

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.И. ПИРОГОВА»
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

На правах рукописи

Шоминова Алёна Олеговна

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВАКУУМНОГО КОЛОКОЛА
ПРИ ЛЕЧЕНИИ ВОРОНКООБРАЗНОЙ ДЕФОРМАЦИИ
ГРУДНОЙ КЛЕТКИ У ДЕТЕЙ**

3.1.11. Детская хирургия (медицинские науки)

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:
доктор медицинских наук, доцент
Митупов Зорикто Батович

Москва
2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	4
ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. ЛЕЧЕНИЕ ВОРОНКООБРАЗНОЙ ДЕФОРМАЦИИ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ У ДЕТЕЙ С ПОМОЩЬЮ ВАКУУМНОГО КОЛОКОЛА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)	13
1.1. Эпидемиология	13
1.2. Этиология и патогенез	13
1.3. Классификация	15
1.4. Клинические проявления ВДГК	16
1.5. Хирургическое лечение ВДГК	19
1.6. Интраоперационное использование вакуумного колокола ..	20
1.7. Консервативное лечение ВДГК с помощью вакуумного колокола	21
1.7.1. Показания и противопоказания	24
1.7.2. Возраст начала лечения	25
1.7.3. Эластичность грудной клетки	25
1.7.4. Продолжительность лечения	26
1.7.5. Время ежедневного применения	27
1.7.6. Глубина и тип деформации	28
1.7.7. Методы контроля результатов лечения	28
1.8. Физиотерапия и ЛФК	30
1.9. Осложнения при лечении вакуумным колоколом	31
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	33
2.1. Дизайн исследования	33
2.2. Общая характеристика наблюдений	33
2.3. Методы исследования	35
2.3.1. Анамнестические данные	35
2.3.2. Объективный осмотр	36
2.3.3. Инструментальные методы обследования	36
2.3.3.1. Мультиспиральная компьютерная томография грудной клетки	36

2.3.3.2. Эхокардиография (ЭХО-КГ)	42
2.3.3.3. Электрокардиография (ЭКГ)	42
2.3.3.4. Оценка функции внешнего дыхания (ФВД)	43
2.4. Применяемое оборудование и инструменты	43
2.5. Методика лечения ВДГК с помощью вакуумного колокола ...	45
2.6. Оценка результатов лечения	49
2.7. Распределение пациентов по группам	51
2.8. Статистическая обработка данных	52
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	53
3.1. Клиническая характеристика пациентов, включенных в исследование	53
ГЛАВА 4. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЛЕЧЕНИЯ	57
4.1. Анализ результатов лечения в группах	57
4.2. Сравнительный анализ групп по результатам лечения	65
4.2.1. Возраст начала лечения	65
4.2.2. Тяжесть деформации грудной клетки	66
4.2.3. Время ежедневного использования	68
4.2.4. Сроки лечения	69
4.2.5. Сопутствующие факторы	70
4.2.6. Побочные явления	73
4.3. Факторы риска неудовлетворительного результата лечения ...	78
4.4. Алгоритм выбора тактики лечения пациентов с ВДГК	79
4.5. Клинические примеры	81
ГЛАВА 5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ	88
ВЫВОДЫ	96
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	98
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	100

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

СТ – computed tomography

HI – Haller index

VB – vacuum bell

ВДГК – воронкообразная деформация грудной клетки

ВК – вакуумный колокол

ГВР – грудинно-verteбральное расстояние

ГД – глубина деформации

ЖЕЛ – жизненная емкость легких

ИА – индекс асимметрии

ИД – индекс депрессии

ИГ – индекс Галлера

ИК – индекс коррекции

ИМТ – индекс массы тела

КТ – компьютерная томография

ЛФК – лечебная физкультура

МРТ – магнитно-резонансная томография

НБППГ – неполная блокада правой ножки пучка Гиса

ОШ – отношение шансов

ОФВ₁ – объем форсированного выдоха за 1 секунду

ПЖК – подкожно-жировая клетчатка

ФВД – функция внешнего дыхания

ЧСС – частота сердечных сокращения

ЭКГ – электрокардиография

ЭОС – электрическая ось сердца

ЭХО-КГ – эхокардиография

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Воронкообразная деформация грудной клетки (ВДГК) - это наиболее часто встречающийся вид деформации грудной клетки, который проявляется западением грудины и прилежащих реберных дуг [1, 2, 3]. На сегодняшний день действительно идет активный поиск альтернативных безоперационных методов коррекции воронкообразной деформации грудной клетки (ВДГК). Малоинвазивная торакопластика, предложенная Дональдом Нассом, является «золотым стандартом» благодаря своим преимуществам, таким как минимальная травматичность и хороший косметический результат [1, 4–8]. Однако, имеется риск хирургических осложнений, также данная методика требует проведения второго этапа операции - удаления корригирующей пластины [4–9].

Таким образом, несмотря на успехи малоинвазивной торакопластики, продолжают исследования и разработки в области безоперационных методов коррекции ВДГК, что может привести к новым подходам в лечении этой патологии. Так в 1992 году Экхарт Клоб разработал методику неинвазивной коррекции ВДГК с помощью вакуумного колокола (ВК) [10, 11, 12]. Вакуумный колокол это устройство, куполообразной формы, состоящее из силиконового кольца и смотрового стекла, создающее элевацию грудины посредством вакуума. ВК может использоваться, как в качестве неинвазивной монотерапии, так и интраоперационно для элевации грудины во время торакопластики, в момент проведения интрадьюсера и корригирующей пластины [10, 13]. Метод лечения ВК особенно актуален у пациентов с ВДГК, ранее перенесших стернотомию. Так как, из-за спаечного процесса в переднем средостении имеется высокий риск ранения сердца и крупных сосудов при проведении торакопластики [13, 14].

В настоящее время метод неинвазивной монотерапии с использованием ВК становится все более популярным и существует большое количество публикаций, посвященных данной теме [10–13]. Однако, согласно данным лите-

ратуры отсутствует единая тактика консервативного лечения пациентов с ВДГК с использованием ВК, а также не существует единого мнения о показаниях, сроках консервативного лечения и выбора оптимального возраста для начала использования ВК [10, 15]. В доступной литературе нет единых параметров, дающих возможность прогнозировать успех консервативного лечения ВК, а также отсутствует анализ причин неудачных результатов. В литературе имеются лишь единичные работы, описывающие ложноположительные результаты за счет гипертрофии подкожно-жировой клетчатки в области деформации грудной стенки в процессе лечения ВК [16]. Также отсутствуют работы, посвященные дифференцированному подходу и тактике лечения ВДГК в зависимости от анатомических особенностей грудной стенки и варианта деформации.

Объективная оценка результатов лечения детей с ВДГК, использовавших ВК в качестве неинвазивной монотерапии, определение факторов влияющих на хорошие результаты, научно обоснованное прогнозирование успеха консервативного лечения, анализ причин неудачных результатов, а также определение оптимального инструментального метода для контроля результатов лечения являются актуальными вопросами в лечении ВДГК у детей.

Степень разработанности темы. Во всем мире на сегодняшний день идет активное обсуждение эффективности относительно нового консервативного метода лечения ВДГК с помощью ВК [10–12, 15, 16]. В иностранной литературе имеется более 50 статей на данную тему с различными результатами лечения. В отечественной литературе описаны лишь единичные клинические наблюдения. Несмотря на то, что многие страны мира используют данную технологию коррекции ВДГК, единая тактика лечения до сих пор не определена. При этом подавляющее большинство авторов сходятся во мнении, что срок лечения должен составлять минимум 12 месяцев [10–12, 14–16].

Наряду с этим, нет единого мнения о возрасте начала лечения, продолжительности ежедневного использования, а также о том, какие основные параметры (глубина, тяжесть, форма, симметричность) деформации определяют результаты лечения.

Активно обсуждается вопрос, о том какой метод контроля результата лечения наиболее оптимальный. Достаточно ли только визуальной оценки, а так же внешнее измерение глубины деформации, или требуется выполнение рентгенологических методов обследования (компьютерная томография или рентгенография) [16, 17].

Имеется несколько публикаций, где обсуждается вопрос о формировании гипертрофии подкожно-жировой клетчатки в области деформации при использовании ВК. При этом создается отличный визуальный эффект в виде уменьшения внешней глубины деформации, но по данным КТ тяжесть деформации и ее глубина остаются неизменными либо с минимальными положительными изменениями. В связи с этим рекомендуется выполнение КТ с целью исключения ложноположительного результата лечения [15, 16].

На данный момент имеется мало данных об отдаленных результатах лечения с использованием ВК. Катамнез составляет не более 2-х лет, по данным литературы [12].

На сегодняшний день активно идет разработка дифференцированного подхода к выбору тактике лечения пациентов с ВДГК в зависимости от анатомического варианта деформации. Пациентам с глубокими и сложными деформациями, у которых есть сомнения в эффективности ВК, выполняется КТ с установленным ВК, при которой проводится оценка степени одномоментной элевации грудины. При недостаточной коррекции пациентам выполняется торакопластика по Нассу [18].

В настоящее время остается нерешенным вопрос, для каких групп пациентов использование вакуумного колокола является наиболее оптимальным вариантом лечения ВДГК. В основу данной диссертационной работы легли разработка оптимальных рекомендаций относительно сроков и возраста начала терапии, а также выявление ключевых предикторов успешности консервативного лечения.

Цель исследования. Улучшить результаты лечения детей с воронкообразной деформацией грудной клетки с использованием вакуумного колокола.

Задачи исследования:

1. Оценить эффективность использования вакуумного колокола при лечении воронкообразной деформации у детей.
2. Провести сравнительный анализ результатов лечения детей с воронкообразной деформацией грудной клетки, использовавших вакуумного колокола.
3. Изучить причины неудовлетворительных результатов лечения в зависимости от сроков лечения, продолжительности ежедневного использования колокола, тяжести деформации грудной клетки и возраста пациентов.
4. Обосновать дифференцированный подход в лечении детей с воронкообразной деформацией грудной клетки и разработать алгоритм контроля результатов на этапах лечения.

Научная новизна исследования:

1. Впервые в РФ проведен комплексный сравнительный анализ групп пациентов с ВДГК, использовавших ВК с определением наиболее значимых факторов, влияющих на результат лечения.
2. Разработана балльная шкала комплексной оценки эффективности лечения, которая учитывает процент коррекции изменения внешней глубины деформации и данных КТ (индекс Галлера, глубины деформации, индекса асимметрии, индекса депрессии, индекса коррекции, ПЖК) и позволяет выделить группы пациентов с хорошими и неудовлетворительными результатами.
3. Предложены формулы для расчета основных параметров оценки динамики данных КТ до и после лечения (процент коррекции индекса Галлера, процент коррекции глубины деформации, индекс депрессии, индекс асимметрии).
4. На основании статистических методов анализа изучена возможность прогнозирования эффективности лечения на основании возраста, тяжести деформации, а также данных КТ.
5. Разработан алгоритм дифференцированного подхода в лечении ВДГК с использованием КТ диагностики.

Теоретическая и практическая значимость результатов работы:

1. Разработаны диагностические критерии оценки эффективности использования ВК на этапах лечения с помощью КТ диагностики.

2. Определено, что гипертрофия ПЖК в области деформации при лечении ВК формирует ложноположительный результат, наиболее информативным методом диагностики такого состояния является КТ.

3. Определено, что факторами, влияющими на результат лечения с использованием ВК, являются: время ежедневного использования ВК, занятия спортом и тяжесть ВДГК (глубина деформации и индекс Галлера).

4. Использование ВК не исключает последующего оперативного лечения в случае получения неудовлетворительного результата или отказа от продолжения лечения.

Методология и методы исследования. Проведен обзор зарубежной и отечественной литературы по теме консервативного лечения ВДГК с помощью вакуумного колокола. Методология данного исследования включала в себя ретроспективный и проспективный анализ оценки эффективности лечения детей с ВДГК, использовавших вакуумный колокол, которые проходили лечение в консультативно-диагностическом центре ДГКБ им. Н.Ф. Филатова. Достоверность результатов исследования основана на статистической обработке данных. Таким образом, работа осуществлена в формате одноцентрового ретроспективного и проспективного обсервационного когортного исследования.

Положения, выносимые на защиту:

1. Использование ВК, в качестве неинвазивной монотерапии является реальной альтернативой у пациентов, отказывающихся от хирургического лечения, а также имеющих противопоказания к нему.

2. Технология лечения ВДГК с использованием ВК является эффективной методикой у детей разных возрастных групп.

3. Основными факторами, влияющими на результат лечения, являются регулярность и время ежедневного использования ВК, продолжительность

лечения, занятия спортом, анатомические особенности и тяжесть деформации грудной клетки.

4. Нарушение технологии использования ВК приводит к гипертрофии ПЖК в области деформации и формирует ложноположительный результат.

5. КТ диагностика является обязательным методом исследования для оценки эффективности на этапах лечения ВДГК с помощью ВК.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность результатов данного исследования определяется репрезентативностью выборки исследуемых пациентов. Достоверность результатов подтверждается статистической обработкой значительного объема собранных данных.

Материалы и основные положения диссертации были представлены на заседаниях Общества детских хирургов города Москвы и Московской области (№ 607 от 28.01.2021, № 617 от 27.01.2022, № 631 от 30.05.2023), а также на VIII, IX, X Форуме детских хирургов России с международным участием (22.10.2021, 11.11.2023, 26.10.2024), научно-практических конференциях кафедры детской хирургии РНИМУ им. Н.И. Пирогова и сотрудников ДГКБ им. Н.И. Филатова (02.05.2021; 26.05.2022), XII Всероссийском съезде травматологов-ортопедов (декабрь 2022), Всероссийском научно-практическом форуме «Неотложная детская хирургия и травматология» (конкурс молодых ученых, февраль 2024) и I Международном форуме «Дни детской хирургии в Азербайджане» (17 июня 2024). Также материалы были представлены на Национальном конгрессе с международным участием «Здоровые дети – будущее страны» в Санкт-Петербурге (2 июня 2024).

Апробация результатов диссертационного исследования состоялась на заседании сотрудников кафедры детской хирургии педиатрического факультета ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова и сотрудников хирургических отделений ГБУЗ «Детская городская клиническая больница им. Н.Ф. Филатова» Департамента здравоохранения города Москвы, что зафиксировано в протоколе заседания № 7 от 20.06.2024.

Публикации по теме диссертации. По теме диссертации опубликовано 3 научные статьи в рецензируемых изданиях, рекомендованных высшей аттестационной комиссией РФ для публикаций результатов диссертационных исследований, по специальности 3.1.11. Детская хирургия.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Диссертация соответствует паспорту научной специальности 3.1.11. Детская хирургия (медицинские науки). Результаты соответствуют области исследования специальности: пункты 1, 2, 3, 4 паспорта специальности Детская хирургия.

Внедрение результатов работы. Результаты данной работы и сформированный алгоритм по ведению и определению тактики лечения пациентов с ВДГК внедрены и используются в клиничко-практической работе отделения торакальной хирургии и консультативно-диагностического центра ГБУЗ ДГКБ им. Н.Ф. Филатова ДЗМ, а также применяются для обучения студентов, ординаторов, курсантов кафедры детской хирургии педиатрического факультета РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России.

Личный вклад. Автор провел детальный анализ отечественной и зарубежной литературы по теме лечения детей с ВДГК. На основании анализа сохраняющихся нерешенных проблем, сформулировал цели и задачи исследования, а также разработал дизайн данного исследования. Он самостоятельно проводил отбор пациентов и медицинских данных их обследования, проверяя их на соответствие критериям включения и исключения. Автор осуществил сбор базы данных со значительным объемом информации, касаемо результатов обследования и лечения пациентов. Все накопленные данные автор подверг статистической обработке с использованием современных программ обработки информации. На основании полученных результатов были сформированы основные положения, практические рекомендации и выводы исследования. Диссертант, являясь сотрудником консультативно-диагностического центра ГБУЗ ДГКБ им. Н.Ф. Филатова, полностью осуществлял ведение амбулаторных пациентов с ВДГК, использовавших вакуумный колокол. Диссертант проводил клинический осмотр, со-

ставлял программу обследования и лечения для каждого пациента, производил индивидуальный подбор вакуумного колокола, проводил обучение родителей пациентов использования вакуумного колокола, контролировал результат на всех этапах лечения. Автор также ассистировал при хирургической коррекции ВДГК (торакопластике по Нассу).

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 110 страницах печатного текста и включает в себя введение, 5 глав, заключение, выводы, практические рекомендации, список сокращений, список литературы, включающий 104 источника, из них 17 отечественных и 87 иностранных. Работа иллюстрирована 38 таблицами и 38 рисунками.

