

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
ХИРУРГИИ ИМ. А.В. ВИШНЕВСКОГО»  
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

На правах рукописи

**Волчанский Дмитрий Александрович**

**РЕКОНСТРУКЦИЯ ПЕРЕДНЕЙ ГРУДНОЙ СТЕНКИ С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕТЧАТОГО ТИТАНОВОГО ЭНДОПРОТЕЗА  
У ПАЦИЕНТОВ С ТОТАЛЬНОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТЬЮ ГРУДИНЫ**

**3.1.9.**

**Хирургия**

(медицинские науки)

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Научный руководитель:

кандидат медицинских наук

**Печетов Алексей Александрович**

Москва - 2022

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
Глава I. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	8
1.1. Актуальность.....	8
1.2. История вопроса.....	10
1.3. Осложнения со стороны операционного доступа.....	11
1.4. Техники первичного остеосинтеза грудины.....	15
1.5. Способы реостеосинтеза грудины.....	22
Заключение.....	28
Глава II. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	29
2.1    Оцениваемые предоперационные показатели.....	30
2.2    Характеристика клинических наблюдений.....	34
2.3    Лечение.....	42
2.4    Оцениваемые послеоперационные показатели.....	45
2.5    Электронная микроскопия.....	46
2.6    Статистический анализ.....	49
2.7    Оценка эффективности метода.....	49
Глава III. ТЕХНИКА КОМБИНИРОВАННОЙ ТОРАКОПЛАСТИКИ.....	50
3.1    Техника комбинированной торакопластики с использованием сетчатого титанового эндопротеза.....	51
3.2    Техника торакопластики прядью большого сальника с использованием сетчатого титанового эндопротеза.....	59
Глава IV. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ.....	66
4.1    Непосредственные результаты лечения.....	66
4.2    Отдаленные результаты лечения.....	72
4.3    Результаты электронно-микроскопического исследования.....	76
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	80
ВЫВОДЫ.....	88
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	89
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	90
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	91

## ВВЕДЕНИЕ

### Актуальность

Ежегодно в России выполняют около 70 тысяч операций на открытом сердце [111]. Основной хирургический доступ в кардиохирургии – срединная стернотомия, предложен Милтоном в 1897 году [55]. Распространённость заболеваний сердца и сосудов в популяции, рост общей продолжительности жизни, совершенствование медицинских технологий сегодня приводит к появлению малоинвазивных методик, что позволяет у ряда пациентов избежать операцию с использованием срединной стернотомии. Однако вне зависимости от частоты применения эндоваскулярных и торакоскопических операций, частота гнойно-септических осложнений после стернотомии по данным отдельных авторов достигает 4 – 8 %, и сохраняет высокий уровень даже в многопрофильных клиниках, в пределах 0,4 – 3% [47, 92]. Одно из наиболее значимых осложнений в кардио-торакальной хирургии - стерномедиастинит, одним из пусковых механизмов которого выступает частичная или полная несостоятельность шва грудины. Летальность при остром стерномедиастините достигает 14 - 50 % [71]. При достижении контроля над раневым процессом актуальной становится проблема реконструкции передней грудной стенки - замещения обширных дефектов мягких тканей и восстановления каркасной функции передней грудной стенки [78].

Сегодня предложено большое количество методов замещения дефектов грудной стенки, однако не выработан единый подход к выбору реконструктивной операции как у пациентов с асептической нестабильностью грудины, так и у пациентов после многократных хирургических вмешательств.

## **Цель и задачи исследования**

Цель: улучшить результаты лечения пациентов с нестабильностью грудины после проведенных ранее вмешательств на открытом сердце и восходящем отделе аорты с использованием стернотомии.

Задачи:

1. Разработать методику комбинированной реконструкции передней грудной стенки сетчатым титановым эндопротезом у пациентов с тотальной послеоперационной нестабильностью грудины после проведенных ранее операций на открытом сердце и восходящем отделе аорты;
2. Провести анализ непосредственных результатов комбинированной реконструкции передней грудной стенки сетчатым титановым эндопротезом у пациентов с послеоперационной асептической нестабильностью грудины и у пациентов с нестабильностью грудины после этапного хирургического лечения стерномедиастинита;
3. Провести анализ отдаленных результатов реконструкции передней грудной стенки с применением сетчатого титанового эндопротеза у пациентов с послеоперационной асептической нестабильностью грудины и у пациентов с нестабильностью грудины после этапного хирургического лечения стерномедиастинита;
4. Выполнить оценку качества жизни и степени социальной адаптации в периоперационном периоде по неспецифическому опроснику SF-36, шкалам Освестри и данным визуально-аналоговой шкалы боли.

## **Дизайн исследования**

1. Ретроспективное, одноцентровое, нерандомизированное исследование;
2. Период выполнения исследования: сентябрь 2019 г. – август 2022 г.;

3. Объем выборки - 97 пациентов;
4. Длительность наблюдения – от 6 до 54 мес.;
5. Оценка результатов исследования на основе клинико-лабораторных исследований, данных МСКТ грудной клетки до и после хирургического лечения, анализ болевого синдрома (по ВАШ), степени социальной адаптации (опросники Освестри и SF-36) в периоперационном периоде.

### **Материалы и методы исследования**

Исследование проведено на базе отделения торакальной хирургии ФГБУ «НМИЦ хирургии им. А. В. Вишневского» МЗ РФ. Объект исследования – взрослые пациенты (старше 18 лет), которым проведено хирургическое лечение в объеме комбинированной торакопластики. Группу исследования составили 97 пациентов, пролеченные по единому протоколу периоперационного ведения с выполнением комбинированной торакопластики с использованием сетчатого титанового эндопротеза. Протокол представляет собой основанный на фактических данных подход к ведению пациентов, который начинается в предоперационном периоде, распространяется на весь интраоперационный период и заканчивается амбулаторным наблюдением пациентов.

Основными анализируемыми показателями явились:

- 1) Распределение осложнений по степени тяжести на госпитальном и амбулаторном этапе наблюдения в соответствие с классификацией Clavien-Dindo;
- 2) Оценка болевого синдрома с помощью визуально-аналоговой шкалы боли;
- 3) Оценка степени социальной адаптации по шкалам Освестри, SF-36;
- 4) Оценка непосредственных и отдаленных результатов исследования.

### **Научная новизна**

- 1) Разработан новый метод реконструкции передней грудной стенки при нестабильности грудины с использованием сетчатого титанового эндопротеза;
- 2) Проведена оценка эффективности данного метода лечения;
- 3) Проведен сравнительный анализ непосредственных и отдаленных результатов реконструкции передней грудной стенки с применением сетчатого титанового эндопротеза у пациентов с послеоперационной асептической нестабильностью грудины и у пациентов с нестабильностью грудины после этапного хирургического лечения стерномедиастинита.

### **Положения, выносимые на защиту**

- 1) Комбинированная торакопластика сетчатым титановым эндопротезом позволяет снизить риск рецидива нестабильности грудины;
- 2) Комбинированная торакопластика сетчатым титановым эндопротезом является эффективным методом устранения болевого синдрома у пациентов с нестабильностью грудины.

### **Апробация результатов**

По материалам диссертации опубликовано 3 научные работы в рецензируемых ВАК изданиях, одно учебное пособие. Основные положения диссертационной работы изложены на следующих конференциях и конгрессах:

- 1) «II Общероссийский хирургический форум», г. Москва, 12 – 14 апреля 2019г.;

- 2) X международный конгресс «Актуальные направления современной кардио-торакальной хирургии», г. Санкт-Петербург. 17 – 19 июня 2021г.;
- 3) 5 международный научно-практический конгресс «Раны и раневые инфекции», г. Москва, 21 – 23 декабря 2021г.

### **Объем и структура работы**

Диссертационная работа изложена на 104 страницах машинописного текста, состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений, списка литературы, включающего 111 источников (17 отечественных и 94 зарубежных). Диссертация содержит 27 рисунков, 14 таблиц.

## Глава I. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

### 1.1. Актуальность

В течение последних 10 лет в РФ отмечено наращивание объема кардиохирургических вмешательств. Ежегодно выполняется более 70 тысяч операций на сердце и магистральных сосудах средостения [1, 111]. По данным литературы у 0.3 – 8% пациентов развивается нестабильность и/или остеомиелит грудины [47, 77, 83, 92]. Под определением «нестабильность грудины» понимают патологическую подвижность грудины вследствие единичных или множественных переломов ее тела или рукоятки, грудино-реберных разрывов, а также несостоятельности шва грудины, приводящие к развитию болевого синдрома и нарушению функции плечевого пояса. При возникновении гнойно-некротического процесса с вовлечением грудины и клетчатки переднего средостения (стерномедиастинит) летальность достигает 14 - 50 % [71].

Развитие данных осложнений наиболее часто отмечают у пациентов с наличием факторов риска. Данные факторы делят на предоперационные, интраоперационные и послеоперационные. Предоперационные факторы риска, как правило, являются немодифицируемыми. К ним относят женский пол, возраст старше 50 лет, сахарный диабет, остеопороз, хроническая обструктивная болезнь легких, острый эндокардит, постоянная терапия глюкокортикостероидами, фракция сердечного выброса < 40%, креатинин плазмы крови более 120 мкмоль/л, полиорганная недостаточность, системный атеросклероз, дисциркуляторная энцефалопатия, предшествующие операции в зоне грудины и наличие трансплантационного анамнеза, к модифицируемым предоперационным факторам относят ожирение (индекс массы тела свыше 30).

Рисками развития осложнения во время операции служат асимметрично выполненная стернотомия, срочность вмешательства,



нарушение принципов асептики, использование обеих внутригрудных артерий, продолжительность искусственного кровообращения, неправильная техника стернотомии, в том числе первичного остеосинтеза.

К факторам риска, способствующим возникновению нестабильности грудины и/или стерномедиастинита, относят рестернотомию, множественную гемотрансфузию, острый инсульт, длительную госпитализацию с присоединением нозокомиальной инфекции, экстубацию в ранние сроки (до 24 часов), отсутствие коррекции гликемии у пациентов с сахарным диабетом, гипергидратацию и/или эритроцитопению (снижение уровня гематокрита менее 45%), острый эндокардит, СПОН, а также применение синтетических материалов при пластике раны [4, 42, 74, 77].

Немаловажным аспектом развития осложнений со стороны операционного доступа выступает значительное повышение расходов на лечение пациентов, столкнувшихся с развитием осложнений после стернотомии. Так, стоимость лечения пациента со стерномедиастинитом превышает более трех стоимостей лечения пациентов без осложнений, более того – пациенты с инфекционным осложнением требуют дополнительных условий для лечения в стационаре [32, 45].

Еще одной проблемой лечения стерномедиастинита является его рецидивирующее течение. Несмотря на активную хирургическую тактику, местное лечение, в том числе и с применением NPW-терапии, антибактериальное лечение, у более чем 20% пациентов стерномедиастинит приобретает рецидивирующий характер, что ассоциировано с обсемененностью раны *St. aureus* [27].

Актуальным остается вопрос реостеосинтеза грудины, восполнения дефекта передней грудной стенки, восстановления ее каркаса, снижение болевого синдрома и повышения качества жизни данной категории больных.

## 1.2. История вопроса

В 1957 году Julian O.C. детально описал и продемонстрировал срединную стернотомию в качестве основного доступа в кардиохирургии, которую предложил и использовал Milton H. еще в 1897 году с целью удаления измененных лимфатических узлов средостения [55]. Срединная стернотомия – это широкий срединный доступ ко всем органам переднего средостения, позволяет избежать выраженного кровотечения и снизить риски респираторных осложнений в сравнении с боковой торакотомией в послеоперационном периоде [25]. Кроме того, доступ был эффективным и удобным не только для проведения операций на сердце и магистральных сосудах, но также и для выполнения операций на легких, трахее, ее бифуркации и главных бронхах [84]. Так, Y. Watanabe с соавторами (1988г.) широко использовали стернотомию как доступ выбора в случаях одновременной двухсторонней операции при буллезной эмфиземе, спонтанном пневмотораксе, при двустороннем метастатическом поражении легких, при бронхопластической лобэктомии слева, а также в случае завершающей пневмонэктомии по поводу рецидива рака легкого [107].

Более того часть исследователей отмечали низкий болевой синдром, меньшее время операции, более быстрое восстановление показателей респираторной системы и меньшие сроки госпитализации в сравнении с пациентами, которым выполняли операции через боковую торакотомию [19, 62, 107].

Обоснование анатомо-физиологического преимущества доступа исходит из эмбриогенетического развития самой грудины. Формирование грудины происходит в течение первых 10 недель эмбриогенеза из двух, развивающихся навстречу друг другу, независимых половин. После 10 недели данные половины срастаются срединно в кранио-каудальном

направлении. Место соединения в дальнейшем хорошо визуализируется [18, 103].

Такая особенность предопределяет анатомичность выполнения срединной стернотомии. Однако, с ростом числа операций, повышением квалификации хирургов, повсеместном внедрении кардиохирургических технологий стало возможным проводить хирургическое лечение пациентам с множеством факторов риска развития раневых осложнений. Это обусловило рост числа осложнений.

### **1.3. Осложнения со стороны операционного доступа**

Двумя наиболее грозными осложнениями срединной стернотомии принято считать расхождение половин грудины (нестабильность) и нагноение послеоперационной раны с остеолитическим поражением грудины и/или загрудинной клетчатки (остеомиелит грудины и стерномедиастинит).

Впервые термин «послеоперационный стерномедиастинит» был введен в 1976 году в исследовании Fabiani J.N., где автор анализировал причины развития данного осложнения и подходы к лечению группы пациентов [37]. Нестабильность шва грудины, как отдельный вид осложнения срединной стернотомии, была рассмотрена в работе W. Stoney и соавторов в 1978 году [97].

Несмотря на то, что нестабильность грудины может быть следствием травмы или хирургического лечения опухолей грудной стенки, преимущественно это осложнение кардио-торакальных вмешательств. В зарубежной литературе принято разделять нестабильность грудины на раннюю, выявленную в первые 2 недели после операции (в зарубежной литературе “sternal dehiscence”), и позднюю, когда формируется ложный сустав грудины (“sternal non-union”) [87].

На развитие нестабильности и стерномедиастинита влияют одни и те же факторы риска но, в работе Fu R.H. с соавторами (2016) выделены

специфические предикторы развития для каждого из осложнений. Так, использование внутригрудных артерий при шунтировании более значимо для развития гнойно-некротического поражения, нежели для асептической нестабильности грудины (60% против 52%). Это связано, в первую очередь, с нарушением кровоснабжения грудины и ее последующей ишемией. С точки зрения предиктора развития нестабильности шва грудины выступает ожирение, приводящее к чрезмерному механическому растяжению, и, соответственно, к увеличению движения между половинами грудины, препятствуя их репарации (54% против 45%). Ожирение в сочетании с сахарным диабетом нарушает микроциркуляцию, снижает репарационные способности, предрасполагая к развитию инфекционного компонента. Жировая ткань состоит из долек, кровоснабжение которых происходит из терминальных капилляров. Различные нарушения структуры данного капилляра приводят к некрозу дольки, увеличивая «мертвое» пространство, что способствует образованию серомы [42].

Еще одной немаловажной проблемой выступает хронический болевой синдром. Персистирующий болевой синдром в грудине, или стерналгия, у пациентов после стернотомии встречается в 9 - 56% наблюдений [48]. Со значимым болевым синдромом, требующим ежедневного введения наркотических анальгетиков, сталкиваются 10% - 30% пациентов [47, 66]. Хронический болевой синдром - фактор, способствующий ограничению повседневной физической нагрузки и снижению уровня качества жизни [48, 66]. Помимо болевого синдрома значимо на снижение уровня качества жизни влияет сам факт осложненного течения послеоперационного периода. Так, в соответствие с данными анкеты SF-36 в исследовании 2009 года продемонстрирован сопоставимый низкий уровень качества жизни как у пациентов до операции коронарного шунтирования, так и у пациентов со

стерномедиастинитом [60]. Анализ качества жизни является дополнительным подходом к обычной оценке хирургических результатов, поскольку показатели заболеваемости и смертности не дают полной информации о реабилитации пациентов [55, 60]. Более того, отдельные блоки (психическое здоровье и общее психическое благополучие) в анкете SF-36 обладают высокой чувствительностью и специфичностью для диагностики депрессивных расстройств [106].

Зарубежные авторы активно применяют классификацию стеральной раневой инфекции по объему вовлеченных тканей и уровню поражения с целью определения дальнейшей тактики лечения (таблица 1.1) [110]. 1 тип – поверхностная инфекция, вовлекающая подкожную клетчатку (в зарубежной литературе SSWI), 2 тип – раневая инфекция, вовлекающая глубокие слои передней грудной стенки, в том числе грудины и клетчатку переднего средостения, или DSWI [34].

Таблица 1.1.

Классификация раневой инфекции по объему поражения грудной стенки

Тип раневой инфекции	Подтипы	Объем поражения
SSWI	I	Кожа и подкожная клетчатка
DSWI	IIA	Без поражения грудины и ретростеральной клетчатки
	IIB	Ретростеральная клетчатка
	IIC	Стерномедиастинит
	IID	Выраженный остеомиелит

El Oakley и Wright (1996г.), основываясь на локализации инфекционного компонента, факторах риска и прошедшего с момента первичной операции времени, предложили разделить раневую инфекцию

вне зависимости от наличия нестабильности шва грудины на типы (таблица 1.2).

Таблица 1.2.

Классификация глубокой стеральной раневой инфекции [34]

Подтипы	Время с момента операции	Наличие факторов риска	Дополнительный критерий
I	До 2-х недель	0	-
II	2 – 6 недель	0	-
IIIa	До 2-х недель	$\geq 1$	-
IIIb	2 – 6 недель	$\geq 1$	-
Iva	Тип I, II или III	-	Неудачная попытка лечения
IVb	Тип I, II или III	-	$\geq 2$ попыток лечения
V	> 6 недель	-	-

ХОБЛ - еще одна причина развития нестабильности шва грудины, поскольку кашель, как механический фактор, благодаря резкому повышению внутригрудного давления и сокращению мышц передней грудной стенки воздействует периодическим растяжением на шов грудины. Это приводит к постепенному ослаблению шва или к прорезыванию им кости. Так, в ретроспективном исследовании S. Celik с соавторами (2011) сравнил 328 пациентов с ХОБЛ (с различной степенью выраженности) с 514 пациентами без наличия сопутствующего заболевания. Всем пациентам был выполнен первичный остеосинтез проволокой по типу восьмиобразного шва. Установлено, что у пациентов с обструктивной болезнью легких частота расхождения половинок грудины значительно выше, чем у пациентов без ХОБЛ (7,9 % по сравнению с 1,2%). При этом частота развития нестабильности грудины зависит от

стадии заболевания - (3,5% пациентов с ОФВ1 60% и 70% в сравнении с 45,4% среди пациентов с ОФВ1 30% и 40%) [23].

Основные механические силы, воздействующие на шов грудины после ушивания и приводящие к развитию нестабильности, широко представлены в работе W. McGregor (1999). Автор исследовал данные силы в различных направлениях – латеральном, переднезаднем и краниально-каудальном. Исследователь пришёл к выводу, что наибольшее значение имеет сила отведения больших грудных мышц, а нестабильность грудины формируется благодаря прорезыванию стальными лигатурами кости, а не нарушению целостности самих лигатур [68].

Еще один значимый фактор риска нестабильности грудины описан в работе А.А. Вишневого с соавторами (2012) – это асимметричное выполнение стернотомии. Асимметричную стернотомию выявляют у 1/3 пациентов с нестабильностью грудины и стерномедиастинитом. Развитие нестабильности грудины в данном случае обусловлено большей нагрузкой на меньший фрагмент грудины и его пониженной прочностью. У таких пациентов выполнение остеосинтеза даже по комбинированной методике может не иметь успеха [3].

#### **1.4. Техники первичного остеосинтеза грудины**

Несмотря на приведенные выше предикторы развития осложнений, в качестве основного действующего фактора следует рассматривать характеристику материала и технику выполнения остеосинтеза грудины.

Учитывая разнообразие способов шва раневого дефекта, каждый из них, прежде всего, должен соответствовать принципам остеосинтеза.

Выделяют следующие принципы остеосинтеза:

- 1) Репозиция фрагментов кости;
- 2) Жесткая фиксация фрагментов, исключая их подвижность;
- 3) Сохранность кровоснабжения репозиционируемой кости;

#### 4) Ранняя активизация поврежденного сегмента.

Данные принципы были сформулированы Ассоциацией остеосинтеза [69].

Материалы, применяемые для стернарафии, должны распределять силу по большей площади поверхности, обеспечить прочную фиксацию половин грудины благодаря более точному и достаточно прочному сопоставлению [68].

Среди способов первичного остеосинтеза грудины следует выделить:

- 1) лигатурный шов;
- 2) остеосинтез с применением бандажных или ленточных фиксаторов;
- 3) остеосинтез с использованием клипс на основе сплавов металлов (никелид титана);
- 4) наkostный остеосинтез конструкциями из различных металлических сплавов.

