательства оказывают существенную роль в развитии гнойных осложнений со стороны доступа.

Для пациентов после протезирования клапанов сердца наибольшее влияние на развитие осложнений со стороны доступа оказывает тяжелая сопутствующая патология по ИКЧ и шкале EuroScore II. На неблагоприятный исход повлияли такие факторы, как степень поражения клапана, которая оценивалась по Эхо-КГ, наличие ХОБЛ и СД у пациента, степень ожирения, курение в анамнезе и наличие артериальной гипертензии. 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, 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.

При помощи логистической регрессии с пошаговыми алгоритмами включения и исключения предикторов нами были получены уравнения логит-регрессии для прогнозирования предоперационного риска развития осложнений со стороны стернотомического доступа для пациентов после коронарного шунтирования и протезирования клапанов сердца. Так, в уравнение прогноза для пациентов, которым планируется АКШ, вошли следующие факторы: индекс коморбидности Чарлсона выше 5, индекс массы тела, степень поражения КА, наличие ХОБЛ и стеноза БЦА, а также риск по шкале Euroscore II. В уравнение прогноза для пациентов с пороками сердца, также как и у пациентов с ИБС, вошли такие факторы, как индекс коморбидности Чарлсона выше 5, индекс массы тела и наличие ХОБЛ. Факторами риска для данной категории пациентов стали количество пораженных клапанов и наличие в анамнезе сахарного диабета.

После нами была разработана прогностическая модель оценки риска развития осложнений стернотомии на основе построенной математической модели, в которую вошли как предоперационные, так и интраоперационные факторы риска. В обеих моделях риска осложнений со стороны доступа, кроме сопутствующей патологии, вошли ошибки, связанные с доступом и остеосинтезом грудины. Нами оценивалась правильность наложения швов, под которой мы подразумеваем достаточное количество швов, наложенных на грудину, а также отсутствие формирования дегисценции, разрыва лигатуры или ее смещения. 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 клапанов сердца наблюдается такая же картина, при этом  $\chi^2 = 43,8$ ;  $p < 0,0001$ .

Асимметричная стернотомия так же оказалась одним из значимых факторов

риска послеоперационных стернотомических осложнений ( $p < 0,001$ ).

Стандартная техника остеосинтеза грудины стальной проволокой, которая применяется в подавляющем большинстве случаев, является быстрой и экономически выгодной. Однако в настоящее время увеличивается количество пациентов с коморбидной патологией. Свойство проволоки раскручиваться или ломаться в местах большей нагрузки, которая в послеоперационном периоде может быть представлена в виде кашля, сделало использование проволоки не лучшим вариантом для остеосинтеза грудины. Альтернативные методы остеосинтеза грудины, использование металлических лент, титановых пластин, винтов, безусловно, более эффективны, но, с другой стороны, трудоемки и дороги. Выявление пациентов с высоким риском нестабильности грудины путем использования модели прогнозирования риска осложнений, и, следовательно, применение подходящей хирургической тактики и являлось еще одной задачей настоящего исследования.

В эксперименте, при сравнительном анализе стальной проволоки и полиамидной нити, была проверена способность последней на возможность за счет ее эластических свойств возвращать створки грудины после стернотомии к исходному состоянию в пределах 3 мм. Выбор полиамидной нити обусловлен ее доступностью, экономичностью и вариантом импортозамещения в современных условиях. В этом же экспериментальном исследовании нами было доказано, что полиамидная нить, выдерживает нагрузку при различных способах соединения, хотя и статистически значимо меньше ( $p < 0,05$ ), чем у стальная проволока, 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. При этом наименьший диастаз при нагрузке в 200 Н образуется при перистернальном 8-образном соединении. Эти результаты вошли в основу алгоритма ведения пациентов с высоким риском осложнений со стороны доступа.

На основании клинических, инструментальных, статистических и экспериментальных методов исследования был составлен алгоритм ведения

пациентов с высоким риском на основании программ прогноза в предоперационном периоде и во время операции, а также определены направления, на которые нужно обратить внимание в послеоперационном периоде. Применение алгоритма в практике позволило снизить осложнения со стороны доступа в 3 раза ( $p < 0,05$ ). Большой вклад в раннюю диагностику послеоперационных осложнений внес инструмент для отслеживания пациентов в виде чат-бота «СтерноБотПревент». За время использования бота его услугами после выписки из стационара воспользовались уже 72 пациента. Из них два пациента (2,8 %) по данным ответов были приглашены на осмотр к кардиохирургу. Одному пациенту был проведен реостеосинтез грудины по причине ее нестабильности, у второго пациента сформировался лигатурный свищ, который удалось закрыть с помощью консервативных методов лечения. Ранняя диагностика осложнений позволила избежать у этих пациентов глубокой стеральной инфекции. Данный способ связи с лечащим врачом особенно удобен для пациентов, проживающих в отдаленных районах, и для тех, у которых нет возможности посещать диспансерные приемы по каким-либо причинам.

Таким образом, срединная продольная стернотомия – наиболее распространенный доступ в кардиохирургии, он остается широко используемым оперативным подходом при врожденных и приобретенных пороках сердца, коронарном шунтировании, хирургических вмешательствах на аорте, а также при трансплантации сердца и легких [141]. Остеосинтез грудины является жизненно важным этапом операции, так как плохое сопоставление половин грудины после стернотомии может привести к ее нестабильности, хроническому болевому синдрому, инфекционным осложнениям с высокой летальностью. Осложнения после срединной стернотомии, по оценкам различных авторов, возникают у 0,5–8,0 % пациентов [128; 158].

Причины послеоперационных осложнений являются многофакторными, и особое внимание должно быть уделено пациентам с высоким риском и множественными факторами риска послеоперационных осложнений со стороны доступа, такими как сахарный диабет и ожирение, ХОБЛ в анамнезе, эндокринные

заболевания, болезни почек и артериальная гипертензия. Заживление грудины зависит от техники хирургического закрытия, выбора шовного материала, а иногда даже от особенностей характера самого пациента [49].

Мы понимаем, что эта работа не завершает изучение проблемы послеоперационных осложнений срединной стернотомии. Результаты, полученные в нашем исследовании, порождают новые вопросы, которые еще только предстоит решить. К ним относится и необходимость дальнейшего изучения шовного материала. Так, остается открытым вопрос об ответной реакции организма на материал для остеосинтеза. Почему количество дней повышения температуры тела у пациентов в группе с традиционным видом остеосинтеза, в среднем, на сутки больше, чем в группе с остеосинтезом полиамидной нитью? А нормализация количества лейкоцитов крови у пациентов с применением полиамидной нити происходила к 5-м суткам, тогда как у пациентов с остеосинтезом стальной проволокой только к 7-м суткам? Дальнейшее изучение проблемы, на наш взгляд, может быть направлено в сторону КТ-визуализации. В некоторых случаях рентгенологические признаки могут даже предшествовать клиническому диагнозу. Визуализация может играть жизненно важную роль в оценке многочисленных послеоперационных осложнений, в том числе связанных со стернотомией. Оценка плотности грудины уже в предоперационном периоде, КТ-разметка грудины для осуществления симметричного доступа могут помочь выбрать подходящий для пациента вид остеосинтеза и предотвратить рестернотомии, связанные с осложнениями.

Несмотря на возникающие вопросы, настоящее исследование, являющееся итогом многолетней работы, позволяет сделать еще один шаг в сторону решения проблемы осложнений стернотомного доступа к сердцу.

## 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 (с  $9,2 \pm 2,1$ ) 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 СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ**

АГ	артериальная гипертензия
АКШ	аорто-коронарное шунтирование
БПШ	бедренно-подколенное шунтирование
БЦА	брахиоцефальная артерия
ВАШ	визуально-аналоговая шкала
ВГА	внутренняя грудная артерия
ВОЗ	всемирная организация здравоохранения
ВСА	внутренняя сонная артерия
ГСИ	глубокая стерильная инфекция
ЗББА	задняя большеберцовая артерия
ИБС	ишемическая болезнь сердца
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
ЛА	легочная артерия
ЛКА	левая коронарная артерия
ЛФК	лечебная физкультура
МКШ	маммарокоронарное шунтирование
ОНМК	острых нарушений мозгового кровообращения
ООЛ	остаточного объема легких
ОФВ1	объем форсированного выдоха за 1 секунду
ПКА	правая коронарная артерия
ПСИ	поверхностная стерильная инфекция

СД	сахарный диабет
СУБД	системы управления базами данных
ФВ	фракция выброса
ФК	функциональный класс
ХБП	хроническая болезнь почек
ХОБЛ	хроническая обструктивная болезнь легких
ХСН	хроническую сердечную недостаточность
ЦНС	центральная нервная система
ЭВМ	электронная вычислительная машина
ЭХОКГ	эхокардиографическое исследование
ASA	класс анестезиологического риска по классификации Американского общества анестезиологов
DSWI	глубокая стерильная инфекция
OPCAB	гортокоронарное шунтирование на работающем сердце
PDS	Полидиоксанон
PEEK	полиэфирэфиркетон
SSWI	поверхностная стерильная инфекция

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Акчурин, Р. С. Реконструктивная микрохирургия коронарных артерий: опыт первых 2 000 операций / Р. С. Акчурин, А. А. Ширяев, Я. Б. Бранд // Сб. статей по мат. Всеросс. научн.-практ. конф. : тез. докл. и сообщ. – Москва, 2001. – С. 13–15.
2. Вишневский, А. А. Хирургия грудной стенки / А. А. Вишневский, С. С. Рудаков, О. Н. Миланов. – Москва : ВИДАР, 2005. – 301 с.
3. Вишневский, А. А. Ассиметричная стернотомия как фактор риска в развитии послеоперационного стерномедиастинита / А. А. Вишневский, А. А. Печетов, Д. В. Даньков // Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. – 2012. – № 2. – С. 19–23.
4. Вишневский, А. А. Этапное лечение хронического послеоперационного стерномедиастинита / А. А. Вишневский, А. А. Печетов, В. В. Головтеев // Новые технологии диагностики и лечения в торакальной хирургии : сб. тезисов науч. конф. –Ярославль, 2009. – С. 39–40.
5. Влияние коморбидной патологии на результаты хирургического лечения клапанных пороков сердца в условиях искусственного кровообращения у пациентов старше 80 лет / И. Е. Олофинская, И. И. Гасанбекова, А. С. Чукалин [и др.] // Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. – 2022. – № 1 (64). – С. 31–38.
6. Влияние методики фиксации грудины после кардиохирургических операций на выраженность болевого синдрома / Э. Р. Чарчян, А. Б. Степаненко, А. П. Генс [и др.] // Клиническая и экспериментальная хирургия. Журнал имени академика Б. В. Петровского. – 2016. – Т. 4, № 3 (13). – С. 65–73.
7. Волков, А. М. Прогнозирование и профилактика гнойно-септических осложнений после коронарного шунтирования : специальность 14.00.27 «Хирургия» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Волков Андрей Михайлович; Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова – Санкт-Петербург, 2002. – 20 с. : ил. – Библиогр.: с. 18–20. – Место защиты: Военно-мед. акад им. С. М. Кирова. – Текст : непосредственный.