ГЛАВА 1. ЛЕЧЕНИЕ ВОРОНКООБРАЗНОЙ ДЕФОРМАЦИИ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ У ДЕТЕЙ С ПОМОЩЬЮ ВАКУУМНОГО КОЛОКОЛА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

1.1. Эпидемиология

Воронкообразная деформация грудной клетки (ВДГК) – это порок развития грудной клетки (ГК), проявляющийся западением хрящевых участков ребер и грудины, часто сопровождается протрузией реберных дуг. Это наиболее часто встречающийся вид деформаций ГК, составляет около 80–90 % [1–3].

Частота встречаемости воронкообразной деформации грудной клетки (ВДГК) в популяции варьируется от 1:100 до 1:1000 человек [1, 19–21]. Данная патология чаще наблюдается у мужчин, при этом соотношение полов составляет 3:1 [1, 2]. ВДГК может быть самостоятельным заболеванием, а может быть частью различных генетических синдромов, включая синдромы Марфана, Элерса-Данлоса, Нунана, Поланда, Холта-Орама, Горлина-Гольца и др. Также она может быть связана с наследственными заболеваниями, такими как нейрофиброматоз 1 типа и несовершенный остеогенез [22–24]. На сегодняшний день ген, ответственный за развитие деформации грудной клетки, не установлен, однако у 17–44 % пациентов наблюдается семейная предрасположенность [22, 25].

1.2. Этиология и патогенез

Несмотря на множество различных теорий возникновения ВДГК, на сегодняшний день этиология и патогенез данного заболевания точно неизвестны. В 1596 году J. Bauhinus рассматривал теорию, согласно которой грудина втягивается внутрь диафрагмой [24, 26]. Напротив, в конце XIX–начале XX вв. одной из ведущих гипотез о причине возникновения ВДГК было высокое внутриутробное давление на грудину из-за неправильного положения эм-

бриона [27]. Альтернативной гипотезой было мнение, что дефект является приобретенным из-за постоянного напряжения грудины, возникающего во время шнуровки обуви, что привело к термину «грудь сапожника» [19]. Также существовали гипотезы, при которых считалось, что деформации грудных клеток могут возникать вследствие перенесенного сифилиса или рахита [28, 29]. В 1939 году Brown предположил, что причиной ВДГК является укорочение сухожильного центра диафрагмы, который притягивает мечевидный отросток и нижнюю часть грудины к позвоночному столбу [30]. На сегодняшний день существуют две основные патофизиологические гипотезы о возникновении ВДГК. Одна точка зрения подчеркивает измененный метаболизм в грудино-реберном хряще, приводящий к биомеханической слабости хряща. Альтернативная гипотеза благоприятствовала чрезмерному росту грудино-реберного хряща [2]. Нарушения метаболизма хряща могут быть потенциальной причиной деформаций грудной стенки, так как хондроциты отвечают за баланс между синтезом и деградации компонентов внеклеточного матрикса и, таким образом, за ремоделирование хряща. Исследования Фокина и соавт. обнаружили нарушение организации внеклеточного матрикса хряща у пациентов с ВДГК. Основываясь на молекулярно-биологических анализах, авторы обнаружили повышенный синтез различных коллагенов, таких как коллаген 2А (Col2A) и коллаген 9А (Col9A), повышение филамина, а также снижение металлопротеиназ, что они интерпретировали как признак повышенной активности роста хрящ [2, 3, 26]. Экспериментальный подход к гипотезе разрастания хряща был предложен Накаока и соавт., которые измерили длину грудино-реберного хряща при симметричных и асимметричных деформациях грудной стенки, обнаружили, что ребра и реберные хрящи на стороне с более выраженной депрессией достоверно не отличались от таких на противоположной стороне. Они пришли к выводу, что углубление грудины не может быть в достаточной степени объяснено разрастанием хряща [31]. Однако авторы отметили ограниченность своих результатов, а именно отсутствие нормальных контрольных образцов. Всесторонние системати-

ческие исследования изменений в грудной клетке на гистопатологическом, иммуногистологическом или ультраструктурном уровне до сегодняшнего дня не дали окончательного ответа об этиопатогенезе ВДГК.

В заключение, можно отметить, что возникновение деформаций грудных клеток обусловлено двумя основными факторами: патологическим разрастанием реберного хряща и нарушением его морфологической структуры.

1.3. Классификация

На сегодняшний день в мире отсутствует единая классификация ВДГК. В зависимости от положения деформации по отношению к срединной линии выделяют симметричные и асимметричные. По форме большинство исследователей выделяют три основных типа [9, 19, 21]:

1) «локальная» или «чашеобразная» (глубокая, узкая, с небольшим диаметром). При симметричной деформации верхняя граница углубления обычно находится на уровне третьего или четвертого ребра. В боковом направлении деформация доходит до хондро-реберных сочленений, но редко затрагивает костную часть ребра. Кончик мечевидного отростка часто направлен примерно на 45 градусов кпереди;

2) «Гранд-Каньон» (глубокая, продольно-протяженная). Деформация представляет собой длинную бороздообразную впадину, идущую от подключичной области до нижней трети грудной клетки. Деформация ассиметрична и локализуется в основном вдоль правой границы грудины. Грудина при этом ротирована и является боковой стенкой деформации. У женщин часто сопровождается ипсилатеральной гипоплазией молочной железы;

3) «блюдевидная» или «плосковорончатая» (широкая и неглубокая). Данная деформация характеризуется равномерным западением ребер в виде блюдца, отсутствием ротации и искривления грудины. По данным КТ грудной клетки значительно уменьшен переднезадний размер на всем протяжении [32–34].

Для оценки тяжести ВДГК используются различные лучевые индексы. В нашей стране наиболее часто используется индекс Гижицкой, который рассчитывается по рентгенограмме грудной клетки в боковой проекции. Индекс Гижицкой – это отношение расстояния между позвонками и грудиной к расстоянию между позвонками и долженствующим положением грудины. При значении индекса Гижицкой от 1,0 до 0,7 – 1 степень; от 0,7 до 0,5 – 2 степень; менее 0,5 – 3 степень [35].

Доктор Галлер (J.A. Haller соавт., 1987) для определения степени тяжести деформации предложил использовать аксиальные сканы компьютерной томографии (КТ) на уровне наибольшего западения грудины. Haller-индекс (HI) представляет собой частное поперечного размера грудной клетки на переднезадний размер. В норме HI составляет около 2,5. Значение HI > 3,25 считается показанием к оперативному лечению [35–37]. В настоящее время индекс Haller используется во всем мире с целью оценки тяжести деформации и прогнозирования успеха оперативного и консервативного способа лечения. При значении индекса Галлера < 3,2 – I степень, 3,2–3,5 – II степень, 3,6–6 – III степень, > 6 – IV степень [38, 39].

1.4. Клинические проявления ВДГК

Клинические проявления в основном зависят от степени тяжести деформации. При тяжелых формах ВДГК может вызывать нарушения сердечно-сосудистой и респираторной системы, различной степени выраженности. Такие симптомы как снижение толерантности к физическим нагрузкам, ощущение сердцебиения, одышка, загрудинные боли могут появляться по мере роста ребенка, это может быть связано с прогрессированием деформации и увеличением ригидности грудной клетки при взрослении [19, 40]. В большинстве случаев ВДГК проявляется лишь косметическим дефектом, однако у пациентов пубертатного возраста это может вызвать различные психологические проблемы в виде замкнутости, депрессивных состояний, ограничение активного образа жизни [6,41].

Влияние ВДГК на респираторную функцию. Пациенты с ВДГК могут предъявлять жалобы на быструю утомляемость, появление одышки даже при незначительных физических нагрузках, частые респираторные инфекции и отставание в физическом развитии [42].

В литературе описано немало исследований, оценивающих легочную функцию у пациентов с ВДГК с помощью спирометрии и плетизмографии легких. Так доктор Kelly RE et al. (2007) оценивая функцию внешнего дыхания у 307 пациентов с ВДГК, диагностировал по данным спирометрии снижение форсированной жизненной емкости легких (ФЖЕЛ), объем форсированного выдоха за 1 секунду (ОФВ1) на 10–15 %, а по дынным бодиплатизмографии снижение общей емкости легких (ОЕЛ) и повышение остаточного объема легких (ООЛ) [43]. В исследование Lawson ML et al. (2005) также продемонстрировано снижение ФЖЕЛ и ОФВ1 у 408 пациентов с ВДГК, и восстановление этих параметров до нормальных значений после хирургической коррекции [44]. В небольшой серии наблюдений 49 пациентов с ВДГК Tang M et al (2012) показано снижение ОФВ1, тогда как ФЖЕЛ не отличалась от контрольной группы [45]. Снижение ФЖЕЛ и ОЕЛ может быть связано с уменьшением объема грудной клетки у пациентов с ВДГК, тогда эти параметры могут зависть от степени тяжести деформации [19]. Однако часть исследований не смогли продемонстрировать корреляции между параметрами функции внешнего дыхания (ФВД) и глубиной деформации [46,47]. В исследовании Lawson ML et al. (2011) 310 пациентов были разделены на две группы: выше и ниже медианы индекса Галлера (4,3) и продемонстрирована корреляция ФЖЭЛ, ОФВ1, ОЕЛ со степенью тяжести деформации [48]. Интерпретация данных спирометрии при ВДГК остается спорной, так как результаты зависят от многих факторов, в том числе и от сотрудничества пациента.

Влияние деформации на сердечно-сосудистую систему. При ВДГК значительно уменьшается переднезадний размер грудной клетки, происходит компрессия правых отделов сердца, тем самым препятствуя нормальному расширению сердца и наполнению правого желудочка. Это, в свою очередь,

ограничивает возможность увеличения ударный объем для удовлетворения повышенных метаболических потребностей (например, во время физических упражнений). Также может происходить смещение средостения с возможным вращением магистральных сосудов [19, 49, 50].

У пациентов с эластичной грудной клеткой сердце компенсаторно может смещаться влево. С возрастом происходит уменьшение подвижности сердца, грудная клетка становится жестче, так даже легкая степень деформация в пожилом возрасте может давать клинические проявления [19, 40, 51].

В плане рутинного обследования сердечно-сосудистой системы у пациентов с ВДГК в основном используется электрокардиограмма (ЭКГ) и трансторакальная эхокардиография (ЭХО-КГ) [19]. В настоящий момент нет никаких изменений на ЭКГ, которые могут быть патогномичными для ВДГК. Barauskas (2003) в своем исследовании у 382 детей с ВДГК (71.8%) обнаружил патологические изменения на ЭКГ, наиболее часто встречались: полная блокада правой ножки пучка Гиса, нарушение реполяризации, отклонение электрической оси сердца, тахикардия и брадикардия [52]. При проведении ЭХО-КГ пролапс митрального клапан у пациентов с ВДГК диагностируется чаще от 8% до 59% чем в общей популяции [24, 53, 54]. Визуализация правого желудочка при трансторакальной ЭХО-КГ затруднительно, это связано с загрудинным расположением, создающим акустический барьер [19]. Более достоверные результаты оценки правых отделов сердца могут быть получены при проведении чрезпищеводной ЭХО-КГ, однако этот метод технически сложен у детей и в рутинной практике не используется. Несколько исследований, в которых проводилась интраоперационная чрезпищеводная ЭХО-КГ до и после хирургической коррекции деформации, ясно показали, что поднятие грудины привело к значительному увеличению конечных диастолических размеров сердца, а также фракции выброса левого желудочка [55, 56]. В настоящее время зарубежные авторы считают магнитно-резонансную томографию (МРТ) сердца (cardiac magnetic resonance – CMR) золотым стан-

дартром для оценки кардиальной функции при ВДГК, однако, этот метод дорогостоящий, и также в рутинной практике не используется [57]. Monti et al. (2017) пациентам с ВДГК во время проведения МРТ сердца производил невозвратное поднятие грудины с помощью вакуумного колокола (Vacuum Bell), оценивая кардиальные показатели до и после коррекции. В своем исследовании он доказал, что поднятие грудины, привело к немедленному увеличению фракции выброса правого желудочка, конечного диастолического объема левого желудочка, а также бивентрикулярного ударного индекса [58]. Oezcan et al. в своем исследовании доказал высокую чувствительность МРТ сердца для диагностики функциональной аномалии правого желудочка по сравнению с трансторакальной ЭХО-КГ [59].

1.5. Хирургическое лечение ВДГК

Впервые хирургическая коррекция ВДГК была выполнена в 1949 г. М. Ravitch и L. Meyer [29, 60]. На сегодняшний день во всем мире существует более 80 различных хирургических методик лечения ВДГК [7, 8, 61]. По объему вмешательства и способу иммобилизации грудинно-реберного комплекса (ГРК) их можно разделить на три основные группы:

Без использования фиксаторов ГРК (торакопластики по М. Ravitch, по Н.И. Кондрашину, по В.К. Урмонасу). В настоящее время применение данных методик значительно сократилось, это связано с их выраженной травматичностью и высоким риском рецидива [63].

Без коррекции ГРК. Применение имплантов из силикона (внегрудные эндопротезы) или введение препаратов на основе гиалуроновой кислоты в ПЖК в области деформации возможно только при небольших деформациях (Iст), так как данная технология не корригирует деформацию, а устраняет лишь эстетическую проблему [63].

С использованием внутренних фиксаторов ГРК (торакопластика по F. Rehbein, по Sulamaa-Paltia, металлостернохондропластика по В.А. Тимошенко, торакопластика по D. Nuss) [29, 64, 65]. Значимый прогресс в хирургии ВДГК связан с именем американского хирурга Дональдом Нассом, который в 1998 г. предложил технологию малоинвазивной торакопластики (MIRPE). Суть данной методики заключается в за грудином проведении корригирующей пластины в месте наибольшей деформации под контролем торакоскопии через два небольших (до 3-х см) разреза на грудной клетке. Данная технология не требует обширных резекций грудинно-реберного комплекса. Основными преимуществами этой методики является малоинвазивность, малотравматичность, а также отличный косметический результат. Во всем мире данная методика признана «золотым стандартом» лечения ВДГК [29, 64, 66].

На сегодняшний день существует множество модификаций торакопластики по Нассу. В России активно используется торакопластика по Нассу в модификации Разумовского А.Ю. Отличительными особенностями являются: проведение пластины слева – направо (в оригинальной методике справа – налево), применение Т-образной пластины из титанового сплава, применение торакоскопии только у пациентов, имеющих спаечный процесс в ГК (в оригинальной методике всегда) [29].

1.6. Интраоперационное использование вакуумного колокола

Наряду с широким применением торакопластики по Нассу, возросло количество осложнений близких к летальным исходам. Несмотря на отличные результаты хирургической коррекции ВДГК, сохраняется риск возникновения интра- и послеоперационных осложнений (пневмоторакс, гемоторакс, смещение пластины, кровотечение, ранение сердца) [1, 5, 8, 67, 68]. Также в литературе описаны случаи остановки сердца во время проведения

корректирующей пластины и после ее поворота [69]. В связи с этим, все больше авторов в последнее время рекомендуют рутинное использование различных методов элевации грудины во время операции Nuss. В настоящий момент существует большое количество внешних устройств (ретрактор Кента или Лангенбека, подъемный кран, проволочный шов и др.), которые позволяют интраоперационно вытянуть деформированный ГРК. Эта технология обеспечивает безопасное проведение пластины и снижает частоту осложнений [70–72].

Применение вакуумного колокола для подъема грудины впервые было описано в исследовании Naesker F.M. и его коллег. В ходе торакоскопии было достоверно подтверждено, что метод позволяет безопасно продвигать интродьюсер и устанавливать пластину, не вызывая повреждений сердца, перикарда или крупных сосудов [73]. В отличие от других методов подъема грудины, данная технология не требует дополнительных кожных разрезов или проколов, что исключает образование послеоперационных рубцов [74]. Эффективная тракция грудины вакуумным колоколом была также продемонстрирована у взрослых пациентов. Поскольку этот метод является наименее инвазивным и при этом эффективным, ряд авторов рекомендует его интраоперационное применение как важный компонент при проведении торакопластики по Нассу [14, 75].

1.7. Консервативное лечение ВДГК с помощью вакуумного колокола

В 1992 году Экхарт Клобе создал вакуумный колокол (ВК) – устройство, состоящее из силиконового кольца и смотрового стекла, которое поднимает грудину за счет создания вакуума [67]. Экхарт Клобе инженер по профессии, сам имел воронкообразную деформацию грудной клетки, но с помощью своего изобретения за 3 года он полностью исправил ее. Выбор устройства производится индивидуально, в зависимости от роста, возраста и формы вентральной поверхности грудной клетки. Отрицательное давление в системе создается пациентом с помощью ручного насоса. У оригинального немецкого произво-

дителя есть три размера ВК: 16, 19 и 26 сантиметров в диаметре, а также специальные модели для женщин в форме песочных часов и для пациентов с ригидной грудной клеткой с утолщенным силиконовым кольцом [67, 76].