Основные способы первичного остеосинтеза грудины представлены таблице 1.3

#### 1) Лигатурный шов

Шов стальной лигатурой в данный момент является «золотым стандартом» первичного остеосинтеза грудины. За время своего существования метод претерпел множество модификаций, среди наиболее востребованных используют простой узловый шов грудины, лигатурный шов грудины по типу «восьмерки», шов по типу «бабочки», шов Робичека (для пациентов с факторами риска развития несостоятельности шва грудины) [54, 86, 87, 97].

Как правило, для первичного шва грудины используют стальную лигатуру типоразмеров №7 и №8 (диаметр 0,7мм и 0,8мм соответственно).

К преимуществам шва стальной лигатурой относят достижение стабильной репозиции у большинства пациентов, достаточно низкую



Таблица 1.3.

## Методы первичного остеосинтеза грудины

Метод	Авторы	Материал и способы	Преимущества	Недостатки
Лигатурный	Julian O.C., Jolly S., Robicsek F., Taber R.E.	Полидиаксanon	Биологически более инертный материал в сравнении с другими	Ограниченное применение (дети, ИМТ <25)
		Узловой шов стальной лигатурой	*Позволяет обеспечить стабильность большинства пациентов *Низкая стоимость	*Необходимо $\geq 7$ лигатур *Прорезывание швов у пациентов с остеопорозом, на фоне ХОБЛ
		Шов стальной лигатурой по типу восьмерки	Обеспечивает захват большей площади поверхности	Неоднозначные результаты по данным литературы
		Butterfly-шов	Обеспечивает захват большей площади поверхности	Не распространен
		Метод Robicsek	Применимо у пациентов с факторами риска	*Неоднозначные результаты в литературе *Нарушение коллатерального кровоснабжения грудины *Увеличенное время операции *Неудовлетворительная репозиция концов грудины

Бандажный	Riess F.C., Kalush S.L.	Стальные ленточные фиксаторы	*Применимо у пациентов факторами риска *Обеспечивает захват большей площади поверхности	*Невозможно адаптировать к форме грудины *Трудно удалим в случае рестернотомии *Нет запирающего устройства Высокая стоимость
		Sternal ZipFix	*Просты в использовании *Применимо у пациентов факторами риска	*Сохраняющаяся подвижность фиксатора *Нет в широком применении *Отсутствуют исследования на больших группах больных
Терморреактивные клипсы (фиксаторы из никелида титана)	Вишневский А.А., Negri A.	FlexiGrip Thermoclips, Фиксаторы из никелида титана с эффектом памяти формы (КИМПФ)	*Большая репозиция и стабильность грудины *Легко удалим при рестернотомии *Меньший риск прорезывания грудины *Большая биосовместимость	*Высокая стоимость *Отсутствуют исследования на больших группах больных
Накостный остеосинтез с применением сложных систем фиксации	Raman J., Dell' Amore A.	SternumFix SternaLock Synthess	*Применимо у пациентов факторами риска *Стабильная фиксация *Сохраняет кровоснабжение грудины *Уменьшение времени операции *Быстрая активизация *Уменьшенное время госпитализации	*Нет в широком применении *Трудно удалим в случае рестернотомии *Возможное развитие нестабильности грудины в отсроченные сроки у пациентов с ИМТ>40 *Высокая стоимость *Переломы пластины у пациентов с ИМТ>40

стоимость материала. К недостаткам метода можно отнести достаточно большое число швов, необходимых для репозиции грудины, а также – возможный риск развития нестабильности грудины у пациентов с остеопорозом или асимметрично рассеченной грудью, что связано с прорезыванием грудины [74].

Friberg O. с соавторами (2006) установил, что применение 7 и более лигатур снижает риск развития нестабильности грудины до 0.4% за счет более жесткой фиксации половин грудины [41].

По данным крупных исследований разницы в результатах между применением обычного проволочного шва и его модификациями нет [58].

Частота раневой инфекции, вызванная инородным телом грудины, побудила часть хирургов использовать рассасывающийся шовный материал при срединной стернотомии, ожидая снижение числа осложнений [90]. Данный метод имеет ограниченное применение (пациенты детского возраста, с ИМТ < 25) и не может быть применен на потоке [64].

## 2) Бандажные или ленточные фиксаторы

Впервые стальной ленточный фиксатор был использован в 1958 г. с целью фиксации перелома грудины [46]. Данный бандаж обладает большей площадью в сравнении с обычной стальной лигатурой, что позволяет лучше распределить давление по грудью. Это обеспечивает стабильность репозиции и снижает риск прорезывания самой грудины.

Преимущества метода - снижение длительности операции, болевого синдрома, осложнений при установке данной «ленты» [56]. Среди недостатков невозможность полноценной адаптации к форме грудины, невозможность быстрого удаления в случае рестернотомии, а также высокая стоимость.

В качестве перспективы усовершенствования метода в исследовании Riess F.C. с соавторами (2004) отметили снижение числа случаев

нестабильности грудины и стерномедиастинита (с 2,9% и 0,9% до 0,3% и 0,2% соответственно) при использовании комбинации из 8 проволочных швов и одного стального ленточного фиксатора [85].

Новой вехой в развитие бандажных фиксаторов стало появление Sternal ZipFix (DePuy Synthes Inc., West Chester, Pennsylvania, США) - фиксатора на основе полимеров. Предполагалось снижение риска развития нестабильности грудины и снижение болевого синдрома за счет большей жесткости и лучшей репозиции, что могло обеспечить применение ZipFix у пациентов с рисками развития раневых осложнений [75]. Однако различия в степени снижении болевого синдрома и частоты раневой инфекции в сравнении со стандартным способом стернотомии не выявлено [66, 69].

В экспериментальном исследовании, сравнивая методы стернотомии (лигатурный и с применением ленточных фиксаторов), авторы не обнаружили значимых различий между ними в отношении устойчивости шва к статическим нагрузкам [78].

### 3) Остеосинтез с применением нитиноловых клипс

Никелид титана (нитинол) представляет собой гетерофазный сплав NiTi, обладающий биологической инертностью и износостойкостью в сравнении с другими материалами. Отличительной особенностью изделий из данного сплава выступает эффект памяти формы, сверхупругость и саморегулируемая компрессия, что позволяет при воздействии температур легко установить данный фиксатор (ЗАО "КИМПФ" г. Москва, Россия; Flexigrips – Preasidia SRL, Bologna, Италия) и обеспечить надежную репозицию грудины (рисунок 4) [36, 99, 101].

Некоторые авторы не отмечают разницы в развитии раневой инфекции между стандартным методом остеосинтеза и применением фиксаторов из никелида титана [95]. Большинство исследователей отмечают значимое снижение частоты нестабильности грудины, сокращение времени операции, болевого синдрома, более раннюю

активизацию пациентов, а также применение данных фиксаторов выгодно с точки зрения уменьшения экономических затрат [2, 20, 21, 73, 95]. Несмотря на перечисленные преимущества, есть сообщения о переломах фиксатора и его дислокации, а также увеличенном времени рестернотомии, однако оба фактора напрямую связаны с нарушением техники установки клипс [22, 74, 100].

#### 4) Накостный остеосинтез

Первичный наkostный остеосинтез грудины с помощью титановых пластин и различных закрепляющих устройств на их основе обеспечивает жесткий каркас грудины, что исключает подвижность половин грудины на всем протяжении. Данный метод остеосинтеза давно и эффективно используют в травматологии, ортопедии, нейрохирургии, офтальмологии, челюстно-лицевой хирургии и онкологии с целью конгруэнтного сопоставления костных отрезков с целью ускорить их репарацию и для ранней активизации пациента [50, 51, 80, 89, 102].

К наиболее известным системам в настоящий момент относят: Synthes (DePuy Synthes Inc., West Chester, Pennsylvania, США), SternumFix (B-Braun, Великобритания), SternaLock (ZimmerBiomet, Jacksonville, США). Выполнение рестернотомии с использованием таких систем удовлетворяет всем принципам остеосинтеза и позволяет активизировать пациентов в ранние сроки [74].

Ozaki W. и группой ученых в сравнительном экспериментальном исследовании (1998) продемонстрированы преимущества наkostного остеосинтеза грудины титановыми пластинами над лигатурным швом в виде меньшего бокового смещения грудины при воздействии на нее сил, снижения подвижности грудины в проекции стернотомии, а также уменьшение точек переломов грудины [79].

В рандомизированном исследовании Raman J. с соавторами (2012) у пациентов в группе фиксации титановыми пластинами было

продемонстрировано снижение болевого синдрома в первые недели после операции, а также - лучшая консолидация грудины в сроки 3 и 6 мес., в отличие от группы стандартной стернотомии, однако, значимой разницы в частоте осложнений в ранние сроки не отмечено [81, 82].

Среди недостатков метода отмечены большие трудности при экстренной рестернотомии, дороговизна данных систем, не позволяющая использовать их на потоке [42]. Использование титановых пластин не рекомендовано у пациентов с экстремальным ожирением (ИМТ >40), поскольку способствует образованию поперечных переломов грудины и формированию ее поздней нестабильности [42].

### **1.5. Способы реостеосинтеза грудины**

Вопрос о повторном шве при его несостоятельности или в исходе лечения инфекционного процесса актуален всегда. В настоящий момент отсутствует единый подход, а также стандартные методы и материалы для его популяризации, как в нашей стране, так и за рубежом [28].

Принципиально категорию больных с нестабильностью грудины необходимо разделить на 2 большие группы: 1) пациенты с асептической нестабильностью грудины и с 2) инфицированной нестабильностью грудины.

#### **1) Реконструкция грудины при асептической нестабильности грудины**

Как правило, формирование асептической нестабильности грудины происходит в сроки более 3 мес. после операции и характеризуется формированием ложного сустава грудины [87, 109]. По данным литературы четких сроков выполнения реостеосинтеза нет, однако следует учитывать данные МСКТ-исследования – свободно лежащие костные фрагменты могут служить источником инфекции или травматического повреждения окружающих органов [105].

Известны разные виды формирования повторного проволочного шва, их сильные и слабые аспекты [17]. В связи с этим, как правило, реостеосинтез выполняют иными способами фиксации: скобами из NiTi, системами фиксации титановыми пластинами [17, 57]. Vos R. с коллегами (2016) представил собственный положительный опыт реконструкции грудины с использованием системы на костного остеосинтеза Synthes, дополненной фиксацией проволочными швами и миопластикой мобилизованными лоскутами больших грудных мышц [104].

Как правило, рецидивы нестабильности грудины (до 20%) после реостеосинтеза встречаются в группах использования классических способов ушивания с применением стальных лигатур [39, 77].

## 2) Реконструкция грудины после этапного лечения стерномедиастинита

В течение первого этапа лечения выполняют хирургическую обработку передней грудной стенки с удалением всех металлоконструкций, некрсеквестрэктомия с резекцией грудины в пределах здоровых тканей [9, 89]. У ряда больных для достижения стерильности раны выполняют более одной хирургической обработки. В отдельных случаях ввиду тотального инфекционного поражения грудины выполняют стернумэктомию. Это влечет за собой формирование костного дефекта, самостоятельное заживление которого невозможно. Такой дефект называют критическим, его критерием служит дефект костной поверхности площадью  $\geq 100 \text{ см}^2$ . Данное условие представляет технические трудности пластики таких ран [40, 58, 63, 94]. Для ускорения процессов регенерации раны используют метод местной терапии, основанный на применении отрицательного давления или negative pressure wound treatment (NPWT). В работе Левчука А. Л. (2020) представлен анализ применения метода отрицательного давления в лечении инфицированных ран [10]. Отмечено, что ускорение процесса заживления

раны на фоне применения отрицательного давления происходит за счет уменьшения ее размеров и удаления экссудата, что способствует нейроангиогенезу, процессам пролиферации клеток и образованию грануляционной ткани [10].

Локальное отрицательное давление способствует удалению излишнего экссудата из раны с продуктами лизиса тканей и микроорганизмами, что приводит к невозможности образования колоний и биопленок [10].

После достижения второй фазы раневого процесса приступают к следующему этапу лечения – реконструктивно-пластической операции.

### 2.1) Миопластика

Среди используемых мышечных лоскутов выделяют лоскуты больших грудных мышц, прямых мышц живота и широчайшей мышцы спины. В практике наиболее часто используют лоскуты больших грудных мышц [57]. Несмотря на потерю пациентами некоторых функций верхней конечности, по выражению J. Eriksson (2011): «потеря целостности скелета передней грудной стенки - более инвалидизирующее состояние» [35]. Часть авторов демонстрируют необходимость при обширных ранах выполнять дополнительную пластику лоскутом прямой мышцы живота [26, 108]. Отрицательным моментом забора данных лоскутов является развитие грыж передней брюшной стенки в 13% [90].

Отдельные исследования посвящены пластике обширных дефектов грудной стенки перемещенными свободными кожно-мышечными лоскутами с выполнением сосудистого анастомоза – данный способ является альтернативой у пациентов, которым по тем или иным причинам невозможно выполнить пластику большими грудными или иными мышечными группами близлежащей локализации [99].



## 2.2) Лоскут большого сальника

При сформированном критическом дефекте грудины аутопластики различными видами мышечных лоскутов может быть недостаточно [39]. С целью наиболее эффективной стабилизации грудной клетки и предотвращения развития дыхательной недостаточности для реконструкции грудины большинство исследователей используют перемещенную прядь большого сальника, конструкции на костного остеосинтеза, а также различные костные ауто- и аллотрансплантаты [24, 29, 39, 48, 70, 94, 105, 109].

Торакооментопластику отдельные авторы признают «крайним» методом аутопластики. Он оправдан в условиях дефицита мышечных лоскутов, вследствие их использования ранее или развития явлений дистрофии [70, 94]. Ряд авторов выделяют сальник лапароскопическим способом [13].

В ряде случаев оментопластику комбинируют с на костным остеосинтезом с фиксацией титановых пластин к ребрам. По данным Н. Fawzy (2011г.) 2,5 - 24% больных сталкиваются с развитием отграниченного жидкостного скопления в субпекторальном пространстве (серома, гематома), в следствие широкой мобилизацией мышечных лоскутов, а также, до 50% с продолжительным послеоперационным болевым синдромом [39, 91].

## 2.3) Сетчатые эндопротезы

Некоторые авторы с целью отграничения плевральной полости или переднего средостения при резекциях грудино-реберного комплекса, в том числе полнослойных, используют сетчатый эндопротез [61, 89]. Среди часто используемых - синтетические не рассасывающиеся эндопротезы, состав которых включает полипропилен, полиэстер или политетрафторэтилен. Отрицательной стороной применения сетчатого эндопротеза является его инфицирование в 10 - 25% случаев [89].

Альтернативой синтетическим служат сетчатые эндопротезы на основе титана и его сплавов. Их используют в реконструкции костного каркаса не только грудной клетки, но и позвоночника, костей лицевого скелета и черепа [57]. Титановый сетчатый эндопротез обладает большей прочностью, чем синтетический, сохраняя такую же пластичность.

В работе Черепановой Т.В. (2020) представлен опыт применения сетчатого титанового эндопротеза у пациенток с грыжами передней брюшной стенки. В эксперименте, проведенном на биологических моделях, изучены морфологические изменения тканей в зоне установки сетчатого титанового эндопротеза. Установлено, что регенерация тканей брюшной стенки после операции происходит в том числе за счет активного прорастания тканей в ячеистые структуры эндопротеза. В отдаленном послеоперационном периоде в месте имплантации происходит превращение образованной ткани в плотную соединительную ткань с формированием единого полноценного регенерата, что восстанавливает каркасную функцию брюшной стенки [15].

Инертность титана позволяет снизить риск инфицирования, однако для лучшей реконструкции грудины изолированного применения недостаточно, поскольку эндопротез не обеспечивает должную стабилизацию грудной стенки [89]. В своем исследовании I. Dimarakis (2001) комбинирует титановый эндопротез с применением титановых пластин, достигая положительный результат [31]. В отдельных клинических ситуациях возможно выполнение торакооментопластики в сочетании с титановым эндопротезом.

Титановый эндопротез позволяет активно прорасти соединительной ткани, армируя грудную стенку и формируя дополнительные точки фиксации [8, 11].

#### 2.4) Трансплантаты

В качестве перспективного метода реконструкции критического костного дефекта грудной стенки в своей обзорной статье S. Sanna с коллегами (2017) указывает использование заготовленного особым способом аллогенного костного трансплантата с дополнительным его креплением титановыми пластинами. Основным преимуществом метода выступает возможность аллотрансплантата участвовать в процессе реваскуляризации и репопуляции клеток. Основное ограничение применения костных аутоотрансплантатов связано с количеством препарата, которое может быть извлечено и имплантировано в грудную стенку. При данном способе аллотрансплантат необходимо укрывать лоскутом больших грудных мышц, чтобы нивелировать ишемизацию и пролежень в проекции установки титановых пластин [89].

Мы считаем, что при выборе данного метода следует дополнительно использовать прядь большого сальника с целью создания массива тканей и отграничения аллотрансплантата от органов средостения с целью профилактики пролежней магистральных сосудов.

## Заключение

Проблема реостеосинтеза грудины и восстановления каркаса передней грудной стенки после хирургического лечения стерномедиастинита не теряет своей актуальности в настоящее время. Описанные методы восстановления каркаса грудной стенки имеют свои положительные стороны и недостатки. Однако в настоящий момент отсутствует четкая систематизация и показания к каждому способу восстановления рассеченной грудины, классификация данных способов громоздка и не учитывает всех особенностей пациента.

Таким образом, это приводит к неверному выбору метода остеосинтеза. Данный вопрос первостепенный и в группе пациентов, требующих реостеосинтеза грудины и реконструкции грудной клетки. Необходимый выбор в данной ситуации лежит среди методов повторного шва грудины, миопластики, методов наcostного остеосинтеза и комбинации данных методов. Учитывая, что ни один способ реконструкции не способен максимально обеспечить положительный результат, в том числе и высокое качество жизни после операции в связи с нарушением функции плечевого пояса и развитием тяжелого болевого синдрома, целью работы стал поиск наиболее оптимального способа реконструкции грудины у пациентов с несостоятельностью ее шва и после этапного лечения пациентов со стерномедиастинитом.

## **Глава II. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Работа выполнена на базе отделения торакальной хирургии ФГБУ «НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского» МЗ РФ, представлена нерандомизированным одноцентровым ретроспективным исследованием. В исследование включено 97 пациентов, находившихся на стационарном лечении в период с января 2016 г. по декабрь 2018 г. с диагнозом «послеоперационная нестабильность грудины». В анамнезе у всех больных проведены операции на сердце и магистральных сосудах средостения с рассечением грудины. Работа одобрена этическим комитетом ФГБУ «НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского» МЗ РФ. На стационарное лечение пациенты поступали в плановом порядке.

Критерии включения:

- пациенты в возрасте старше 18 лет;
- стернотомия выполнена как этап операции на сердце и магистральных сосудах средостения;
- осложнения после срединной стернотомии, включающие развитие ложного сустава грудины и стерномедиастинит, сопровождающиеся клинической симптоматикой:
  - наличие дефекта передней грудной стенки;
  - болевой синдром в грудине;
  - наличие нестабильности грудины по данным МСКТ-исследования органов грудной клетки;
- единый протокол пред- и послеоперационного ведения, включая методы обследования и оценки результатов;
- информированное согласие пациента на включение в исследование;

Критерии исключения:

- отсутствие клинического течения заболевания;

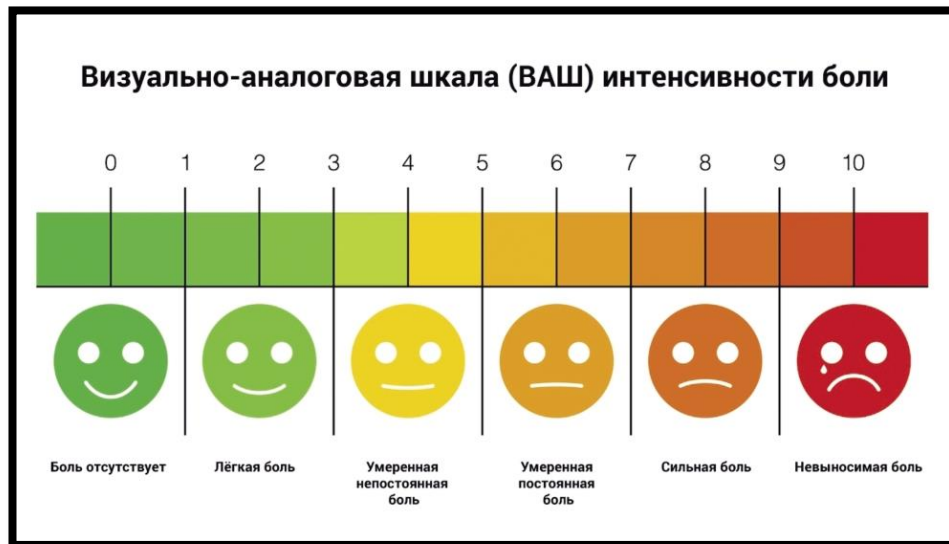
- высокий уровень коморбидности пациента – наличие декомпенсированного состояния (терминальные виды органной недостаточности)
- неявка пациента на одно или несколько промежуточных этапов обследования.