8. Восстановление целостности грудины у пациентов с послеоперационным стерномедиастинитом / М. В. Шведова, А. Н. Вусик, Г. Ц. Дамбаев [и др.] // Сибирский медицинский журнал. – 2014. – Т. 29, № 4. – С. 45–51.

9. Выбор метода остеосинтеза грудины у пациентов с постстернотомным медиастинитом / В. А. Горбунов, Р. К. Джорджикия, М. Н. Мухарямов [и др.] // Казанский медицинский журнал. – 2017. – Т. 98, № 3. – С. 456–461.

10. Галеев, Н. А. Результаты различных видов фиксации грудины после операций на сердце и аорте : специальность 14.01.26 «Сердечно-сосудистая хирургия» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Галеев Наиль Альбертович ; Российский научный центр хирургии имени академика Б. В. Петровского. – Москва, 201. – 25 с. : ил. – Библиогр.: с. 23–24. – Место защиты: Рос. науч. центр хирургии им. акад. Б. В. Петровского. – Текст : непосредственный.

11. J-образная мини-стернотомия при хирургическом лечении патологии аорты и аортального клапана после ранее выполненного хирургического вмешательства на сердце / Р. М. Муратов, Г. А. Шамсиев, А. Ш. Мидинов [и др.] // Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. – 2013. – № 3. – С. 4–8.

12. Интраоперационное местное применение антибиотиков для профилактики стеральной инфекции в кардиохирургии / Н. Н. Шихвердиев, Г. Г. Хубулава, С. П. Марченко, В. В. Суворов // Патология кровообращения и кардиохирургия. – 2017. – № 21 (1). – С. 69–72.

13. Использование фиксаторов с саморегулирующейся компрессией для остеосинтеза грудины при операциях на сердце / Т. В. Асатрян, П. В. Кахкцян, М. Ю. Коллеров, А. А. Ильин // Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. – 2007. – № 4. – С. 24–28.

14. К вопросу о профилактике медиастинита у кардиохирургических больных / А. В. Сотников, М. В. Мельников, Р. В. Эльмаджи, Г. Н. Горбунов // Вестник Северо-Западного государственного медицинского университета им.

И. И. Мечникова. – 2015. – Т. 7, № 4. – С. 38–42.

15. Кардиореспираторные послеоперационные осложнения у пациентов с ишемической болезнью сердца после планового коронарного шунтирования: связь с функцией легких / Е. Д. Баздырев, О. М. Поликутина, Н. А. Каличенко [и др.] // Патология кровообращения и кардиохирургия – 2017. – № 21 (2). – С. 85–97.

16. Карсанов, А. М. О проблеме риска в хирургии / А. М. Карсанов, А. А. Кульчиев, С. С. Маскин, В. В. Вахоцкий // Главный врач Юга России. – 2023. – № 2 (88). – С. 4–8.

17. Клинкова, А. С. Влияние хронической обструктивной болезни легких на послеоперационное течение у больных ишемической болезнью сердца / А. С. Клинкова, О. В. Каменская, А. М. Караськов // Российский кардиологический журнал. – 2016ю – № 4. – С. 64–69.

18. Козлов, Р. С. Справочник по антимикробной терапии. Вып. 3 / Р. С. Козлов, А. В. Дехнич – Смоленск : МАКМАХ, 2013. – 480 с.

19. Малоинвазивный гибридный подход к реваскуляризации миокарда / В. А. Попов, В. И. Ганюков, Р. С. Тарасов [и др.] // Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. – 2013. – Т. 6, № 6. – С. 4–8.

20. Медведчиков-Ардия, М. А. Современные возможности пластики грудной стенки с помощью большой грудной мышцы / М. А. Медведчиков-Ардия, Е. А. Корымасов, А. С. Бенян // Наука и инновации в медицине. – 2024. – Т. 9, № 2. – С. 154–160.

21. Медиастинит после кардиохирургических операций / А. Н. Шонбин, Д. О. Быстров, А. С. Заволожин [и др.] // Анналы хирургии. – 2012. – № 4. – С. 56–60.

22. Нестабильность грудины после операций на открытом сердце / М. В. Спринджук, И. М. Лаптева, И. Э. Адзерихо, А. В. Дергачев // Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. – 2008. – № 5. – С. 65–70.

23. Особенности интеграции двухслойного металлотрикотажа из никелида титана при замещении торакоабдоминального дефекта в эксперименте / Е. Б. Топольницкий, Н. А. Шефер, Е. С. Марченко [и др.] // Acta Biomedica

Scientifica. – 2023. – Т. 8, № 2. – С. 244–253.

24. Остеосинтез грудины нитиноловыми скобами после операций на сердце и магистральных сосудах как метод профилактики послеоперационных осложнений / Э. Р. Чарчян, А. Б. Степаненко, А. П. Генс [и др.] // Патология кровообращения и кардиохирургия. – 2014. – № 2. – С. 32–36.

25. Остеосинтез грудины после аортокоронарного шунтирования / В. В. Кудряшов, В. В. Плечев, Р. И. Ижбульдин, В. М. Юнусов // Медицинский вестник Башкортостана. – 2013. – № 6. – С. 65–67.

26. Остеосинтез грудины фиксаторами на основе никелида титана после операций на сердце / А. А. Вишневский, А. Н. Коростелев, В. Г. Кондратьев [и др.] // Хирургия. Журнал им. Н. И. Пирогова. – 2011. – № 8. – С. 4–7.

27. Остеосинтез грудины с помощью пластиковых лигатур / А. А. Силаев, А. Э. Кандауров, Е. В. Зорин [и др.] // Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. – 2014. – № 5. – С. 85–87.

28. Патофизиологические механизмы и факторы риска развития стеральной инфекции в кардиохирургии / Г. Г. Хубулава, Н. Н. Шихвердиев, А. Б. Наумов [и др.] // Вестн. рос. воен.-мед. акад. – 2013. – Т. 41, № 1. – С. 174–179.

29. Печетов, А. А. Методы соединения грудины различными материалами после срединной стернотомии : специальность 14.01.1 «Хирургия» : диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Печетов Алексей Александрович ; Институт хирургии им. А. В. Вишневского. – Москва, 2010. – 135 с. – Библиогр.: 122–134 с. – Текст : непосредственный.

30. Применение большой грудной мышцы для пластики грудной стенки после ее инфекционно-воспалительных заболеваний / М. А. Медведчиков-Ардия, Е. А. Корымасов, А. С. Бенян [и др.] // Клиническая и экспериментальная хирургия. Журнал имени академика Б. В. Петровского. – 2023. – Т. 11, № 4 (42). – С. 60–66.

31. Профилактика гнойно-воспалительных раневых осложнений при тактике запланированных релапаротомий у больных с перитонитом / И. Н. Климович, С. С. Маскин, К. А. Шмырев [и др.] // Вестник Волгоградского

государственного медицинского университета. – 2025. – Т. 22, № 4. – С. 91–95.

32. Результаты применения методики элиминации стернальной инфекции у кардиохирургических пациентов / Г. Г. Хубулава, Н. Н. Шихвердиев, П. Р. Фогт [и др.] // Вестн. хирургии им. И. И. Грекова. – 2015. – Т. 174, № 5. – С. 57–60.

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

34. Сердечно-сосудистая хирургия – 2022: болезни и врожденные аномалии системы кровообращения / Л. А. Бокерия, Е. Б. Милюевская, В. В. Прянишников, И. А. Юрлов. – Москва : ФГБУ «НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева» МЗ РФ, 2023. – 344 с.

35. Слесаренко, С. С. Медиастинит / С. С. Слесаренко, В. В. Агапов, В. А. Прелатов. – Москва : ИД Медпрактика, 2005. – 200 с.

36. 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. – Т. 20, № 4 (100). – С. 120–123.

37. Факторы риска, прогнозирование, профилактика и лечение инфекции области хирургического вмешательства в urgentной абдоминальной хирургии на основе систематических обзоров и метаанализов (обзор литературы) / И. Н. Климович, С. С. Маскин, А. М. Карсанов [и др.] // Волгоградский научно-медицинский журнал. – 2024. – Т. 21, № 3. – С. 5–11.

38. Худайнетова, Л. А. Взаимосвязь индекса коморбидности Charlson и количества повторных госпитализаций у коморбидных пациентов кардиологического профиля / Л. А. Худайнетова, Л. П. Ефимова, М. Н. Мирзалиева // Вестник СурГУ. Медицина. – 2022. – № 2 (52). – С. 14–21.

39. Шевченко, Ю. Л. Послеоперационные инфекционно-воспалительные осложнения в кардиоторакальной хирургии / Ю. Л. Шевченко, Р. П. Сусов // Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н. И. Пирогова. –

2022. – Т. 17, № 1. – С. 84–89.

40. Ярбеков, Р. Р. Реваскуляризация миокарда у больных ИБС с многососудистым поражением коронарных артерий и сопутствующим сахарным диабетом: факторы риска, прогноз, оптимизация тактики и результатов хирургического лечения : специальность 14.01.26 «Сердечно-сосудистая хирургия» : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора медицинских наук / Ярбеков Рустам Раимкулович ; Научный центр сердечно-сосудистой хирургии им. А. Н. Бакулева. – Москва, 2016. – 48 с. : ил. – Библиогр.: с. 43–48. – Место защиты: Научный центр сердечно-сосудистой хирургии им. А. Н. Бакулева. – Текст : непосредственный.

41. A biomechanical study of median sternotomy closure techniques / A. R. Casha, L. Yang, P. H. Kay [et al.] // *Eur. J. Cardio-thorac.* – 1999. – Vol. 15. – P. 365.

42. A meta-analysis of platelet gel for prevention of sternal wound infections following cardiac surgery / B. H. Kirmani, S. G. Jones, S. Datta [et al.] // *Blood Transfus.* – 2017. – Vol. 15 (1). – P. 57–65.

43. A modified parasternal wire technique for prevention and treatment of sternal dehiscence / R. Sharma, D. Puri, B. P. Panigrahi, I. S. Viridi // *Ann Thorac Surg.* – 2004. – Vol. 77. – Vol. 1. – P. 210–213.

44. A new cable-tie based sternal closure system: description of the device, technique of implantation and first clinical evaluation / M. T. Grapow, L. F. Melly, F. S. Eckstein, O. T. Reuthebuch // *J Cardiothorac Surg.* – 2012. – Vol. 7. – P. 59.

45. A new classification of poststernotomy dehiscence / J. Anger, D. C. Dantas, R. T. Arnoni, P. S. Farsky // *Rev Bras Cir Cardiovasc.* – 2015. – Vol. 30 (1). – P. 114–118.

46. A nomogram prediction model for sternal incision problems / P. You, X. Zhou, P. He [et al.] // *Int Wound J.* – 2022. – Vol. 19 (2). – P. 253–261.

47. A predictive scoring system for deep sternal wound infection after bilateral internal thoracic artery grafting / G. Gatti, L. Dell'Angela, G. Barbati [et al.] // *Eur J Cardiothorac Surg.* – 2016. – Vol. 49 (3). – P. 910–917.