Сегодня многие страны, адаптировав эту технологию, начали производить собственные версии ВК в различных модификациях. В России также налажено производство ВК, причем предлагается более широкий размерный ряд и возможность индивидуального изготовления колокола с различными параметрами (форма, толщина силикона, размер). В настоящее время ВК используется многими зарубежными врачами как метод консервативной монотерапии ВДГК, а также как неинвазивный механизм для коррекции глубоких деформаций во время торакопластики по Нассу [14, 77].

Эффективность консервативного лечения ВДГК оценивается различными авторами в основном на основе анализа изменения глубины деформации, некоторые авторы используют также лучевые методы контроля для определения динамики индекса Галлера до и после лечения. По данным разных авторов отличные результаты коррекции были достигнуты у 13,5–80 % пациентов, использовавших вакуумный колокол [77–82]. Например, Youngi Jung et al. провели ретроспективное сравнительное исследование 57 пациентов с ВДГК, которых разделили на две группы. В первую группу вошли пациенты, которые использовали ВК более года, во вторую группу пациенты, которым была выполнена торакопластика по Нассу (катамнез после второго этапа более 1 года). Результаты лечения в двух группах анализировались по результатам КТ, оценивался индекс Галлера до и после лечения. Статистически значимых различий индекса Галлера после лечения в двух группах выявлено не было. Авторы сделали вывод, что результаты консервативного лечения с помощью вакуумного колокола сопоставимы с результатами хирургического лечения ВДГК, и что терапия с использованием ВК может являться альтернативой хирургической коррекции ВДГК у пациентов, отказывающихся от оперативного лечения, а также имеющих противопоказания к нему [83].

Тем не менее, до сих пор остается открытым вопрос: «Какой пациент является идеальным кандидатом для консервативного лечения ВДГК с помощью ВК?». В своем исследовании S. Togoro et al. оценивал изменения индекса Галлера и грудинно-verteбрального расстояния (ГВР) у 29 пациентов в возрасте от 11 до 35 лет при кратковременном использовании ВК. Изменение ГВР варьировало от 0,29 до 23,67 мм, а индекса Галлера от 0,07 до 2,67 по данным компьютерной томографии, которая проводилась до и сразу после установки ВК. Авторы установили, что наибольшие изменения наблюдались у пациентов с низким индексом массы тела (ИМТ) и неглубокой деформацией. Эффективность ВК при этом не зависела от пола, возраста и типа деформации [84].

В исследовании Eunjue Yi et al. было включено 63 пациента с ВДГК разных возрастных групп. Целью исследования было с помощью прогнозирования по данным КТ определить группу пациентов, которые имели бы наибольший успех при консервативном лечении. Так всем пациентам измеряли индекс Галлера до лечения и через 30 минут после использования ВК, тем самым оценивали эластичность грудной клетки. Оценивая индекс Галлера при повторном КТ исследовании через год, была выявлена корреляция на разных этапах лечения, это дало возможность прогнозировать результат лечения. Также было установлено, что лучший результат лечения имели пациенты с низким ИМТ [85].

Эффективность вакуумной коррекции была подтверждена при помощи магнитно-резонансной томографии (МРТ). «Золотым стандартом» оценки кардиальной функции при воронкообразной деформации на сегодняшний день является магнитно-резонансная томография сердца (Cardiac Magnetic Resonance, CMR), но в связи с высокой ценой данного метода, в рутинной практике он не используется [85].

В исследовании Monti et al. оценивал изменения кардиологических показателей при проведении МРТ сердца у пациентов с ВДГК в покое и

после установки вакуумного колокола. При дальнейшем анализе результатов было установлено, что коррекция грудинно-реберного каркаса приводила к немедленному увеличению фракции выброса правого желудочка, конечного диастолического объема левого желудочка и бивентрикулярного ударного индекса [58].

В доступной литературе имеется мало систематических данных об отдаленных результатах лечения, в большинстве случаев описаны лишь клинические наблюдения. В самой крупной серии наблюдений, проведенной доктором Наескер и охватывающей 434 пациента, сообщается о 61 пациенте, завершившем лечение. Средняя продолжительность терапии составила 21,8 месяца, а срок наблюдения – 27,8 месяцев после окончания лечения; за этот период рецидивы ВДГК не наблюдались [76]. Катамнез в исследовании доктора Lopez составил 13 месяцев, так у 23 пациентов (31,5 %), завершивших лечение, рецидива ВДГК зафиксировано не было [80].

На сегодняшний день сохраняется множество вопросов о ключевых факторах, влияющих на успех лечения, что же является приоритетным: возраст, продолжительность лечения, время ежедневного применения, эластичность грудной клетки или степень тяжести деформации.

1.7.1. Показания и противопоказания

Многие авторы считают, что вакуумный колокол эффективен в детском возрасте, когда идет активный рост и развитие грудной клетки. Также ВК может быть эффективен у пациентов с неглубокой, симметричной деформацией, когда отсутствуют явные показания к хирургической коррекции. Вакуумный колокол может выступать альтернативным вариантом лечения у пациентов ранее перенесших оперативные вмешательства на грудной клетке из-за высокого риска развития интраоперационных осложнений, а также у пациентов, отказывающихся от хирургической коррекции деформации [67, 79–81, 87]. Основными противопоказаниями применения ВК, по данным немецкого производителя, являются заболевания, проявляющиеся структурными нару-

шениям костной ткани (несовершенный остеогенез, остеопороз и др.), сосудистые типы синдромальных форм дисплазии соединительной ткани, коагулопатии (гемофилия, тромбоцитопения) и сердечно-сосудистые заболевания (аневризма аорты и др) [41, 79, 88, 89].

1.7.2. Возраст начала лечения

Многие исследования показали, что наилучшие результаты лечения были достигнуты у пациентов детского возраста [79, 80]. Проведя анализ результатов лечения 434 пациентов, доктора Haecker F.M. и Sesia S. рекомендуют начинать лечение в допубертативном возрасте, до 10 лет [77]. Также Louis et al. в своей публикации сообщают о значительном улучшении индекса Галлера у детей младше 10 лет [81]. Obermeyer et al. в своем исследовании указывают, что возраст является прогностическим фактором, влияющим на результат лечения. Анализируя результат лечения 115 пациентов разных возрастных групп (4-23 года), они пришли к выводу, что пациенты в возрасте до 11 лет имеют большую вероятность достижения хороших результатов, тогда как пациенты старше 18 лет ($n = 4$) не смогли добиться успешной коррекции ВДГК [79]. Все эти авторы указывают на то, что скачок роста в подростковом периоде может привести к прогрессированию деформации, также повышается ригидность грудной клетки, что в дальнейшем может привести к снижению эффективности терапии ВК [77, 79, 89, 90].

1.7.3. Эластичность грудной клетки

Многие авторы задаются вопросом, какими методами можно оценить эластичность грудной клетки и является ли этот параметр решающим в технологии лечения ВК. Оценку ригидности грудной клетки в своем исследовании Obermeyer проводил с использованием теста Вальсальвы, так у пациентов с эластичной ГК на максимальном вдохе происходило изменение глубины деформации и уплощение грудной клетки. Исследователь со своей командой считал, что это наиболее значимый фактор, влияющий на резуль-

тат лечения, и таким пациентам рекомендовалось консервативное лечение ВДГК с помощью ВК [79].

Немецкие доктора Haecker F. M. и Sesia S. пошли дальше и в сотрудничестве с командой инженеров разработали устройство, которое во время установки ВК измеряло расстояние от самой глубокой точки деформации до датчика, а также определяло уровень приложенного отрицательного давления (мбар). В исследовании описано несколько клинических примером пациентов разных возрастных групп, которым проводилась оценка эластичности грудной клетки. Так пациенту 8 лет для уменьшения глубины деформации на 1 см, необходимо создать отрицательное давление в размере 62 мбар, для 19 летнего пациента, уже необходимо около 110 мбар, а пациенту 44 лет более 220 мбар. Так же у взрослого пациента (44 г) было установлено, что при использовании ВК около 3 месяцев, приложенное отрицательное давление снизилось до 125 мбар. Таким образом, в ходе исследования была выявлена прямая корреляционная связь: чем младше пациент, тем меньше приложенное отрицательное давление, тем эластичнее (мягче) грудная клетка. Также было установлено, что длительное использование вакуумного колокола повышает эластичность грудной клетки, тем самым применение вакуумного колокола возможно у взрослых пациентов с ригидной грудной клеткой [89].

1.7.4 Продолжительность лечения

Многие авторы едины в своём мнении, что продолжительность лечения должна превышать 12 месяцев [77, 79, 82, 85]. Так доктор Lopez считает, что для достижения полной коррекции деформации необходимо в среднем 10 месяцев (от 4 до 21 месяца) [80]. В своем исследовании Louis и др. сообщают, что средняя продолжительность лечения должна составлять 18 месяцев (1–2 года) [81]. Haecker F.M. и Sesia S. при анализе результатов лечения 434 пациентов разных возрастных групп пришли к выводу, что детям с эластичной грудной клеткой и неглубокой деформацией (до 3-х см) достаточно использовать ВК от 12 до 15 месяцев. Взрослым же пациентам с ригидной

грудной клеткой или пациентам с глубиной деформации более 3-х см необходимо использовать ВК от 24 до 36 месяцев [77].

При анализе результатов лечения детей дошкольного возраста доктор Deng установил, что маленьким детям для достижения полной коррекции деформации необходимо носить ВК более 6 месяцев, однако отдаленные результаты в данной публикации не описаны [87]. Напротив, Yue Gao и коллеги считают, пациентам необходимо использовать ВК пока продолжается рост и формирование грудной клетки, таким образом, с момента полной коррекции деформации лечение должно еще продолжаться в течение 2–3 лет или до полного полового созревания [91].

1.7.5. Время ежедневного применения

До сих пор нет единого мнения на тот счет, сколько же времени ежедневно надо использовать колокол, чтоб достичь наилучшего результата коррекции. В одной из первых статей (2005), посвященных анализу эффективности вакуумного колокола, Schier и др. рекомендует ежедневно использовать ВК от 30 минут до 5 часов дважды в день [78]. Louis и др также предложили рекомендации по времени использования, указав, что значительное изменение глубины деформации было достигнуто у пациентов, использовавших ВК более 2 часов в день [81]. При анализе результатов лечения детей дошкольного возраста (от 2 до 6 лет) Deng et al. было установлено, что использование ВК более 1,5 часов в день достаточно для данной категории пациентов [87]. Данные доктора Lopez и др. показывают, что эффективность вакуумного колокола была выше у пациентов носивших ВК более 4 часов в день ежедневно [80]. Yue Gao в свою очередь предлагает поэтапный подход, с постепенным увеличением времени использования, так в первый месяц по 20–30 минут 4 раза в день, затем по 30–60 минут 4 раза в день [91]. Как заявляет доктор Haesker F. M. в своей публикации, что частота и длительность использования во многом зависит от мотивации пациента, в связи с этим он рекомендует использовать ВК максимально возможное время, которое сможет пациент

[77, 78]. Напротив, Obermeyer и др. считают, что время ежедневного использования не является значимым фактором, влияющим на результат лечения, так при анализе результатов у пациентов использовавших ВК более часа в день статистически значимой разницы выявлено не было [79].

1.7.6. Глубина и тип деформации

Немалая часть авторов считает, что глубина и тип деформации являются одним из наиболее значимых факторов влияющих на результат лечения. Так в исследовании Obermeyer и др. пациенты, достигшие отличных результатов коррекции имели глубину деформации менее 1,5 см, однако тип деформации и ее симметричность не оказали значимого влияния [79]. Доктор Toselli и коллеги так же считают, что итоговый результат определяет глубина деформации менее 1,8 см [82]. В свою очередь Naesker F.M. в исследовании с большой выборкой пациентов пришел к выводу, что симметричные деформации глубиной до 3-х сантиметров, являются благоприятным прогностическим факторами [77].

1.7.8. Методы оценки результатов лечения

Во всем мире разные авторы по-разному проводят контроль результатов лечения, однако большая часть авторов с целью избегания лучевой нагрузки на пациента используют линейное измерение глубины деформации, однако эти данные не всегда бывают объективными, так как во многом зависят от толщины ПЖК в месте деформации, от фазы дыхания пациента, от симметричности деформации, от развития молочных желез у девушек [77–79, 81, 82, 89]. Часть авторов склоняются к тому, что объективные данные результатов лечения может дать только компьютерная томография, по которой можно вычислить истинный костно-хрящевой компонент деформации [80, 85, 87].

Китайские инженеры создали 3D-сканер – устройство, которое дистанционно, без лучевой нагрузки сканирует грудную клетку пациентов, далее с помощью специальной компьютерной обработки возможно определение глубины деформации (3D DE) и индекса Галлера (3D-НГ). Исследователь Zhuo

Shi и его коллеги выявили прямую корреляцию между КТ грудной клетки и 3D сканером, так значение индекса Галлера по данным КТ $> 3,2$, соответствует индексу Галлера по данным 3D-сканера $> 1,7$, данное значение является показанием к хирургической коррекции деформации [92].

Доктор Yue Gao для оценки результатов лечения 82 пациентов, использовавших вакуумный колокол, проводил с помощью 3D-сканера измерения глубины деформации и индекса Галлера до начала лечения и далее каждые три месяца в течение года. Так из 82 пациентов 24 (29,3 %) достигли отличного результата с $3D-DE < 3$ мм, однако значимого изменения $3D-PI$ выявлено не было. Автор пришел к выводу, что объективно оценить индекс Галлера по данным 3D сканера невозможно, в связи с тем, что значение данного индекса во многом зависит от толщины ПЖК грудной клетки, диаметра тел позвонков и от фазы дыхания во время сканирования, таким образом, 3D сканер может лишь частично заменить КТ [91].

Китайский коллега доктор Deng не только проводит контроль результата лечения с помощью 3D-сканера, а также сканируя вентральную поверхность грудной клетки, создает на 3D-принтере индивидуальные по форме и размеру ВК, это позволяет пациентам со ложными асимметричными деформациям подобрать оптимальный ВК [93].

Команда доктора Furuta S. первая в мире, которая установила, что ВК может вызывать гипертрофию подкожно жировой клетчатки в области деформации. Данный факт был установлен с помощью проведения КТ диагностики пациентам до и после лечения вакуумным колоколом. Так внешняя глубина деформации уменьшилась у 93,3 % пациентов, однако значимого изменения индекса Галлера по данным КТ не было. При детальной оценке, было установлено, что у 11 из 15 пациентов отмечался прирост ПЖК в месте деформации в среднем на 8,7 мм. Тем самым, уменьшение внешней глубины деформации было связано с развитием ПЖК, таким образом, авторы пришли к выводу, что любые поверхностные методы измерения деформации не являются объективными и могут давать ложноположительный результат [94].

1.8. Физиотерапия и ЛФК

Комплексное лечение ВДГК, по мнению большинства авторов должно включать в себя лечебную физкультуру (ЛФК), регулярные занятия спортом и физиотерапевтическое лечение (ФЗТ) [95–99]. Нарушение осанки может вызывать прогрессирование деформации, а также изменение положения деформации относительно срединной линии. Этот фактор необходимо учитывать у детей с ВДГК и своевременно оказывать профилактические мероприятия [99]. Доктора Amaricaí E. et al оценивая функциональные параметры (ОФВ1, ФЖЕЛ, тест на 6-минутную ходьбу) сердечной и легочной деятельности с помощью спирометрии и пульсоксиметрии у пациентов с нетяжелой ВДГК (ИГ < 3,25), пришли к выводу что курсы физиотерапии и лечебной физкультуры значительно улучшают данные показатели. Однако даже после прохождения курса реабилитации данные параметры у этой группы пациентов были ниже, чем у здоровой контрольной. Основным направлением данного курса медицинской реабилитации было укрепление мышечного каркаса спины и груди [95].

Исследование Alasa N и соавторов оценивало эффективность физической терапии и ЛФК как дополнительного компонента лечения у пациентов с ВДГК, использовавших вакуумный колокол. В исследование были включены 26 пациентов в возрасте от 11 до 18 лет, которые были разделены на две равные группы: первая группа состояла из пациентов, использовавших только вакуумный колокол, а вторая группа – из тех, кто помимо вакуумного колокола прошел 12-недельный курс медицинской реабилитации. По изложенным результатам, было установлено, что в двух группах наблюдалось улучшение динамики показателей глубины деформации, окружности грудной клетки, а также антропометрического индекса, измеряемого по методике Rebies, однако у пациентов второй группы результаты были лучше ($p < 0,05$) [100]. Также улучшение осанки наблюдалось только у пациентов второй группы, у них же значительно повысилась и оценка по шкале удовлетворенности лечением и качества жизни (модифицированный опросник Nuss) [101–103].