## **2.1 Оцениваемые предоперационные показатели**

Всем пациентам, включенным в исследование, разъяснена цель лечения, ими подписано добровольное информированное согласие.

У всех пациентов основной жалобой выступал болевой синдром и смежное с этим ограничение движения в плечевом поясе. При первом осмотре пациента проводили оценку локального статуса, при этом отмечали признаки нестабильности грудины при пробе с кашлевым толчком, функциональную ограниченность движений в плечевом поясе, наличие местных проявлений раневой инфекции в виде свищей или обширной раны, ее размеры, форму, вовлеченность подлежащих тканей. У 62 (64%) пациентов отмечены признаки раневой инфекции (остеомиелита грудины и стерномедиастинита).

Все больные обследованы по единому протоколу, который включал в себя анализ функционального статуса больного, его полиморбидность. Клиническое обследование – выраженность болевого синдрома, оценка степени функциональной дезадаптации и качества жизни на основе опросников ВАШ (рисунок 2.1), Освестри и SF-36.



*Рисунок 2.1. Визуально-аналоговая шкала боли*

Анкета SF-36 (англ. The Short Form-36) — широко используемый опросник, применяемый с целью оценки качества жизни пациентов в различных областях медицины. SF-36 включает в себя 36 вопросов, сгруппированных в восемь шкал: физическое функционирование, ролевая деятельность, телесная боль, общее здоровье, жизнеспособность, социальное функционирование, эмоциональное состояние и психическое здоровье. Показатели данной анкеты представляют в виде процентного значения. Каждый из показателей составляет две группы - психологический и физический компоненты здоровья, в зависимости от уровня которых оценивают уровень качества жизни.

Индекс Освестри (The Oswestry Disability Index, сокр. ODI) – анкета, используемая с 1980 г. для оценки влияния болевого синдрома на повседневную активность. Изначально данный индекс использовали для оценки выраженности боли в пояснице и ее влияние на функциональное состояние пациентов.

Опросник включает в себя десять вопросов с несколькими вариантами (6) ответа, наиболее точно описывающими состояние пациента. Каждый из вопросов акцентирует внимание пациента на трудности выполнения того или иного действия ввиду болевого синдрома.

Тезисы данной анкеты включают в себя оценку интенсивности болевого синдрома, его влияние на возможность подъема тяжестей, способность самостоятельно ухаживать за собой. Влияние болей на возможность ходьбы, сидение, сексуальную функцию (наиболее часто пропускается пациентом, ввиду чего в последних редакциях анкеты вопрос изменен на возможность работы в быту), способности стоять, социальной жизни, качества сна и способности путешествовать. Каждый вопрос может быть оценен по шкале от 0 до 5, при этом первое утверждение, равное нулю, указывает на наименьшую степень функциональной ограниченности пациента, а последнее - на наиболее тяжелую ограниченность [38]. После подсчета категорий устанавливают степень ограничения жизни пациента в связи с наличием болевого синдрома (таблица 2.1).

Таблица 2.1

Значения индекса Освестри

<b>Набранный показатель</b>	<b>Уровень ограничения повседневной жизнедеятельности</b>
0-8%	отсутствие
10-28%	небольшое
30-48%	умеренное
50-64%	серьезное
70-100%	полное

Лабораторное обследование включало общий анализ крови (анализатор CellDynRuby, Abbott, США), общий анализ мочи, биохимический анализ крови (анализатор ArchitectC4000, Abbott, США), определение группы крови и резус-фактора (анализатор Qwaliss Evo, Франция), коагулологическое исследование крови (ACL TOP 700, Instrumentation Laboratory, США), маркеры инфекции (антиген/антитело ВИЧ 1/2, HbsAg, антитела к HCV, антитела к бледной трепонеме).



В качестве инструментального обследования выполняли УЗДГ сосудов нижних конечностей для определения наличия тромбов в системе глубоких вен нижних конечностей и выраженности атеросклероза, эхокардиографию с целью определения выраженности сердечной недостаточности и функциональных резервов пациента.

Принципиально выполняли МСКТ органов грудной клетки, с помощью которого возможно оценить отсутствие или наличие, а также количество поперечных переломов грудины, протяженность сформированного ложного сустава, наличие асимметричного распила кости, состояние ретростеральной клетчатки, топографию близлежащих органов, наличие инородных тел, степень плотности компактного вещества кости и надкостницы. Пациентам, которым предполагали замещение обширного костного дефекта, дополнительно проводили УЗИ органов брюшной полости для оценки их состояния.

Все пациенты были распределены по возрастным группам в соответствие с классификацией ВОЗ [32]. Согласно данной возрастной классификации, молодой возраст это - от 18 до 44 лет, средний - 44-60 лет, пожилой возраст - 60-75 лет, старческий - 75-90 лет и долгожители - после 90 лет.

В предоперационном периоде оценивали наличие сопутствующих заболеваний, объем выполненной операции, после которой наступило развитие нестабильности, вид первичного соединения грудины, выполнено распределение пациентов в соответствии с классификацией объема поражения по Oakley-Wright. Также оценен уровень бактериальной обсемененности раны.

После проведенного обследования пациенты разделены между собой по наиболее выраженным признакам:

- 1) пациенты с асептической нестабильностью грудины, которым хирургическое лечение возможно провести в один этап;
- 2) пациенты с

признаками хирургической инфекции разной степени выраженности (свищевая форма остеомиелита грудины, стерномедиастинит), у которых хирургическое лечение потребует разделения на этапы хирургической обработки, местного лечения раны, а непосредственный способ реконструктивно-пластической операции зависит от объема ранее резецированного костного фрагмента.

Несмотря на общность проблемы данных двух категорий больных (нестабильность грудины, выраженный болевой синдром, снижение уровня качества жизни), с учетом необходимого этапного лечения стерномедиастинита и сопряженных с этим особенностей выбора реконструктивной операции, сравнительный анализ двух категорий пациентов не проводили.

Для всех пациентов, учитывая наличие и выраженность сопутствующих заболеваний, данные объективного осмотра, данные инструментальных и лабораторных методов обследования, проведена оценка степени анестезиологического риска по шкале ASA (American Society of Anesthesiology) [67].

## **2.2 Характеристика клинических наблюдений**

Возраст пациентов составил от 42 до 78 лет с медианой 62 (58; 67) года. Соотношение мужчин и женщин составило 79:18. Распределение пациентов по возрастным группам представлено в таблице 2.2.

Таблица 2.2.

## Распределение по возрастным группам

Возрастные группы по ВОЗ	Абс. (n=97)	(%)
18 – 44 года	1	1%
45 – 59 лет	27	27,8%
60 – 74 года	62	64%
75 – 90 лет	7	7,2%
> 90 лет	-	-

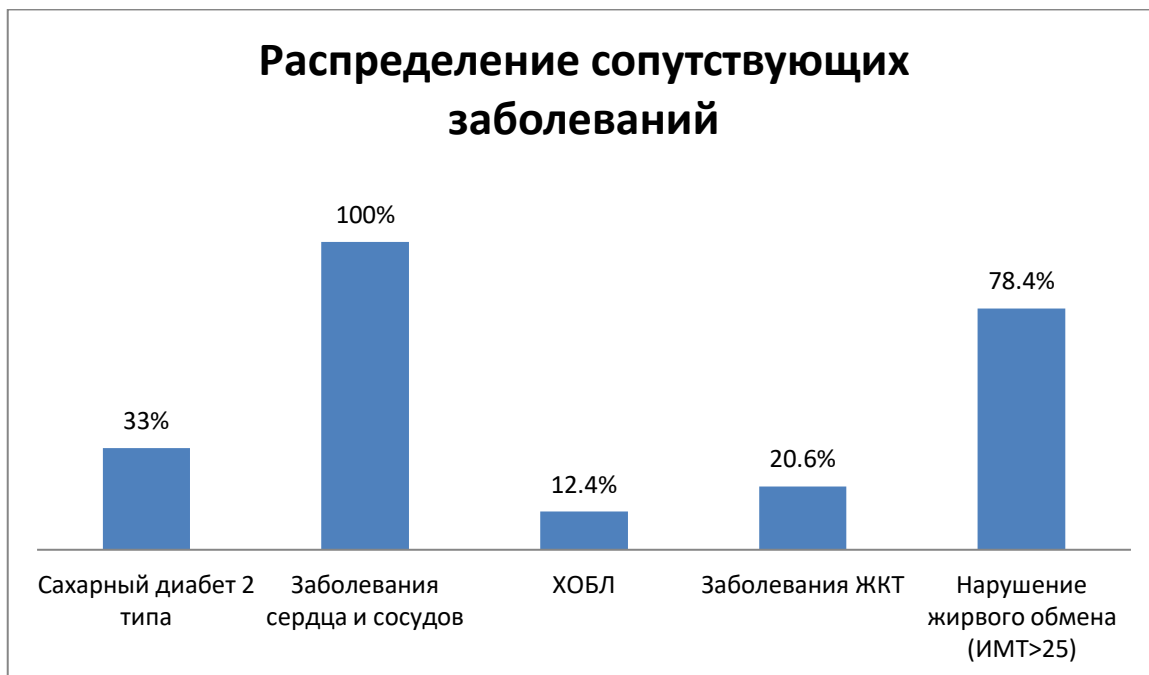
Послеоперационная нестабильность грудины возникла в результате операции на сердце через срединную стернотомию после аорто- и маммарокоронарного шунтирования у 79 (81,44%) пациентов, протезирования клапанов сердца у 10 (10,31%) пациентов, протезирования восходящего отдела аорты у 1 (1,03%) пациента, различных вариантов сочетанных операций у 4 (4,12%) пациентов, у 3 (3,1%) пациентов после пластики межпредсердной перегородки, удаления миксомы предсердия и разрушения пучка Кента соответственно. Спектр предшествующих операций у пациентов представлен в таблице 2.3.

Таблица 2.3.

## Вид первичной операции

Первичная операция	Абс. (n=97)	(%)
АКШ, МКШ	79	81,44%
Протезирование АК	4	4,12%
Протезирование МК	3	3,1%
Сочетанное протезирование клапанов	3	3,1%
Протезирование аорты	1	1,03%
Сочетанные операции на сердце	4	4,12%
Пластика МПП	1	1,03%
Разрушение пучка Кента	1	1,03%
Удаление миксомы предсердия	1	1,03%
<b>Итого:</b>	<b>97</b>	<b>100%</b>

Сопутствующие заболевания различной степени тяжести были выявлены у всех пациентов, вошедших в исследование. Два и более сопутствующих заболеваний выявлено у 54 (55,7%) пациентов из 97. Распределение наиболее частых сопутствующих заболеваний среди пациентов по органам и системам представлено на рисунке 2.2. Сахарный диабет 2 типа диагностирован у 32 (33%) пациентов, заболевания сердца и сосудов (ИБС, гипертоническая болезнь, приобретённые пороки клапанов сердца и др.) у 97 (100%), ХОБЛ - у 12 (12,4%) пациентов, различные заболевания верхних отделов ЖКТ (хронический гастрит, язвенная болезнь и др.) – у 20 (20,6%) пациентов из 97. Индекс массы тела выше 25 был у 76 (78,4%) пациентов из 97.



*Рисунок 2.2. Распределение сопутствующих заболеваний среди пациентов*

Первичный остеосинтез грудины с помощью стальных лигатур выполнили 87 пациентам (89,7%), 9 пациентам выполнен комбинированный остеосинтез, в том числе – с применением фиксаторов из никелида титана, 1 пациенту выполнен остеосинтез с использованием ленточных фиксаторов типа ZipFix. Виды фиксации грудины представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4.

Виды предшествующего первичного остеосинтеза

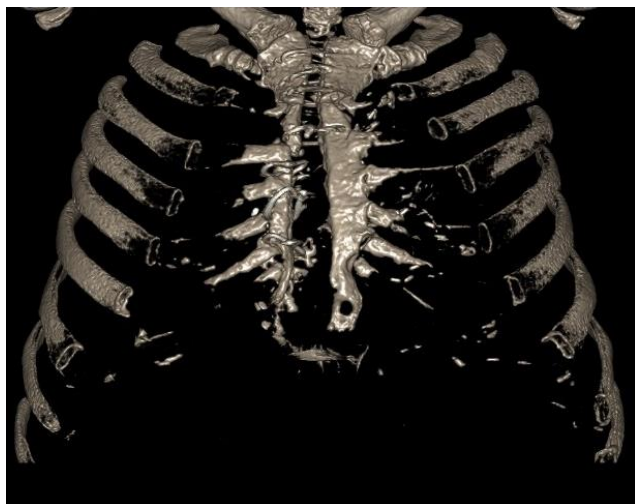
Вид соединения	Абс. (n=97)	(%)
Стальная лигатура	87	89,7
Комбинированный остеосинтез	9	9,27
Zip-Fix+Sternal fix	1	1,03
<b>Итого:</b>	97	100

Первичную стернотомию различными материалами, в том числе и полимерным фиксатором ZipFix (DePuy Synthes Inc., West Chester, Pennsylvania, США, рисунок 2.3) выполнили 10 (10,3%) пациентам.



Рисунок 2.3. Удаленные *corpus alienum* - фиксаторы ZipFix

Асептическая нестабильность грудины без сопутствующего активного раневого процесса была у 35 (36%) пациентов из 97. По данным предоперационного МСКТ-исследования органов грудной клетки асимметричная форма стернотомии установлена у 50 (51,5%; 95%ДИ: 41,7; 61,2) пациентов (рисунок 2.4). Среди больных стерномедиастинитом асимметричная форма стернотомии выявлена у 36 (58,1%; 95%ДИ: 45,8; 69,5). Поперечные переломы грудины в сочетании с нестабильностью были у 47 (48,5%) пациентов из 97.



*Рисунок 2.4. МСКТ органов грудной клетки с 3Д-реконструкцией. Визуализирована асимметричная форма стернотомии*

Болевой синдром присутствовал у всех пациентов (n=97). Медианный балл по шкале ВАШ на этапе предоперационной подготовки составил 6 (4; 7). Стандартный протокол обезболивания включал инъекции кетопрофен 2.0 мл 2 раза в сутки, при болевом синдроме (согласно ВАШ) более 5 баллов применяли инъекции трамадола 5% 2.0 мл. Болевой синдром, требующий применения опиоидных анальгетиков (более 5 баллов по ВАШ), установлен у 34 пациентов (35%), что соответствует данным других авторов, исследующих проблему болевого синдрома после стернотомии [5].

У 62 (64%) пациентов установлены различные формы раневой инфекции, распределенные в соответствии с классификацией El Oakley и Wright (1996), представлены в таблице 2.5. Преимущественно сроки развития раневой инфекции в виде остеомиелита грудины и стерномедиастинита составили менее 2 недель у 28 пациентов, или 43,75%. У двух пациентов сроки развития гнойных осложнений составили более года – 9 и 16 лет соответственно. Этапное хирургическое лечение проведено 59 (62%) пациентам, где одна, две и три хирургические обработки до заключительной торакопластики были проведены 27, 17 и 15

пациентам соответственно. Трём пациентам в связи с ограниченным инфекционным процессом решено не проводить этапное лечение.

Таблица 2.5.

Классификация глубокой стеральной раневой инфекции

Подтипы	Абс. число (n=62)	%
I	-	-
II	-	-
IIIa	26	42%
IIIb	2	3,2%
IVa	17	27,4%
IVb	15	24,2%
V	2	3,2%

В соответствии с классификацией степени анестезиологического риска по критериям общества анестезиологов США I, II, III и IV степени зарегистрированы у 1 (1,03%), 12 (12,37%), 80 (82,5%) и 4 (4,1%) пациентов из 97 соответственно.

Степени бактериальной обсемененности раны в процессе лечения представлены в таблице 2.6.

Таблица 2.6.

Степень бактериальной обсемененности раны

Степень обсемененности (КОЕ/мл)	Абс. число (n=62)	%
Нет	32	51,61%
$10^1$	18	29,03%
$10^2$	1	1,61%
$10^3$	3	4,84%
$10^4$	2	3,23%
$10^5$	3	4,84%
$10^6$	3	4,84%



<b>Итого:</b>	<b>62</b>	<b>100%</b>
---------------	-----------	-------------

У 30 пациентов (31%) к моменту II этапа отмечалось бактериальная контаминация раны ( $<10^3$ ). Спектр выявленных микроорганизмов представлен в таблице 2.7.

Таблица 2.7.

Выделяемый микроорганизм

<b>Микроорганизм</b>	<b>Абс. число (n=62)</b>	<b>%</b>
MRSA	1	1,61%
Str. epidermidis	7	11,3%
Ps. aerogenosa	2	3,23%
Corinebacter Sp.	1	1,61%
Acinetobacter baumannii	1	1,61%
St. aureus	10	16,13%
Pr. saprofitum	1	1,61%
Kl. pneumonia	4	6,45%
Смешанная флора	3	4,84%
Без роста	32	51,61%
<b>Итого:</b>	<b>62</b>	<b>100%</b>

Учитывая особенности этиологии заболевания, длительное течение хронического инфекционного процесса, высокий риск генерализации инфекции, выбор антибактериальной терапии и/или профилактики бактериальных осложнений проводили на основании предоперационного бактериологического исследования по индивидуальной чувствительности.

## 2.3 Лечение

С учетом наличия пациентов как с асептической нестабильностью грудины, так и со стерномедиастинитом, все пациенты к заключительному этапу были подготовлены по единой схеме периоперационного ведения. Основные критерии выбора хирургического лечения у пациентов представлены в дизайне исследования на рисунке 2.5 (пояснение в тексте).

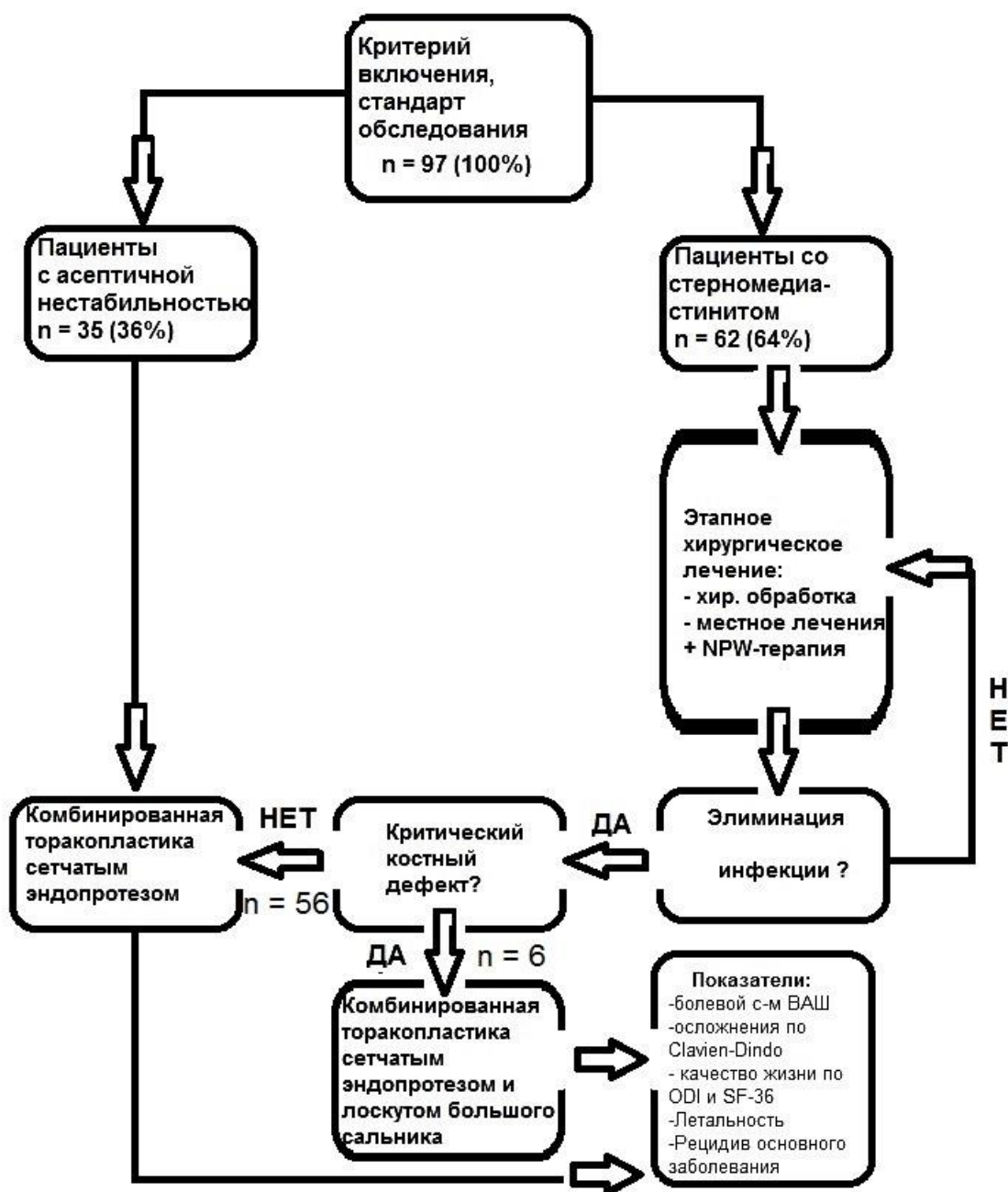


Рисунок 2.5 Дизайн исследования

Лечение пациентов со стерномедиастинитом проводили в соответствии с проектом Национальных клинических рекомендаций по диагностике и лечению послеоперационного остеомиелита грудины и ребер [14]. Лечение разделено на следующие этапы:

1) Деконтаминация раны

Данный этап включал хирургическую обработку с удалением всех некротизированных тканей передней грудной стенки.