48. A prospective multi-institutional cohort study of mediastinal infections after cardiac operations / L. P. Perrault, K. A. Kirkwood, H. L. Chang [et al.] // *The Annals of thoracic surgery*. – 2018. – Vol. 105 (2). – P. 461–468.
49. A radiologist's guide to median sternotomy / A. Young, U. Goga, D. Aktuerk [et al.] // *Clin Radiol*. – 2024. – Vol. 79 (1). – P. 33–40.
50. A randomized trial to assess the contribution of a novel thorax support vest (corset) in preventing mechanical complications of median sternotomy / P. P. Caimmi, M. Sabbatini, E. I. Kapetanakis [et al.] // *Cardiol Ther*. – 2017. – Vol. 6. – P. 41–51.
51. A retrospective study of deep sternal wound infections: clinical and microbiological characteristics, treatment, and risk factors for complications / M. Chan, E. Yusuf, S. Giulieri [et al.] // *Diagn.-Microbiol Infect Dis*. – 2016. – Vol. 84 (3). – P. 261–265.
52. A steel band in addition to 8 wire cerc lages reduces the risk of sternal dehiscence after median sternotomy / F. C. Riess, N. Awwad, B. Hoffmann [et al.] // *Heart Surg Forum*. – 2004. – Vol. 7 (6). – P. 387–392.
53. A study on the preoperative risk factors for primary healing failure in the reconstruction of deep sternal wound infection with platelet-rich plasma and negative pressure trauma therapy / Y. Song, W. Chu, M. Zhang [et al.] // *Int Wound J*. – 2023. – Vol. 20 (9). – P. 3457–3466.
54. Abboud, C. S. Risk factors for mediastinitis after cardiac surgery / C. S. Abboud, S. B. Wey, V. T. Baltar // *Ann Thorac Surg*. – 2004. – Vol. 77. – P. 676–683.
55. Acute poststernotomy mediastinitis managed with debridement and closed drainage aspiration: factors associated with death in the intensive care unit / J. L. Trouillet, A. Vuagnat, A. Combes [et al.] // *J Thorac Cardiovasc Surg*. – 2005. – Vol. 129 (3). – P. 518–524.
56. Alebrahim, K Prevention, Classification and management review of deep sternal wound infection / K. Alebrahim, E. Al-Ebrahim // *Heart Surg Forum*. – 2020. – Vol. 23 (5). – P. 652–657.
57. An alternative scoring system to predict risk for surgical site infection

complicating coronary artery bypass graft surgery / N. D. Friedman, A. L. Bull, P. L. Russo [et al.] // *Infect Control Hosp Epidemiol.* – 2007. – Vol. 28 (10). – P. 1162–1168.

58. Ariyaratnam, P. Risk factors and mortality associated with deep sternal wound infections following coronary bypass surgery with or without concomitant procedures in a UK population: a basis for a new risk model? / P. Ariyaratnam, M. Bland, M. Loubani // *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* – 2010. – Vol. 11 (5). – P. 543–546.

59. Association between sternal wound complications and 10-year mortality following coronary artery bypass grafting / M. Gaudino, K. Audisio, M. Rahouma [et al.] // *J Thorac Cardiovasc Surg.* – 2023. – Vol. 166 (2). – P. 532–539.

60. Asymmetric sternotomy and sternal wound complications: assessment using 3-dimensional computed tomography reconstruction / J. Y. Jacobson, M. E. Doscher, W. J. Rahal [et al.] // *Innovations.* – 2015. – Vol. 10 (1). – P. 52–56.

61. Autologous platelet-rich plasma: effect on sternal healing in the sheep model / I. Gallo, A. Sáenz, E. Artiñano, J. Esquide // *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* – 2010. – Vol. 11 (3). – P. 223–225.

62. Baskett, R. J. Is mediastinitis a preventable complication? A 10-year review / R. J. Baskett, C. E. MacDougall, D. B. Ross // *Ann Thorac Surg.* – 1999. – Vol. 67. – P. 462–465.

63. Bhatti, F. Does liberal use of bone wax increase the risk of mediastinitis? / F. Bhatti, J. Dunning // *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* – 2003. – Vol. 2 (4). – P. 410–412.

64. Bilateral paravertebral block versus thoracic epidural analgesia for pain control post-cardiac surgery: a randomized controlled trial / H. A. Elshora, A. A. el Beleehy, A. A. Abdelwahab [et al.] // *Thorac Cardiovasc Surg* – 2018. – Vol. 68. – P. 409–415.

65. Bitkover, C. Y. Mediastinitis after cardiovascular operations: a case-control study of risk factors / C. Y. Bitkover, B. Gardlund // *Ann Thorac Surg.* – 1998. – Vol. 65. – P. 36–40.

66. Bland, M. An introduction to medical statistics / M. Bland. – 3rd. ed. – Oxford : Oxford University Press, 2000. – P. 335–347.
67. Bordoni, B. Poststernotomy pain syndrome following cardiac surgery: case report / B. Bordoni, F. Marelli, B. Morabito // *J Pain Res.* – 2017. – Vol. 15. – P. 1163–1169.
68. Canet, J. Predicting postoperative pulmonary complications in the general population / J. Canet, L. Gallart // *Curr Opin Anaesthesiol.* – 2013. – Vol. 26 (2). – P. 107–115.
69. Casha, A. Fatigue testing median sternotomy closures / A. Casha // *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery.* – 2001. – Vol. 19. – P. 249–253.
70. Choice of flap for the management of deep sternal wound infection—an anatomical classification / A. V. Greig, J. L. Geh, V. Khanduja, M. J. Shibu // *Plast Reconstr Aesthet Surg.* – 2007. – Vol. 60 (4). – P. 372–378.
71. Chow, O. Immunonutrition: role in wound healing and tissue regeneration / O. Chow, A. Barbul // *Adv. Wound Care (New Rochelle).* – 2014. – Vol. 3 (1). – P. 46–53.
72. Clinical characteristics of deep sternal wound infections after cardiac surgery and etiological analysis / J. F. Yang, K. Yang, H. N. Xia [et al.] // *Chin J Nosocomiol.* – 2017. – Vol. 27 (5). – P. 1145–1148.
73. Clinical evaluation of titanium-alloy bands for sternal closure after median sternotomy: single-center experience / F. Qiu, S. Wang, X. Jin [et al.] // *Contrast Media Mol Imaging.* – 2022. – Vol. 2022. – P. 8622498.
74. Clinical outcome after poststernotomy mediastinitis: vacuum-assisted closure versus conventional treatment / J. Sjogren, R. Gustafsson, J. Nilsson [et al.] // *Ann Thorac Surg.* – 2005. – Vol. 79 (6). – P. 2049–2055.
75. Clinical predictors of major infections after cardiac surgery / V. G. Fowler Jr, S. M. O'Brien, L. H. Muhlbaier [et al.] // *Circulation.* – 2005. – Vol. 112. – P. 358–365.
76. Comparison of an emoji-based visual analog scale with a numeric rating scale for pain assessment / S. He, A. Renne, D. Argandykov [et al.] // *JAMA.* – 2022. – Vol. 328 (2). – P. 208–209.

77. Complications in cardiac surgery: An analysis of factors contributing to sternal dehiscence in patients who underwent surgery between 2010 and 2014 and a comparison with the 1990–2009 cohort / M. J. Listewnik, T. Jędrzejczak, K. Majer [et al.] // *Advances in clinical and experimental medicine: official organ Wroclaw Medical University*. – 2019. – Vol. 28 (7). – P. 913–922.

78. Contemporary outcomes of coronary artery bypass grafting in obese patients / P. G. Chan, I. Sultan, T. G. Gleason [et al.] // *J Card Surg*. – 2020. – Vol. 35 (3). – P. 549–556.

79. Continuous intravenous insulin infusion reduces the incidence of deep sternal wound infection in diabetic patients after cardiac surgical procedures / A. P. Furnary, K. J. Zerr, G. L. Grunkemeier, A. Starr // *Ann Thorac Surg*. – 1999. – Vol. 67 (2). – P. 352–360.

80. Cost of individual complications following coronary artery bypass grafting / J. H. Mehaffey, R. B. Hawkins, M. Byler [et al.] // *J Thorac Cardiovasc Surg*. – 2018. – Vol. 155 (3). – P. 875–882.

81. Dalton, M. L. Julian's reintroduction of Milton's operation / M. L. Dalton, S. R. Connally, W. C. Sealy // *Ann Thorac Surg*. – 1992. – Vol. 53. – P. 533.

82. Deep sternal infections after in situ bilateral internal thoracic artery grafting for left ventricular myocardial revascularization: predictors and influence on 20-year outcomes / M. Bonacchi, E. Prifti, M. Bugetti [et al.] // *J Thorac Dis*. – 2018. – Vol. 10. – P. 5208–5221.

83. Deep sternal wound infection after cardiac surgery in the Chinese population: a single-centre 15-year retrospective study / L. Pan, R. Mo, Q. Zhou, D. Wang // *Journal of thoracic disease*. – 2017. – Vol. 9 (9). – P. 3031.

84. Deep sternal wound infection after open-heart cardiac surgery and vacuum-assisted closure therapy: a single-center study / B. Banjanovic, I. H. Karabdic, S. Straus [et al.] // *Med Arch*. – 2022. – Vol. 76 (4). – P. 273–277.

85. Deep sternal wound infection and mortality in cardiac surgery: a meta-analysis / R. Perezgrovas-Olaria, K. Audisio, G. Cancelli [et al.] // *Ann Thorac Surg*. – 2022. – Vol. 115. – P. 272–280.

86. Deep sternal wound infection and pectoralis major muscle flap reconstruction: a single-center 20-year retrospective study / C. Chen, Y. Gao, D. Zhao [et al.] // *Front Surg.* – 2022. – Vol. 12 (9). – P. 870044.

87. Development and validation of a stratification tool for predicting risk of deep sternal wound infection after coronary artery bypass grafting at a Brazilian hospital / M. P. B. O. Sá, P. E. Ferraz, A. F. Soares [et al.] // *Brazilian journal of cardiovascular surgery.* – 2017. – Vol. 32 (1). – P. 1–7.

88. Development of a new sternal dehiscence prediction scale for decision making in sternal closure techniques after cardiac surgery / E. Nooh, C. Griesbach, J. Rösch [et al.] // *J Cardiothorac Surg.* – 2021. – Vol. 16 (1). – P. 174.

89. Development of evidence based recommendations for procedure-specific pain management: PROSPECT methodology / G. P. Joshi, M. Van de Velde, H. Kehlet [et al.] // *Anaesthesia.* – 2019. – Vol. 74. – P. 1298–1304.

90. Diabetes and risk of surgical site infection: a systematic review and meta-analysis / E. T. Martin, K. S. Kaye, C. Knott [et al.] // *Infect Control Hosp Epidemiol.* – 2016. – Vol. 37 (1). – P. 88–99.

91. Discriminate use of electrocautery on the median sternotomy incision. A 0.16% wound infection rate / H. Nishida, R. K. Grooters, H. Soltanzadeh [et al.] // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* – 1991. – Vol. 101. – P. 488.