1.9. Осложнения при лечении вакуумным колоколом

Осложнения, возникающие при использовании вакуумного колокола, встречаются довольно часто и в основном связаны с контактными травмами кожи. К таким распространенным осложнениям обычно относятся: петехии и подкожные гематомы (29–68 %), везикулезная сыпь (6,5–30 %), уплотнение и потемнение кожи в местах контакта с ВК (9,7 %). Как правило, такие проявления имеют легкую степень тяжести и быстро проходят.

Практически все пациенты испытывают боль и/или дискомфорт в области деформации при первичной установке ВК, что в основном обусловлено ригидностью грудной клетки. Некоторые пациенты также сообщают о временной парестезии в верхних конечностях. У девушек-подростков может возникать дискомфорт в области молочных желез при использовании ВК, в литературе также описаны случаи возникновения маститов у мальчиков, при неправильной установке ВК. Все эти симптомы обычно быстро исчезают после снятия вакуумного колокола и не требуют применения обезболивающих средств [41, 67, 76, 79–81, 87, 91].

Многие авторы считают, что постепенное увеличение отрицательного давления в первый месяц снижает вероятность развития осложнений. Так с целью снижения побочных проявлений ВК Tosseli и его коллеги разработали портативный вакуумметр, который позволяет пациентам постепенно увеличивать отрицательное давление, начиная с 30 мбар в течение первых нескольких недель. Это позволяет пациентам поэтапно адаптировать мягкие ткани грудной стенки и грудино-реберный комплекс, тем самым данная методика практически полностью исключает боль и дискомфорт в грудной клетке при использовании ВК [80, 81, 104].

Вакуумный колокол зарекомендовал себя как эффективный и безопасный метод лечения ВДГК. Наибольшая эффективность наблюдается у пациентов детского возраста с неглубокой симметричной деформацией и эластичной грудной клеткой. У части пациентов (5,5–17,8 %) использование ва-

куумного колокола может вызывать выраженный дискомфорт в грудной клетке, ограничение социальной деятельности, тем самым снижая мотивацию к лечению. Такие пациенты зачастую отказываются дальнейшего лечения и прибегают к хирургическому способу коррекции ВДГК [61, 65, 66]. Тщательный отбор пациентов для данной терапии должен учитывать индивидуальные особенности деформации ГК, а также мотивацию пациентов. Для объективной оценки результатов лечения должна использоваться не только визуальная оценка и внешнее измерение деформации, а также рентгенологические методы контроля. На сегодняшний день в литературе мало информации касательно отдаленных результатов лечения, это требует проведения исследований с более длительным катамнестическим сроком.

ВК может использоваться не только в качестве монотерапии, а также как и неинвазивный подъемный механизм при торакопластике по Нассу, обеспечивая тем самым более безопасное формирование загрудинного тоннеля и проведения корригирующей пластины.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Дизайн исследования

Работа выполнена на кафедре детской хирургии им. Ю.Ф. Исакова (заведующий кафедрой чл.-корр. РАН, д.м.н., проф. А.Ю. Разумовский) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации г. Москва (ректор – академик РАН, д.б.н. С.А. Лукьянов) и на базе ГБУЗ «Детская городская клиническая больница им. Н.Ф. Филатова» ДЗМ г. Москвы (главный врач – д.м.н. А.И. Чубарова).

В клинике с 2017 по 2023 гг. пролечено более 870 пациентов с ВДГК, из них 660 выполнена операция – торакопластика по Нассу, а 210 пациентов использовали консервативную методику лечения с помощью вакуумного колокола.

В работе проведен анализ результатов лечения 56 пациентов, которые закончили лечение, и сроки наблюдения составили от 6 месяцев до 2-х лет.

Критерии включения в исследование: наличие воронкообразной деформации грудной клетки, возраст от 3 до 17 лет, наличие мультиспиральной компьютерной томография (МСКТ) грудной клетки до и после лечения, ка-тамнез более 6 месяцев.

Критерии исключения: синдромальная форма ВДГК (сосудистый тип), использование вакуумного колокола менее 6 месяцев.

Дизайн исследования ретро- и проспективное когортное исследование.

2.2. Общая характеристика наблюдений

Из 56 пациентов, включенных в исследование, девочек было 14 (25 %), мальчиков – 42 (75 %). Медиана возраста на момент начала лечения составила 10 [6, 14] лет (табл. 1). Соотношение девочек и мальчиков составило 1:3 соответственно (табл. 2).

Таблица 1. Возраст начала лечения

Показатели	$M \pm SD / Me$	95 % ДИ / $Q_1 - Q_3$	n	min	max
Возраст, Ме	10,0	6,0–14,0	56	3,0	17,0

Таблица 2. Распределение пациентов по полу

Показатели	Категории	Абс.	%	95% ДИ
Пол	Девочки	14	25,0	14,4–38,4
	Мальчики	42	75,0	61,6–85,6

У 6 пациентов в анамнезе было оперативное вмешательство на грудной клетке, 1 ребенок после стернотомии (коррекция ВПС), 1 ребенок после торакоскопии (коррекция врожденной диафрагмальной грыжи), 4 детей после торакотомии (3 – коррекция врожденной диафрагмальной грыжи, 1 – после лобэктомии). Нарушение осанки наблюдалось у 36 (64,3 %) пациентов, они состояли на учете у ортопеда и получали соответствующее лечение. У 14 (25 %) пациентов имелся отягощенный семейный анамнез по деформациям грудной клетки (табл. 3).

Таблица 3. Распределение пациентов по наличию сопутствующей патологии

Показатели	Категории	Абс.	%	95 % ДИ
Операции в анамнезе	Без операции	50	89,3	78,1–96,0
	Стернотомия	1	1,8	0,0–9,6
	Торакотомия	4	7,1	2,0–17,3
	Торакоскопия	1	1,8	0,0–9,6
Нарушение осанки	Нет	20	35,7	23,4–49,6
	Есть	36	64,3	50,4–76,6
Семейный тип ВДГК	Нет	42	75,0	61,6–85,6
	Есть	14	25,0	14,4–38,4

Курсы медицинской реабилитации и ЛФК прошли 12 (21,4 %) пациентов. 31 (55,4 %) пациент регулярно занимались различными видами спорта и физкультурой (табл. 4).

Таблица 4. Распределение пациентов в зависимости от прохождения реабилитации и занятий спортом

Показатели	Категории	Абс.	%	95 % ДИ
Занятие спортом	Нет	25	44,6	31,3–58,5
	Есть	31	55,4	41,5–68,7
Курсы реабилитация и ЛФК	Нет	44	78,6	65,6–88,4
	Есть	12	21,4	11,6–34,4

2.3. Методы исследования

Установка диагноза воронкообразная деформация грудной клетки, оценка ее степени тяжести, а также эффективность проводимого лечения основывались на данных клинического осмотра и инструментальных методах исследований. Всем пациентам проводился сбор анамнеза, клинический осмотр, а также выполнялись инструментальные методы обследования: эхокардиография, электрокардиография, спирометрия, МСКТ грудной клетки до и после лечения.

2.3.1. Анамнестические данные

У каждого родителя и самого ребенка в зависимости от возраста собирались анамнестические данные, особое внимание обращалось на возраст первых клинических проявлений заболевания, скорости прогрессирования деформации, наличие или отсутствие жалоб со стороны сердечно-сосудистой и респираторной системы. При изучении анамнеза жизни пациента, акцентировалось внимание на наличие сопутствующих заболеваний, в частности, со стороны опорно-двигательного аппарата, сердечно-сосудистой и респираторной системы, а также наличие генетической патологии. При анализе учитывался отягощенный семейный анамнез по ортопедическим заболеваниям, а также наличие ранее проведенных операций на органах грудной и брюшной

полости. Особое внимание уделялось пациентам, которым проводились кардиохирургические вмешательства с использованием стернотомного доступа, а также тем, кто перенес операции по поводу диафрагмальной грыжи через торакоскопический или лапаротомный доступ.

2.3.2. Объективный осмотр

На первичном консультативном приеме всем пациентам проводился визуальный осмотр грудной стенки и измерение глубины деформации в сантиметрах с помощью специальной линейки. У пациентов со сложным вариантом деформации грудной стенки измерение выполняли с помощью механического 3D-сканера.

Всем пациентам выполнялся индивидуальный подбор вакуумного колокола в зависимости от роста, типа деформации и формы грудной клетки. Далее измерялось приложенное отрицательное давление необходимое для полной коррекции деформации с помощью электронного вакуумметра.

На первичном приеме также проводилась оценка осанки пациента: оценка физиологических изгибов позвоночника, симметричности расположения углов лопаток, ягодичных складок, остей подвздошных костей, объема движения в позвоночнике, а также выполнялся тест Адамса (оценка деформации позвоночника при наклоне пациента вперед).

2.3.3. Инструментальные методы исследования

2.3.3.1. Мультиспиральная компьютерная томография грудной клетки

КТ-исследования грудной клетки, выполненные в ДГКБ им. Н.Ф. Филатова, проводили на мультиспиральном компьютерном томографе («Toshiba AquilionPrime 160»). Все КТ-исследования пациентам проводились в нативном режиме по стандартной методике в положении лежа на спине с поднятыми вверх руками с задержкой дыхания на вдохе. Толщина срезов КТ снимков от 0,5 до 1,0 см. Оценка томограмм, измерение показателей и индексов деформации грудной стенки проводились в программе RadiAntDICOMViewer

(64-bit). При этом использовали режим СТ bone и срез томограммы Axial на уровне наиболее глубокой точки деформации грудной стенки.

КТ диагностика выполнялась перед началом лечения, на этапах, а также после окончания лечения (в среднем через 12 месяцев). В динамике проводилась оценка глубины деформации, индекса Галлера (ИГ), индекса депрессии (ИД), индекса асимметрии (ИА), индекса коррекции (ИК), толщина подкожно-жировой клетчатки (ПЖК).

Глубина деформации (ГД) (рис. 1). ГД – расстояние от наиболее глубокой точки деформации до долженствующего места грудины. В норме глубина деформации должна быть не более 0,5 см.



Рис. 1. Измерение глубины деформации по КТ

Индекс Галлера (ИГ)

ИГ – это частное поперечного размера грудной клетки на переднезадний размер (расстояние между передней поверхностью позвоночника и грудиной – грудино-verteбральное расстояние (ГВР)) (рис. 2).



Рис. 2. Измерение ИГ = A/B

В норме ИГ должен быть $<2,5$. При индексе Галлера более 3,25 деформация считается тяжелой, требующая хирургической коррекции.

Индекс депрессии

ИД – частное между линией, соединяющей переднюю поверхность позвонков и соответствующего места расположения грудины и грудино-verteбральным расстоянием (рис. 3). Данный показатель позволяет оценить степень сдавления органов средостения.

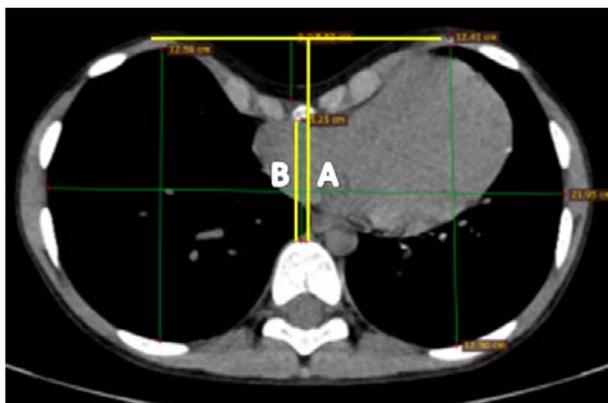


Рис. 3. Измерение ИД = A/B

В норме ИД=1,0. ИД более 2 считается показанием к хирургической коррекции.

Индекс асимметрии (ИА)

ИА – это частное между переднезадним размером обеих плевральных полостей (рис. 4).



Рис. 4. Измерение ИА = A/B

В норме ИА = 1,0. При ИА более 1,1 деформация считается асимметричной.

Индекс коррекции (ИК)

ИК – это частное между разницей расстояний (максимальное расстояние между передней поверхностью позвонков и передней поверхностью реберных дуг и минимальное грудино-verteбральное расстояние) и максималь-

ным расстоянием, умноженным на 100 (рис. 5). По определению, данный индекс, является обратным индексом Гижицкой, измеряемый в боковой проекции на рентгенограмме.

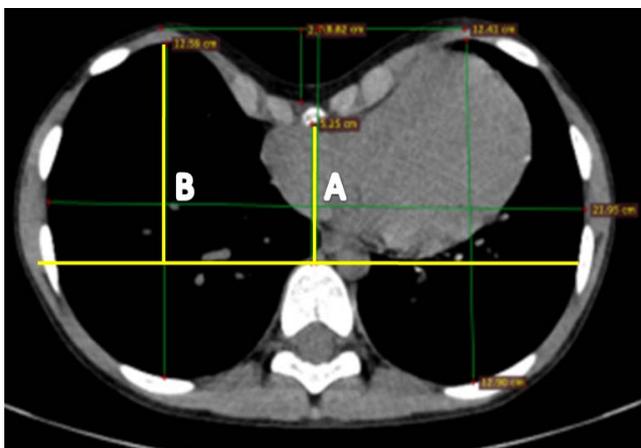


Рис. 5. Измерение
ИК = $(B - A)/B * 100$

Индекс коррекции отображает процент глубины дефекта необходимый для коррекции. В нашем исследовании, а также по данным литературы, встречаются пациенты с бочкообразным типом грудной клетки, у которых имеется достаточная глубокая деформации, однако индекс Галлера близок к нормальным физиологическим значениям, так как при расчете индекса Галлера не учитывается глубина дефекта (рис. 6). Обратная ситуация встречается у пациентов с плосковорончатой формой деформации грудной клетки, когда индекс Галлера может иметь тяжелую степень, однако индекс коррекции быть минимальным (рис. 7).

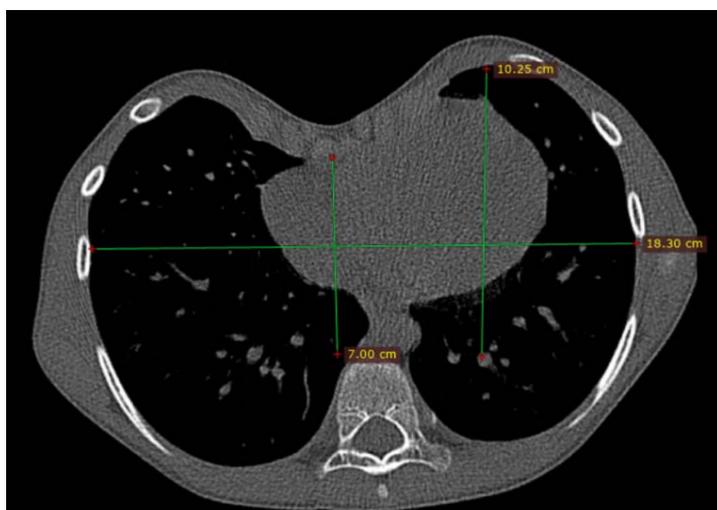


Рис. 6. Пациент П. 9 лет
с бочкообразной формой
грудной клетки.
ИК = 31,7 %, ИГ = 2,6

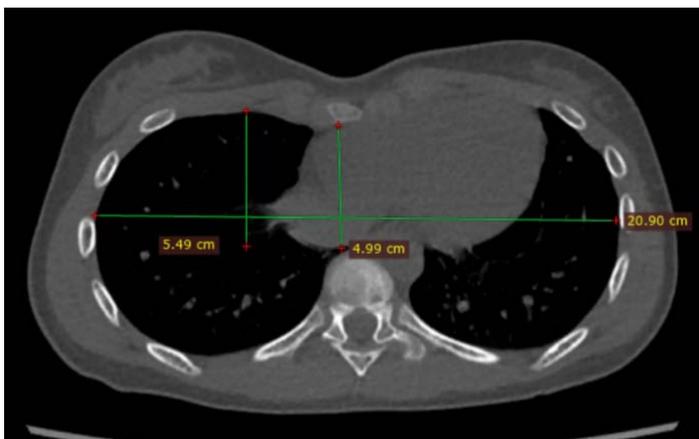


Рис. 7. Пациент К. 12 лет с плосковорончатой формой деформацией грудной клетки.

ИК = 9,1 %, ИГ = 4,2

В норме ИК должен быть не более 10 %. При ИК более 15 % деформация считается тяжелой и требует хирургической коррекции.

Оценка толщины ПЖК

Всем пациентам проводилось измерение толщины ПЖК в месте наибольшей деформации до и после лечения. Измерение ПЖК имеет немаловажное значение для оценки эффективности лечения. При использовании вакуумного колокола, вследствие воздействия отрицательного давления, может происходить гипертрофия ПЖК. ПЖК заполняет собой значительный объем деформации, тем самым создавая ложноположительное впечатление об эффективности лечения при визуальном осмотре (рис. 8).