В связи со сложностью объективной оценки истинно жизнеспособных тканей на фоне воспаления с целью максимального сохранения каркасности и резерва мягких тканей передней грудной стенки во время первичной хирургической обработки резекцию грудины выполняли экономно, в пределах здоровых тканей.

2) Этап местного лечения

Проводили местное лечение раны в объеме ежедневных перевязок с оценкой местного статуса и контролем бактериальной обсемененности по данным микробиологических посевов раневого отделяемого. В соответствии с фазами раневого процесса после операции проводили туалет раны – выполняли экспозицию раствора кожного антисептика в пределах 3 – 5 минут в ране с целью, во-первых, снижения уровня травматизации раны при удалении старого перевязочного материала, во-вторых, с целью дополнительной химической антисептики раны. В первые сутки после хирургической обработки с учетом местного статуса применяли антисептические водные растворы йода. По мере перехода раневого процесса во II фазу, развития грануляций проводили смену местного препарата на мазевые антисептики на ПЭГ-основе. С целью ускорения процессов созревания грануляций применяли лечение переменным отрицательным давлением с помощью аппарата VivanoMed (Hartmann<sup>tm</sup>, Германия). Используемый интервал давления -50/-100 мм рт.ст.

Губка VivanoMed для вакуумного лечения ран - гидрофобная губка, которую используют с медицинским вакуумным аспиратором S042 NPWT VivanoTec для лечения ран отрицательным давлением (вакуумной терапии). Гибкая, но активно сохраняющая свою форму, с возможностью легко адаптировать ее к ране любой формы и сохранить равномерное распределение давления по периметру раны. Применяли следующие типоразмеры губок: 10x7,5x3,3 см; 18x12,5x3.3 см.; 25x15x3,3 см.

Стерильный одноразовый полипропиленовый контейнер, объем 800 мл, с системой прямого соединения с аспиратором, не допускающей обратной аспирации экссудата в шланг для транспортировки экссудата, с двумя встроенными антибактериальными фильтрами: первый - для защиты от перелива содержимого, второй - соединен с одним из каналов шланга для подачи фильтрованного воздуха для продувки второго канала, через который поступает экссудат в контейнер. Внутри контейнера – абсорбент. Также в составе двухканальный шланг для транспортировки экссудата от раны к контейнеру длиной до 180 см с разъемом для подключения шланга к порту повязки, с одной стороны, и с другой стороны присоединенный к контейнеру без возможности отсоединения.

При визуализации «вялых» грануляций, признаков продолжающегося инфекционного процесса в ране выполняли ее кюретаж. Оценку уровня бактериальной обсемененности раны проводили каждые 7 суток с помощью микробиологического исследования раневого биоптата.

При уровне бактериальной обсемененности биоптата более  $10^3$  КОЕ/мл по данным двух исследований и сохранении явных признаков инфекционного процесса в ране проводили повторную хирургическую обработку.

При двукратных отрицательных посевах из раны или бактериальной обсемененности менее  $10^3$  КОЕ/мл начинали подготовку к реконструктивно-пластической операции в объеме комбинированной

торакопластики с применением сетчатого эндопротеза из титана (патент на изобретение №2578359 от 25.01.2016 г.).

#### **2.4 Оцениваемые послеоперационные показатели**

В послеоперационном периоде оценены длительность операции, время искусственной вентиляции легких, спектр высеваемых микроорганизмов, их чувствительность к антибактериальным препаратам и продолжительность антибактериальной терапии. Проведена оценка общей продолжительности госпитализации, а также, длительность дооперационного и послеоперационного периодов. Перед выпиской проведено анкетирование пациента по шкалам ВАШ, Освестри и SF-36.

В течение первых суток после операции пациенты пребывали в отделении реанимации, где им проводили комплексную послеоперационную терапию с необходимой коррекцией нарушений. Далее, пациентов переводили в отделение торакальной хирургии, где они были активизированы, проводили комплексную обезболивающую, противовоспалительную терапию, антибиотикопрофилактику, проводили профилактику тромбоэмболических осложнений, эластической компрессии нижних конечностей. Ежедневно выполняли перевязки с растворами мазевых антисептиков до полного заживления послеоперационного шва. Каждые 3 суток выполняли контроль лабораторных маркеров, по показаниям выполняли УЗИ мягких тканей передней грудной стенки с целью визуализации отграниченных жидкостных скоплений.

В послеоперационном периоде оценивали такие показатели как интенсивность болевого синдрома по шкале ВАШ, общие и местные осложнения, продолжительность госпитализации после операции, частоту повторных госпитализаций, общую летальность и наличие рецидива основного заболевания.

Осложнения в послеоперационном периоде оценивали по шкале Clavien-Dindo (таблица 2.8) [30].

Таблица 2.8

Классификация осложнений по шкале Clavien-Dindo

Вид осложнения		Определение
I		Не требуют хирургической коррекции
II		Требуется активная терапия, местное лечение
III	IIIa	Осложнение, требующее операции без общей анестезии
	IIIb	Осложнение, требующее операции под общей анестезией
IV	Iva	Осложнение в виде недостаточности одного органа, требующее интенсивной терапии в условиях ОРИТ
	Ivb	СПОН
V		Летальный исход

В отдаленном послеоперационном периоде (более 30 суток) оценивали динамику болевого синдрома по шкале ВАШ. В течение периода динамического наблюдения пациентам выполняли МСКТ-исследование органов грудной клетки с целью оценки выраженности воспалительного компонента в проекции ранее установленного имплантата. Важным критерием эффективности операции служило наличие рецидива инфекционного компонента (остеомиелита грудины) или развитие нестабильности грудины.

## 2.5 Электронная микроскопия

У одного пациента после комбинированной торакопластики в связи с наличием в течение 1 года стойкого болевого синдрома выполнено удаление титанового эндопротеза. Для оценки морфологической картины взаимодействия эндопротеза с тканями передней грудной стенки, эндопротез подвергнут электронно-микроскопическому исследованию с

использованием техники растровой микроскопии на электронном микроскопе EM-ASID4D ultrahigh resolution scanning system (JEOL, Япония).

Растровый электронный микроскоп (РЭМ) или сканирующий электронный микроскоп (СЭМ) — микроскоп, позволяющий получить изображение исследуемого объекта с высоким разрешением (менее 1 нанометра).

Современный электронный микроскоп гораздо эффективнее обычного оптического микроскопа, поскольку позволяет работать в широком диапазоне увеличений (приблизительно до 1 000 000 раз), что в 500 раз превышает предел увеличения современных оптических микроскопов.

В основе работы РЭМ получение сигнала от объекта при взаимодействии его с пучком электронов. В современных сканирующих электронных микроскопах изображение анализируется и выводится в электронной форме.

Сканирующий электронный микроскоп оснащен детекторами, позволяющими выполнять регистрацию и анализ излучения, возникшего при процессе взаимодействия, а также частиц, поменявших заряд и энергию в результате взаимодействия электронного зонда с образцом. С помощью данного аппарата возможно оценить не только свойства поверхности изучаемого объекта, но и получить визуальную информацию об объекте. Биологические образцы для оценки в поле микроскопа должны быть химически зафиксированы, дегидратированы в сериях растворов спирта или ацетона с переменной концентрацией, затем спирт (или ацетон) должен быть удален из препарата. Одним из преимуществ такого микроскопа является отсутствие необходимости выполнения ультратонких срезов, что позволяет сохранить структуру препарата и оценить клеточную интеграцию в ячейки эндопротеза.

### 2.5.1 Трансмиссионная электронная микроскопия (ТЭМ).

Для электронно-микроскопического исследования извлекли участки биоматериала объемом до 1 мм<sup>3</sup>. Далее выполнили фиксацию биоматериала в 2,5% растворе глутарового альдегида (C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub>) и 1% растворе четырехокси осмия (OsO<sub>4</sub>). После фиксации биоматериал подвергли дегидратации спиртами возрастающих концентраций (50%, 70%, 96% и 100%) с дальнейшей пропиткой смесью окиси пропилена (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O) и аралдитовой смолы ((-Ph(OH)-CH<sub>2</sub>-)n). Следующим этапом блоки препарата выдерживали в термостате в течение двух суток при температуре 60°C, предварительно залив аралдитовой смолой. Далее, полученные блоки нарезали микротомом до 2 мкм с последующее окраской срезов раствором толуидиновым синим (C<sub>15</sub>H<sub>16</sub>ClN<sub>3</sub>S). После предварительного светомикроскопического исследования полутонких срезов вырезали пирамидки с таким расчетом, чтобы поверхность среза приходилась на интересующий нас участок. Ультратонкие срезы толщиной 100-200 нм получали на ультрамикротоме (LKB, Швеция). Ультраструктурное изучение препаратов проводили при помощи электронного микроскопа JEM 100-CX (JEOL, Япония) в трансмиссионном режиме (ТЭМ) при ускоряющем напряжении 80КВ.

### 2.5.2 Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ).

Для исследования в растровом электронном микроскопе полученные биоптаты также фиксировали в 2,5% растворе глутарового альдегида и 1% растворе четырехокси осмия. После фиксации биоматериал проводили дополнительную дегидратацию с помощью растворов ацетона (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O) возрастающих концентраций (50% - 100%), высушивали, фиксировали на предметном столике и напыляли тонкий слой меди методом ионного напыления в аппарате Vacuum evaporator «JE 4C» (JEOL, Япония) и изучали в электронном микроскопе EM-ASID4D ultrahigh resolution scanning system (JEOL, Япония).



## **2.6 Статистический анализ**

Обработка клинических данных и полученных результатов проведена с использованием программы Statistica 7. Для статистической обработки данных использованы методы вариационной статистики, расчет среднего квадратического отклонения, медианы и интерквартильного размаха (интервал между 25 и 75 процентилями). Сопоставление двух связанных между собой групп по количественным признакам выполняли непараметрическим методом с использованием теста согласованных пар Уилкоксона. Сравнение двух несвязанных между собой групп по количественным признакам осуществляли непараметрическим методом с использованием U-критерия Манна-Уитни. При вероятности большей 95% различия считали статистически достоверными. Разница двух средних или относительных величин считалась достоверной при вероятности ошибки (p) меньше или равной 0,05.

## **2.7 Оценка эффективности метода**

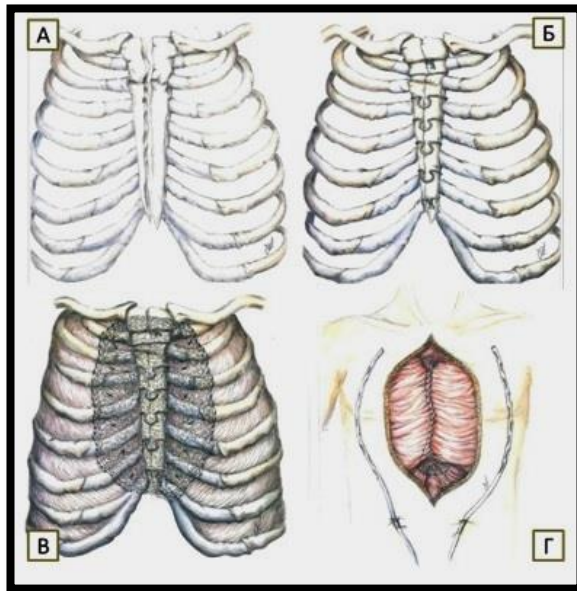
Показатели эффективности оцениваются по данным регистрационных карт – опросников, в которых учтены:

- сохранение подвижности в грудине;
- купирование болевого синдрома в отдаленном периоде;
- отсутствие прогрессирования дегенеративно-дистрофических явлений в других отделах грудной клетки;
- отсутствие развития резорбции вокруг проволочных лигатур
- отсутствие развития нестабильности металлоконструкции
- предупреждение развития инвалидности;
- улучшение качества жизни.

### **Глава III. ТЕХНИКА КОМБИНИРОВАННОЙ ТОРАКОПЛАСТИКИ**

Из предыдущих глав следует, что основным проявлением нестабильности грудины, активно влияющим на неудовлетворенность пациентов от выполненного ранее хирургического лечения заболеваний сердца и восходящего отдела аорты, а также закономерно снижающим качество жизни, является болевой синдром. Хирургическое лечение, направленное на восстановление целостности грудины и окружающих тканей, является основным методом лечения данных пациентов. В данной главе представлены два клинических наблюдения пациентов, включенных в диссертационное исследование, которым выполнены смежные техники реконструкции передней грудной стенки по описанной далее методике.

В соответствии с дизайном исследования, в виду наличия критического костного дефекта у 6 пациентов после этапного лечения стерномедиастинита операцией выбора служила комбинированная торакопластика сетчатым титановым эндопротезом и лоскутом большого сальника. Методика выполнения реконструктивного вмешательства у пациентов с площадью дефекта менее 100 см<sup>2</sup> была аналогичной вмешательству у пациентов с асептической нестабильностью грудины, представлена на рисунке 3.1.



*Рисунок 3.1. Схема комбинированной торакопластики. А. Диастаз краёв грудины перед завершающей торакопластикой. Б. Реостеосинтез с применением стальных лигатур и фиксаторов из металла с эффектом памяти формы. В. Укрепление титановой сетки на передней поверхности грудины. Г. Встречные лоскуты больших грудных мышц ушиты по срединной линии.*

### **3.1 Техника комбинированной торакопластики с использованием сетчатого титанового эндопротеза**

У пациентов с ранее проведенным лечением стерномедиастинита выполняли повторную хирургическую обработку с иссечением краёв раны и удалением грануляционной ткани. Далее, всем пациентам формировали лоскуты больших грудных мышц до передней подмышечной линии с выделением питающей сосудистой ножки. Далее осциллирующей пилой проводили повторную экономную резекцию медиальных поверхностей грудины с целью создания конгруэнтных поверхностей. После выполняли остеосинтез с помощью стальных лигатур и нескольких фиксаторов из никелида титана с эффектом памяти формы.

С целью профилактики флотации средостения во фронтальном и сагитальном направлении, а также для создания в отсроченном периоде дополнительного армирующего фиброзно-мышечного каркаса в нашем

исследовании на переднюю пластинку грудины с захватом прилегающих ребер фиксировали сетчатый титановый эндопротез.

После выполнения реостеосинтеза грудины дальнейшую пластику дефекта мягких тканей выполняют подготовленными лоскутами больших грудных мышц и мягкими тканями грудной стенки.

### **Клиническое наблюдение №1**

Пациент К., 55-лет, поступил в клинику с жалобами на боли в проекции грудины, чувство хруста, «щелчка» при физической нагрузке, которые беспокоили в течение месяца. В анамнезе около двух месяцев назад оперирован в центре сердечно-сосудистой хирургии по поводу ИБС. Выполнено аорто- и маммарокоронарное шунтирование в условиях ИК и ФХКП, с использованием левой ВГА. При обращении в клинику при осмотре пациента определена избыточная масса тела, ожирение 1 стадии.



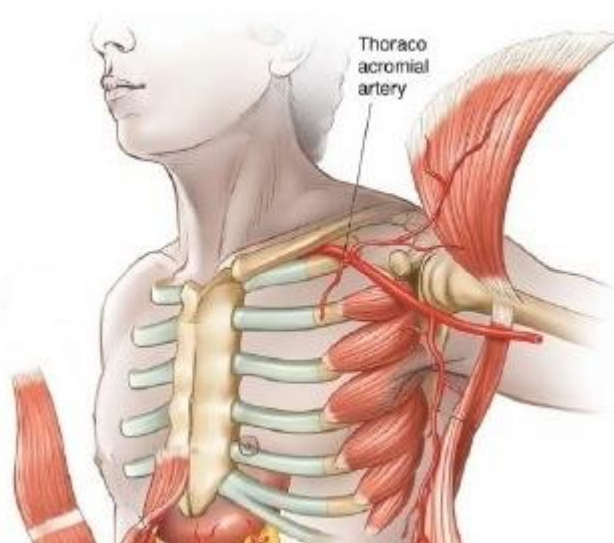
*Рисунок 3.1. МСКТ органов грудной клетки с 3Д-реконструкцией. Тотальная нестабильность грудины, нарушена целостность фиксаторов NiTi*

Среди сопутствующих заболеваний у пациента отмечена ХОБЛ тяжелого течения (активное курение в течение 20 лет). При оценке местного статуса визуально нарушения целостности послеоперационного рубца не отмечено, локально при пробе с кашлевым толчком определена

патологическая подвижность в проекции грудины, болезненность при пальпации. По данным проведенного МСКТ-исследования органов грудной клетки установлена полная продольная нестабильность шва грудины (рис. 3.1). Установлен диагноз: тотальная послеоперационная нестабильность грудины. Выполнена операция комбинированной торакомиопластики с использованием сетчатого титанового эндопротеза «титановый шелк».

### **Ход операции**

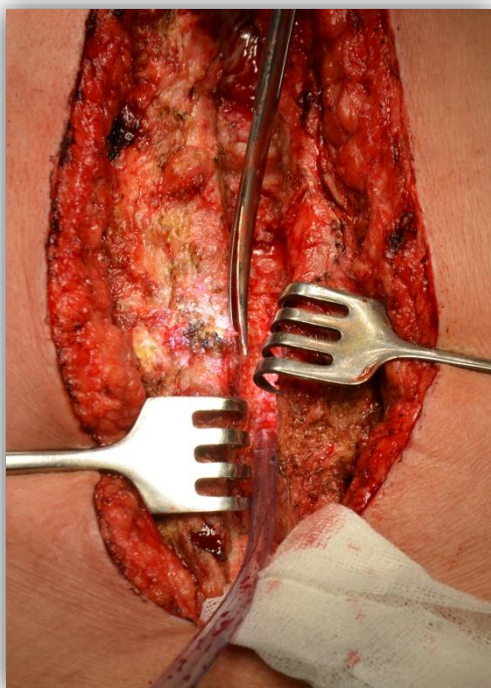
Под общей анестезией при положении пациента на спине иссечен послеоперационный рубец. Рассечена подкожная клетчатка. Выполнена мобилизация больших грудных мышц до среднеключичных линий с обнажением латерального края грудины с использованием электрокоагуляции на аппарате Force Triad™ (Medtronic-Covidien, США) в режиме Valleylab™ (рисунок 3.2) [30].



*Рисунок 3.2. Формирование лоскута большой грудной мышцы на питающей сосудистой ножке (a. thoracoacromialis)[30].*

Ввиду предшествующего вмешательства на грудиने у всех пациентов происходит формирование плотной фиброзной капсулы между задней пластинкой грудины и передним средостением. Для дальнейшей возможности конгруэнтного сопоставления грудины, ее половины

препарируют от окружающей фиброзной капсулы переднего средостения (рисунок 3.3).



*Рисунок 3.3. Острым путем выполняют препарирование задней пластинки грудины от фиброзной капсулы. На дне визуализировано фиброзное перерождение клетчатки переднего средостения с интеграцией в него сердца.*

После осциллирующей пилой (Aescular inc., США) выполнена резекция медиальных поверхностей грудины (в среднем до 0.2 см) с целью так называемого «освеживания» кости (представлена на рисунке 3.4).



*Рисунок 3.4. Осциллирующей пилой выполняют резекцию медиальных поверхностей грудины*

Реостеосинтез выполнен комбинированным способом: два 8-образных проволочных шва типоразмера №7 (Johnson&Johnson, США) - на рукоятку грудины и на среднюю треть тела грудины.

После сближения краёв грудины выполнена их фиксация с использованием предварительно охлажденных 3 фиксаторов (в зависимости от длины грудины количество фиксаторов опционально) из материала с эффектом памяти формы. Предварительно с помощью измерителя определены размеры в соответствии с анатомией пациента – «0», «1» и «3» (рисунок 3.5).