92. Does method of sternal repair influence long-term outcome of postoperative mediastinitis? / B. Z. Atkins, M. W. Onaitis, K. A. Hutcheson [et al.] // *Am J Surg.* – 2011. – Vol. 202 (5). – P. 565.

93. Economic analysis of the European healthcare burden of sternal-wound infections following coronary artery bypass graft / M. Blüher, D. Brandt, J. Lankiewicz [et al.]. – DOI:10.3389/fpubh.2020.557555. – Text : electronic // *Front Public Health.* – 2020. – Vol. 8. – URL: <https://www.frontiersin.org/journals/public-health/articles/10.3389/fpubh.2020.557555/full> (date of access: 26.05.2025).

94. Economic aspects of deep sternal wound infections / K. Graf, E. Ott, R. P. Vonberg [et al.] // *Eur J Cardiothorac Surg.* – 2010. – Vol. 37 (4). – P. 893–896.

95. Effect of chlorhexidine skin disinfection and retrosternal gentamicin

sponge on post-sternotomy mediastinitis: results from a prospective controlled registry of 2 340 patients / T. Waldow, T. Ghazy, T. Madej [et al.] // *Journal of Hospital Infection*. – 2018. – Vol. 100 (4). – P. 421–427.

96. Effect of hemostatic material on sternal healing after cardiac surgery / R. F. Vestergaard, P. H. Nielsen, K. A. Terp [et al.] // *Ann Thorac Surg*. – 2014. – Vol. 97 (1). – P. 153–160.

97. Effect of internal mammary artery dissection on sternal vascularization / M. Carrier, J. Gregoire, F. Tronc [et al.] // *Ann Thorac Surg*. – 1992. – Vol. 53. – P. 115–119.

98. Effect of time to onset on clinical features and prognosis of post-sternotomy mediastinitis / A. Mekontso Dessap, E. Vivier, E. Girou [et al.] // *Clin Microbiol Infect*. – 2011. – Vol. 17 (2). – P. 292–299.

99. Effective median sternotomy closure in highrisk open heart patients / E. L. Bek, Y. K. Lun, G. S. Kochamba, T. A. Pfeffer // *The Annals of thoracic surgery*. – 2010. – Vol. 89 (4). – P. 1317–1318.

100. Efficacy of precise foot massage therapy on pain and anxiety following cardiac surgery: pilot study / R. Alameri, G. Dean, J. Castner [et al.] // *Pain Manag Nurs*. – 2020. – Vol. 21. – P. 314–322.

101. El Oakley, R. M. Postoperative mediastinitis: Classification and management / R. M. El Oakley, J. E. Wright // *Ann Thorac Surg*. – 1996. – Vol. 61 (4). – P. 1030–1036.

102. Evaluating bony osteosynthesis and pain after rigid sternal fixation versus traditional wire closure in high risk sternotomy patients: results of a prospective, randomized, multicenter, international trial / M. S. Wong, S. Lehmann, K. Zehr [et al.] // *Plast Recon Surg*. – 2013. – Vol. 131. – P. 18.

103. Evaluation of sternal bone healing with computed tomography and a quantitative scoring algorithm / G. S. Stacy, O. Ahmed, A. Richardson [et al.] // *The Open Medical Imaging Journal*. – 2014. – Vol. 8. – P. 29–35.

104. FlatWire Sternal Closure System technique for median sternotomy closure / A. L. Khoury, S. Patel, S. Ngeve [et al.] // *J Thorac Dis*. – 2023. – Vol. 15 (9). –

P. 5037–5040.

105. Friberg, Ö. Collagen gentamicin for prevention of sternal wound infection: effective or not? / Ö. Friberg, L. Bodin // *The thoracic and cardiovascular surgeon*. – 2013. – Vol. 61 (03). – P. 185–193.

106. Gandhi, H. S. Rationale and options for choosing an optimal closure technique for primary midsagittal osteochondrotomy of the sternum, part 2: a theoretical and critical review of techniques and fixation devices / H. S. Gandhi // *Crit Rev Biomed Eng*. – 2019. – Vol. 47 (1). – P. 27–57.

107. Gandhi, H. S. The correlation between mechanobiology and fracture healing; osteosynthesis, biomaterial optimization and TRIZ design principles to develop ameliorative implants for reconstruction of median osteochondrotomy of the sternum / H. S. Gandhi // *J Long Term Eff Med Implants*. – 2023. – Vol. 33 (3). – P. 35–86.

108. Gao Yongshun, L. Y. Treatment of deep infection of sternal incision after cardiac surgery / L. Y. Gao Yongshun // *J Clin Surg*. – 2017. – Vol. 25 (5). – P. 17–19.

109. Glycemic control and reduction of deep sternal wound infection rates: a multidisciplinary approach / R. Kramer, R. Groom, D. Weldner [et al.] // *Arch Surg*. – 2008. – Vol. 143. – P. 451–456.

110. Guarracino, F. Perioperative acute lung injury: reviewing the role of anesthetic management / F. Guarracino, R. Baldassar // *J Anesth Clin Res*. – 2012. – Vol. 4. – P. 312.

111. Guidelines for perioperative care in cardiac surgery: enhanced recovery after surgery society recommendations / D. T. Engelman, W. Ben Ali, J. B. Williams [et al.] // *JAMA Surg*. – 2019. – Vol. 154 (8). – P. 755–766.

112. Guillermo, E. Management of inpatient hyperglycemia and diabetes in older adults / E. Guillermo, J. Francisco // *Diabetes Care*. – 2017. – Vol. 40. – P. 509–517.

113. Gundestrup, L. Factors associated with deep sternal wound infection after open-heart surgery in a Danish registry / L. Gundestrup, C. K. Florczak, L. P. S. Riber // *Am Heart J Plus*. – 2023. – Vol. 31. – P. 100307.

114. Hospital variability in modifiable factors driving coronary artery bypass charges / R. Salenger, E. W. Etchill, C. E. Fonner [et al.] // *J Thorac Cardiovasc Surg*. –

2021. – Vol. 165. – P. 764–772.

115. Huckfeldt, R. A clinical trial to investigate the effect of silver nylon dressings on mediastinitis rates in postoperative cardiac sternotomy incisions / R. Huckfeldt, C. Redmond, D. Mikkelsen [et al.] // *Ostomy wound manage.* – 2008. – Vol. 54. – P. 36.

116. Hussey, L. C. Development of the sternal wound infection prediction scale / L. C. Hussey, B. Leeper, L. S. Hynan // *Heart Lung.* – 1998. – Vol. 27 (5). – P. 326–336.

117. Ilizarov, G. A. Transosseous osteosynthesis: theoretical and clinical aspects of the regeneration and growth of tissue / G. A. Ilizarov. – Berlin (Germany): Springer Science & Business Media, 1992. – 802 p.

118. Immune modulatory effects of nonsteroidal anti-inflammatory drugs in the perioperative period and their consequence on postoperative outcome / D. J. Bosch, G. J. Nieuwenhuijs-Moeke, M. van Meurs [et al.] // *Anesthesiology.* – 2022. – Vol. 136. – P. 843–860.

119. Impact of body mass index and albumin on morbidity and mortality after cardiac surgery / D. T. Engelman, D. H. Adams, J. G. Byrne [et al.] // *J Thorac Cardiovasc Surg.* – 1999. – Vol. 118 (5). – P. 866–873.

120. Impact of diabetic versus non diabetic patients undergoing coronary artery bypass graft MAETAL. surgery on postoperative wound complications: a meta-analysis / L. He, M. Liu, Y. He, A. Guo // *Int Wound J.* – 2023. – Vol. 21. – P. 14495.

121. Impact of preoperative glycometabolic status on outcomes in cardiac surgery: systematic review and meta-analysis / C. Corazzari, M. Matteucci, M. Kołodziejczak [et al.] // *J Thorac Cardiovasc Surg.* – 2022. – Vol. 164 (6). – P. 1950–1960.

122. Implementation of bundled interventions greatly decreases deep sternal wound infection following cardiovascular surgery / K. Miyahara, A. Matsuura, H. Takemura [et al.] // *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery.* – 2014. – Vol. 148 (5). – P. 2381–2388.

123. Incidence and risk factors for sternal osteomyelitis after median sternotomy / Y. K. Cha, M. S. Choi, S. H. Bak [et al.] // *J Thorac Dis.* – 2022. – Vol. 14 (4). –

P. 962–968.

124. Inflammation following acute myocardial infarction: multiple players, dynamic roles, and novel therapeutic opportunities / S. B. Ong, S. Hernandez-Reséndiz, G. E. Crespo-Avilan [et al.] // *Pharmacol Ther.* – 2018. – Vol. 186. – P. 73–87.

125. Intraoperative ketamine for analgesia postcoronary artery bypass surgery: a randomized, controlled, double-blind clinical trial / M. Cameron, K. Tam, K. Al Wahaibi, [et al.] // *J Cardiothorac Vasc Anesth.* – 2020. – Vol. 34. – P. 586–591.

126. J. Maxwell Chamberlain memorial paper. Sternal wound complications after isolated coronary artery bypass grafting: early and late mortality, morbidity, and cost of care / F. D. Loop, B. W. Lytle, D. M. Cosgrove [et al.] // *Ann Thorac Surg.* – 1990. – Vol. 49 (2). – P. 179–186.

127. James, T. M. A Technique for 360-degree rigid sternal fixation with sternal plates and wire cerclage // T. M. James, M. A. Nores, S. Stamou // *Thorac Cardiovasc Surg.* – 2020. – Vol. 68 (8). – P. 752–754.

128. Jolly, S. Cabled butterfly closure: a novel technique for sternal closure / S. Jolly, B. Flom, C. Dyke // *Ann Thorac Surg.* – 2012. – Vol. 94. – P. 1359–1361.

129. Kępa, K. Gentamicin-containing collagen implant reduces sternal wound complications after cardiac surgery: a retrospective analysis / K. Kępa, Ł. Krzych, M. Krejca // *International Journal of Surgery.* – 2015. – Vol. 13. – P. 198–206.

130. Khasati, N. Is the figure-of-eight to the simple wire technique for closure of the sternum? / N. Khasati, R. Sivaprakasam, J. Dunning // *Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery.* – 2004. – Vol. 3 (1). – P. 191–194.

131. Kryptonite bone cement prevents pathologic sternal displacement / P. W. Fedak, E. Kolb, G. Borsato [et al.] // *Ann Thorac Surg.* – 2010. – Vol. 90. – P. 979–985.

132. Kunal, S. Mediastinitis in cardiac surgery: A review of the literature / S. Kunal, K. Vishal, K. S. Deepak // *Int J Med Biomed Res.* – 2012. – Vol. 1 (2). – P. 97–103.