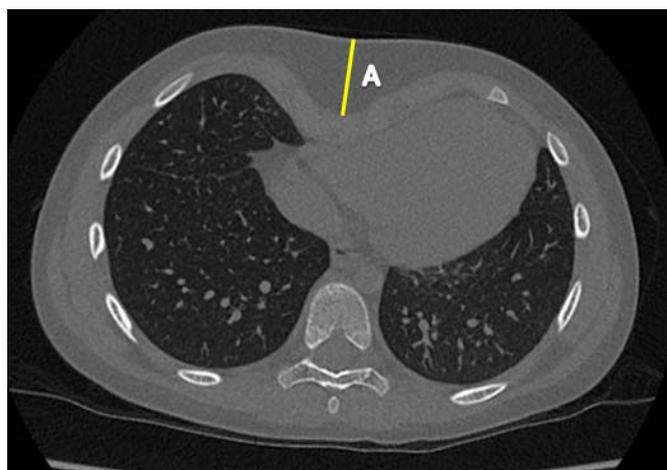


Рис. 8. Измерение толщины ПЖК в месте наибольшей деформации

КТ с установленным вакуумным колоколом

Пациентам с ригидной грудной клеткой, с глубокой и/или ассиметричной деформацией или повышенной массой тела выполнялась МСКТ грудной клетки с установленным вакуумным колоколом. В связи с тем, что у этой группы пациентов достоверно визуально при первичном осмотре оценить эффективность коррекции деформации вакуумным колоколом не представлялось возможным.

Каждому пациенту индивидуально подбирался вакуумный колокол необходимого типоразмера. Далее проводилось КТ-исследование грудной клетки в физиологичном положении (руки вдоль тела, на спокойном дыхании) с расчетом всех показателей и индексов деформации. После чего, не меняя положения тела, выполнялась установка вакуумного колокола, и одновременно проводилось КТ-исследование с целью оценки элевации грудины (рис. 9, 10).

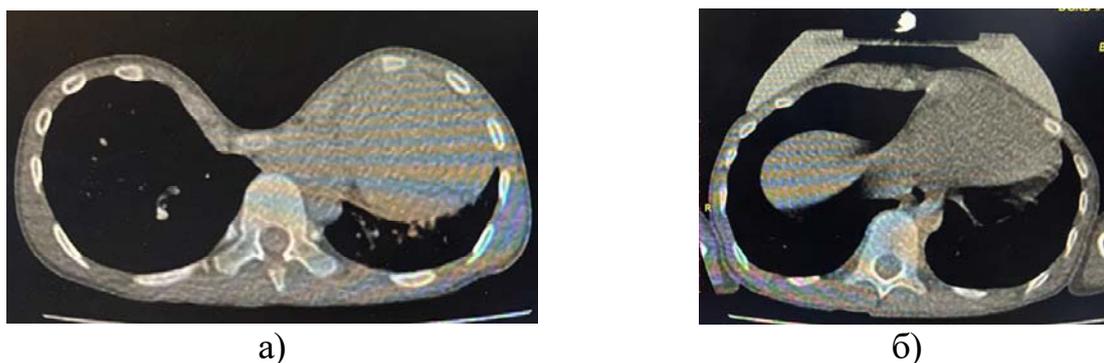


Рис. 9. Достигнута коррекция деформации с помощью ВК:

- а) КТ-исследование до установки вакуумного колокола (ИГ = 16,2);
- б) КТ исследование с установленным вакуумным колоколом (ИГ = 3,9)

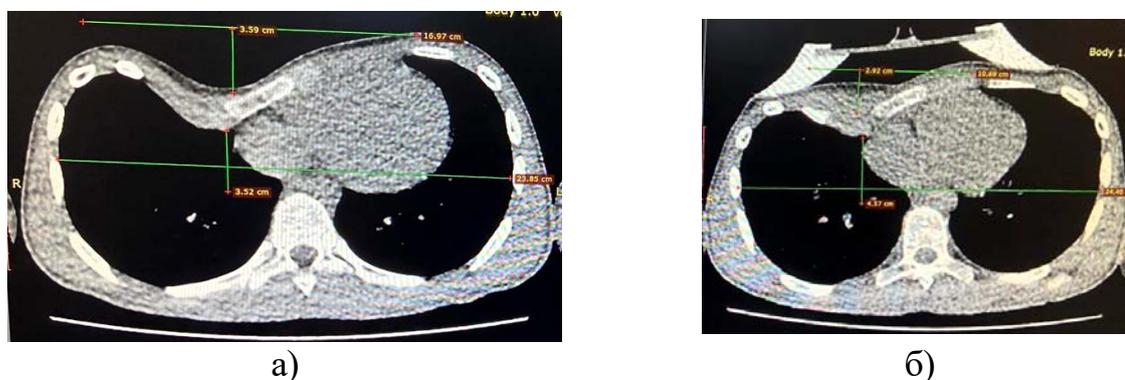


Рис. 10. Коррекция не достигнута:

- а) КТ-исследование до установки вакуумного колокола (ИГ = 6,8);
- б) КТ-исследование с установленным вакуумным колоколом (ИГ = 5,4)

2.3.3.2 Эхокардиография (ЭХО-КГ)

Детям с воронкообразной деформацией грудной клетки обязательным является оценка сердечной функции с помощью эхокардиографии (Эхо-КГ). В ДГКБ им.Н.Ф. Филатова исследование выполняется по стандартной методике на ультразвуковой системе LOGIQ E9 (GE Healthcare (США)) секторными фазированными датчиками (в т.ч. с активной матричной решеткой, диапазон частот: 1,7–4,6 МГц, 3,6–10,0 МГц). Всем пациентам оценивалось положение сердца в грудной клетке, наличие анатомо-структурной патологии, также оценивалось наличие компрессии средостения, выявление торакозависимого положения сердца. При изучении структурных особенностей сердца оценивали наличие врожденных пороков сердца (ДМЖП, ДМПП, ООС и тд.), малых аномалий сердца, оценивалась их гемодинамическая значимость. Особое внимание уделялось пациентам, ранее перенесшим кардиохирургические вмешательства по поводу ВПС. При оценке морфометрических показателей проводилось измерение полостей сердца, диаметра атриовентрикулярных (АВ) колец и магистральных сосудов. Функциональная оценка желудочков проводилась на основании измерения ударного объема (УО), фракции выброса (ФВ) левого желудочка, для правого желудочка (ПЖ) – TAPSE (систолическая экскурсия плоскости трикуспидального кольца), фракция выброса (ФВ) ПЖ. Оценивались структурные особенности клапанного аппарата сердца, а также степень регургитации на аортальном, митральном, трикуспидальном и легочном клапанах.

2.3.3.3 Электрокардиография

Электрокардиография (ЭКГ) проводилась с помощью электрокардиографа «Axion» ЭК1Т-1/3-07 «Axio Imager A2» (Аксион, Россия) в условиях отделения функциональной диагностики ДГКБ им. Н.Ф. Филатова в 12 стандартных отведениях. По данным ЭКГ проводилась оценка источника и регулярность ритма, частоты сердечных сокращений (ЧСС), положения электрической оси сердца (ЭОС), внутрисердечной проводимости (измерение интервалов PQ, QRS, QT, ST-T, зубца P).

2.3.3.4. Оценка функции внешнего дыхания

Оценка функции внешнего дыхания (ФВД) проводилась с помощью компьютерного спирографа КМ-АР-01-Диамант в условиях отделения функциональной диагностики ДГКБ им. Н.Ф. Филатова. Так как результат данного исследования во многом зависит от контакта врача и пациента, от правильного выполнения команды пациентом, этот способ ограничен по возрасту. ФВД выполнялось пациентам старше 5 лет. Данное исследование позволяет оценить функциональные возможности легочной системы, а так же выявить нарушение легочной проводимости по рестриктивному, обструктивному или смешанному типу. При проведении ФВД для правильного определения должествующих значений показателей учитываются данный роста, веса и возраста пациента. Всем пациентам измерялась жизненная емкость легких (ЖЕЛ) (норма ≥ 81 % от должного значения) и форсированная жизненная емкость легких (ФЖЕЛ) (норма ≥ 81 % от должного значения), снижение данных показателей может говорить о рестриктивном типе нарушения функции легких, данный тип может встречаться при деформациях грудной клетки. Также проводилось измерение объема форсированного выдоха за первую секунду (ОФВ1) (в норме ≥ 81 % от должного значения) и проводился расчет индекса Тиффно (ОФВ1/ФЖЕЛ — в норме ≥ 71 % от должного значения), снижение этих показателей говорит о нарушении дыхания по обструктивному типу. Снижение всех показателей говорит о смешанном типе нарушения легочной функции. Однако данное исследование достаточно субъективно у детей, поскольку напрямую зависит от понимания пациентом всех команд и от правильности их выполнения. Данный метод является вспомогательным методом обследования, позволяющим выявить грубые нарушения функции легких.

2.4. Применяемое оборудование и инструменты

В клинике ДГКБ им. Н.Ф. Филатова для консервативного лечения ВДГК используются вакуумные колокола фирмы «Ортез-дети» (Россия), они имеют разный размерный ряд, модели отличаются по форме и толщине силиконового кольца (рис. 11, табл. 5).

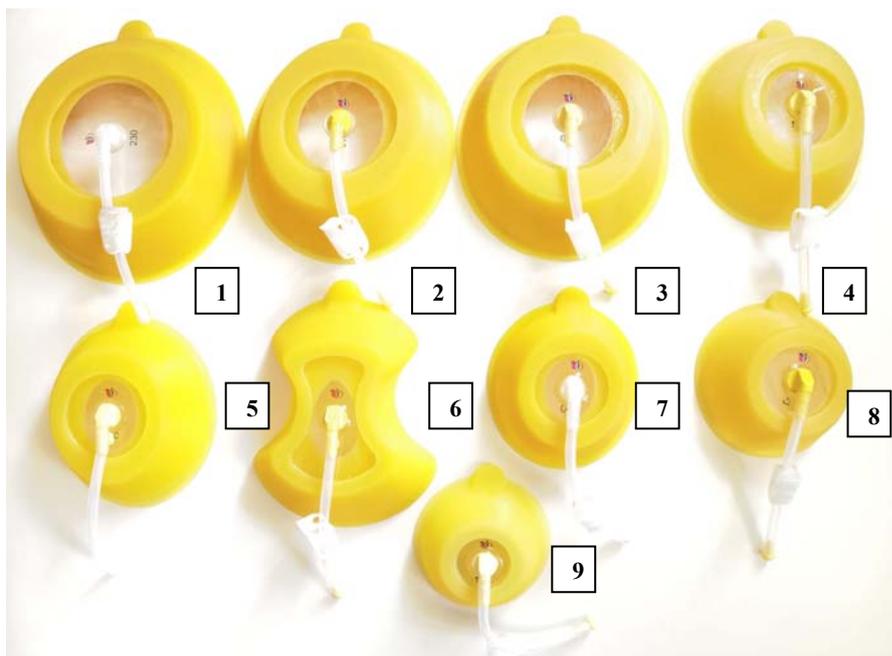


Рис. 11. Вакуумные колокола производитель Россия с таблицей размерного ряда (табл. 5)

Таблица 5. Размерный ряд вакуумных колоколов

Номер	Размер/тип
1	23 см овальный усиленный
2	21 см овальный
3	19 см круглый
4	17 см овальный
5	16 см овальный
6	18 см «песочные часы» модель для девушек
7	14 см овальный
8	12,5 см круглый
9	11 см круглый

Для измерения глубины деформации использовалась специальная шкала (рис. 12), для сложных асимметричных деформаций использовался механический 3D-сканер (рис. 13).



Рис. 12. Шкала для измерения глубины деформации



Рис. 13. Механический 3D-сканер

Для измерения приложенного отрицательного давления использовался электронный вакуумметр (SNDWAYSW-512B) (рис. 14).



Рис. 14. Электронный вакуумметр

2.5. Методика лечения ВДГК с помощью вакуумного колокола

Каждому пациенту в зависимости от роста и формы деформации проводится индивидуальный подбор вакуумного колокола. Вакуумный колокол должен полностью покрывать деформацию и на несколько сантиметров выходить за ее пределы. У пациенток пубертатного возраста должен быть использован специальный ВК «для девушек» по типу «песочных часов» с вырезом под молочные железы. У пациентов с продольной протяженной дефор-

мацией должен быть использован вакуумный колокол овальной формы, а у пациентов с локальной или плоскосторончатой формой круглый ВК. У пациентов с крепким телосложением и ригидной грудной стенкой должен быть использован ВК с усиленными силиконовыми стенками. В процессе лечения с ростом пациента возможна смена модели ВК по необходимости.

Всем пациентам на первичном приеме проводится измерение глубины деформации в положении лежа на спине. Для измерения глубины деформации используется специальная линейка-шкала (рис. 15), у пациентов со сложной асимметричной деформацией с помощью механического 3D-сканера (рис. 16). Глубина измеряется в сантиметрах.



Рис. 15. Измерение глубины деформации с помощью специальной линейки



Рис. 16. Измерение глубины деформации с помощью механического 3D-сканера

Также всем пациентам проводится измерение приложенного отрицательного давления. Для измерения приложенного отрицательного давления нами был использован электронный вакуумметр (SNDWAYSW-512B). Вакуумметр присоединяется к системе вакуумного колокола и измеряет приложенное отрицательное давление, которое необходимо для полной коррекции деформации (рис. 17). Давление измеряется в мбар.



Рис. 17. Измерение приложенного отрицательного давления с помощью электронного вакуумметра (SNDWAYSW-512B, измерение в мбар)

При хорошем освещении на нейтральном фоне выполняется фотографирование грудной клетки в положении стоя в прямой проекции и вполоборота.

Далее родители пациентов обучаются установке вакуумного колокола. Перед установкой пациентам объясняется, что они могут ощущать дискомфорт и чувство давления в грудной клетке, однако выраженного болевого синдрома не должно быть. Так, при первичной установке ВК мы ориентируемся на ощущения пациента, он сам контролирует допустимое приложенное отрицательное давление. Установку ВК можно проводить стоя и лежа на спине. Первая установка ВК выполнялась в положении лежа на спине, так как иногда могут возникать жалобы на головокружение. Центр ВК устанавливается в проекции самой глубокой точке деформации, так, чтоб колокол покрывал всю деформацию, левой рукой ВК плотно прижимается к передней грудной стенке, так, чтоб система была герметична, а правой рукой с помощью груши насоса создается отрицательное давление, которое поднимает деформированный грудино-реберный каркас. Контроль коррекции деформации производится визуально через смотровое стекло. У детей с асимметричной деформацией, ВК смещается в сторону наибольшего западения грудной клетки. ВК устанавливается так, чтоб обе половины гемоторакса поднимались равномерно.

При установке ВК стоя, пациент максимально разводит плечи, выводя грудную клетку вперед и упираясь спиной к стене, центр колокола устанавливается над самой глубокой точкой деформации. Пациентам с асимметричными деформациями удобнее устанавливать вакуумный колокол стоя, так как при вертикализации (из положения лежа), ВК может немного смещаться. При ассиметричных деформациях данное смещение может быть критичным.

Использование вакуумного колокола начинается с 15 мин в день, непрерывное ношение не является обязательным. Далее каждый день в течение двух недель пациенты прибавляют по 15 мин в сутки, так 2-й день 30 мин, 3-й день 45 мин и т.д. В течение первых двух недель родители устанавливают ВК, ориентируясь на ощущения ребенка, с каждым днем увеличивая давление. После 2-недельного использования вакуумного колокола, когда грудная клетка уже стала «мягче», податливее, пациенты ежедневно прибавляют по 30–60 мин в день, создавая максимальное давление в системе, тем самым добиваясь полной коррекции деформации. К месяцу использования вакуумного колокола пациенты выходят на рекомендованное лечащим врачом время, обычно, в возрасте до 7 лет это минимум 5–6 часов в сутки, 8–12 лет это минимум 8–10 часов в сутки, подростки должны использовать вакуумный колокол минимум 12 часов в сутки. Допускается использование вакуумного колокола во время сна. Пациенты старше 10 лет могут устанавливать ВК самостоятельно.

Каждый месяц пациенты делают фотографии грудной клетки прямо и в пол оборота с двух сторон, а также измеряют глубину деформации с помощью специальной шкалы. Каждые три месяца на амбулаторном приеме проводится визуальный осмотр, замер глубины деформации в динамике, анализ фотодневника, при необходимости, корректировка правильной установки ВК. КТ грудной клетки выполнялось через год и более от начала лечения или на этапах лечения, когда при визуальном осмотре создавалось впечатление о наличии ложноположительного результата.