*Рисунок 3.5. Фиксаторы (1) из никелида титана различных типоразмеров и необходимые инструменты для фиксации: - измеритель (2), деформирующий зажим (3) для выполнения остеосинтеза*

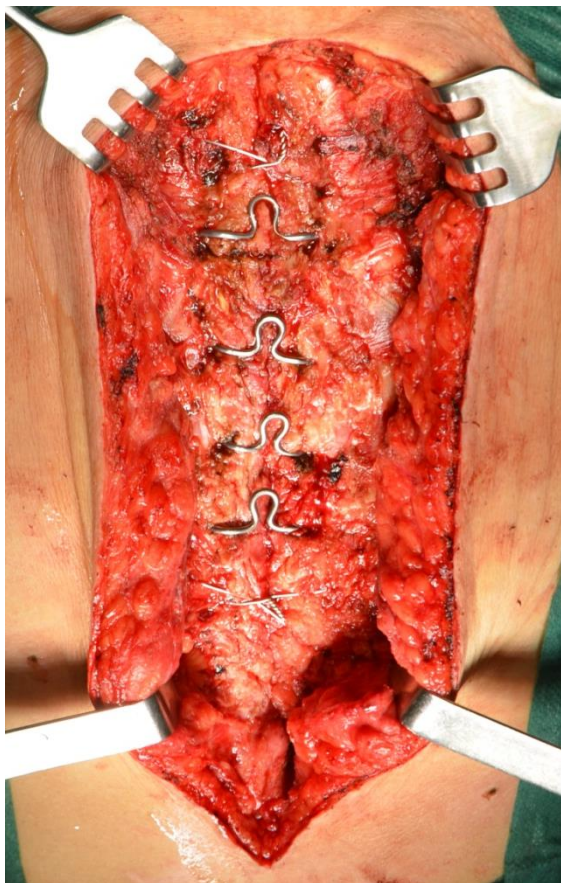
Фиксаторы выполнены из материала с термомеханической памятью формы на основе интерметаллида никелида титана с прочностью на изгиб в пределах 25 – 85 Н/мм и модулем упругости 15 – 20 ГПа. Фиксаторы, предварительно охлаждают до температуры ниже температуры обратных фазовых мартенситных превращений интерметаллида никелида титана (рисунок 3.6).





*Рисунок 3.6. Охлаждение фиксаторов из никелида титана в предварительно подготовленном стерильном растворе с температурой  $0^{\circ}\text{C} - 1^{\circ}\text{C}$*

Вид грудины после ее реостеосинтеза представлен на рисунке 3.7.

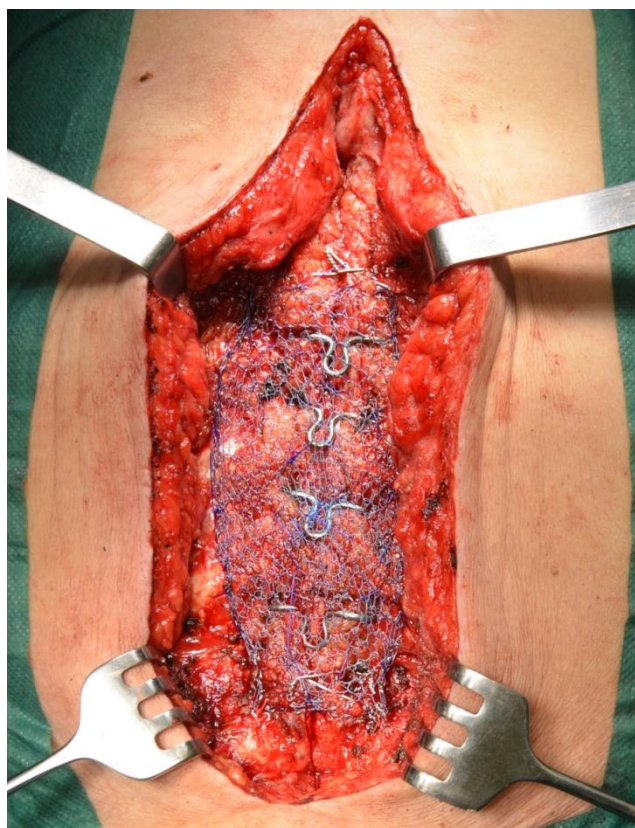


*Рисунок 3.7. Вид грудины после выполнения реостеосинтеза с помощью стальных лигатур и фиксаторов из NiTi*

Затем на переднюю грудную стенку пациента от яремной вырезки до 4 межреберья уложен имплантат из титанового сплава ВТ 1-00 в виде

проволочной сетки 100x100 мм “титановый шёлк” (ТУ-9398-001-65066398-2010, ООО НПФ «Темп», г. Екатеринбург, Россия). Используемый титановый эндопротез выполнен из полифиламентной титановой нити пересекающейся под углом друг с другом. Сетчатый титановый эндопротез легко растяжим, что обеспечивает формирование заданной формы для пластики.

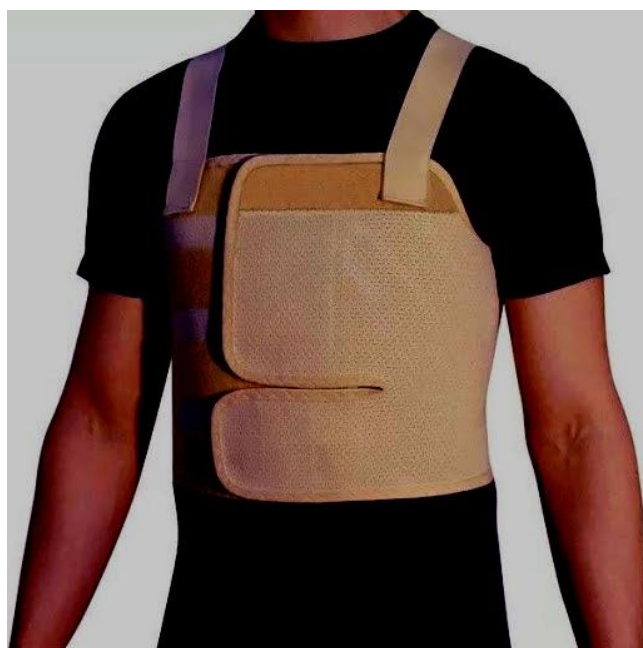
Выполнена предварительная фиксация имплантата отдельными узловыми швами на расстоянии 20 – 23 мм друг от друга нитью Prolene 2/0 к передней грудной стенке с захватом всей площади, рукоятки и тела грудины, а также передних отрезков II-V ребер. После предварительной фиксации эндопротеза 4 одиночными швами, далее обвивным швом нитью Prolene 2/0 имплантат фиксировали без натяжения по всему периметру к передней стенке грудной клетки, а именно к надхрящнице, межреберным мышцам и надкостнице (рисунок 3.8).



*Рисунок 3.8. Окончательный вид реостеосинтеза грудины с фиксированным титановым эндопротезом перед этапом мышечной пластики*

Дренированы субпекторальные пространства с обеих сторон силиконовыми дренажами диаметром 10 мм с выведением отдельно через апертуры на коже в нижних углах раны. Послойно выполнена фиксация лоскутов больших грудных мышц ко дну раны и к сетчатому титановому эндопротезу непрерывным швом абсорбирующейся нитью 2/0. Непрерывный шов на подкожно-жировую клетчатку и швы на кожу. Асептическая наклейка. Дополнительно в операционной на больного надет торакальный бандаж с целью дополнительной фиксации грудной клетки (рисунок 3.9).

Время операции составило 130 минут. Пациент экстубирован в операционной. Послеоперационный период гладкий. Дренажи удалены на 2 и 3 сутки. Пациент выписан из стационара на 7 сутки.

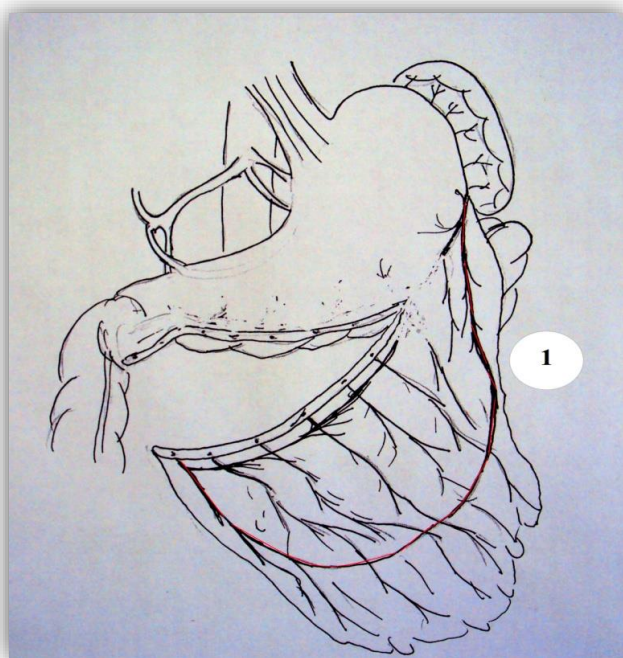


*Рисунок 3.9. Торакальный бандаж*

### **3.2 Техника торакопластики прядью большого сальника с использованием сетчатого титанового эндопротеза**

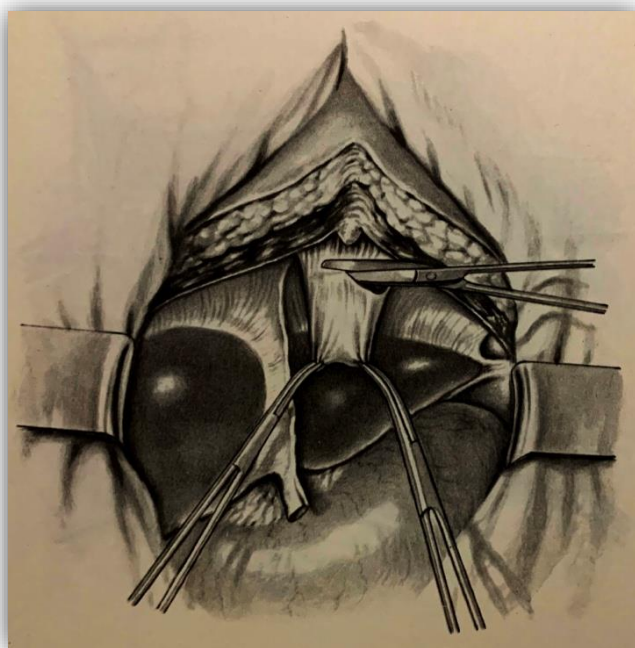
Пациентам с критическим дефектом грудины проводили экономную хирургическую обработку с иссечением грануляций, формировали мышечные лоскуты. Следующим этапом выполняли реостеосинтез сохраненных фрагментов – рукоятки грудины. Далее на питающей

сосудистой ножке выделяли прядь сальника, необходимую для пластического закрытия дефекта (рисунок 3.10).



*Рисунок 3.10. Схематически представлен один из вариантов формирования лоскута большого сальника на сформированной питающей ножке. Под номером 1 указана левая желудочно-сальниковая артерия.*

В сформированном тоннеле через щель Ларрея прядь проводили и укладывали в проекцию костного дефекта (рисунок 3.11) [11]. Детально особенности выбора и применения сальникового лоскута описаны в диссертационном исследовании Данькова Д. В. (2012) [7].



*Рисунок 3.11. Формирование тоннеля для проведения сформированной пряди большого сальника в проекции щели Ларрея (из "Атлас грудной хирургии" Б.В. Петровского, 1974)*

Для создания в отсроченном периоде дополнительного армирующего фиброзно-мышечного каркаса, поверх пряди сальника укладывали титановый эндопротез, предварительно растянутый в каудальном и латеральном направлениях. Эндопротез с захватом прилегающих ребер фиксировали к рукоятке грудины. Далее выполняли пластическое закрытие раны сформированными лоскутами больших грудных мышц. В следующем клиническом наблюдении данная методика продемонстрирована у пациента после ранее выполненной субтотальной резекции грудины, где опорной точкой выступала только рукоятка грудины.

### **Клиническое наблюдение №2**

Пациент В., 57 лет. Поступил в клинику с жалобой на раневой дефект на передней грудной стенке с гнойным отделяемым, беспокоящий в течение двух месяцев. В анамнезе в центре сердечнососудистой хирургии выполнена операция МКШ ПМЖВ, АКШ ЗБВ ПКА, ЗМЖВ ПКА. Ранний

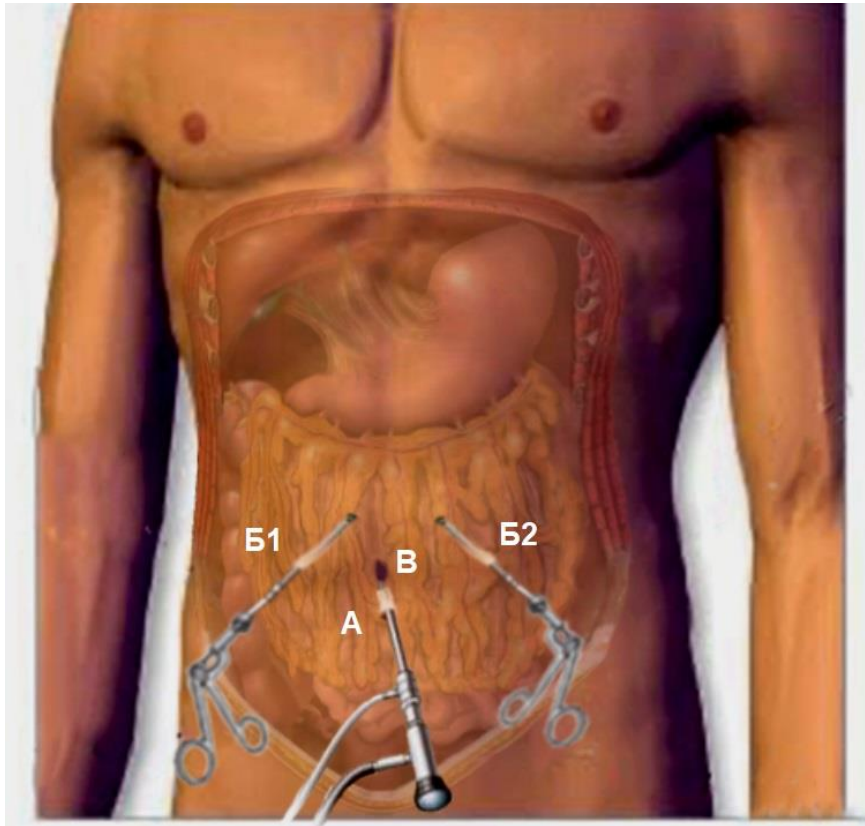
послеоперационный период осложнился нагноением послеоперационной раны. Там же выполнена хирургическая обработка грудной стенки, во время которой рана была разведена, удалены металлические конструкции, частично резецировано тело грудины.

При поступлении рана в проекции грудины представлена дефектом размерами 10x15 см. Стенками дефекта были мягкие ткани и участки грудины с признаками остеолита, дном – клетчатка переднего средостения, фиброзно-измененный перикард. Первая фаза раневого процесса. Выставлен диагноз: хронический послеоперационный остеомиелит грудины. После местного лечения рана была подготовлена к завершающему пластическому этапу. Выполнена субтотальная стернумэктомия, комбинированная торакооментопластика с лапароскопической мобилизацией пряди большого сальника и с использованием сетчатого титанового эндопротеза.

#### **Ход операции.**

Положение пациента на столе 0 градусов с приведенными к телу верхними конечностями. После экономного кюретажа раны коагуляционным и острым путем выполнен реостеосинтез рукоятки грудины и части ее тела 8-образным швом стальной лигатурой типоразмера 0.7.

Для лапароскопической транспозиции сальника пациент уложен в положение Транделенбурга с разведенными в стороны нижними конечностями. Иглой Вериша через стандартную точку Калька наложен карбоксиперитонеум с давлением 12 мм в.ст. Далее установлены 3 порта – 2 по 5 мм для зажима и энергетического манипулятора (Harmonic 25mm, J&J, США), 10мм для лапароскопа - на 2 см ниже пупка (рисунок 3.12).



*Рисунок 3.12. Схема расстановки портов и инструментов для торакооментопластики: А - лапароскоп, Б1,2 - манипуляторы, В - пупок*

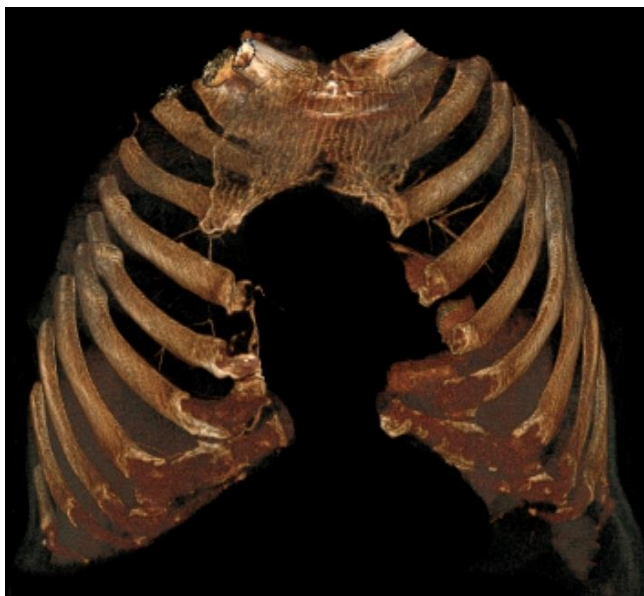
Выделена правая половина большого сальника от поперечно-ободочной кишки, большой кривизны желудка с сохранением кровоснабжения в бассейне *a.gastroepiploica dext. et sin.* Далее, мобилизованная прядь сальника подведена к щели Ларрея, где в проекции предбрюшинной ретростеральной мембраны сформирован навстречу друг другу канал для транспозиции сальника. Тот час из дефекта грудной стенки, где предварительно произведена повторная хирургическая обработка раны с иссечением пиогенной капсулы, субтотальная резекция грудины с экстирпацией ее тела и сохранением рукоятки, в проекцию тела грудины проведена прядь сальника (рисунок 3.13).



*Рисунок 3.13. Прядь большого сальника на сформированной питающей ножке проведена через щель Ларрея в раневой дефект.*

Отверстие в диафрагме ушито нитью Novosyn 2/0. После заполнения всего объема раневого дефекта сальником на переднюю грудную стенку пациента с перекрытием области сохраненной рукоятки и тела грудины уложен сетчатый титановый эндопротез ВТ 1-00, растянутый в краниальном и каудальном направлении до размера 120 x 120 мм. Предварительная фиксация титанового сетчатого эндопротеза по углам одинарным швом. Обвивным швом нитью Prolene 2/0 выполнена плотная фиксация эндопротеза без натяжения по периметру к передней стенке грудной клетки. Следующим этапом выполнена пластика встречными лоскутами больших грудных мышц с последующим послойным ушиванием раны.





*Рисунок 3.14. 3D-реконструкция грудной клетки на 7 сутки после торакооментопластики с использованием титанового эндопротеза.*

Послеоперационный период протекал гладко. На 7 послеоперационные сутки выполнено МСКТ органов грудной клетки (рисунок 3.14). Пациент выписан через 10 суток.

Представленные методики являются хорошо воспроизводимыми и эффективными методами устранения нестабильности грудины. Результаты хирургического лечения представлены в главе 4.

## **Глава IV. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ**

Результаты лечения прослежены в сроки от 21 сут. до 54 мес. после завершающей торакопластики.

### **4.1 Непосредственные результаты лечения**

Пациенты с асептической несостоятельностью шва грудины и со стерномедиастинитом, в ходе лечения которого обширный дефект не формировали (n=91), были оперированы по единой технологии. У 6 пациентов со стерномедиастинитом был сформирован критический костный дефект, что потребовало выполнения операции в объеме лапароскопически-ассистированной торакооментопластики с использованием сетчатого титанового эндопротеза.

Общая продолжительность операции составила от 65 мин. до 280 мин. с медианой 150 (120; 190) минут. Медианное время искусственной вентиляции легких с охватом этапов индукции, операции и пробуждения составило 190 минут (155; 228).

Антибактериальная профилактика в течение 24 - 72 часов проведена 12 пациентам, антибактериальная терапия – 85 (87,6%) пациентам. Продолжительность антибактериальной терапии составила от 1 до 15 суток с медианой 6 (4; 7).

Все пациенты активизированы в течение 1-х суток после операции. В послеоперационном периоде проводили профилактику тромботических и респираторных осложнений.

Непосредственные результаты исследования включали оценку местных и общих осложнений, общую удовлетворённость пациента и рецидив нестабильности или раневой инфекции в различных проявлениях. Исчезновение подвижности в проекции передней грудной стенки отметили 100% пациентов. В раннем послеоперационном периоде отмечено значимое снижение болевого синдрома у 83 пациентов (85,6%), у 14,4%

пациентов в сроки до 10 сут. добиться снижения порогового значения ВАШ < 5 баллов не удалось. Медиана боли по шкале ВАШ составила 3 (2; 5) балла.

Распределение госпитальных осложнений по степени тяжести в соответствии с классификацией Dindo-Clavien представлено в таблице 4.1. Общая частота послеоперационных осложнений составила 15,5 % (95%ДИ: 9,6; 24). Троице пациентам на фоне нагноения и формирования серомы послеоперационного шва проведено пункционное и местное лечение. Повторное хирургическое лечение проведено 11 пациентам по поводу нагноения послеоперационной раны, эвентрации, торакоабдоминальной грыжи после торакооментопластики (рисунок 4.1), формирования межмышечной гематомы и расхождения больших грудных мышц в отсроченном периоде. Один пациент умер на 9-е сутки после операции в результате острой сердечной недостаточности.



*Рисунок 4.1. Торакоабдоминальная грыжа – выпячивание петель ободочной кишки через щель Ларрея у пациента после торакооментопластики.*

Удаление титанового эндопротеза проведено 1 пациенту из 97 (95%ДИ: 0,2; 5,6) на 7-е сутки после операции в результате нагноения раны, на фоне местного лечения состояние пациента удалось стабилизировать.