133. Kurkluoglu, M. Detachment and dislocation of thermoreactive clips from sternum in late postoperative period due to misuse / M. Kurkluoglu, Z. Arslan,

- A. B. Durukan // *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* – 2012. – Vol. 14 (4). – P. 491–493.
134. Kwanten, L. E. Opioid-based anesthesia and analgesia for adult cardiac surgery: history and narrative review of the literature / L. E. Kwanten, B. O'Brien, S. Anwar // *J Cardiothorac Vasc Anesth.* – 2019. – Vol. 33. – P. 808–816.
135. Lee, J. C. Primary sternal closure with titanium plate fixation: plastic surgery effecting a paradigm shift / J. C. Lee, J. Raman, D. H. Song // *Plast Reconstr Surg.* – 2010. – Vol. 125 (6). – P. 1720–1724.
136. Lehr, R. Sixteen s-squared over d-squared: a relation for crude sample size estimates / R. Lehr // *Statistics in medicine.* – 1992. – Vol. 11. – P. 1099–1102.
137. Li, Y. Effect of topical application of autologous platelet gel on sternal wound infection after cardiac surgery: A meta-analysis / Y. Li, Z. Wu // *Int Wound J.* – 2024. – Vol. 21 (3). – P. 14761.
138. Logistic regression analysis on surgical site infection after open heart surgery / Y. Y. Wu, Y. Liu, W. P. Dong [et al.] // *Chin J Nosocomi.* – 2016. – Vol. 26 (15). – P. 3487–3491.
139. Luciani, N. Polydioxanone sternal sutures for prevention of sternal dehiscence / N. Luciani, A. Anselmi, F. Gandolfo // *J Cardiac Surgery.* – 2006. – Vol. 21. – P. 580–584.
140. Management of the infected median sternotomy wound with muscle flaps. The Emory 20-year experience / G. Jones, M. J. Jurkiewicz, J. Bostwick [et al.] // *Ann Surg.* – 1997. – Vol. 225 (6). – P. 766–776.
141. Median sternotomy / D. Reser, E. Caliskan, H. Tolboom [et al.] // *Multimed Man Cardiothorac Surg.* – 2015. – Vol. 2015. – P. 17.
142. Mediastinitis after cardiac surgery-epidemiology and current treatment / G. Marggraf, F. H. Splittgerber, M. Knox, J. C. Reidemeister // *Eur J Surg Suppl.* – 1999. – Vol. 165. – P. 12–16.
143. Mediastinitis after coronary artery bypass graft surgery. Risk factors and long-term survival / C. A. Milano, K. Kesler, N. Archibald [et al.] // *Circulation.* – 1995. – Vol. 92 (8). – P. 2245–2251.
144. Mediastinitis and cardiac surgery-an updated risk factor analysis in 10,373

consecutive adult patients / J. F. Gummert, M. J. Barten, C. Hans [et al.] // *Thorac Cardiovasc Surg.* – 2002. – Vol. 50 (2). – P. 87–91.

145. Med-Score 24: A multivariable prediction model for poststernotomy mediastinitis 24 hours after admission to the intensive care unit / M. Nieto-Cabrera, C. Fernández-Pérez, I. García-González [et al.] // *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery.* – 2018. – Vol. 155 (3). – P. 1041–1051.

146. Molecular mechanisms of skin wound healing in non-diabetic and diabetic mice in excision and pressure experimental wounds / V. A. Baldassarro, L. Lorenzini, A. Giuliani [et al.] // *Cell Tissue Res.* – 2022. – Vol. 388 (3). – P. 595–613.

147. Multivariate prediction of in-hospital mortality associated with coronary artery bypass graft surgery. Northern New England Cardiovascular Disease study group / G. T. O'Connor, S. K. Plume, E. M. Olmstead [et al.] // *Circulation.* – 1992. – Vol. 85 (6). – P. 2110–2118.

148. Musher, D. M. Acute infection and myocardial infarction / D. M. Musher, M. S. Abers, V. F. Corrales-Medina // *N Engl J Med.* – 2019. – Vol. 380 (2). – P. 171–176.

149. Nasal carriage of *S. aureus* increases the risk of surgical site infection after major heart surgery / P. Munoz, J. Hortal, M. Giannella [et al.] // *J Hosp Infect.* – 2008. – Vol. 6 (1). – P. 25–31.

150. Nešpor, D. A retrospective analysis of deep sternal wound infections after longitudinal median sternotomy / D. Nešpor, J. Fabián, P. Němec // *Cor et Vasa.* – 2015. – Vol. 57 (2). – P. 75–81.

151. Obesity and its cardiovascular effects / C. Ortega-Loubon, M. Fernandez-Molina, G. Singh [et al.] // *Diabetes Metab Res Rev.* – 2019. – Vol. 35 (4). – P. 3135.

152. Okonkwo, U. A. Diabetes and Wound Angiogenesis / U. A. Okonkwo, L. A. DiPietro // *Int J Mol Sci.* – 2017. – Vol. 18 (7). – P. 1419.

153. Omer, S. Polymer cable tie closure of the sternum: is it an acceptable fix / S. Omer // *J Thorac Cardiovasc Surg.* – 2018. – Vol. 156 (4). – P. 1611–1612.

154. Orhan, S. N. A biomechanical study of 4 different sternum closure techniques under different deformation modes / S. N. Orhan, M. H. Ozyazicioglu, A. Colak // *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* – 2017. – Vol. 25 (5). – P. 750–756.

155. Orhan, S. N. Evaluation of sternum closure methods by means of a nonlinear finite element analysis / S. N. Orhan, M. H. Ozyazicioglu // Proc Inst Mech Eng H. – 2019. – Vol. 233 (12). – P. 1282–1291.

156. Pain management after cardiac surgery via median sternotomy: A systematic review with procedure-specific postoperative pain management (PROSPECT) recommendations / T. Maeßen, N. Korir, M. Van de Velde [et al.] // Eur J Anaesthesiol. – 2023. – Vol. 40 (10). – P. 758–768.

157. Postoperative pulmonary complications following thoracic surgery: are there any modifiable risk factors? / P Agostini, H Cieslik, S Rathinam [et al.] // Thorax. – 2010. – Vol. 65. – P. 815–818.

158. Poststernotomy complications: a multimodal review of Normal and abnormal postoperative imaging findings / P. Hota, C. Dass, C. Erkmen [et al.] // Am J Roentgenol. – 2018. – Vol. 211 (6). – P. 1194–1205.

159. Poststernotomy complications: a multimodal review of normal and abnormal postoperative imaging findings / P. Hota, C. Dass, C. Erkmen [et al.] // AJR Am J Roentgenol. – 2018. – Vol. 211. – P. 1194–1205.

160. Poststernotomy mediastinitis: a classification to initiate and evaluate reconstructive management based on evidence from a structured review / J. J. van Wingerden, D. T. Ubbink, C. M. van der Horst, B. A. de Mol. // J Cardiothorac Surg. – 2014. – Vol. 9. – P. 179.

161. Pradeep, A. Recent developments in controlling sternal wound infection after cardiac surgery and measures to enhance sternal healing / A. Pradeep, J. Rangasamy, P. K. Varma // Med Res Rev. – 2021. – Vol. 41 (2). – P. 709–724.

162. Prevention of sternal dehiscence and infection in high-risk patients: a prospective randomized multicenter trial / C. Schimmer, W. Reents, S. Berneder [et al.] // Ann Thorac Surg. – 2008. – Vol. 86 (6). – P. 1897–1904.

163. Prevention of Sternal Wound Infections in Women Using an External Sternum Fixation Corset / K. Selten, H. Schnoering, R. Zayat [et al.] // Ann Thorac Cardiovasc Surg. – 2021. – Vol. 20. – Vol. 27 (1). – P. 25–31.

164. Primary treatment of the infected sternotomy wound with muscle flaps: a

review of 211 consecutive cases / F. Nahai, R. P. Rand, T. R. Hester [et al.] // *J. Plast Reconstr Surg.* – 1989. – Vol. 84 (3). – P. 434–441.

165. Prospective evaluation of a new sternal closure method with thermoreactive clips / A. Negri, J. Manfredi, A. Terrini [et al.] // *Eur J Cardiothorac Surg.* – 2002. – Vol. 22 (4). – P. 571–575.

166. Raman, J. Rigidplate fixation of the sternum / J. Raman, D. Straus, D. H. Song // *Ann Thorac Surg.* – 2007. – Vol. 84 (3). – P. 1056–1058.

167. Randomized, multicenter trial comparing sternotomy closure with rigid plate fixation to wire cerclage / K. B. Allen, V. H. Thourani, Y. Naka [et al.] // *J Thorac Cardiovasc Surg.* – 2017. – Vol. 153 (4). – P. 888–896.

168. Regional anaesthesia in patients on antithrombotic drugs Joint ESAIC/ESRA guidelines / S. Kietaibl, R. Ferrandis, A. Godier [et al.] // *Eur J Anaesthesiol.* – 2022. – Vol. 39. – P. 100–132.

169. Regional anesthesia in cardiac surgery: an overview of fascial plane chest wall blocks / M. Kelava, A. Alfircvic, S. Bustamante [et al.] // *Anesth Analg.* – 2020. – Vol. 131. – P. 127–135.

170. Relationship between the fatty acid composition of rat lymphocytes and immune functions / M. Moussa, J. Tkaczuk, J. Ragab [et al.] // *Br J Nutr.* – 2000. – Vol. 83 (3). – P. 327–333.

171. Review on risk factors, classification, and treatment of sternal wound infection / Y. Song, W. Chu, J. Sun [et al.] // *J Cardiothorac Surg.* – 2023. – Vol. 18 (1). – P. 184.

172. Risk factors and treatment of deep sternal wound infection after cardiac operation / H. Sakamoto, I. Fukuda, M. Oosaka, H. Nakata // *Ann Thorac Cardiovasc Surg.* – 2003. – Vol. 9. – P. 226–232.

173. Risk factors associated with an increased risk of deep sternal wound infections in patients after coronary artery bypass grafting and heart defect surgery / M. Vitartaite, D. Vaiciulyte, J. Vencloviene [et al.] // *Heart Surg Forum.* – 2021. – Vol. 24 (4). – P. 741–745.

174. Risk factors for 1-year mortality after postoperative mediastinitis /

R. Karra, L. McDermott, S. Connelly [et al.] // *J Thorac Cardiovasc Surg.* – 2006. – Vol. 132 (3). – P. 537–543.

175. Risk factors for deep sternal wound infection after cardiac surgery: Influence of red blood cell transfusions and chronic infection / J. B. Cutrell, N. Barros, M. McBroom [et al.] // *Am J Infect Control.* – 2016. – Vol. 44 (11). – P. 1302–1309.

176. Risk factors for mediastinitis after cardiac surgery – a retrospective analysis of 1700 patients / C. Diez, D. Koch, O. Kuss [et al.] // *J Cardiothoracic Surgery.* – 2007. – Vol. 2. – P. 23.

177. Risk factors for mediastinitis and endocarditis after cardiac surgery / J. Gualis, S. Flórez, E. Tamayo [et al.] // *Asian Cardiovasc Thorac Ann* – 2009. – Vol. 17. – P. 612.

178. Risk factors for mediastinitis following cardiac surgery: the importance of managing obesity / S. M. Rehman, O. Elzain, J. Mitchell [et al.] // *J Hosp Infect.* – 2014. – Vol. 88 (2). – P. 96–102.

179. Risk factors for post sternotomy wound complications across the patient journey: A systematised review of the literature / N. Morrell Scott, R. R. Lotto, E. Spencer [et al.] // *Heart Lung.* – 2022. – Vol. 55. – P. 89–101.