2.6. Оценка результатов лечения

Оценка эффективности лечения основывалась на визуальном осмотре, измерении глубины деформации грудной стенки в динамике, оценке фотодневника и данных КТ грудной клетки до и после лечения.

Всем пациентам был рассчитан процент коррекции внешнего изменения глубины деформации и данных КТ до и после лечения. Так, зная нормальное или допустимое значение показателей, по формуле предложенной R.J. Obermeyer [79], нами был проведен расчет процента коррекции следующих показателей:

1. Оценка динамики внешней глубины деформации (ВГД), см:

В норме глубина деформации должна быть не более 0,5 см. Зная внешнюю глубину деформации до и после лечения, рассчитан процент коррекции в динамике.

Процент коррекции

$$ВГД = (ВГД до - ВГД после) / (ВГД до - 0,5) \cdot 100,$$

где 0,5 нормальное значение ВГД.

2. Оценка динамики данных КТ до и после лечения.

2.1. Оценка динамики Индекса Галлера (ИГ) до и после лечения:

Процент коррекции

$$ИГ = (ИГ до - ИГ после) / (ИГ до - 2,4) \cdot 100,$$

где 2,4 нормальное значение ИГ.

2.2. Оценка динамики глубины деформации (ГД, см) по КТ до и после лечения:

Процент коррекции глубины деформации

$$КТ = (ГД до - ГД после) / (ГД до - 0,5) \cdot 100,$$

где 0,5 нормальное значение ГД.

2.3. Оценка динамики Индекса Депрессии (ИД) до и после лечения:

Процент коррекции

$$ИД = (ИД до - ИД после) / (ИД до - 1,0) \cdot 100,$$

где 1,0 нормальное значение ИД.

2.4. Оценка динамики Индекса Асимметрии (ИА) до и после лечения:

Процент коррекции

$$ИА = (ИА до - ИА после) / (ИА до - 1,0) \cdot 100,$$

где 1,0 нормальное значение ИА.

2.5. Оценка динамики Индекса Коррекции (ИК) до и после лечения:

Процент коррекции

$$ИК = (ИК до - ИК после) / (ИК до - 10) \cdot 100,$$

где 10 нормальное значение ИК.

2.6. Оценка изменения объема ПЖК (см) в месте деформации до и после лечения:

Процент прироста

$$ПЖК (\%) = (ПЖК после \cdot 100) / (ПЖК до) - 100,$$

Для оценки результатов, нами была разработана бальная шкала (табл. 6), по которой оценивалась эффективность лечения у каждого пациента. За основу данной шкалы брались проценты коррекции изменения внешней глубины деформации и данных КТ (индекс Галлера, глубины деформации, индекса асимметрии, индекса депрессии, индекса коррекции, ПЖК).

Таблица 6. Бальная шкала результатов лечения

Исследуемые параметры	< 50 %	≥ 50 < 75	≥ 75 %	Баллы
Внешняя глубина деформации	0	1	2	
Индекс Галлера	0	1	2	
Глубина по КТ	0	1	2	
Индекс Депрессии	0	1	2	
Индекс Асимметрии	0	1	2	
Индекс Коррекции	0	1	2	
	< 50 %	50–100%	≥ 100 %	
ПЖК	2	1	0	
ИТОГО				Макс. 14 б

При общем количестве баллов от 0 до 6, результат считался неудовлетворительным, от 7 до 14 баллов оценивался как хороший. У пациентов с неудовлетворительными результатами (менее 7 баллов), у которых наблюдалось значительное улучшение ($\geq 75\%$) внешней глубины и увеличение ПЖК в месте деформации более чем на 100 %, результат расценивался как ложноположительный.

2.7. Распределение пациентов по группам

Деление пациентов на группы было основано на разработанной нами балльной шкале, которая учитывает изменения, как внешней глубины деформации, так и процент коррекции показателей компьютерной томографии, динамику увеличения ПЖК в месте деформации.

Все пациенты (когорты) ретроспективно были разделены на 2 группы в зависимости от результата лечения:

1 группа ($n = 30, 53,6\%$) – хороший результат. Пациенты, у которых были отмечены значимые изменения внешней глубины деформации и данных КТ после лечения (общий балл коррекции ≥ 7).

2 группа ($n = 26, 46,4\%$) – неудовлетворительный результат. Пациенты, у которых отсутствовали значимые изменения по данным КТ (общий балл коррекции < 7).

Вторая группа в зависимости от внешнего результата была разделена на две подгруппы:

– *1 подгруппа* ($n = 13, 23,2\%$) – пациенты с недостаточной коррекцией, с отсутствием изменений внешней глубины деформации.

– *2 подгруппа* ($n = 13, 23,2\%$) – пациенты с ложноположительным результатом, у которых имелось значимое изменение внешней глубины деформации за счет увеличения ПЖК в месте деформации более чем на 100 %.

2.8. Статистическая обработка данных

Статистическая обработка данных была выполнена с использованием программы StatTech v. 3.0.9 (Россия). Информация, содержащаяся в медицинской документации (амбулаторные карты), результаты клинического осмотра и данные КТ, были внесены в базу данных в Microsoft Excel.

Для оценки количественных показателей на соответствие нормальному распределению использовался критерий Колмогорова-Смирнова. Показатели, имеющие нормальное распределение, описывались средними арифметическими значениями (M) и стандартными отклонениями (SD), а также границами 95 % доверительного интервала (95 % ДИ). В случае ненормального распределения данные описывались медианой (Me) и нижним и верхним квартилями (Q1 – Q3). Категориальные данные представлялись с указанием абсолютных значений и процентных долей.

Сравнение двух групп по количественному показателю с нормальным распределением проводилось с использованием t-критерия Стьюдента при условии равенства дисперсий. Если распределение количественного показателя отличалось от нормального, применялся U-критерий Манна-Уитни.

Для анализа процентных долей в четырехпольных таблицах использовался критерий хи-квадрат Пирсона (при ожидаемых значениях более 10) или точный критерий Фишера (при ожидаемых значениях менее 10). Сравнение процентных долей при анализе многопольных таблиц сопряженности выполнялось с помощью критерия хи-квадрат Пирсона.

При сравнении нормально распределенных количественных показателей для двух связанных выборок применялся парный t-критерий Стьюдента. Если распределение количественных показателей в двух связанных группах не соответствовало нормальному, использовался критерий Уилкоксона.

Статистический анализ факторов риска неудовлетворительного результата лечения проводился с помощью простой логистической регрессии. Данные представлены отношением шансов и 95 % доверительным интервалом с указанием верхней и нижней границы.

Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1. Клиническая характеристика пациентов, включенных в исследование

Проведен анализ 56 пациентов использовавших ВК в качестве консервативного лечения ВДГК. При сборе анамнеза у 14 (25 %) пациентов имелась семейная форма ВДГК. У большинства пациентов, вошедших в исследование, не наблюдалось значимых кардиореспираторных нарушений по данным обследования, в основном ВДГК была представлена лишь косметическим дефектом. Жалобы на плохую переносимость физической нагрузки предъявляли 5 (8,9 %) пациентов, однако, по данным инструментальных методов обследования не удалось выявить значимых кардиореспираторных нарушений. Для оценки кардиальной функции у пациентов с ВДГК использовали данные ЭХО-КГ и ЭКГ. У 18 (32,1 %) пациентов отклонений в ЭКГ не отмечалось. У 38 (67,9 %) пациентов имелись различные изменения в кардиограмме. Наиболее часто встречалось отклонение электрической оси сердца (ЭОС) – 16 (28,6 %) пациентов, в комбинации с неполной блокадой правой ножки пучка Гиса (НБПНПГ) у 12 (21,4 %) пациентов, изолировано НБПНПГ встречалась у 10 (17,9 %) пациентов. Данные изменения характерны для ювенильного типа ЭКГ, и расценивались кардиологами как вариант возрастной нормы. По данным ЭХО-КГ у 17 пациентов никаких отклонений выявлено не было, у 37 (66,1 %) пациентов наблюдалась регургитация 1 степени на клапане легочной артерии и/или трикуспидальном клапане, из них у 6 пациентов регургитация 1 степени отмечалась и на митральном клапане. Данные изменения оценивались кардиологами и специалистами функциональной диагностики как вариант нормы. У 2 пациентов с IV степенью ВДГК имелась регургитация 2 степени на трикуспидальном клапане. При оценке функции внешнего дыхания у большинства пациентов (n = 33, 66 %) имелись нормальные показатели, у 17 пациентов выявлены нарушения по данным спирометрии: у 13 пациентов (26 %) по рестриктивному типу, у 4 (8 %) по обструктивному типу (табл. 7).

Таблица 7. Распределение пациентов
по наличию кардиореспираторных нарушений

Показатели	Категории	Абс.	%	95 % ДИ
ЭКГ	Норма	18	32,1	20,3–46,0
	Отклонение ЭОС	16	28,6	17,3–42,2
	НБПНПГ	10	17,9	8,9–30,4
	Отклонение ЭОС и НБПНПГ	12	21,4	11,6–34,4
Эхо-КГ	Норма	17	30,4	18,8–44,1
	Клапанная регургитация 1 степень	37	66,1	52,2–78,2
	Клапанная регургитация 2 степень	2	3,6	0,4–12,3
ФВД	Норма	33	66,0	51,2–78,8
	Рестриктивный тип нарушения	13	26,0	14,6–40,3
	Обструктивный тип нарушения	4	8,0	2,2–19,2
Плохая переносимость физической нагрузки	Нет	51	91,1	80,4–97,0
	Есть	5	8,9	3,0–19,6

Тяжесть деформации оценивалась по внешним параметрам и по данным компьютерной томографии. Ме внешней глубины деформации составила 2,0 см. По данным КТ Ме глубины деформации составила 2,4 см (2,08, 2,73), а индекса Галлера 3,8 [3,1, 4,62] (табл. 8). Медиана приложенного отрицательного давления в системе необходимого для полной коррекции деформации составила 120 мбар [100, 160] (табл. 8).

Таблица 8. Описательная статистика количественных переменных тяжести деформации и технологии лечения

Показатели	Me	Q ₁ –Q ₃	n	min	max
Внешняя глубина деформации	2,00	1,70–2,50	56	1,00	4,50
Глубина деформации по КТ	2,40	2,08–2,73	56	1,20	4,50
Индекс Галлера	3,80	3,10–4,62	56	2,50	19,30
Приложенное отрицательное давление	120,00	100,00–160,00	56	67,00	290,00
Время ежедневного использования	6,00	5,00–8,00	56	3,00	12,00
Срок лечения	12,00	12,00–14,00	56	10,00	28,00

Me продолжительности лечения у всех пациентов составила 12 месяцев [12; 14], при ежедневном времени использования вакуумного колокола в среднем 6 часов в сутки, Me = 6,0 [5,0, 8,0] (табл. 8).

Во время использования вакуумного колокола в основном в первый месяц лечения, жалобы на боли в грудной клетке предъявляли 34 пациента (60,7 %) (табл. 9). Основным местным побочным явлением у большинства пациентов 29 (51,8 %) была петехиальная сыпь в месте установки вакуумного колокола, которая не требовала лечения и купировалась самостоятельно. У четырех пациенток пубертатного возраста отмечались жалобы на боли в области молочных желез при использовании колокола. Рецидив деформации после окончания лечения вакуумным колоколом наблюдался у 4 (7,1 %) пациентов. Торакопластика была выполнена 6 (10,7 %) пациентам с неудовлетворительными результатами лечения (табл. 9).

Таблица 9. Описательная статистика побочных проявлений
и рецидива заболевания

Показатели	Категории	Абс.	%	95 % ДИ
Болевой синдром	Нет	34	60,7	46,8–73,5
	Есть	22	39,3	26,5–53,2
Побочные явления	Нет	20	35,7	23,4–49,6
	Петехиальная сыпь	29	51,8	38,0–65,3
	Пузыри	1	1,8	0,0–9,6
	Боль в молочных железах	4	7,1	2,0–17,3
	Мастопатия	2	3,6	0,4–12,3
Торакопластика по Нассу	Нет	50	89,3	78,1–96,0
	Есть	6	10,7	4,0–21,9
Рецидив деформации	Нет	52	92,9	82,7–98,0
	Есть	4	7,1	2,0–17,3

Глава 4. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЛЕЧЕНИЯ

4.1. Анализ результатов лечения в группах

С целью оценки эффективности консервативного метода лечения ВДГК с помощью вакуумного колокола, нами проведен анализ 2-х групп на этапах до и после лечения. Проведена оценка изменений показателей внешней глубины деформации, данных КТ (индекса Галлера, глубины деформации, индекса асимметрии, индекса депрессии, индекса коррекции, прироста ПЖК) и степени тяжести ВДГК (1–4 ст.) в двух группах.

При межгрупповом и внутргрупповом анализе отмечались статистически значимые изменения динамики внешней глубины деформации (используемый метод: критерий Уилкоксона) (табл. 10). Данные изменения связаны с наличием ложноположительных результатов, за счет гипертрофии ПЖК в области деформации у пациентов во 2-й подгруппе.

Таблица 10. Анализ динамики внешней глубины деформации

Группы	Этапы наблюдения				p
	внешняя глубина деформации ДО (см)		внешняя глубина деформации ПОСЛЕ (см)		
	Me	Q ₁ – Q ₃	Me	Q ₁ – Q ₃	
Группа 1 (хороший результат, n = 30)	2,00 (n = 30)	1,50–2,50	0,60 (n = 30)	0,40–0,80	< 0,001*
Группа 2 (неудовлетворительный результат, n = 26)	2,35 (n = 26)	1,92–2,50	1,00 (n = 26)	0,70–1,53	< 0,001*
	2,00 (n = 13)	1,70–2,50	1,30 (n = 13)	0,80–1,80	< 0,001*
	2,40 (n = 13)	2,00–2,50	0,70 (n = 13)	0,70–1,00	< 0,001*

* – различия показателей статистически значимы (p < 0,05)

В ходе анализа в 2-х группах отмечались статистически значимые изменения индекса Галлера (используемый метод: критерий Уилкоксона) (табл. 11).

Таблица 11. Анализ динамики индекса Галлера

Группы	Этапы наблюдения				p
	Индекс Галлера ДО		Индекс Галлера ПОСЛЕ		
	Me	Q ₁ – Q ₃	Me	Q ₁ – Q ₃	
Группа 1 (хороший результат, n = 30)	3,50 (n = 30)	3,10–4,38	2,85 (n = 30)	2,50–3,40	< 0,001*
Группа 2 (неудовлетворительный результат, n = 26)	4,00 (n = 26)	3,70–4,78	3,65 (n = 26)	3,12–4,17	0,001*
	4,00 (n = 13)	3,70–4,90	3,90 (n = 13)	3,20–5,20	0,094
	4,00 (n = 13)	3,70–4,50	3,30 (n=13)	3,00–3,90	0,006*

* – различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$)

При анализе неудовлетворительного результата в 1-й подгруппе нам не удалось установить статистически значимых изменений ($p = 0,094$) (используемый метод: критерий Уилкоксона).

В ходе анализа в 2-х группах отмечались статистически значимые изменения глубины деформации по данным КТ (используемый метод: критерий Уилкоксона) (табл. 12, рис. 18). Однако, в группе с неудовлетворительными результатами данные изменения были клинически не значимы. При дальнейшем анализе этой группы в 1-й подгруппе нам не удалось установить статистически значимых изменений глубины деформации по КТ ($p = 0,094$) (используемый метод: критерий Уилкоксона).