Только у 3 пациентов из 97 антибактериальная профилактика в течение 24 часов (однократное введение антибактериального препарата за 1 час до начала операции) оказалась достаточной. Остальные пациенты потребовали пролонгированной профилактики в течение 72 часов (7), либо проведение антибактериальной терапии в течение 5-7 суток после операции. 1 пациенту из 97 в дальнейшем, после проведения курса профилактики длительностью 72 часа, потребовалась антибиотикотерапия в течение 7 дней в связи с нагноением послеоперационной раны в послеоперационном периоде. Всем пациентам антибактериальную терапию проводили по результатам посевов после консультации клинического фармаколога.

Продолжительность стационарного лечения составила от 6 до 91 суток с медианой 17 (14; 21) дней. Рецидива основного заболевания за время наблюдения не зафиксировано. Во всех случаях достигнута стабилизация передней грудной стенки.

Характеристика послеоперационных осложнений в сроки до 30  
месяцев

<b>Классификация по Dindo-Clavien</b>	
<b>Степень</b>	<b>Количество N (%; 95%ДИ)</b>
I	2 (2,1%) (95%ДИ: 0,6; 7,2)
II	1 (1,03%) (95%ДИ: 0,2; 5,6)
IIIa	-
IIIb	1 (1,03%) (95%ДИ: 0,2; 5,6)
	1 (1,03%) (95%ДИ: 0,2; 5,6)
	7 (7,2%) (95%ДИ: 3,5; 14,2)
	2 (2,1%) (95%ДИ: 0,6; 7,2)
IV	-
V	1 (1,03%) (95%ДИ: 0,2; 5,6)
<b>Всего</b>	<b>15 (15,5%) (95%ДИ: 9,6; 24)</b>

Сводные значения проведенного анкетирования по тесту Освестри представлены в таблице 4.2. Так, в послеоперационном периоде отмечено статистически достоверное снижение уровня физического ограничения ( $p < 0.05$ ) на фоне снижения общего болевого синдрома. Из таблицы 4.2 видно, что основное снижение произошло в группах серьезного и полного физического ограничения и за счет перехода данных пациентов в группу умеренного ограничения.

Распределение пациентов в периоперационном периоде по шкале  
Овестри

Уровень ограничения	Абс. число (n=97)/%	
	До операции	После операции
Отсутствие ограничений	5 (5,1%)	10 (10,3%)
Небольшое	32 (33%)	32 (33%)
Умеренное	30 (31%)	41 (42,3%)
Серьезное	17 (17,5%)	10 (10,3%)
Полное	13 (13,4%)	4 (4,1%)

Оценка изменения качества жизни проведена на основании анкеты SF-36 в пред- и послеоперационном периоде. Сводные данные представлены в таблице 4.3

Таблица 4.3

Оценка качества жизни в периоперационном периоде по данным анкетирования SF-36

Шкалы	Параметр до операции, Ме (25%; 75%)	Параметр после операции, Ме (25%; 75%)	<i>p-value</i>
<b>физическое функционирование</b>	35 (10; 55)	40 (15; 55)	0,169811
<b>ролевое функционирование, обусловленное физическим состоянием</b>	0 (0; 25)	0 (0; 25)	1,000000
<b>интенсивность боли</b>	41 (31; 51)	41 (31; 51)	1,000000
<b>общее состояние здоровья</b>	45 (35; 55)	47 (42; 57)	0,095293
<b>жизненная активность</b>	40 (30; 55)	40 (30; 60)	0,831170
<b>социальное функционирование</b>	50 (37,5; 62,5)	50 (37,5; 75)	0,331975
<b>ролевое функционирование, обусловленное эмоциональным состоянием</b>	0 (0; 33,3)	0 (0; 33,3)	1,000000
<b>Психическое здоровье</b>	44 (36; 60)	52 (44; 64)	0,037635*
<b>Общее физическое благополучие</b>	32,06 (26,17; 36,16)	31,8 (26,1; 36,8)	0,201243
<b>Общее психическое благополучие</b>	36,67 (31,94; 43,09)	38,34 (33,54; 46,92)	0,044610*

\* - *p-value* < 0,05

В соответствие с полученными данными таблицы у всех пациентов (n=97) отмечена значимая функциональная дезадаптация и снижение уровня качества жизни. Так, медианные значения уровня физического и психического состояния были, соответственно, 32,06 (26,17; 36,16) и 31,8

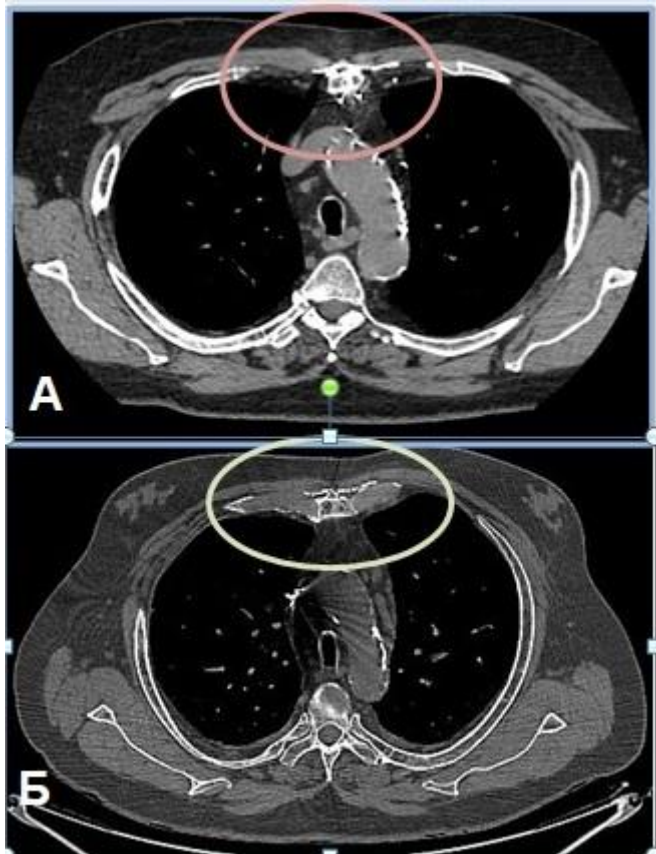
(26,1; 36,8). Уровень функционирования пациентов, обусловленный физическим состоянием, как в предоперационном, так и в послеоперационном периоде не различался ( $p > 0,05$ ). В контексте данного опросника статистически значимо ( $p < 0,05$ ) отмечено улучшение общего психологического состояния пациентов в раннем послеоперационном периоде.

#### **4.2 Отдаленные результаты лечения**

Отдаленные результаты исследования оценивали исходя из данных о рецидиве основного заболевания у пациентов (развития асептической нестабильности грудины или рецидива остеомиелита грудины), динамики болевого синдрома по данным ВАШ-тестирования.

Дополнительно в сроки от 6 до 12 месяцев проведена оценка данных МСКТ органов грудной клетки с целью получения ответа на вопрос о реакции тканей организма пациента на имплантированный титановый эндопротез. По данным визуального анализа снимков МСКТ органов грудной клетки через 6 месяцев у пациентов были признаки инфильтрации тканей в зоне операции в сравнении с результатами повторного исследования через 1 и 3 года (рисунок 4.2).





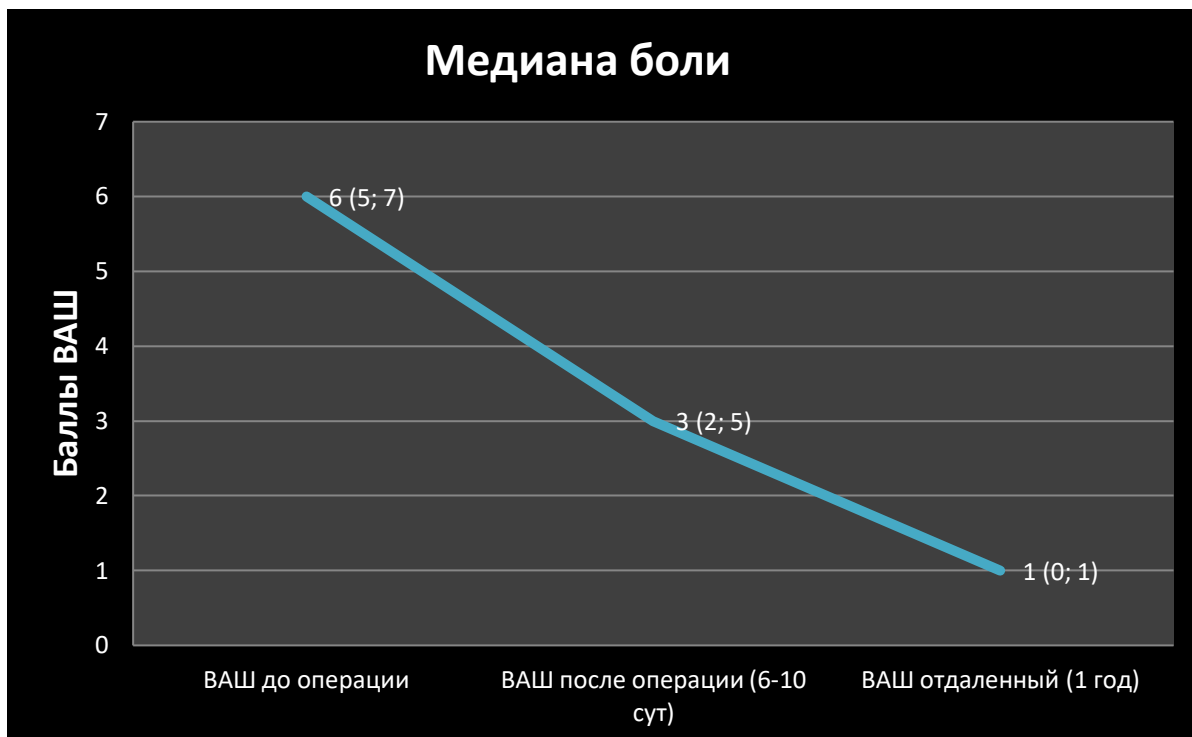
*Рисунок 4.2. МСКТ-исследование органов грудной клетки: А - через 6 мес. после операции; Б - через 3 года после операции. Кружком отмечена зона инфильтрации в проекции установленного эндопротеза и снижение ее через 3 года*

Одному пациенту в связи с травмой передней грудной стенки через 1 год после операции в связи с развитием болевого синдрома выполнена эксплантация эндопротеза (рисунок 4.3).



*Рисунок 4.3. Визуализировано полное формирование фиброзной капсулы по периметру эндопротеза (интеграция эндопротеза).*

В послеоперационном периоде в сроки год и более после операции было отмечено статистически достоверное ( $p < 0,001$ ) снижение болевого синдрома. По результатам анкетирования медиана боли по шкале ВАШ в послеоперационном периоде составила 1 (0; 1) балл. Динамика распределения баллов по шкале ВАШ приведена на рисунке 4.4.



*Рисунок 4.4. Динамика снижения болевого синдрома в предоперационном, раннем послеоперационном периоде и спустя 12 мес. по данным анкеты ВАШ, представлена медианой и процентильными значениями (25%; 75%).*

Рецидив инфекционного процесса в виде свищевой формы остеомиелита грудины зарегистрирован у 4 (4,2%; 95%ДИ: 1,6; 10,2) пациентов, или 6,6% среди пациентов с предшествующим остеомиелитом грудины. Повторно госпитализированы 3 пациента в сроки более 30 суток после операции по поводу повторного развития инфекционного процесса. У одного на фоне проведения системной антибактериальной терапии и местного лечения достигнуто консервативное заживление свищевых дефектов.

В позднем послеоперационном периоде летальный исход отмечен у 3 (4,1%; 95%ДИ: 1,6; 10,2) пациентов. Причинами летального исхода послужили: в первом случае летальный исход наступил в результате прогрессирования онкологического процесса, во втором случае в результате тяжелого течения Covid-19-ассоциированной пневмонии. Еще

один больной умер спустя 45 суток с момента операции после рецидива основного заболевания и развития септического шока.

### **4.3 Результаты электронно-микроскопического исследования**

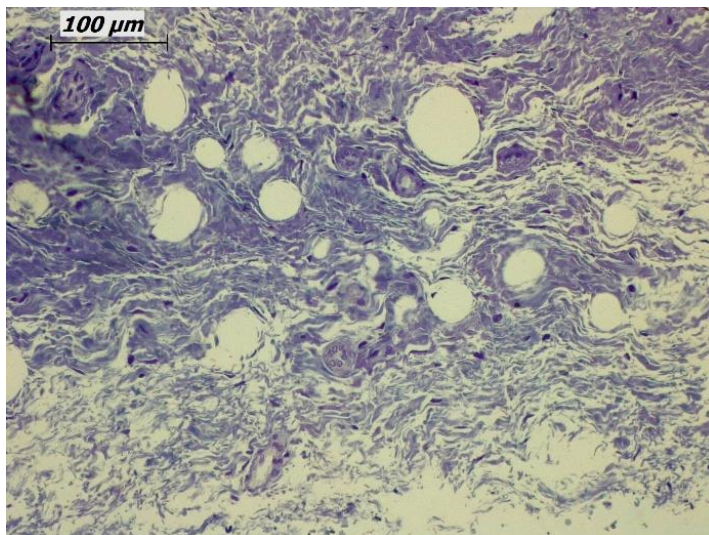
Электронно-микроскопическое исследование проведено одному пациенту, не вошедшему в данное исследование, поскольку хирургическое лечение проведено ранее – в 2015 г.

Пациент, 68 лет. В анамнезе по поводу нестабильности грудины выполнена комбинированная торакомиопластика с использованием сетчатого титанового эндопротеза. Через 6 месяцев после операции пациент стал отмечать выраженный болевой синдром в проекции грудины. Через год после операции выполнено удаление сетчатого титанового эндопротеза с целью элиминации болевого синдрома.

Фрагменты сетчатого имплантата из никелида титана с проросшей сквозь ячейки соединительной тканью через 1 год после имплантации эндопротеза подвергнуты исследованию способом электронной микроскопии. Исследование выполнено на базе лаборатории электронной микроскопии НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского, д.б.н. Чекмаревой И.А.

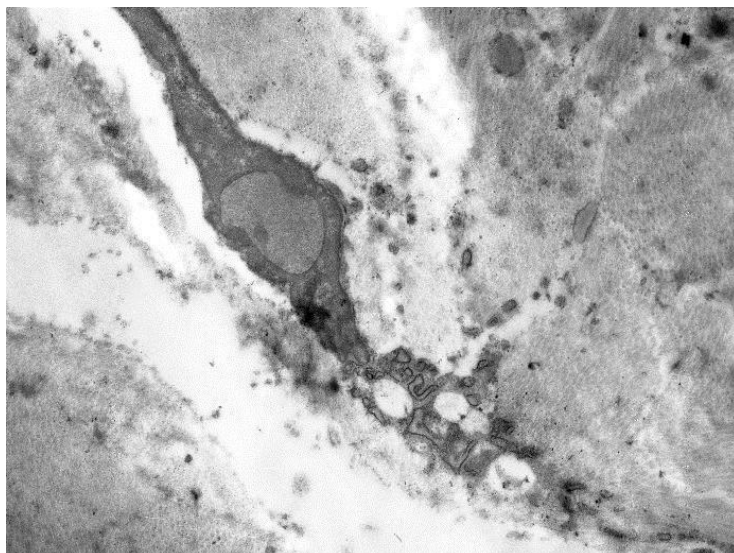
#### **4.3.1 Результаты исследования**

При морфологическом исследовании эндопротез из никелида титана был погружен в соединительную ткань с большим количеством разнонаправленных коллагеновых пучков (рисунок 4.5).



*Рисунок 4.5 Соединительно-тканый регенерат в зоне имплантации, интеграция эндопротеза из никелида титана в ткани. Округлые дефекты - места нахождения титановых нитей в поперечном сечении. Окраска толуидиновым синим*

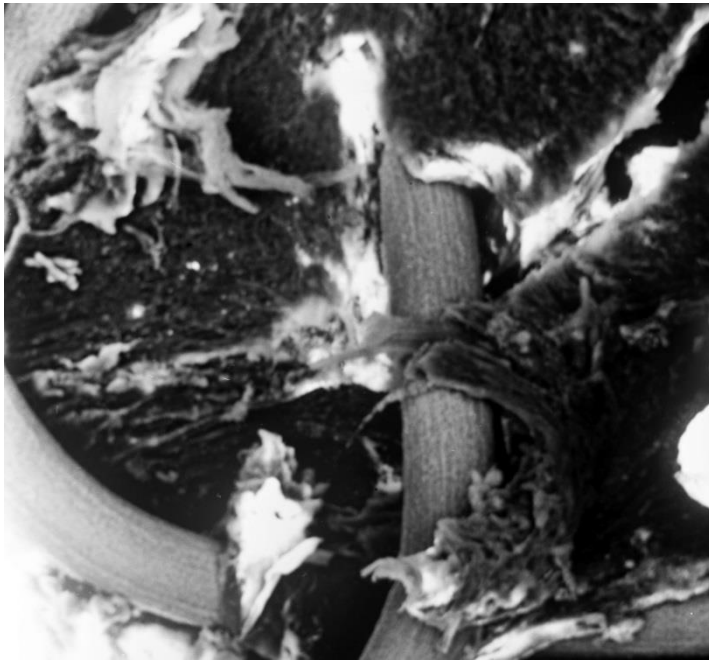
Эндопротез не индуцирует воспалительную реакцию на данном сроке исследования (1 год после имплантации эндопротеза). Ни в одном из препаратов не было отмечено воспалительных инфильтратов вокруг нитей никелида титана. При электронно-микроскопическом исследовании биоптатов между титановыми нитями отмечали коллагеновые волокна, среди которых находились единичные фиброциты (функционально малоактивные клетки, выполняющие в основном опорную функцию) и капилляры (рисунок 4.6).



*Рисунок 4.6 Фиброцит среди волокон коллагена. Электронограмма ТЭМ (ув. 12000)*

При сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) установлено, что ячейки титановой сетки заполнены тканевым регенератом. Коллагеновые волокна, образуя своеобразные муфты, интимно прилежат и как бы «наползают» в составе соединительно-тканного регенерата на нити эндопротеза. Прорастание сквозь сетчатую структуру имплантата направленных соединительнотканых пучков обеспечивает стабильность и прочность нахождения сетки в тканевом регенерате (рисунок 4.7).

Таким образом, зрелость вновь сформированной соединительной ткани в зоне имплантации эндопротеза, формирование соединительнотканной капсулы вокруг нитей из никелида титана, отсутствие участков гиалиноза и воспаления около фрагментов эндопротеза указывают на биосовместимость титановой нити с тканями организма, на высокую степень интеграции имплантата и прочность соединительнотканного регенерата прорастающего сквозь ячейки титановой сетки и плотно фиксирующего ее.



*Рисунок 4.7 СЭМ. Адгезия клеток на поверхности имплантата из никелида титан.*

Из вышеизложенного следует, что имплантат из никелида титана, обладающий высокой коррозионной стойкостью, сверхэластичностью, электрохимической устойчивостью, биомеханической и биохимической инертностью, может быть отнесен к биологически адаптированным материалам нового поколения [6, 16].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ежегодно в России выполняют до 70 тысяч операции на открытом сердце с использованием доступа – срединной стернотомии. Распространённость заболеваний сердца и сосудов в популяции, рост общей продолжительности жизни, совершенствование медицинских технологий сегодня приводит к появлению малоинвазивных методик, что позволяет у ряда пациентов избежать открытую операцию. Несмотря на это, в течение десятилетия заметна динамика роста выполнения открытых операций. Частота гнойно-септических осложнений после стернотомии по данным отдельных авторов достигает 4 – 8 %, и сохраняет устойчиво высокий уровень даже в многопрофильных клинических центрах. С учетом приведенных ранее данных можно с уверенностью сказать о приросте числа пациентов с осложнениями стернотомии в ближайшее десятилетие.

Одно из наиболее значимых септических осложнений в кардиоторакальной хирургии - стерномедиастинит, одним из пусковых механизмов которого выступает частичная или полная несостоятельность шва грудины, приводит к летальности в 14 - 50 %.

С целью улучшения результатов лечения пациентов с нестабильностью грудины, а также с целью профилактики рецидива нестабильности на базе отделения торакальной хирургии ФГБУ «НМИЦ хирургии им. А. В. Вишневского» МЗ РФ проведено ретроспективное, нерандомизированное, одноцентровое исследование. В исследование включено 97 пациентов, проходивших стационарное лечение с января 2016 г. по декабрь 2018 г., у всех пациентов в анамнезе проведены операции на органах грудной клетки с рассечением грудины, осложнившиеся развитием в послеоперационном периоде несостоятельности ее шва.