180. Risk factors for sternal complications after cardiac operations: a systematic review / S. Balachandran, A. Lee, L. Denehy [et al.] // *Ann Thorac Surg.* – 2016. – Vol. 102 (6). – P. 2109–2117.

181. Risk factors for sternal wound infection after median sternotomy: A nested case-control study and time-to-event analysis / X. Ma, D. Chen, J. Liu [et al.] // *Int Wound J.* – 2024. – Vol. 21 (7). – P. 14965.

182. Risk factors for sternal wound infection after open heart operations vary according to type of operation / K. Meszaros, U. Fuehrer, S. Grogg [et al.] // *The Annals of thoracic surgery.* – 2016. – Vol. 101 (4). – P. 1418–1425.

183. Risk factors for sternal wound infection after open-heart operations: a systematic review and meta-analysis / D. Chen, J. Zhang, Y. Wang [et al.] // *Int Wound J.* – 2023. – Vol. 21. – P. 1–22.

184. Risk factors of infected sternal wounds versus sterile wound dehiscence /

R. H. Fu, A. L. Weinstein, M. M. Chang [et al.] // *Journal of Surgical Research*. – 2016. – Vol. 200 (1). – P. 400–407.

185. Risk of infection in type 1 and type 2 diabetes compared with the general population: a matched cohort study / I. M. Carey, J. A. Critchley, S. DeWilde [et al.] // *Diabetes Care*. – 2018. – Vol. 41 (3). – P. 513–521.

186. Robotic mitral valve surgery-current status and future directions / B. Bush, L. W. Nifong, H. Alwair [et al.] // *Ann Cardiothorac Surg*. – 2013. – Vol. 2 (6). – P. 814–817.

187. Rupperecht, L Deep sternal wound complications: an overview of old and new therapeutic options / L. Rupperecht, C. Schmid // *Open J Cardiovasc Surg*. – 2013. – Vol. 6. – P. 9–19.

188. Russo, P. L. A new surgical-site infection risk index using risk factors identified by multivariate analysis for patients undergoing coronary artery bypass graft surgery / P. L. Russo, D. W. Spelman // *Infect Control Hosp Epidemiol*. – 2002. – Vol. 23 (7). – P. 372–376.

189. Sabaté, S. Predicting postoperative pulmonary complications: implications for outcomes and costs / S. Sabaté, V. Mazo, J. Canet // *Curr Opin Anaesthesiol*. – 2014. – Vol. 27 (2). – P. 201–209.

190. Schade, K. Experimentelle Untersuchungen zur Stabilisierung der Refixation nach medianer Sternotomie / K. Schade, H. Greve // *Langenbecks Arch Chir*. – 1989. – Vol. 374. – P. 20–24.

191. Shumacker, H. B. Continuous antibiotic irrigation in the treatment of infection / H. B. Shumacker, I. Mandelbaum // *Arch Surg*. – 1963. – Vol. 86. – P. 384–387.

192. Skin and soft tissue infections in patients with diabetes mellitus / C. Polk, M. M. Sampson, D. Roshdy, L. E. Davidson // *Infect Dis Clin North Am*. – 2021. – Vol. 35 (1). – P. 183–197.

193. Smoking and alcohol intervention before surgery: evidence for best practice / H. Tønnesen, P. R. Nielsen, J. B. Lauritzen, A. M. Møller // *Br J Anaesth*. – 2009. – Vol. 102 (3). – P. 297–306.

194. Smoking cessation reduces postoperative complications: A systematic

review and meta-analysis / E. Mills, O. Eyawo, I. Lockhart [et al.] // *Am J Med.* – 2011. – Vol. 124. – P. 144–154.

195. Stelly, M. M. Reduction in deep sternal wound infection with use of a peristernal cable-tie closure system: a retrospective case series / M. M. Stelly, C. B. Rodning, T. C. Stelly // *J Thorac Cardiovasc Surg.* – 2015. – Vol. 10. – P. 166.

196. Sternal bands for closure of midline sternotomy leads to better wound healing / S. Bhattacharya, I. Sau, M. Mohan [et al.] // *Asian Cardiovasc Thorac Ann.* – 2007. – Vol. 15 (1). – P. 59–63.

197. Sternal cables are not superior to traditional sternal wiring for preventing deep sternal wound infection / B. Dunne, M. Murphy, R. Skiba [et al.] // *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* – 2016. – Vol. 22 (5). – P. 594–598.

198. Sternal closure with rigid plate fixation versus wire closure: a randomized controlled multicenter trial / J. Raman, S. Lehmann, K. Zehr [et al.] // *Ann Thorac Surg.* – 2012. – Vol. 94 (6). – P. 1854–1861.

199. Sternal healing after coronary artery bypass grafting using bilateral internal thoracic arteries: assessment by computed tomography scan / Y. C. Shin, S. H. Kim, D. J. Kim [et al.] // *Korean J Thorac Cardiovasc Surg.* – 2015. – Vol. 48 (1). – P. 33–39.

200. Sternal instability after midline sternotomy / F. Robicsek, A. Fokin, J. Cook, D. Bhatia // *Thorac Cardiovasc Surg.* – 2000. – Vol. 48 (4). – P. 1–8.

201. Sternal reconstruction with titanium plates in complicated sternal dehiscence / B. Voss, R. Bauernschmitt, A. Will [et al.] // *Eur J Cardiothorac Surg.* – 2008. – Vol. 34 (1). – P. 139–345.

202. Sternal wound closure in the current era: the need of a tailored approach / A. Nenna, F. Nappi, J. Dougal [et al.] // *Gen Thorac Cardiovasc Surg.* – 2019. – Vol. 67 (11). – P. 907–916.

203. Sternal wound infection after cardiac surgery: incidence and risk factors according to clinical presentation / A. Lemaigen, G. Birgand, W. Ghodhbane [et al.] // *Clin Microbiol Infect.* – 2015. – Vol. 21 (7). – P. 674.

204. Sternal wound infections in patients after coronary artery bypass grafting using bilateral skeletonized internal mammary arteries / D. Sofer, J. Gurevitch,

I. Shapira [et al.] // *Ann Surg.* – 1999. – Vol. 229. – P. 585–590.

205. Sternal wound reconstruction: management in different cardiac populations / A. E. Kaye, A. J. Kaye, B. Pahk [et al.] // *Ann Plast Surg.* – 2010. – Vol. 64 (5). – P. 658–666.

206. Surgical site infections, International Nosocomial Infection Control Consortium (INICC) report, data summary of 30 countries, 2005–2010 / V. D. Rosenthal, R. Richtmann, S. Singh [et al.] // *Infect Control Hosp Epidemiol.* – 2013. – Vol. 34 (6). – P. 597–604.

207. Tam, D. Y. Cable ties for chest closure: ZipFix or ZipFail / D. Y. Tam, S. E. Fremes // *J Thorac Cardiovasc Surg.* – 2018. – Vol. 156 (4). – P. 1611.

208. Ten-year experience with Mersilene-reinforced sternal wound closure / M. M. Puc, C. H. Antinori, D. T. Villanueva [et al.] // *Ann Thorac Surg.* – 2000. – Vol. 70 (1). – P. 97–99.

209. The efficacy and side effects of dexmedetomidine and morphine in patient-controlled analgesia method after coronary artery bypass grafting surgery / A. Anvaripour, A. Hossein, M. Kamran [et al.] // *Int J Pharmaceut Res.* – 2018. – Vol. 10. – P. 251–256.

210. The healing sternum: a comparison of osseous healing with wire versus rigid fixation / L. A. Sargent, A. E. Seyfer, J. Hollinger [et al.] // *Ann Thorac Surg.* – 1991. – Vol. 52 (3). – P. 490–494.

211. The history, evolution and basic science of osteotomy techniques / J. Dabis, O. Templeton-Ward, A. E. Lacey [et al.] // *Strateg Trauma Limb Reconstr.* – 2017. – Vol. 12 (3). – P. 169–180.

212. The impact of gender and age in obese patients on sternal instability and deep-sternal-wound-healing disorders after median sternotomy / C. Braun, F. Schroeter, M. L. Laux [et al.] // *J Clin Med.* – 2023. – Vol. 12 (13). – P. 4271.

213. The impact of obesity on immune response to infection: plausible mechanisms and outcomes / G. Muscogiuri, G. Pugliese, D. Laudisio [et al.] // *Obes Rev.* – 2021. – Vol. 22 (6). – P. 13216.

214. The impact of vacuumassisted closure on long-term survival after post-

sternotomy mediastinitis / J. Sjogren, J. Nilsson, R. Gustafsson [et al.] // *Ann Thorac Surg.* – 2005. – Vol. 80 (4). – P. 1270–1275.

215. The median sternal incision in intracardiac surgery with extracorporeal circulation: a general evaluation of its use in heart surgery / O. C. Julian, M. Lopez-Belio, W. A. S. Dye [et al.] // *Surgery.* – 1957. – Vol. 42. – P. 753–761.

216. The median sternotomy: the unkindest cut of all? Pearls, pitfalls, aphorisms, & myths / C. Tribble, W. Merrill, S. Derryberry, G. Parrino // *The Heart Surgery Forum.* – 2021. – Vol. 24 (2). – P. 3781.

217. The metabolic signature of macrophage responses / A. Viola, F. Munari, R. Sanchez-Rodriguez [et al.] // *Front Immunol.* – 2019. – Vol. 10. – P. 1462.

218. The promotional effect of bone wax on experimental *Staphylococcus aureus* osteomyelitis / D. R. Nelson, T. B. Buxton, Q. N. Luu, J. P. Rissing // *J. Thorac. Cardiovasc.Surg.* – 1990.– Vol. 99. – P. 977–980.

219. Thermoreactive clips do not reduce sternal infection: a propensity-matched comparison with sternal wires / V. Srivastava, C. H. Yap, C. Burdett [et al.] // *Interactive CardioVasc Thoracic Surgery.* – 2015. – Vol. 21 (6). – P. 699–704.

220. Use of bone wax is related to increased postoperative sternal dehiscence / C. Alhan, C. Arıtürk, S. Senay [et al.] // *Kardiochirurgia i torakochirurgia polska. Polish journal of cardio-thoracic surgery.* – 2014. – Vol. 11 (4). – P. 385.

221. Use of steel bands in sternotomy closure: implications in high-risk cardiac surgical population / S. Franco, A. M. Herrera, M. Atehortu'a [et al.] // *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* – 2009. – Vol. 8 (2). – P. 200–205.

222. Usui, A. Polydioxane (PDS) cord has insufficient reliability to securely close the sternum / A. Usui, H. Oshima, T. Akita // *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery.* – 2006. – Vol. 131. – P. 1174–1175.

223. Van Sterkenburg, S. Sternal fixation with resorbable suture material / S. Van Sterkenburg, A. Delariviere, F. Vermeulen // *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery.* – 1990. – Vol. 4. – P. 345.

224. Wound complications after median sternotomy: a single centre study. *Interactive cardiovascular and thoracic surgery* / C. Heilmann, R. Stahl, C. Schneider [et

al.] // *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* – 2013. – Vol. 16 (5). – P. 643–648.