Таблица 12. Анализ динамики глубины деформации по данным КТ

Группы	Этапы наблюдения				p
	глубина деформации по КТ ДО (см)		глубина деформация по КТ ПОСЛЕ (см)		
	Me	Q ₁ – Q ₃	Me	Q ₁ – Q ₃	
Группа 1 (хороший результат, n = 30)	2,25 (n = 30)	1,65–2,50	1,10 (n = 30)	0,90–1,40	< 0,001*
Группа 2 (неудовлетворительный результат, n=26) подгруппа 1 (n = 13) подгруппа 2 (n = 13)	2,45 (n = 26)	2,30–2,80	2,00 (n = 26)	1,80–2,50	< 0,001*
	2,40 (n = 13)	2,20–2,80	2,00 (n = 13)	1,50–2,70	0,056
	2,50 (n = 13)	2,40–2,80	2,00 (n = 13)	1,90–2,50	0,003*

* – различия показателей статистически значимы (p < 0,05)

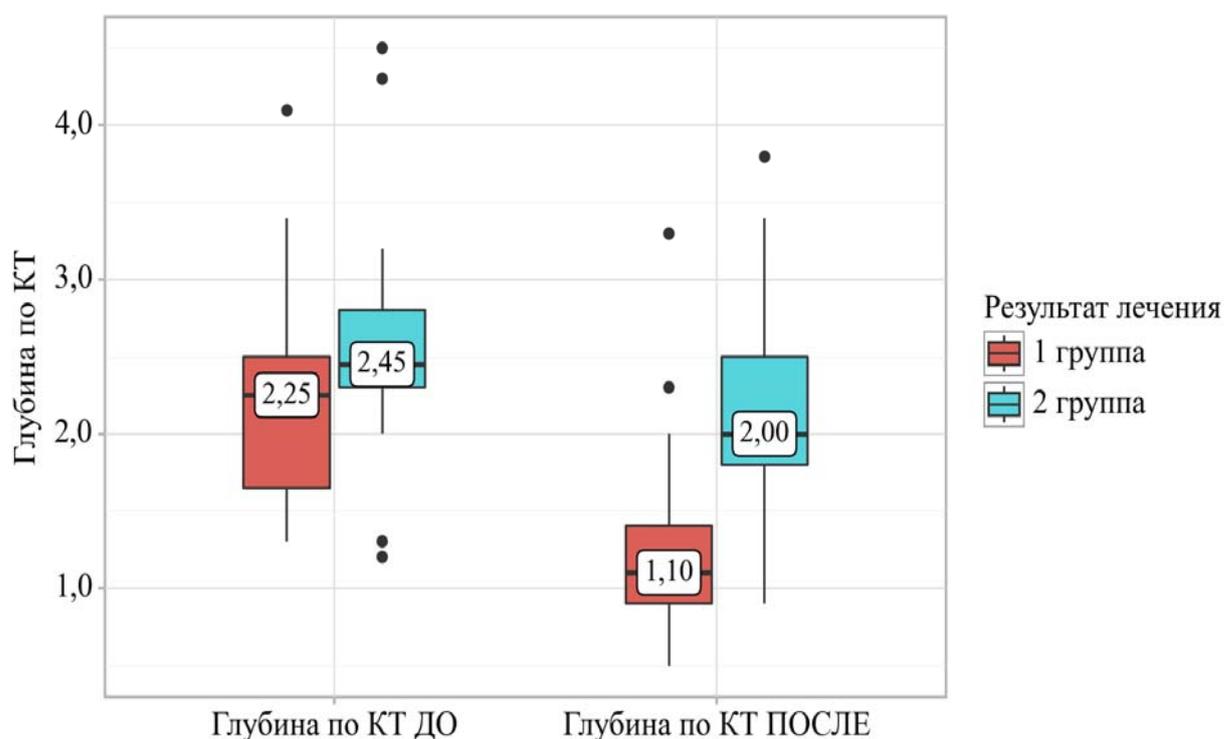


Рис. 18. Анализ динамики глубины по КТ в 2-х группах

В процессе анализа в 1-й группе были установлены статистически значимые изменения индекса асимметрии (используемый метод: критерий Уилкоксона). В ходе анализа во 2-й группе статистически значимых изменений установить не удалось ($p = 0,097$) (используемый метод: критерий Уилкоксона) (табл. 13, рис. 19).

Таблица 13. Анализ динамики индекса асимметрии

Группы	Этапы наблюдения				p
	индекс асимметрии ДО		индекс асимметрии ПОСЛЕ		
	Me	Q ₁ – Q ₃	Me	Q ₁ – Q ₃	
Группа 1 (хороший результат, n = 30)	1,00 (n = 30)	1,00–1,08	1,00 (n = 30)	1,00–1,00	< 0,001*
Группа 2 (неудовлетворительный результат, n = 26) подгруппа 1 (n = 13) подгруппа 2 (n = 13)	1,02 (n = 26)	1,00–1,10	1,00 (n = 26)	1,00–1,10	0,097
	1,10 (n = 13)	1,00–1,10	1,10 (n = 13)	1,00–1,10	0,715
	1,00 (n = 13)	1,00–1,08	1,00 (n = 13)	1,00–1,00	0,043*

* – различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$)

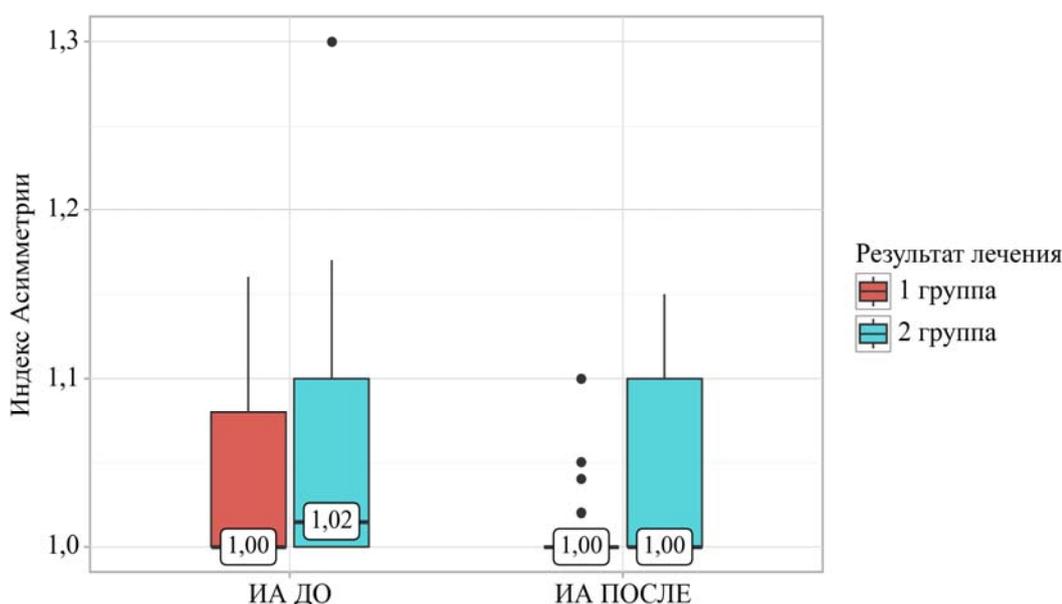


Рис. 19. Анализ динамики индекса асимметрии в 2-х группах

В ходе анализа в 2-х группах отмечались статистически значимые изменения индекса депрессии по данным КТ (используемый метод: критерий Уилкоксона). Однако в группе с неудовлетворительными результатами данные изменения были клинически не значимы. При дальнейшем анализе этой группы в 1-й подгруппе нам не удалось установить статистически значимых изменений индекса депрессии по КТ ($p = 0,057$) (используемый метод: критерий Уилкоксона) (табл. 14).

Таблица 14. Анализ динамики индекса депрессии

Группы	Этапы наблюдения				p
	индекс депрессии ДО		индекс депрессии ПОСЛЕ		
	Me	Q ₁ – Q ₃	Me	Q ₁ – Q ₃	
Группа 1 (хороший результат, n = 30)	1,60 (n = 30)	1,50–1,80	1,30 (n = 30)	1,20–1,40	< 0,001*
Группа 2 (неудовлетворительный результат, n = 26)	1,80 (n = 26)	1,52–1,98	1,60 (n = 26)	1,50–1,70	< 0,001*
	1,70 (n = 13)	1,60–2,00	1,60 (n = 13)	1,50–1,90	0,057
	1,80 (n = 13)	1,50–1,90	1,60 (n = 13)	1,40–1,60	< 0,001*

* – различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$)

При анализе в 2-х группах отмечались статистически значимые изменения индекса коррекции по данным КТ (используемый метод: критерий Уилкоксона). Однако во 2-й группе с неудовлетворительными результатами данные изменения были клинически не значимы. При дальнейшем анализе этой группы в 1-й подгруппе нам не удалось установить статистически значимых изменений индекса коррекции по КТ ($p = 0,099$) (используемый метод: критерий Уилкоксона) (табл. 15, рис. 20).

Таблица 15. Анализ динамики индекса коррекции

Группы	Этапы наблюдения				p
	индекс коррекции ДО		индекс коррекции ПОСЛЕ		
	Me	Q ₁ – Q ₃	Me	Q ₁ – Q ₃	
Группа 1 (хороший результат, n = 30)	30,50 (n = 30)	25,12–39,95	16,85 (n = 30)	12,12–20,00	< 0,001*
Группа 2 (неудовлетворительный результат, n = 26) подгруппа 1 (n = 13) подгруппа 2 (n = 13)	37,60 (n = 26)	28,25–43,12	32,00 (n = 26)	27,00–34,70	0,001*
	34,00 (n = 13)	28,40–43,50	32,70 (n = 13)	27,00–40,00	0,099
	38,60 (n = 13)	28,00–42,00	31,90 (n = 13)	27,00–34,40	< 0,001*

* – различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$)

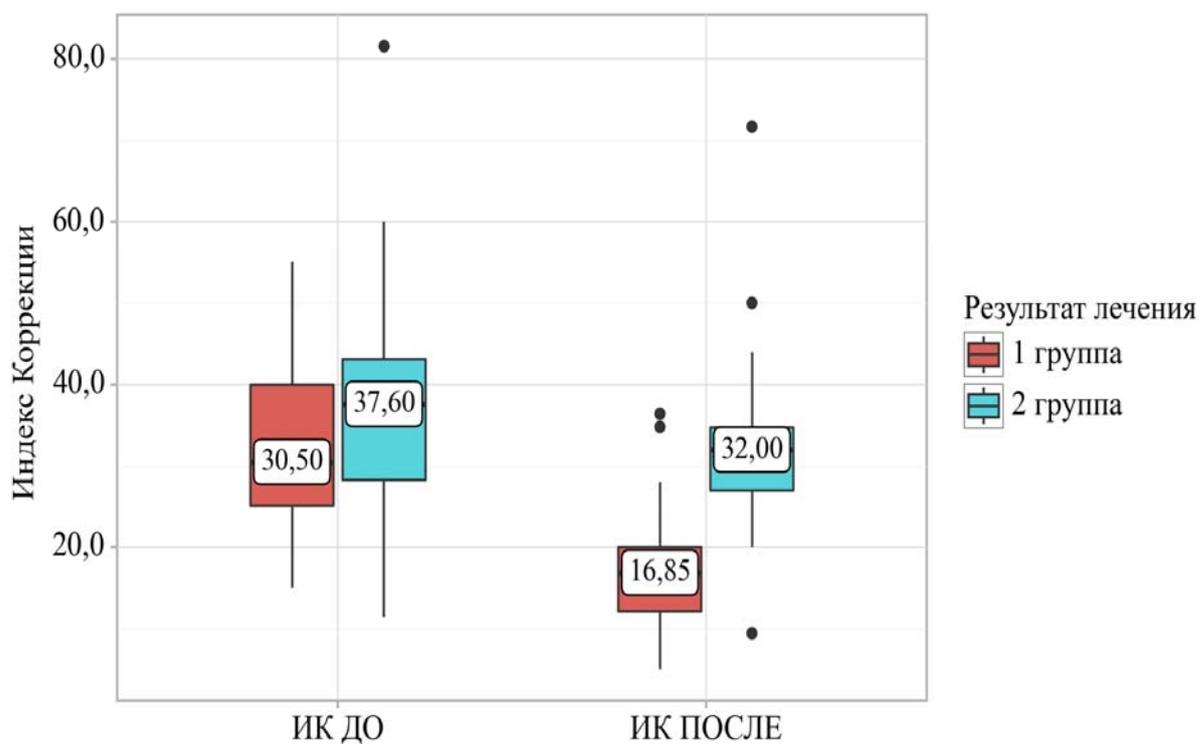


Рис. 20. Анализ динамики индекса коррекции в 2-х группах

Анализ показал, что в 2-х группах были выявлены статистически значимое увеличение ПЖК в месте деформации ($p < 0,001$) (используемый метод: критерий Уилкоксона). Наибольший прирост ПЖК отмечался во 2-й подгруппе у пациентов с ложноположительными результатами (используемый метод: критерий Уилкоксона) (табл. 16).

Таблица 16. Анализ динамики ПЖК в месте деформации

Группы	Этапы наблюдения				p
	ПЖК в месте деформации ДО (см)		ПЖК в месте деформации ПОСЛЕ (см)		
	Me	Q ₁ – Q ₃	Me	Q ₁ – Q ₃	
Группа 1 (хороший результат, n = 30)	0,40 (n = 30)	0,30–0,70	0,70 (n = 30)	0,50–0,97	< 0,001*
Группа 2 (неудовлетворительный результат, n = 26)	0,40 (n = 26)	0,40–0,50	0,90 (n = 26)	0,70–1,15	< 0,001*
	0,40 (n = 13)	0,40–0,50	0,70 (n = 13)	0,50–0,90	0,005*
	0,40 (n = 13)	0,40–0,50	1,00 (n = 13)	0,90–1,40	< 0,001*

* – различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$)

При анализе степени тяжести ДО лечения в 2-х группах нам не удалось установить статистически значимых различий ($p = 0,137$), обе группы были сопоставимы по степени тяжести ВДГК (используемый метод: Хи-квадрат Пирсона). Однако, в 1-й группе 46,7 % (n = 14) имели 3–4 степень ВДГК, а во второй группе 76,9 % (n = 20). В соответствии с представленной таблицей при оценке степени тяжести деформации после лечения в 2-х группах были установлены статистически значимые различия (используемый метод: Хи-квадрат Пирсона) (табл. 17, рис. 21).

Таблица 17. Анализ динамики степени тяжести в двух группах

Результат лечения	Показатели	Этапы наблюдения				p
		степень тяжести ДО		степень тяжести ПОСЛЕ		
		абс.	%	абс.	%	
1 группа	I степень	11	36,7	19	63,3	< 0,001*
	II степень	5	16,7	9	30,0	
	III степень	12	40,0	2	6,7	
	IV степень	2	6,7	0	0,0	
2 группа	I степень	4	15,4	7	26,9	0,003*
	II степень	2	7,7	5	19,2	
	III степень	16	61,5	13	50,0	
	IV степень	4	15,4	1	3,8	
p		0,137		0,001*		–

* – различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$)

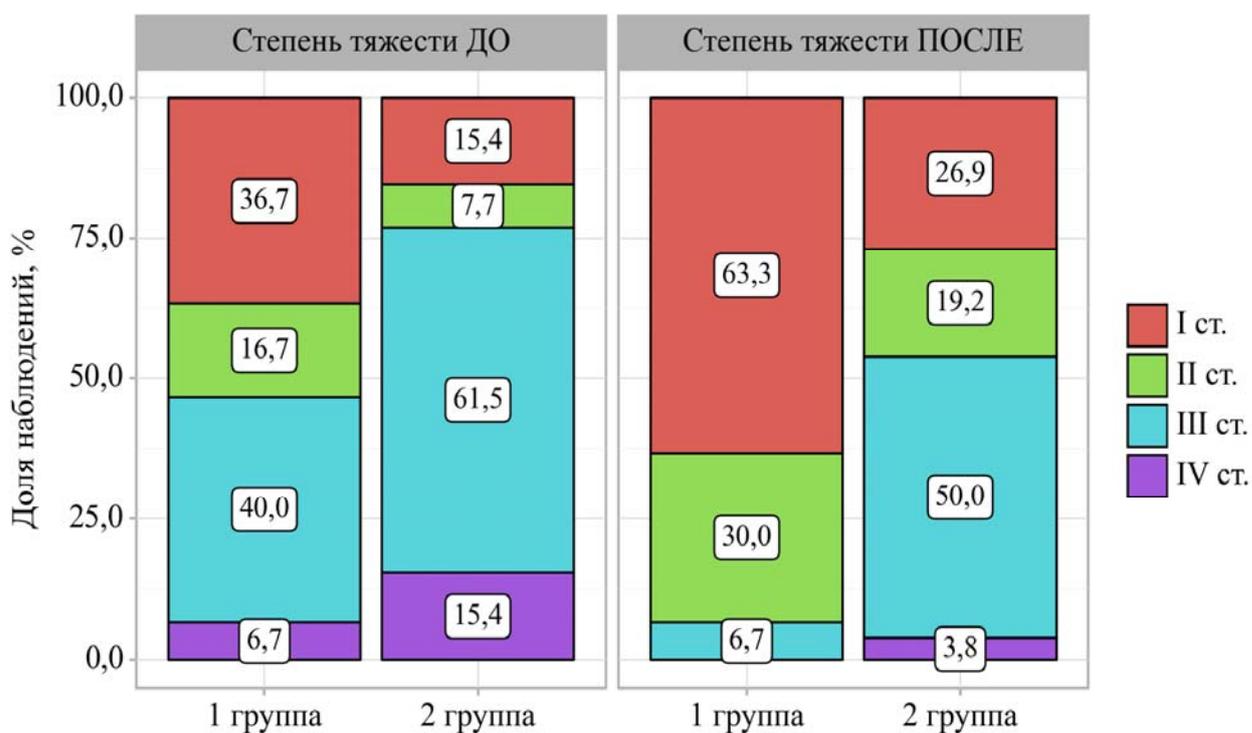


Рис. 21. Анализ динамики степени тяжести в 2-х группах

В процессе анализа в 1-й группе были выявлены статистически значимые изменения степени деформации до и после лечения ($p < 0,001$), так часть пациентов (46,7 %) до лечения имела 3–4 степень деформации, после лечения только 6,7 % пациентов имели 3 степень (используемый метод: критерий Уилкоксона). В процессе анализа 2-й группы нами были выявлены статистически значимые изменения до и после лечения ($p = 0,003$) (используемый метод: критерий Уилкоксона), однако большая часть пациентов как до, так и после лечения имела 3 степень тяжести ВДГК.