Как видно из приведенных данных литературы, а также анализа собственного исследования – большинство пациентов имеют множество модифицируемых и не модифицируемых факторов риска. Как правило, все



пациенты с развитием осложнений после стернотомии, имеют сопутствующие заболевания. Более того, у 55,7% пациентов выявлено более двух сопутствующих заболеваний. Сахарный диабет 2 типа верифицирован у 32 (33%) пациентов, заболевания сердца и сосудов (ИБС, гипертоническая болезнь, приобретённые пороки клапанов сердца и др.) у 97 (100%), ХОБЛ - у 12 (12,4%) пациентов. Избыточная масса тела, как один из значимых механических факторов риска развития несостоятельности шва грудины, установлена у 76 (78,4%) пациентов. Более того, по сводным данным объективного клинического и инструментального обследования большинство пациентов (82,5%) отнесены к III классу сложности в анестезиологическом плане (ASA).

Преимущественным видом скрепления грудины (89,7%) был остеосинтез стальной лигатурой. По данным литературы данный вид сопоставления рассеченной грудины выступает наиболее популярным и воспроизводимым.

У 64% пациентов установлен активный раневой гнойный процесс. Тяжелый болевой синдром, плохо купируемый анальгетиками ( $\geq 5$  баллов по ВАШ) диагностирован у 34 пациентов из 97. Более 50% пациентов имели значимое ограничение жизнедеятельности на фоне болевого синдрома, выраженная физическая и психологическая дезадаптация – медианные показатели физического и психологического компонентов здоровья соответственно 32,06 (26,17; 36,16) и 36,67 (31,94; 43,09), все эти факторы актуализируют проблему нестабильности грудины и требуют решения вопросов как изменения подхода к остеосинтезу грудины у пациентов с фактором риска, так и применение надежного способа восстановления грудины и передней грудной стенки с целью профилактики развития рецидива нестабильности грудины.

Все пациенты в предоперационном периоде были обследованы по единому протоколу, включавшему клиническую оценку пациента, данные

местного статуса, инструментальные и лабораторные исследования. После проведенного обследования выделены 2 группы пациентов – с асептической нестабильностью грудины и с развившимся стерномедиастинитом. Однако, в связи с однородностью выборки пациентов и с учетом единых патофизиологических механизмов развития нестабильности грудины, данные группы решено анализировать единой когортой.

У 62 (64%) пациентов установлены различные формы раневой инфекции, распределенные в соответствии с классификацией El Oakley и Wright. Сроки развития стерномедиастинита и остеомиелита грудины составили менее 2-х недель у 28 пациентов, или 43,75%. У двух пациентов сроки развития гнойных осложнений составили более года (9 и 16 лет). Согласно принятой схеме лечения пациентам выполняли посевы раневого отделяемого с целью определения чувствительности к антибактериальным препаратам, далее определяли объем хирургической обработки, в ходе которой формировали рану с целью проведения местного лечения до полного ее очищения. Этапное хирургическое лечение проведено 59 (62%) пациентам, где одна, две и три хирургические обработки с целью деконтаминации раны проведены 27, 17 и 15 пациентам. У двоих пациентов в связи с ограниченным инфекционным процессом в виде лигатурных свищей без активного остеомиелита решено этапное лечение не проводить.

Далее проводили этап местного лечения раны в объеме необходимых ежедневных перевязок с мазевыми антисептиками, выполняли NPWT-терапию раны. Исходя из местного статуса, а также данных микробиологических посевов (критическим являлось получение двухкратных результатов с бактериальной нагрузкой не более  $10^2$  КОЕ/мл) приступали к реконструктивно-пластическому этапу.

Для пациентов, которым с целью элиминации инфекционного процесса выполняли множественные резекции грудины вплоть до

субтотальной (экстирпация тела грудины), было актуально решение проблемы замещения обширного костного дефекта и дефекта мягких тканей, восстановление каркасной функции передней грудной стенки. Группе из 6 пациентов в нашем исследовании выполнена торакооментопластика с использованием пряди большого сальника на питающей ножке. Пациентам с асептической нестабильностью грудины без дополнительного подготовительного этапа выполняли комбинированную торакопластику с использованием стальных лигатур, фиксаторов из никелида титана и сетчатого титанового эндопротеза. В группе пациентов с ограниченным костным дефектом выполняли тот же объем реконструктивного вмешательства.

Продолжительность операций составила от 65 мин. до 280 мин. с медианой 150 (120; 190) минут. Медиана времени искусственной вентиляции легких с охватом этапов индукции, операции и пробуждения составила 190 минут (155; 228).

Все пациенты активизированы в течение 1-х суток после операции. В послеоперационном периоде консервативное лечение проводили согласно принятому протоколу послеоперационного ведения.

В ходе анализа результатов исследования в ближайшем послеоперационном периоде проводили оценку динамики болевого синдрома, частоту и характеристику местных и общих осложнений, объем антибактериальной терапии, послеоперационную летальность, продолжительность стационарного лечения, общую удовлетворённость пациента и рецидив нестабильности или раневой инфекции в различных проявлениях. 100% пациентов отметили исчезновение подвижности в проекции передней грудной стенки. В раннем послеоперационном периоде отмечено значимое снижение болевого синдрома у 83 пациентов (85,6%), у 14,4% пациентов в сроки до 10 суток добиться снижения порогового

значения ВАШ < 5 баллов не удалось. Медиана боли по шкале ВАШ составила 3 (2; 5) балла.

Общая частота послеоперационных осложнений, включая отдалённые осложнения и повторные госпитализации, составила 15,5 % (95%ДИ: 9,6; 24). Титановый эндопротез удален у 1 пациента из 100 (95%ДИ: 0,2; 5,6) на 7-е сутки после операции в результате нагноения раны, на фоне местного лечения состояние пациента удалось стабилизировать.

Один пациент умер на 9-е сутки после операции в связи с острой сердечной недостаточностью. Осложнения, потребовавшие пункционного и местного лечения, отмечены у 3 пациентов: нагноение послеоперационной раны и формирование серомы. Повторное хирургическое лечение проведено 11 пациентам по поводу нагноения послеоперационной раны, эвентрации, торакоабдоминальной грыжи после торакооментопластики, формирования межмышечной гематомы и расхождения больших грудных мышц. В сроки до 30 суток развития нестабильности грудины не зарегистрировано.

94 пациентам (97%) проводили пролонгированную профилактику в течение 72 часов (n=7) и антибактериальную терапию (n=87) в течение 5-7 суток после операции. Всем пациентам антибактериальная терапия проводилась по результатам посевов после консультации клинического фармаколога.

Продолжительность стационарного лечения составила от 6 до 91 суток с медианой 17 (14; 21) дней.

Исходя из данных анкетирования, в послеоперационном периоде отмечено статистически достоверное снижение уровня физического ограничения ( $p < 0.05$ ) на фоне снижения общего болевого синдрома. Как правило, это отмечено в группе пациентов с серьезным и полным

физическим ограничением и за счет перехода данных пациентов в группу умеренного ограничения (по результатам Освестри).

В соответствии с результатами анкетирования по опроснику SF-36 у всех пациентов (n=97) наблюдалось значимая функциональная дезадаптация и снижение уровня качества жизни. Медианные значения уровня физического и психического состояния соответствовали 32,06 (26,17; 36,16) и 31,8 (26,1; 36,8). Уровень функционирования, обусловленный физическим состоянием, в периоперационном периоде не различался ( $p>0,05$ ). Статистически достоверно ( $p<0,05$ ) отмечено улучшение общего психологического состояния пациентов в раннем послеоперационном периоде. Учитывая особенности данной анкеты, результаты могут не отражать истинной адаптации ввиду наличия превалирующей группы физически не активных пациентов (пожилые пациенты – 64% клинических наблюдений).

В отдаленном послеоперационном периоде проводили оценку наличия рецидива основного заболевания у пациентов (развития асептической нестабильности грудины или рецидива стерномедиастинита), динамики болевого синдрома по данным ВАШ-тестирования.

Повторная госпитализация потребовалась 3 пациентам в сроки более 30 суток после операции по поводу повторного развития инфекционного процесса. У одного на фоне проведения системной антибактериальной терапии и местного лечения удалось достичь заживления свищевых дефектов. Рецидив инфекционного процесса в виде свищевой формы остеомиелита грудины зарегистрирован у 4 (6,6%; 95%ДИ: 2,6; 15,7) пациентов в отдаленном периоде (более 1 года).

В сроки от 6 до 12 месяцев оценивали данные МСКТ-исследования органов грудной клетки. По данным визуального анализа снимков МСКТ-исследования органов грудной клетки через 6 месяцев у пациентов

сохранялись признаки инфильтрации тканей в зоне операции в сравнении с результатами повторного исследования через 1 и 3 года.

Одному пациенту (1%; 95%ДИ: 0,2; 5,7) в связи с травмой передней грудной стенки через 1 год после операции в связи с развитием нестабильности грудины потребовалась эксплантация эндопротеза.

Одному пациенту, не включенному в исследование, потребовалась эксплантация эндопротеза через 1 год после операции в связи со стойким болевым синдромом. В последствие выполнено электронно-микроскопическое исследование, в ходе которого установлена высокая биосовместимость титановой нити с тканями организма, высокая степень интеграции имплантата и прочность соединительнотканного регенерата, прорастающего сквозь ячейки титановой сетки и плотно фиксирующего ее.

В отдаленном послеоперационном периоде было отмечено статистически достоверное ( $p < 0,001$ ) снижение болевого синдрома. По результатам анкетирования медиана боли по шкале ВАШ в послеоперационном периоде составила 1 (0; 1) балл.

В позднем послеоперационном периоде летальный исход отмечен у 3 (3,1%; 95%ДИ: 1,1; 8,8) пациентов. Причинами летального исхода послужили: в первом случае летальный исход наступил в результате прогрессирования онкологического процесса, во втором случае в результате тяжелого течения Covid-19-ассоциированной пневмонии. Еще один больной скончался спустя 45 суток с момент операции после рецидива основного заболевания и развития септического шока.

Таким образом, метод комбинированной торакопластики с применением сетчатого титанового эндопротеза является безопасным, эффективным и воспроизводимым методом стабилизации передней грудной стенки и у пациентов с асептической нестабильностью грудины, и у пациентов после этапного хирургического лечения

стерномедиастинита при наличии поперечных переломов грудины и критическом дефиците костной ткани.

## ВЫВОДЫ

1. Разработана оригинальная методика реконструкции передней грудной стенки при помощи сетчатого титанового эндопротеза ВТ1-00 «титановый шелк» у пациентов с тотальной нестабильностью грудины после ранее выполненных операций на открытом сердце и восходящем отделе аорты с использованием стернотомии.
2. По данным проведенного анализа непосредственных результатов лечения рецидив нестабильности грудины в сроки до 30 суток не зарегистрирован. Эксплантация эндопротеза потребовалась 1 пациенту.
3. Исходя из анализа отдаленных результатов, комбинированная торакопластика сетчатым титановым эндопротезом является эффективным и безопасным методом лечения. Безрецидивное течение стерномедиастинита и нестабильности грудины достигнуто у 93,4% и 99% пациентов соответственно.
4. У пациентов с нестабильностью грудины отмечено значимое снижение качества жизни и социальной адаптации, основным ограничивающим фактором выступает выраженный болевой синдром. Реконструктивно-хирургическое лечение позволило снизить болевой синдром в раннем и позднем послеоперационном периоде ( $p < 0,001$ ), а также увеличить индекс социальной адаптации по данным опросника Освестри ( $p < 0,05$ ) и показатель психического здоровья по данным опросника SF-36.



## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. У пациентов с наличием факторов риска развития нестабильности грудины следует отказаться от стандартного метода первичного остеосинтеза грудины с использованием стальных лигатур в пользу комбинированных методов или применения сложных систем наkostной фиксации.

2. Всем пациентам на предоперационном этапе следует выполнять МСКТ-исследование органов грудной клетки с дальнейшей 3D-реконструкцией ее костного остова с целью определения объема поражения грудины, вида и количества несостоятельных швов, количества поперечных переломов.

3. Пациентам с инфицированной нестабильностью грудины следует проводить этапное хирургическое лечение. С целью ускорения процессов репарации и перехода раневого процесса во II стадию рекомендовано использовать метод NPWT-терапии.

4. Резекцию грудины во время хирургической обработки стоит выполнять экономно. К реконструктивно-пластическому этапу следует приступать при бактериальной обсемененности в ране  $\leq 10^2$  КОЕ/мл.

5. Использование пряди большого сальника возможно только как крайний метод пластического закрытия при обширном костном дефекте грудины и при выраженном дефиците мышечной массы.

6. Реостеосинтез грудины при ее нестабильности следует выполнять комбинированным методом пластики, включающим несколько видов остеосинтеза грудины, а также местными тканями.

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- АКШ – аортокоронарное шунтирование
- ВАШ – визуально-аналоговая шкала
- ВГА – внутренняя грудная артерия
- ВОК – ветвь острого края
- ДВ – диагональная ветвь
- ДИ – доверительный интервал
- ЗБВ – задняя боковая ветвь
- ЗМЖВ – задняя межжелудочковая ветвь
- ИБС – ишемическая болезнь сердца
- ИК – искусственное кровообращение
- МСКТ – мультиспиральная компьютерная томография
- МКШ – маммарокоронарное шунтирование
- МПП – межпредсердная перегородка
- ПКА – правая коронарная артерия
- ПМЖВ – передняя межжелудочковая ветвь
- СПОН – системная полиорганная недостаточность
- СЭМ – сканирующая электронная микроскопия
- ТЭЛА – тромбоэмболия легочной артерии
- УЗИ – ультразвуковое исследование
- ФХКП – фармакохолодовая кардиоплегия
- ХОБЛ – хроническая обструктивная болезнь легких
- ЭКМО – экстракорпоральная мембранная оксигенация
- ASA – Американское общество анестезиологов
- DSWI – глубокая раневая инфекция грудины (стерномедиастинит)
- NPWT – терапия раны отрицательным давлением
- SSWI – поверхностная раневая инфекция грудины

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бокерия Л.А., Гудкова Р.Г. Болезни и врожденные аномалии системы кровообращения. Сердечно-сосудистая хирургия. 2013. М.: НЦССХ им. А.Н. Бакулева, 2014;1-220. ISBN978-5-7982-0336-9
2. Вишневский А.А., Коростелев А.Н., Кондратьев В.Г., Назарян К.Э., Печетов А.А., Рuzматов Т.М., Шляховой А.Б. Остеосинтез грудины фиксаторами на основе никелида титана после операций на сердце. Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. 2011; (8): 4-7.
3. Вишневский А.А., Печетов А.А., Даньков Д.В. Асимметричная стернотомия как фактор риска в развитии послеоперационного стерномедиастинита. Грудная и сердечно-сосудистой хирургии. 2012; 54(2): 19-23.
4. Вишневский А.А., Рудаков С.С., Миланов Н.О. Хирургия грудной стенки: руководство. М.: Издательский дом Видар-М, 2005г. – 312с.
5. Галеев Н.А. Результаты различных видов фиксации грудины после операции на сердце и аорте: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук.- М.: 2017.- 24с.
6. Гюнтер В.Э. Материалы с памятью формы и новые технологии в медицине. — Томск: НПП МИЦ, 2006. — 316 с.
7. Даньков Д.В. Торакооментопластика в хирургической реабилитации больных с послеоперационным стерномедиастинитом: автореферат диссертации на соискание степени кандидата медицинских наук.- М.: 2012.- 22с.
8. Казанцев А.А., Туляков С.С., Алехин А.И., Хонинов Б.В. и соавт. Перспективы использования полифиламентного титанового шовного материала в травматологии. РМЖ. 2017; (8): 533-538.
9. Корымасов Е.А., Пушкин С.Ю., Беньян А.С., Медведчиков-Ардия М.А. Стратегия и тактика хирургического лечения инфекционных

осложнений после стернотомии // Раны и раневые инфекции. Журнал имени проф. Б.М. Костюченка. 2015; 2(4): 15-26. <https://doi.org/10.17650/2408-9613-2015-2-4-15-26>.

10. Левчук А.Л. Сысоев О.Ю., Стойко Ю.М. Применение метода локального отрицательного давления в лечении пациентов с инфицированными сетчатыми эндопротезами после герниопластик. Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова. 2020; 15(4): 91-95. <https://doi.org/10.25881/BPNMSC.2020.91.54.017>.

11. Паршиков В.В, Казанцев А.А, Миронов А.А., Заваруев В.А и соавт. К вопросу о возможности применения ультралегких титансодержащих сетчатых эндопротезов для пластики брюшной стенки в условиях инфицирования (экспериментальное исследование). Хирургия. Журнал ИМ. Н.И. Пирогова. 2016; (11): 64-70. <https://doi.org/10.17116/hirurgia20161164-70>

12. Петровский Б.В. Атлас грудной хирургии. Том 2. Москва «Медицина», 1974,- 336 с.

13. Печетов А.А., Есаков Ю.С., Маков М.А. [и др.]. Лапароскопически-ассистированная торакооментопластика в реконструкции обширных дефектов передней грудной стенки. Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. 2017; (8): 18-23. <https://doi.org/10.17116/hirurgia2017818-23>

14. Порханов В.А., Печетов А.А., Митиш В.А., Звягин А.А. и др. Клинические рекомендации по хирургическому лечению больных послеоперационным медиастинитом и остеомиелитом грудины и ребер. Краснодар-Москва, 2014г. 25 с.

15. Черепанова Т.В. Применение сетчатого никелид титанового имплантата в восстановлении мышечно-апоневротического каркаса

передней боюшной стенки: автореферат диссертации на соискание степени кандидата медицинских наук.- К.: 2020.- 24с.

16. Чайнзонов Е.В., Белевич Ю.В., Чижевская С.Ю., Гольдберг В.Е. и др. Современные методы лечения больных раком гортани и гортаноглотки. Сибирский онкологический журнал. 2016; 15(3): 91-96. <https://doi.org/10.21294/1814-4861-2016-15-3-91-96>

17. Шведова М.В., Анфиногенова Я.Д., Дамбаев Г.Ц., Вусик А.Н. Методы остеосинтеза грудины в лечении и профилактике осложнений срединной стернотомии. Сибирский медицинский журнал (г. Томск). 2016; 31(3): 26-32. <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2016-31-3-26-32>

18. Altalib AA, Miao KH, Menezes RG. Anatomy, Thorax, Sternum. 2020 Jul 31. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2020 Jan–. PMID: 31082185;

19. Asaph JW, Keppel JF. Midline sternotomy for the treatment of primary pulmonary neoplasms. *Am J Surg.* 1984 May;147(5):589-92. [https://doi.org/10.1016/0002-9610\(84\)90119-3](https://doi.org/10.1016/0002-9610(84)90119-3)

20. Bejko J, Bottio T, Tarzia V, et al. Nitinol flexigrip sternal closure system and standard sternal steel wiring: insight from a matched comparative analysis. *J Cardiovasc Med (Hagerstown).* 2015;16(2):134-138. <https://doi.org/10.2459/JCM.0000000000000025>

21. Bejko J, Tarzia V, De Franceschi M, et al. Nitinol flexigrip sternal closure system and chest wound infections: insight from a comparative analysis of complications and costs. *Ann Thorac Surg.* 2012;94(6):1848-1853. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2012.08.032>

22. Broadhurst J, Moorjani N, Ohri S. Traumatic fracture of nitinol thermoreactive sternal clips. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2010 Mar; 10(3):465-6. <https://doi.org/10.1510/icvts.2009.218867>

23. Celik S, Kirbas A, Gurer O, Yildiz Y, Isik O. Sternal dehiscence in patients with moderate and severe chronic obstructive pulmonary disease

undergoing cardiac surgery: the value of supportive thorax vests. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2011 Jun;141(6):1398-402. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2011.01.042>

24. Cicilioni, O. J., Stieg, F. H., & Papanicolaou, G. (2005). Sternal Wound Reconstruction with Transverse Plate Fixation. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 115(5), 1297–1303. <https://doi.org/10.1097/01.prs.0000156918.15595.85>

25. Cosío-Pascal M, Ibarra-Pérez C. Closed mitral commissurotomy through a midline sternotomy. A useful and potentially advantageous alternative to the left thoracotomy approach. *Am J Surg.* 1974 Jun;127(6):721-4. doi: 10.1016/0002-9610(74)90356-0

26. Davison SP, Clemens MW, Armstrong D, Newton ED, Swartz W. Sternotomy wounds: rectus flap versus modified pectoral reconstruction. *Plast Reconstr Surg.* 2007 Sep 15;120(4):929-934. <https://doi.org/10.1097/01.prs.0000253443.09780.0f>.