225. Wound infections after median sternotomy treated by VAC therapy, summary of results, and risk factor analysis / M. Hulman, B. Bezak, P. Artemiou, R. Cikrai // *Clinical Study.* – 2017. – Vol. 736. – P. 739.

## СПИСОК ИЛЛЮСТРАТИВНОГО МАТЕРИАЛА

Рисунок 2.1.1 – Дизайн исследования (схема). . . . .	С. 45
Рисунок 3.1.1 – Диаграмма количества операций на сердце в условиях ИК, выполненных в 2014–2020 годы. . . . .	С. 58
Рисунок 3.1.2 – Диаграмма удельного веса экстренных и срочных хирургических вмешательств на сердце, выполненных в 2014–2020 годы . . . . .	С. 59
Рисунок 3.1.3 – Диаграмма количества пациентов с осложнениями стернотомии в 2014–2020 годы. . . . .	С. 59
Рисунок 3.1.4 – Диаграмма удельного веса летальных исходов у пациентов после операции на сердце в условиях ИК со стернотомным доступом. . . . .	С. 60
Рисунок 4.1.1 – МСКТ пациента К. на 10-е сутки после АКШ. . . . .	С. 89
Рисунок 4.1.2 – Скриншот программы «Расчет вероятности осложнений стернотомии до операции аорто-коронарного шунтирования» для пациента К. . . . .	С. 90
Рисунок 4.1.3 – Скриншот программы «Расчет вероятности осложнений стернотомии до операции аорто-коронарного шунтирования» для пациента Н. . . . .	С. 92
Рисунок 4.2.1 – Скриншот программы «Расчет вероятности осложнений стернотомии до коррекции клапанных пороков сердца» для пациента П . . . . .	С. 100
Рисунок 4.2.2 – Скриншот программы «Расчет вероятности осложнений стернотомии до коррекции клапанных пороков сердца» для пациента Л. . . . .	С. 101
Рисунок 4.3.1 – МСКТ пациента В. на 5-е сутки после АКШ. . . . .	С. 106
Рисунок 4.3.2 – Внешний вид программного обеспечения для прогнозирования осложнений стернотомии после АКШ. . . . .	С. 107
Рисунок 4.4.1 – МСКТ пациента П. на 8-е сутки после операции и после реостеосинтеза грудины. . . . .	С. 110
Рисунок 5.1 – Одиночный узловый шов сформирован из стальной проволоки № 7 (А) и МедКапрона (В). Схема наложения одиночного	

узлового шва . . . . .	C. 113
Рисунок 5.2 – Сформирован 8-образный шов (1 вариант) из стальной проволоки (А) и полиамидной нити (В). Вид спереди (верхний ряд) и вид сзади (нижний ряд). Схема наложения 8-образного перистернального шва	C. 114
Рисунок 5.3 – Сформирован 8-образный шов (2 вариант) из стальной проволоки (А) и полиамидной нити (В). Вид спереди (верхний ряд) и вид сзади (нижний ряд). Схема наложения 8-образного перикостального шва .	C. 114
Рисунок 5.4. – Модель искусственной грудины со сформированным 8-образным швом из полиамидной нити помещена в разрывную машину ИР-5047-50-10. . . . .	C. 115
Рисунок 5.5 – Среднее расстояния между краями модели при усилии 200 Н для различных способов соединения грудины полиамидной нитью: 1 – одиночный; 2 – 8-образный (1-й вариант); 3 – 8-образный (2-й вариант) . . . . .	C. 117
Рисунок 5.6 – Среднее расстояние между краями модели при усилии 200 Н для различных способов соединения грудины стальной нитью: 1 – одиночный; 2 – 8-образный (1-й вариант); 3 – 8-образный (2-й вариант) . . . . .	C. 119
Рисунок 5.7 – Кривая смещения при фиксации грудины одиночным узловым швом, стальная проволока. . . . .	C. 120
Рисунок 5.8 – Кривая смещения при фиксации грудины 8-образным парастернальным швом, стальная проволока . . . . .	C. 120
Рисунок 5.9 – Кривая смещения при фиксации грудины одиночным узловым швом, полиамидная нить. . . . .	C. 121
Рисунок 5.10 – График уменьшения расстояния между краями модели, соединенной узловым швом из полиамидной нити, после воздействия нагрузки в 200 Н . . . . .	C.122
Рисунок 6.1 – Общий вид программы «СтерноБотПревент». Основное меню, отображаемое пациенту. . . . .	C. 126
Рисунок 6.2 – Окна программы «СтерноБотПревент» . . . . .	C. 127

Рисунок 6.3 – Оценка интенсивности болевого синдрома на основе смайлов «emojı» .....	C. 127
Рисунок 6.4 – Внешний вид окна программы с заключением для пациента (пример) .....	C. 128
Рисунок 6.5 – Данные в виде таблицы, полученные в ходе опроса пациентов. ....	C. 129
Рисунок 6.6 – Компьютерная томография ОГК пациентки И., 71 год при повторном поступлении в стационар (отмечается диастаз грудины в средней трети 11,7 мм, пузырьки воздуха) .....	C. 131
Рисунок 6.7 – Компьютерная томография ОГК пациента Р., 62 года при повторном поступлении в стационар (отмечается диастаз грудины до 6 мм, признаки остеомиелита нижней трети грудины) .....	C. 133
Рисунок 7.1 – 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) .....	C. 141
Рисунок 8.1 – Оценка боли по шкале ВАШ в послеоперационном периоде на 1-е и 5-е сутки после операции. ....	C.151
Таблица 2.2.1.1 – Классификация хирургических осложнений по Clavien – Dindo (2004) .....	C. 51
Таблица 3.1.1 – Структура специфических послеоперационных осложнений пациентов после операции АКШ (n = 1 297) .....	C. 61
Таблица 3.1.2 – Структура специфических послеоперационных осложнений пациентов после клапанной коррекции (n = 709) .....	C. 61
Таблица 3.2.1 – Общая характеристика количественных показателей у пациентов после АКШ (n = 1 297) .....	C. 64
Таблица 3.2.2 – Общая характеристика качественных показателей у пациентов после АКШ (n = 1 297) .....	C. 65
Таблица 3.2.3 – Сравнительный анализ групповых средних количественных признаков в исследуемых группах больных с развитием	

послеоперационных осложнений стернотомии и без осложнений после АКШ (n = 1 297) . . . . .	C. 66
Таблица 3.2.4 – Результаты анализа таблиц сопряжённости при исследовании взаимосвязи качественных показателей с развитием послеоперационных осложнений стернотомии у пациентов после АКШ (n = 1 297) . . . . .	C. 67
Таблица 3.2.5 – Сравнительный анализ групповых средних количественных признаков в исследуемых группах больных после АКШ с развитием гнойных послеоперационных осложнений и без (n = 1 297) . . . . .	C. 69
Таблица 3.2.6 – Результаты анализа таблиц сопряжённости при исследовании взаимосвязи качественных показателей с развитием гнойных послеоперационных осложнений со стороны грудины у пациентов после АКШ (n = 1 297) . . . . .	C. 70
Таблица 3.3.1 – Общая характеристика количественных показателей у пациентов после протезирования клапанов сердца (n = 709) . . . . .	C. 71
Таблица 3.3.2 – Общая характеристика качественных показателей у пациентов после протезирования клапанов сердца (n = 709) . . . . .	C. 72
Таблица 3.3.3 – Сравнительный анализ групповых средних количественных признаков в исследуемых группах больных с осложнениями стернотомии и без осложнений при протезировании клапанов сердца (n = 709) . . . . .	C. 75
Таблица 3.3.4 – Результаты анализа таблиц сопряжённости при исследовании взаимосвязи качественных показателей с развитием послеоперационных осложнений стернотомии после протезирования клапанов сердца (n = 709) . . . . .	C. 76
Таблица 3.3.5 – Сравнительный анализ групповых средних количественных признаков в исследуемых группах больных с гнойными осложнениями со стороны грудины и без осложнений при протезировании клапанов сердца (n = 709) . . . . .	C. 77
Таблица 3.3.6 – Результаты анализа таблиц сопряжённости при	

исследовании взаимосвязи качественных показателей с развитием гнойных послеоперационных осложнений со стороны грудины у пациентов после протезирования клапанов сердца (n = 709) . . . . .	C. 78
Таблица 4.1.1 – Предикторные переменные и коэффициенты уравнения логит-регрессии для расчета риска развития осложнений стернотомии у пациентов при АКШ. . . . .	C. 81
Таблица 4.1.2 – Фактическое и предсказанное по выбранной модели прогноза количество пациентов в исследуемых группах. . . . .	C. 83
Таблица 4.1.3 – Сравнительный анализ предоперационных и интраоперационных факторов риска у пациентов с положительными и отрицательными результатами по модели прогноза осложнений стернотомии для пациентов с АКШ. . . . .	C. 85
Таблица 4.1.4 – Сравнительный анализ тяжести послеоперационных осложнений по Clavien – Dindo, не связанных с доступом, у пациентов с ложноположительными и ложноотрицательными результатами по модели прогноза осложнений стернотомии для пациентов с АКШ. . . . .	C. 87
Таблица 4.1.5 – Осложнения со стороны стернотомии и их степень тяжести у пациентов с ложноотрицательными результатами по программе прогноза (n = 17) . . . . .	C. 87
Таблица 4.2.1 – Предикторные переменные и коэффициенты уравнения логит-регрессии для расчета риска развития осложнений стернотомии у пациентов с пороками сердца. . . . .	C. 93
Таблица 4.2.2 – Фактическое и предсказанное по выбранной модели прогноза количество пациентов в исследуемых группах. . . . .	C. 95
Таблица 4.2.3 – 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. . . . .	C. 96
Таблица 4.2.4 – Сравнительный анализ тяжести послеоперационных	

осложнений по Clavien – Dindo, не связанных с доступом, у пациентов с ложноположительными и ложноотрицательными результатами по модели прогноза осложнений стернотомии для пациентов после протезирования клапанов сердца. . . . .	C. 97
Таблица 4.2.5 – Осложнения со стороны стернотомии и их степень тяжести у пациентов с ложноотрицательными результатами по программе прогноза (n = 5) . . . . .	C. 98
Таблица 4.3.1 – Фактическое и предсказанное по выбранной модели прогноза количество пациентов в исследуемых группах. . . . .	C. 104
Таблица 4.4.1 – Фактическое и предсказанное по выбранной модели прогноза количество пациентов в исследуемых группах. . . . .	C. 109
Таблица 5.1 – Сравнительный анализ прочности различных способов соединения модели грудины и шовных материалов. . . . .	C. 116
Таблица 5.2 – Сравнительный анализ расстояния между краями модели грудины при усилии в 200 Н для различных способов соединения модели грудины и шовных материалов. . . . .	C. 118
Таблица 8.1 – Сравнительный анализ по предоперационным показателям в исследуемых группах пациентов . . . . .	C. 148
Таблица 8.2 – Сравнительный анализ по интраоперационным показателям в исследуемых группах пациентов . . . . .	C. 149
Таблица 8.3 – Сравнительный анализ по показателям раннего послеоперационного периода в исследуемых группах пациентов. . . . .	C. 150
Таблица 8.4 – Сравнительный анализ тяжести послеоперационных осложнений по Clavien – Dindo. . . . .	C. 152
Таблица 8.5 – Частота послеоперационной нестабильности грудины и инфекционных раневых осложнений со стороны доступа. . . . .	C. 153
Таблица 8.6 – Динамика количества лейкоцитов в периферической крови у пациентов в раннем послеоперационном периоде. . . . .	C. 155

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**

(справочное)

**Опросник пациента, представленный в чат-боте «СтерноБотПревент»**

1. Испытываете ли Вы боль в области оперативного вмешательства на грудной клетке?