27. De Feo M, De Santo LS, Romano G, Renzulli A, Della Corte A, Utili R, Cotrufo M. Treatment of recurrent staphylococcal mediastinitis: still a controversial issue. *Ann Thorac Surg.* 2003 Feb;75(2):538-42. [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(02\)04313-8](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(02)04313-8)

28. Dell'Amore A, Congiu S, Campisi A, Mazzarra S, Zanoni S, Giunta D. Sternal reconstruction after post-sternotomy dehiscence and mediastinitis. *Indian J Thorac Cardiovasc Surg.* 2020 Jul;36(4):388-396. <https://doi.org/10.1007/s12055-019-00880-5>

29. DeLong MR, Hughes DB, Gaca JG, et al. Sternal talon offers a solution for secondary sternum osteosynthesis in patients with nonunion. *Ann Thorac Surg.* 2014;98(5):1804-1808. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2014.06.048>

30. Dienemann H., Hoffmann H., Detterbeck F. Chest Surgery. Springer Surgery Atlas Series. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015, 544, ISBN 978-3-642-12043-5; <https://doi.org/10.1007/978-3-642-12044-2>
31. Dimarakis I, Oswal D, Nair UR. Single stage sternal reconstruction using titanium mesh for dehiscence following open-heart surgery. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2005;4(1):49-51. <https://doi.org/10.1510/icvts.2004.096065>
32. Dindo D., Demartines N., Clavien P. Classification of surgical complications: a new proposal with evaluation in a cohort of 6336 patients and results of a survey. *Ann Surg* 2004; 240: 205–13. <https://doi.org/10.1097/01.sla.0000133083.54934.ae>
33. Dyussenbayev, A. (2017). Age Periods Of Human Life. *Advances in Social Sciences Research Journal*, 4(6). <https://doi.org/10.14738/assrj.46.2924>
34. El Oakley, R. M., & Wright, J. E. (1996). Postoperative mediastinitis: Classification and management. *The Annals of Thoracic Surgery*, 61(3), 1030–1036. [https://doi.org/10.1016/0003-4975\(95\)01035-1](https://doi.org/10.1016/0003-4975(95)01035-1)
35. Eriksson J, Huljebrant I, Nettelblad H, Svedjeholm R. Functional impairment after treatment with pectoral muscle flaps because of deep sternal wound infection. *Scand Cardiovasc J.* 2011 Jun;45(3):174-80. <https://doi.org/10.3109/14017431.2011.563318>
36. Es-Souni M, Es-Souni M, Fischer-Brandies H. Assessing the biocompatibility of NiTi shape memory alloys used for medical applications. *Anal Bioanal Chem.* 2005;381(3):557-567. <https://doi.org/10.1007/s00216-004-2888-3>
37. Fabiani JN, Lemerle JP, Beres J, Aubert M, Vilain R. Treatment of sternal and sterno-chondral infections after cardiac surgery. With reference to 50 cases. *Ann Chir Thorac Cardiovasc.* 1976 Oct;30(9):297-304

38. Fairbank JC, Pynsent PB. The Oswestry Disability Index. *Spine* (Phila Pa 1976). 2000 Nov 15;25(22):2940-52; discussion 2952. <https://doi.org/10.1097/00007632-200011150-00017>
39. Fawzy H, Osei-Tutu K, Errett L, Latter D, Bonneau D, Musgrave M, Mahoney J. Sternal plate fixation for sternal wound reconstruction: initial experience (retrospective study). *J Cardiothorac Surg*. 2011 Apr 29;6:63. <https://doi.org/10.1186/1749-8090-6-63>
40. Ferraro P, Cugno S, Liberman M, et al. Principles of chest wall resection and reconstruction. *Thorac Surg Clin* 2010;20:465-73. <https://doi.org/10.1016/j.thorsurg.2010.07.008>
41. Friberg, Ö., Dahlin, L.-G., Söderquist, B., Källman, J., & Svedjeholm, R. (2006). Influence of more than Six Sternal Fixation Wires on the Incidence of Deep Sternal Wound Infection. *The Thoracic and Cardiovascular Surgeon*, 54(7), 468–473. <https://doi.org/10.1055/s-2006-924437>
42. Fu RH, Weinstein AL, Chang MM, Argenziano M, Ascherman JA, Rohde CH. Risk factors of infected sternal wounds versus sterile wound dehiscence. *J Surg Res*. 2016 Jan;200(1):400-7. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2015.07.045>
43. Gjeilo KH, Stenseth R, Klepstad P. Risk factors and early pharmacological interventions to prevent chronic postsurgical pain following cardiac surgery. *Am J Cardiovasc Drugs*. 2014 Oct;14(5):335-42. <https://doi.org/10.1007/s40256-014-0083-2>
44. Gjeilo KH, Stenseth R, Wahba A, Lydersen S, Klepstad P. Chronic postsurgical pain in patients 5 years after cardiac surgery: A prospective cohort study. *Eur J Pain*. 2017 Mar;21(3):425-433. <https://doi.org/10.1002/ejp.918>
45. Graf K, Ott E, Vonberg RP, Kuehn C, Haverich A, Chaberny IF. Economic aspects of deep sternal wound infections. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2010 Apr;37(4):893-6. <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2009.10.005>



46. Guillemeteau, Brun, Buisson, Blanc. Utilisation de la lame de Parham dans le traitement des fractures du sternum avec déplacement [Use of Parham's band in the treatment of sternal fractures with displacement]. *Bord Chir.* 1958;1:13-16. PMID: 13546498
47. Hashimoto I, Takaku M., Matsuo S. et al. Risk Factors for Complications after Reconstructive Surgery for Sternal Wound Infection. *Arch Plast Surg.* 2014 May; 41(3):253-7. <https://doi.org/10.5999/aps.2014.41.3.253>
48. Huh J, Bakaeen F, Chu D, Wall MJ Jr. Transverse sternal plating in secondary sternal reconstruction. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2008;136(6):1476-1480. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2008.03.051>
49. Hunt JO, Hendrata MV, Myles PS. Quality of life 12 months after coronary artery bypass graft surgery. *Heart Lung.* 2000 Nov-Dec;29(6):401-11. <https://doi.org/10.1067/mhl.2000.110578>
50. Iliff NT. The ophthalmic implications of the correction of late enophthalmos following severe midfacial trauma. *Trans Am Ophthalmol Soc.* 1991;89:477-548. PMID: PMC1298634
51. Inamasu J, Kim DH, Klugh A. Posterior instrumentation surgery for craniocervical junction instabilities: an update. *Neurol Med Chir (Tokyo).* 2005;45(9):439-447. <https://doi.org/10.2176/nmc.45.439>
52. Jenney AW, Harrington GA, Russo PL, Spelman DW. Cost of surgical site infections following coronary artery bypass surgery. *ANZ J Surg.* 2001 Nov;71(11):662-4. <https://doi.org/10.1046/j.1445-1433.2001.02225.x>
53. Jidéus L, Liss A, Ståhle E. Patients with sternal wound infection after cardiac surgery do not improve their quality of life. *Scand Cardiovasc J.* 2009 Jun;43(3):194-200. <https://doi.org/10.1080/14017430802573098>
54. Jolly S, Flom B, Dyke C. Cabled butterfly closure: a novel technique for sternal closure. *Ann Thorac Surg.* 2012 Oct;94(4):1359-61. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2012.05.067>

55. Julian O.C., Lopez-Belio M., Dye W.S., Javid H., Grove W.J. The median sternal incision in intracardiac surgery with extracorporeal circulation: a general evaluation of its use in heart surgery. *Surgery* 1957;42:753–61
56. Kalush SL, Bonchek LI. Peristernal closure of median sternotomy using stainless steel bands. *Ann Thorac Surg.* 1976;21(2):172-173. [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(10\)64285-3](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(10)64285-3)
57. Kaul P. Sternal reconstruction after post-sternotomy mediastinitis. *J Cardiothorac Surg.* 2017 Nov 2;12(1):94. <https://doi.org/10.1186/s13019-017-0656-7>
58. Khasati N., Sivaprakasama R., Dunning J. (2004). Is the figure-of-eight superior to the simple wire technique for closure of the sternum? *Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery*, 3(1), 191–194. [https://doi.org/10.1016/s1569-9293\(03\)00259-7](https://doi.org/10.1016/s1569-9293(03)00259-7)
59. Kolbensschlag J, Hörner C, Sogorski A, Goertz O, Ring A, Harati K, Lehnhardt M, Daigeler A. Sternal Reconstruction with the Omental Flap-Acute and Late Complications, Predictors of Mortality, and Quality of Life. *J Reconstr Microsurg.* 2018 Jun;34(5):376-382. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1629918>
60. Koptan W, Elmiligui Y, Elsharkawi M. Single stage anterior reconstruction using titanium mesh cages in neglected kyphotic tuberculous spondylodiscitis of the cervical spine. *Eur Spine J.* 2011;20(2):308-313. <https://doi.org/10.1007/s00586-010-1537-0>
61. Kuźdzał J, Warmus J, Grochowski Z, Gądek A. Reconstruction of the sternal manubrium. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2014;147(6):1986-1988. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2014.01.040>
62. Lima O, Ramos L, Di Biasi P, Judice L, Cooper JD. Median sternotomy for bilateral resection of emphysematous bullae. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1981 Dec;82(6):892-7. PMID: 7300418
63. Liu T., Wu G., Gu Z., Wismeijer D., Liu Y. A critical-sized bone defect. *Bone.* 2014, 68, 163–164. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2014.07.016>;

64. Luciani N, Anselmi A, Gandolfo F, Gaudino M, Nasso G, Piscitelli M, Possati G. Polydioxanone sternal sutures for prevention of sternal dehiscence. *J Card Surg.* 2006 Nov-Dec;21(6):580-4. <https://doi.org/10.1111/j.1540-8191.2006.00302.x>
65. Mahabir RC, Butler CE. Stabilization of the chest wall: autologous and alloplastic reconstructions. *Semin Plast Surg* 2011;25:34-42. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1275169>
66. Marasco SF, Fuller L, Zimmet A, et al. Prospective, randomized, controlled trial of polymer cable ties versus standard wire closure of midline sternotomy. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2018;156(4):1589-1595.e1. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2018.04.025>
67. Mayhew D, Mendonca V, Murthy BVS. A review of ASA physical status - historical perspectives and modern developments. *Anaesthesia.* 2019 Mar;74(3):373-379. <https://doi.org/10.1111/anae.14569>
68. McGregor, W. E., Trumble, D. R., & Magovern, J. A. (1999). Mechanical analysis of midline sternotomy wound closure. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery,* 117(6), 1144–1150. [https://doi.org/10.1016/s0022-5223\(99\)70251-5](https://doi.org/10.1016/s0022-5223(99)70251-5)
69. Melly L, Gahl B, Meinke R, et al. A new cable-tie-based sternal closure device: infectious considerations. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2013;17(2):219-224. <https://doi.org/10.1093/icvts/ivt183>
70. Milano CA, Georgiade G, Muhlbaier LH, Smith PK, Wolfe WG. Comparison of omental and pectoralis flaps for poststernotomy mediastinitis. *Ann Thorac Surg.* 1999;67(2):377-381. [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(99\)00022-3](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(99)00022-3)
71. Morisaki A., Hosono M., Sasaki Y. et al. Evaluation of risk factors for hospital mortality and current treatment for poststernotomy mediastinitis // *Gen. Thoracic. Cardiovasc. Surg.* 2011. Vol. 59, № 4. P. 261–267. <https://doi.org/10.1007/s11748-010-0727-3>

72. Müller M.E., Allgöwer M., Schneider R., Willenegger H. Manual der Osteosynthese. 1996. 750. ISBN 3-540-53819-4
73. Negri A, Manfredi J, Terrini A, et al. Prospective evaluation of a new sternal closure method with thermoreactive clips. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2002;22(4):571-575. [https://doi.org/10.1016/s1010-7940\(02\)00411-6](https://doi.org/10.1016/s1010-7940(02)00411-6)
74. Nenna A., Nappi F., Dougal J. Satriano U. et al. Sternal wound closure in the current era: the need of a tailored approach. *Gen Thorac Cardiovasc Surg.* 2019 Nov; 67(11):907-916. <https://doi.org/10.1007/s11748-019-01204-5>
75. Nezafati P, et al. ZipFix Versus Conventional Sternal Closure: One-Year Follow-Up. *Heart, Lung and Circulation* (2018), <https://doi.org/10.1016/j.hlc.2018.01.010>
76. Nikolaidis N, Karangelis D, Mattam K, Tsang G, Ohri S. The use of Nitinol clips for primary sternal closure in cardiac surgery. *Ann Thorac Cardiovasc Surg.* 2013;19(4):330-334. <https://doi.org/10.5761/atcs.nm.12.01947>
77. Olbrecht VA, Barreiro CJ, Bonde PN, et al. Clinical outcomes of noninfectious sternal dehiscence after median sternotomy. *Ann Thorac Surg.* 2006;82(3):902-907. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2006.04.058>
78. Orhan SN, Ozyazicioglu MH, Colak A. A biomechanical study of 4 different sternum closure techniques under different deformation modes. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2017;25(5):750-756. <https://doi.org/10.1093/icvts/ivx175>
79. Ozaki W, Buchman SR, Iannettoni MD, Frankenburg EP. Biomechanical study of sternal closure using rigid fixation techniques in human cadavers. *Ann Thorac Surg.* 1998;65(6):1660-1665. [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(98\)00231-8](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(98)00231-8)
80. Park JS, Kuo JH, Young JN, Wong MS. Rigid Sternal Fixation Versus Modified Wire Technique for Poststernotomy Closures: A Retrospective

Cost Analysis. *Ann Plast Surg.* 2017;78(5):537-542.  
<https://doi.org/10.1097/SAP.0000000000000901>

81. Raman J, Lehmann S, Zehr K, et al. Sternal closure with rigid plate fixation versus wire closure: a randomized controlled multicenter trial. *Ann Thorac Surg.* 2012;94(6):1854-1861.  
<https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2012.07.085>

82. Raman J, Straus D, Song DH. Rigid plate fixation of the sternum. *Ann Thorac Surg.* 2007;84(3):1056-1058.  
<https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2006.11.045>

83. Ramzisham AR, Raflis AR, Khairulasri MG, Ooi Su Min J, Fikri AM, Zamrin MD. Figure-of-eight vs. interrupted sternal wire closure of median sternotomy. *Asian Cardiovasc Thorac Ann.* 2009;17(6):587-591.  
<https://doi.org/10.1177/0218492309348948>

84. Reser D., Caliskan E. Median sternotomy. *Multimed Man Cardiothorac Surg.* 2015 Jul 17;2015. pii: mmv017.  
<https://doi.org/10.1093/mmcts/mmv017>

85. Riess FC, Awwad N, Hoffmann B, et al. A steel band in addition to 8 wire cerclages reduces the risk of sternal dehiscence after median sternotomy. *Heart Surg Forum.* 2004;7(6):387-392.  
<https://doi.org/10.1532/HSF98.200403114>

86. Robicsek F, Daugherty HK, Cook JW. The prevention and treatment of sternum separation following open-heart surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1977;73(2):267-268. PMID: 319304

87. Robicsek, F., Fokin, A., Cook, J., & Bhatia, D. (2000). Sternal Instability After Midline Sternotomy. *The Thoracic and Cardiovascular Surgeon*, 48(4), 1–8. <https://doi.org/10.1055/s-2000-9945>

88. Rupprecht L, Schmid C. Deep sternal wound complications: an overview of old and new therapeutic options. *Open J Cardiovasc Surg.* 2013 Jun 13;6:9-19. <https://doi.org/10.4137/OJCS.S11199>

89. Sanna S, Brandolini J, Pardolesi A, et al. Materials and techniques in chest wall reconstruction: a review. *J Vis Surg.* 2017;3:95. Published 2017 Jul 26. <https://doi.org/10.21037/jovs.2017.06.10>
90. Schade K, Greve H. Experimentelle Untersuchungen zur Stabilisierung der Refixation nach medianer Sternotomie [Experimental studies of stabilization of refixation following median sternotomy]. *Langenbecks Arch Chir.* 1989;374(1):20-4. German. <https://doi.org/10.1007/BF01261931>
91. Schimmer C, Keith P, Neukam K, Beissert M, Leyh R. Large thoracic wall hematoma following sternal reconstruction with transversal plate fixation after deep sternal wound infection. *Thorac Cardiovasc Surg.* 2007 Sep;55(6):402-5. <https://doi.org/10.1055/s-2007-965402>
92. Schimmer C, Reents W, Berneder S, Eigel P, Sezer O. Prevention of sternal dehiscence and infection in high risk patients: a prospective randomized multicentre trial. *Annals of thoracic. Surgery.* 2008;86:1897–904. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2008.08.071>
93. Seder CW, Rocco G. Chest wall reconstruction after extended resection. *J Thorac Dis* 2016;8:S863-S871. <https://doi.org/10.21037/jtd.2016.11.07>
94. Spindler N, Etz CD, Misfeld M, Josten C, Mohr FW, Langer S. Omentum flap as a salvage procedure in deep sternal wound infection. *Ther Clin Risk Manag.* 2017;13:1077-1083. Published 2017 Aug 23. <https://doi.org/10.2147/TCRM.S134869>
95. Srivastava V, Yap CH, Burdett C, Smailes T, Kendall S, Akowuah E. Thermoreactive clips do not reduce sternal infection: a propensity-matched comparison with sternal wires. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2015;21(6):699-704. <https://doi.org/10.1093/icvts/ivv238>
96. Stoney WS, Alford WC Jr, Burrus GR, Frist RA, Thomas CS Jr. Median sternotomy dehiscence. *Ann Thorac Surg.* 1978 Nov;26(5):421-6. [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(10\)62920-7](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(10)62920-7)

97. Taber RE, Madaras J. Prevention of sternotomy wound disruptions by use of figure-of-eight pericostal sutures. *Ann Thorac Surg.* 1969 Oct;8(4):367-9. [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(10\)66253-4](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(10)66253-4)
98. Taeger CD, Horch RE, Arkudas A, Schmitz M, Stübinger A, Lang W, Meyer A, Seitz T, Weyand M, Beier JP. Combined free flaps with arteriovenous loops for reconstruction of extensive thoracic defects after sternal osteomyelitis. *Microsurgery.* 2016 Feb;36(2):121-7. <https://doi.org/10.1002/micr.22405>
99. Tarniță D, Tarniță DN, Bîzdoacă N, Mîndrilă I, Vasilescu M. Properties and medical applications of shape memory alloys. *Rom J Morphol Embryol.* 2009;50(1):15-21. PMID: 19221641
100. Tavlasoglu M, Kurkluoglu M, Arslan Z, Durukan AB. Detachment and dislocation of thermoreactive clips from sternum in late postoperative period due to misuse. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2012 Apr;14(4):491-3. <https://doi.org/10.1093/icvts/ivr165>
101. Tomitsuka, K. Study of mechanical properties of shape memory alloy plate for internal fixation of jaws. *The Journal of the stomatological society, Japan.* 1991; 58(1), 59–73. <https://doi.org/10.5357/koubyou.58.59>
102. Uthoff HK, Poitras P, Backman DS. Internal plate fixation of fractures: short history and recent developments. *J Orthop Sci.* 2006;11(2):118-126. <https://doi.org/10.1007/s00776-005-0984-7>
103. Van der Merwe A. E., Weston D. A., Oostra R. J. & Maat G. J. R. (2013). A review of the embryological development and associated developmental abnormalities of the sternum in the light of a rare palaeopathological case of sternal clefting. *HOMO - Journal of Comparative Human Biology*, 64(2), 129–141. <https://doi.org/10.1016/j.jchb.2013.01.003>
104. Vos RJ, Jongbloed L, Sonker U, Kloppenburg GTL. Titanium Plate Fixation versus Conventional Closure for Sternal Dehiscence after Cardiac

Surgery. Thorac Cardiovasc Surg. 2017;65(4):338-342.  
<https://doi.org/10.1055/s-0036-1583297>

105. Wang W, Wang S. Titanium plate fixation versus conventional approach in the treatment of deep sternal wound infection. *J Cardiothorac Surg*. 2016;11:46. Published 2016 Apr 8. <https://doi.org/10.1186/s13019-016-0458-3>

106. Ware JE Jr, Gandek B. Overview of the SF-36 Health Survey and the International Quality of Life Assessment (IQOLA) Project. *J Clin Epidemiol*. 1998 Nov;51(11):903-12. [https://doi.org/10.1016/s0895-4356\(98\)00081-x](https://doi.org/10.1016/s0895-4356(98)00081-x)

107. Watanabe Y, Ichihashi T, Iwa T. Median sternotomy as an approach for pulmonary surgery. *Thorac Cardiovasc Surg*. 1988 Aug;36(4):227-31. <https://doi.org/10.1055/s-2007-1020084>

108. Wu S, Wan F, Gao YS, Zhang Z, Zhao H, Cui ZQ, Xie JY. Sternal reconstruction of deep sternal wound infections following median sternotomy by single-stage muscle flaps transposition. *Chin Med Sci J*. 2014 Dec;29(4):208-13. [https://doi.org/10.1016/s1001-9294\(14\)60072-9](https://doi.org/10.1016/s1001-9294(14)60072-9)

109. Wu L. C., Renucci, J. D., & Song, D. H. (2005). Sternal Nonunion: A Review of Current Treatments and a New Method of Rigid Fixation. *Annals of Plastic Surgery*, 54(1), 55–58. <https://doi.org/10.1097/01.sap.0000139564.37314.1f>

110. Yusuf E, Chan M, Renz N, Trampuz A. Current perspectives on diagnosis and management of sternal wound infections. *Infect Drug Resist*. 2018 Jul 16;11:961-968. <https://doi.org/10.2147/IDR.S130172>

111. Zilla P, Yacoub M, Zühlke L, Beyersdorf F et al. Global Unmet Needs in Cardiac Surgery. *Glob Heart*. 2018 Dec;13(4):293-303. <https://doi.org/10.1016/j.gheart.2018.08.002>