*Варианты ответов:*

- а) Да, боль усиливается на вдохе
- б) Да, боль усиливается при изменении положения тела
- в) Да, боль появляется после физической или психоэмоциональной нагрузки
- г) Да, боль сопровождается хрустом (звуком щелчка)
- д) Нет, не испытываю

2. Испытываете ли Вы боль в области оперативного вмешательства на нижней конечности (ноге) после проведенного АКШ?

*Варианты ответов:*

- а) Да, отмечается незаживающая рана на ноге
- б) Да, отмечается отделяемое из раны на ноге
- в) Нет, не испытываю

3. Отмечаете ли Вы покраснение кожи в области послеоперационного рубца?

*Варианты ответов:*

- а) Да
- б) Нет

4. Ощущаете ли Вы какую-либо подвижность в области грудины (щелчки)?

*Варианты ответов:*

- а) Да
- б) Нет

5. Отмечаете ли Вы наличие каких-либо выделений из послеоперационной раны на грудной клетке?

*Варианты ответов:*

- а) Да, отделяемое светлого цвета
- б) Да, кровянистое отделяемое
- в) Да, гнойное (мутное) отделяемое
- г) Нет

6. Отмечаете ли Вы повышение температуры тела (лихорадку)?

*Варианты ответов:*

- а) Да, температура тела в пределах 37.0–37.5°C
- б) Да, температура тела в пределах 37.6–38.5°C
- г) Да, температура тела выше 38.5°C
- д) Нет, температура тела в норме

7. Страдаете ли Вы сахарным диабетом?

*Варианты ответов:*

- а) Нет
- б) Да

8. Укажите уровень гликемии утром? (*Появляется только в том случае, если в 7 вопросе пользователь ответил «да»*)

*Варианты ответов:*

- а) до 6 ммоль/л
- б) 6.1–8.5 ммоль/л
- в) более 8.5 ммоль/л
- г) Затрудняюсь ответить

9. Укажите уровень гликемии вечером? (*Появляется только в том случае, если в 7 вопросе пользователь ответил «да»*)

*Варианты ответов:*

- а) до 6 ммоль/л
- б) 6.1–8.5 ммоль/л
- в) более 8.5 ммоль/л
- г) Затрудняюсь ответить

10. Страдаете ли Вы хроническими заболеваниями легких (ХОБЛ)?

*Варианты ответов:*

- а) Да
- б) Нет

11. Отмечаете ли Вы кашель?

*Варианты ответов:*

- а) Да
- б) Нет

12. Отмечаете ли Вы одышку?

*Варианты ответов:*

- а) Да
- б) Нет

13. ИМТ (автоматически высчитывается значение ИМТ и вносится только в таблицу, за этот вопросы баллы не начисляются)

«Укажите Ваш рост (в м)» – пациент вводит рост

«Укажите Ваш вес (в кг) на момент прохождения анкетирования» - пациент вводит вес.

Далее по формуле:  $ИМТ = \text{вес (кг)} / \text{рост (м)}^2$  рассчитывается индекс массы тела, который вносится в ячейку, баллы не начисляются.

14. Визуальная Аналоговая Шкала Боли (ВАШ)

*Баллы за ответ не суммируются с предыдущими вопросами, а просто вносятся в таблицу*

Текст: Уважаемый пациент! Оцените силу своей боли, используя соответствующие смайлы, где первый смайл – отсутствие боли, а последний – самая сильная боль, которую вы бы не смогли терпеть. Введите нужный смайл в поле для ответа (рис. 1).

15. Вопрос со шкалой субъективной оценки состояния здоровья

В чат-боте шкала вместе с инструкцией и формулировкой вопроса представлена в виде картинки (рис.2). Пациент вводит только цифру в текстовом поле чат-бота. Баллы за ответ не суммируются с предыдущими вопросами, а просто вносятся в таблицу.

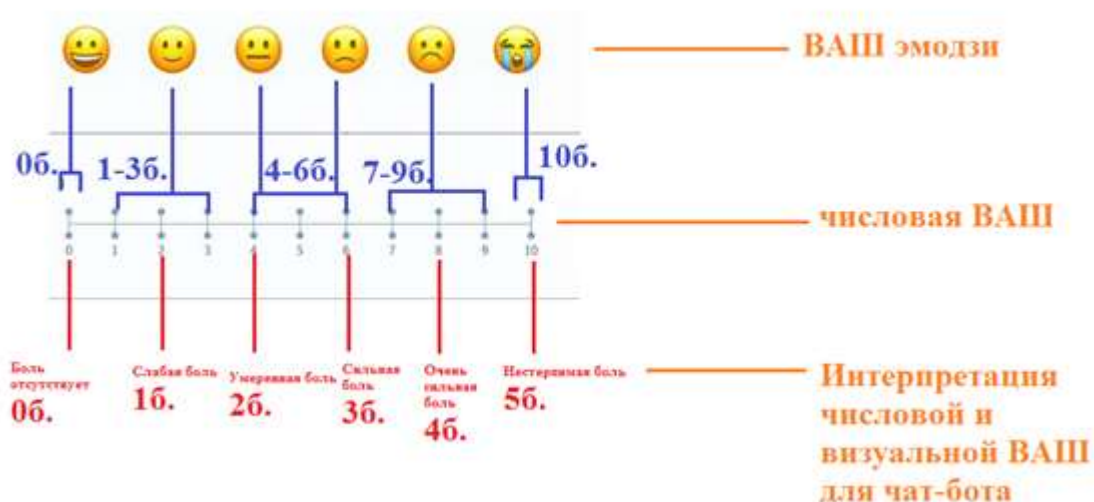


Рисунок 1 – Визуально-аналоговая шкала (вопрос 1, представленная в чат-боте «СтерноБотПревент» (синий цвет – соответствие смайлов баллам по числовой ВАШ, красный цвет – показано, как смайлы переводятся в баллы в итоговой таблице чат-бота)

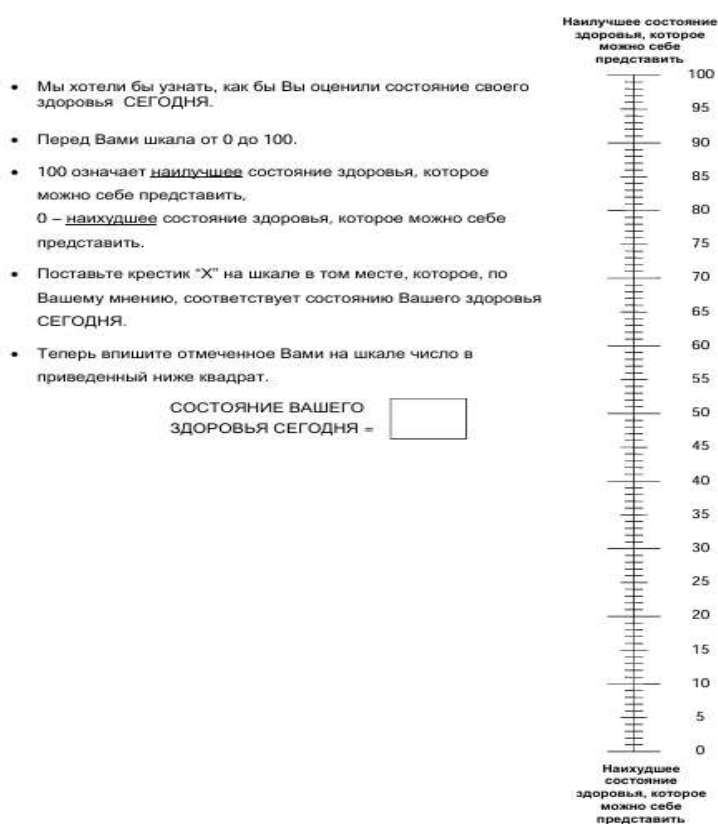


Рисунок 2 – Шкала субъективной оценки состояния здоровья (вопрос 15)

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(справочное)

### Памятка для пациента после операции на сердце и его лечащего врача



## Уважаемый Пациент!

Данную памятку следует передать врачу по месту вашего дальнейшего наблюдения

Для оценки послеоперационного периода после операции на сердце, отсканируйте QR-код, чтобы воспользоваться чат-ботом СтерноБотПревент, с помощью которого Вы сможете:

- Оценить Ваше физическое и психологическое состояние
- Определить, необходима ли Вам консультация врача-специалиста
- Уведомить лечащего врача о Вашем самочувствии и необходимости консультации
- Записаться на консультацию (при необходимости)
- Получить необходимые рекомендации

#### ВНИМАНИЕ!

- Использовать чат-бот и вносить необходимые данные может не только пациент, но и его родственник или лечащий врач (при невозможности самостоятельного использования пациентом)

## УВАЖАЕМЫЙ КОЛЛЕГА!

Данная памятка предназначена для помощи врачу в определении тактики ведения пациентов, перенесших оперативное вмешательство со стернотомическим доступом.

Ниже представлен ряд утверждений, разделенных на блоки, за каждое утверждение начисляется определенное количество баллов. В зависимости от суммы набранных баллов определяются рекомендации по дальнейшему ведению данных пациентов.

Заполнением анкеты и расчетом результата занимается врач!

## ВОПРОСЫ АНКЕТЫ

### 1. ШОВ

- нет проблем с заживлением шва на груди – 0 баллов
- не заживает шов на груди – 1 балл

### 2. ОТДЕЛЯЕМОЕ

- нет отделяемого из раны на груди – 0 баллов
- мокнет рана на груди – 1 балл

### 3. ХРУСТ

- нет хруста в грудине – 0 баллов
- хруст в груди при изменении положения тела – 3 балла

### 4. БОЛИ В ГРУДИНЕ

- нет болей в грудине – 0 баллов
- боли в грудине при изменении положения тела – 1 балл

### 5. ПАТОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДВИЖНОСТЬ ГРУДИНЫ

- нет патологической подвижности грудины – 0 баллов
- есть патологическая подвижность грудины – 5 баллов

## ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ:

- 0-2 балла – пациенту не требуется дополнительных обследований
- 3-4 балла – необходимо выполнение компьютерной томографии органов грудной клетки и консультация сердечно-сосудистого хирурга в плановом порядке
- 5-6 баллов – требуется консультация сердечно-сосудистого хирурга в срочном порядке
- 7 и более баллов – требуется консультация сердечно-сосудистого хирурга в экстренном порядке