4.2. Сравнительный анализ групп по результатам лечения

Нами проведен сравнительный анализ групп по результатам лечения в зависимости от разных факторов.

4.2.1. Возраст начала лечения

Нами проведен анализ зависимости результата лечения в 2-х группах от возраста начала лечения (табл. 18).

Таблица 18. Анализ возраста начала в зависимости от результата лечения

Показатель	Категории	Возраст (лет)			p
		Me	Q ₁ – Q ₃	n	
Результат лечения	1 группа	9,5	6,0–13,8	30	0,369
	2 группа	11,0	8,0–14,0	26	
	1 подгруппа	14,0	11,0–15,0	13	0,019*
	2 подгруппа	9,0	7,0–11,0	13	

* – различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$)

При анализе результата лечения в 2-х группах в зависимости от возраста начала лечения, не удалось установить статистически значимых различий ($p = 0,369$). При дальнейшем субанализе 2-й группы пациентов с неудовле-

творительными результатами лечения, нами установлены статистически значимые различия ($p = 0,019$), так 1-ю подгруппу пациентов, у которых не было значимого внешнего изменения деформации и данных КТ, составили в основном пациенты подросткового возраста Me 14 лет (используемый метод: U-критерий Манна–Уитни).

4.2.2. Тяжесть деформации грудной клетки

Был проведен анализ зависимости результатов лечения от выраженности деформации (табл. 19).

Таблица 19. Анализ результата лечения в зависимости от тяжести ВДГК

Показатели	Результат лечения		p
	1 группа	2 группа	
Внешняя глубина деформации, Me [IQR]	2,00 [1,50; 2,50]	2,35 [1,92; 2,50]	0,093
Индекс Галлера, Me [IQR]	3,50 [3,10; 4,38]	4,00 [3,70; 4,78]	0,072
Глубина по КТ, Me [IQR]	2,25 [1,65; 2,50]	2,45 [2,30; 2,80]	0,099
Индекс Асимметрии, Me [IQR]	1,00 [1,00; 1,08]	1,02 [1,00; 1,10]	0,443
Индекс Депрессии, Me [IQR]	1,60 [1,50; 1,80]	1,80 [1,52; 1,98]	0,090
Индекс Коррекции, M (SD)	32,06 (9,96)	38,52 (14,44)	0,054

При сопоставлении результата лечения в зависимости от внешней глубины деформации и от данных КТ (ИГ, глубины деформации, ИА, ИД, ИК) до лечения нам не удалось выявить статистически значимых различий ($p = 0,093$, $p = 0,072$, $p = 0,099$, $p = 0,43$, $p = 0,090$, $p = 0,054$ соответственно). Однако, обращает на себя внимание, что у пациентов первой группы с хоро-

шими результатами данные показатели ниже, деформация у них менее выраженная (используемый метод: U–критерий Манна–Уитни).

Согласно представленной ниже таблице при сравнении степени тяжести ВДГК в зависимости от результата лечения, были выявлены статистически значимые различия ($p = 0,021$). Так, большая часть пациентов (53,3 %) 1-й группы имели I–II степень тяжести ВДГК ($ИГ \leq 3,5$), а пациенты 2-й группы с неудовлетворительными результатами в основном (76,9 %) имели III–IV степень ($ИГ > 3,5$) (используемый метод: Хи-квадрат Пирсона) (табл. 20, рис. 22).

Таблица 20. Анализ результата лечения в зависимости от степени тяжести ВДГК

Показатель	Категории	Результат лечения		p
		1 группа	2 группа	
Степень тяжести ВДГК	I–II степень	16 (53,3)	6 (23,1)	0,021*
	III–IV степень	14 (46,7)	20 (76,9)	

* – различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$)

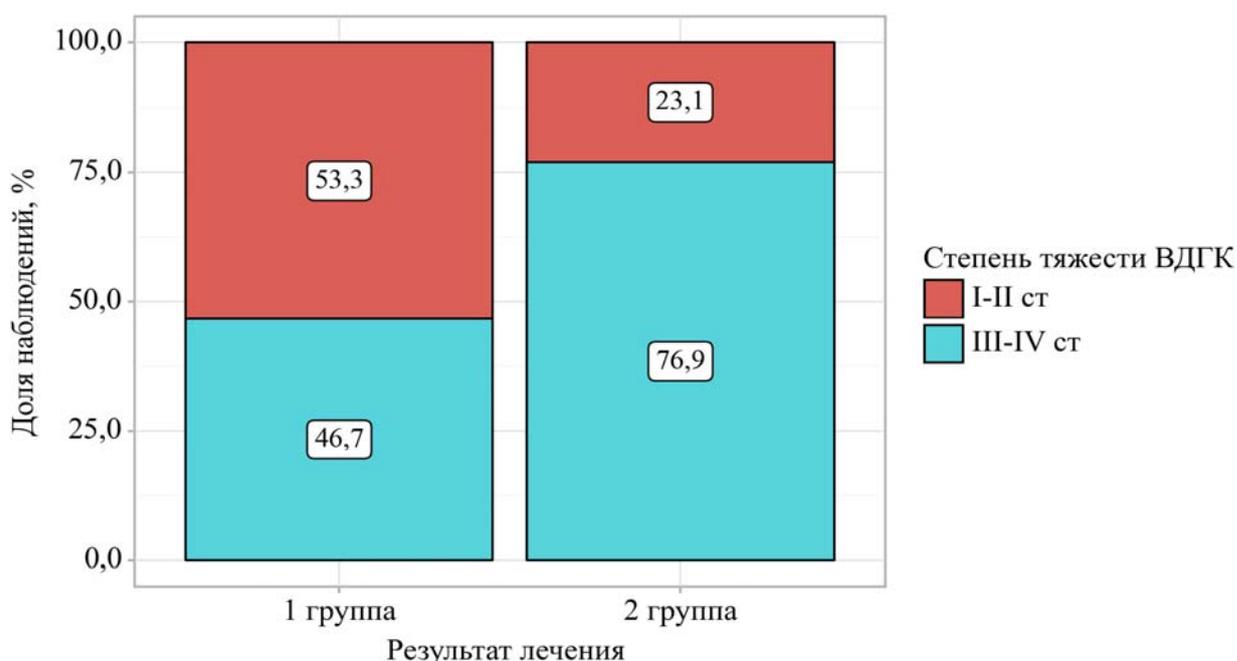


Рис. 22. Распределение пациентов по степени тяжести ВДГК в зависимости от результата лечения

4.2.3. Время ежедневного использования

Всем пациентам было рекомендовано использование ВК максимально возможное время в течение дня, но не менее 6 часов в сутки. Выполнен анализ от времени ежедневного использования ВК в зависимости от результатов лечения (табл. 21, рис. 23).

Таблица 21. Анализ времени ежедневного использования (часы) в зависимости от результата лечения

Показатель	Категории	Время ежедневного использования			p
		Me	Q ₁ – Q ₃	n	
Результат лечения	1 группа	8,00	6,00–8,00	30	< 0,001*
	2 группа	5,00	4,00–6,75	26	
	1 подгруппа	4,00	3,00–6,00	13	0,231
	2 подгруппа	5,00	4,00–7,00	13	

* – различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$)

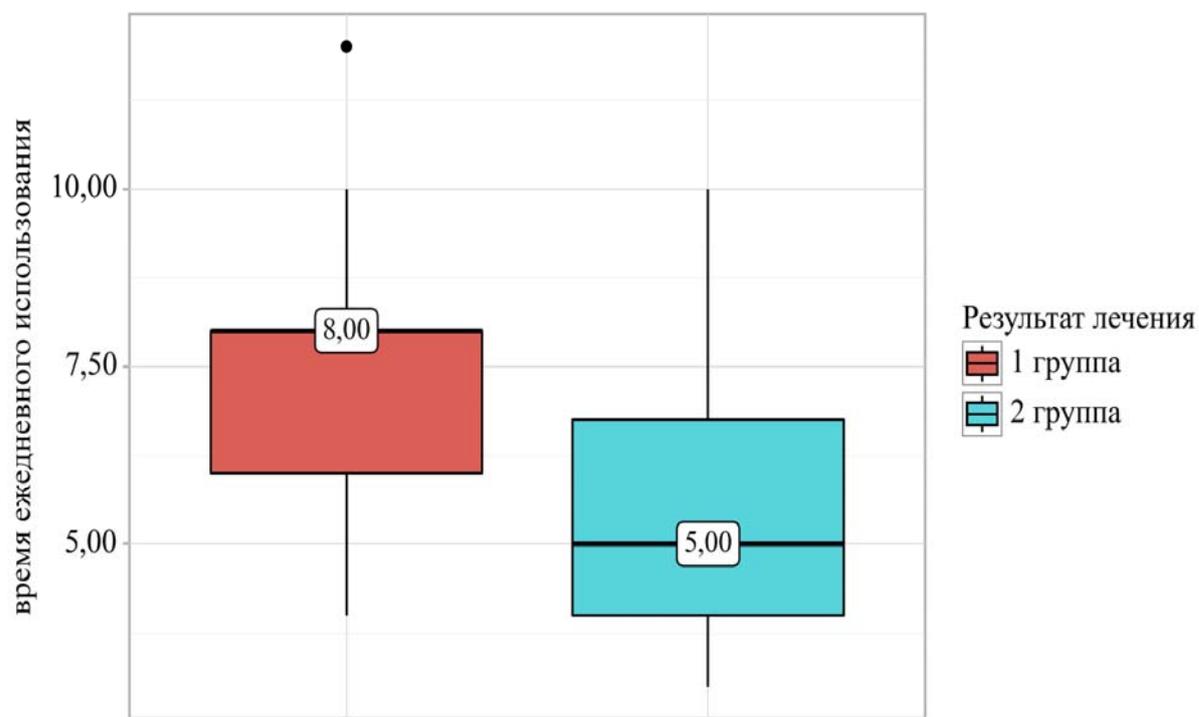


Рис. 23. Анализ времени ежедневного использования в зависимости от результата лечения

Согласно полученным данным при оценке результатов лечения в зависимости от времени ежедневного использования, были установлены статистически значимые различия ($p < 0,001$) (используемый метод: U–критерий Манна–Уитни).

Пациенты 1 группы с хорошими результатами использовали вакуумный колокол в среднем 8 часов в сутки, тогда как пациенты 2 группы с неудовлетворительными результатами 5 часов в сутки. 1 подгруппу с недостаточной коррекцией деформации в основном составляли дети подросткового возраста, для которых использование вакуумного колокола в среднем 4 часа в сутки является недостаточным.

4.2.4. Сроки лечения

Проведен анализ зависимости результата лечения от продолжительности использования ВК (срока лечения) лечения (табл. 22).

Таблица 22. Анализ результатов лечения в зависимости от продолжительности терапии ВК (месяцы)

Показатель	Категории	Срок лечения			p
		Me	Q ₁ – Q ₃	n	
Результат лечения	1 группа	12,00	12,00–15,75	30	0,594
	2 группа	12,00	12,00–12,75	26	

При оценке срока лечения в зависимости от результата лечения, нам не удалось выявить значимых различий ($p = 0,594$) (используемый метод: U–критерий Манна–Уитни). В основном все пациенты использовали вакуумный минимум 12 месяцев.

4.2.5. Сопутствующие факторы

Большинство пациентов в нашем исследовании имели сопутствующий диагноз нарушение осанки $n = 36$ (64,3 %). Был проведен анализ результатов лечения в зависимости от наличия нарушений осанки (рис. 24).

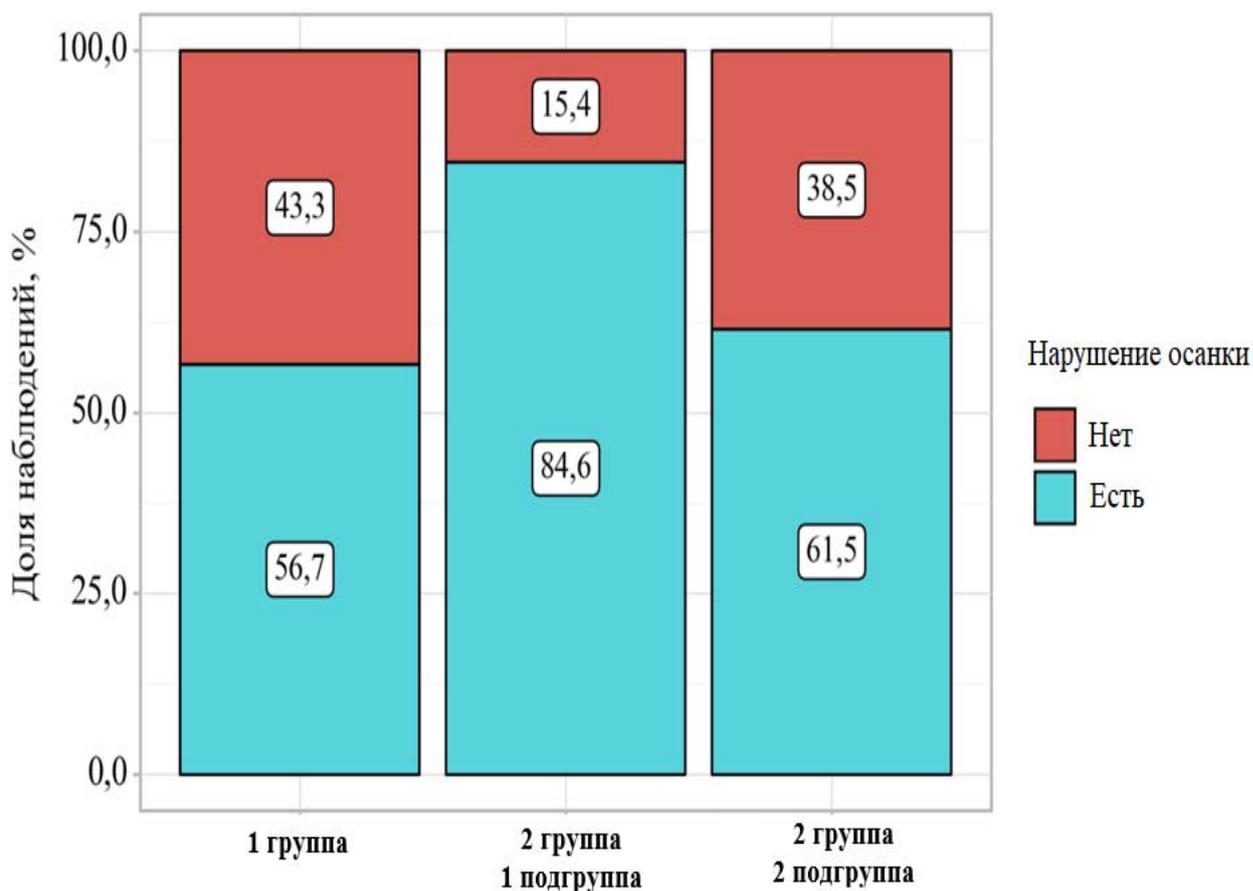


Рис. 24. Распределение пациентов по группам в зависимости от нарушения осанки

При оценке влияния нарушения осанки на результат лечения, нами не было выявлено статистически значимых различий ($p = 0,208$) (используемый метод: Хи-квадрат Пирсона). Однако, обращает на себя внимание то, что в 1-й подгруппе у пациентов с недостаточной коррекцией деформации данная патология встречалась чаще $n = 11$ (84,6 %) (рис. 24). Также был проведен анализ зависимости симметричности деформации от нарушения осанки (табл. 23, рис. 25).

Исходя из полученных данных при оценке симметричности деформации по КТ в зависимости от нарушений осанки, были установлены статистически значимые различия ($p = 0,002$) (используемый метод: Хи-квадрат Пирсона).

Таблица 23. Анализ симметричности деформации по КТ
в зависимости от нарушений осанки

Показатель	Категории	Нарушение осанки		p
		нет	есть	
Симметричность деформации по КТ	Симметричная	19 (95,0)	20 (55,6)	0,002*
	Асимметричная	1 (5,0)	16 (44,4)	

* – различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$)

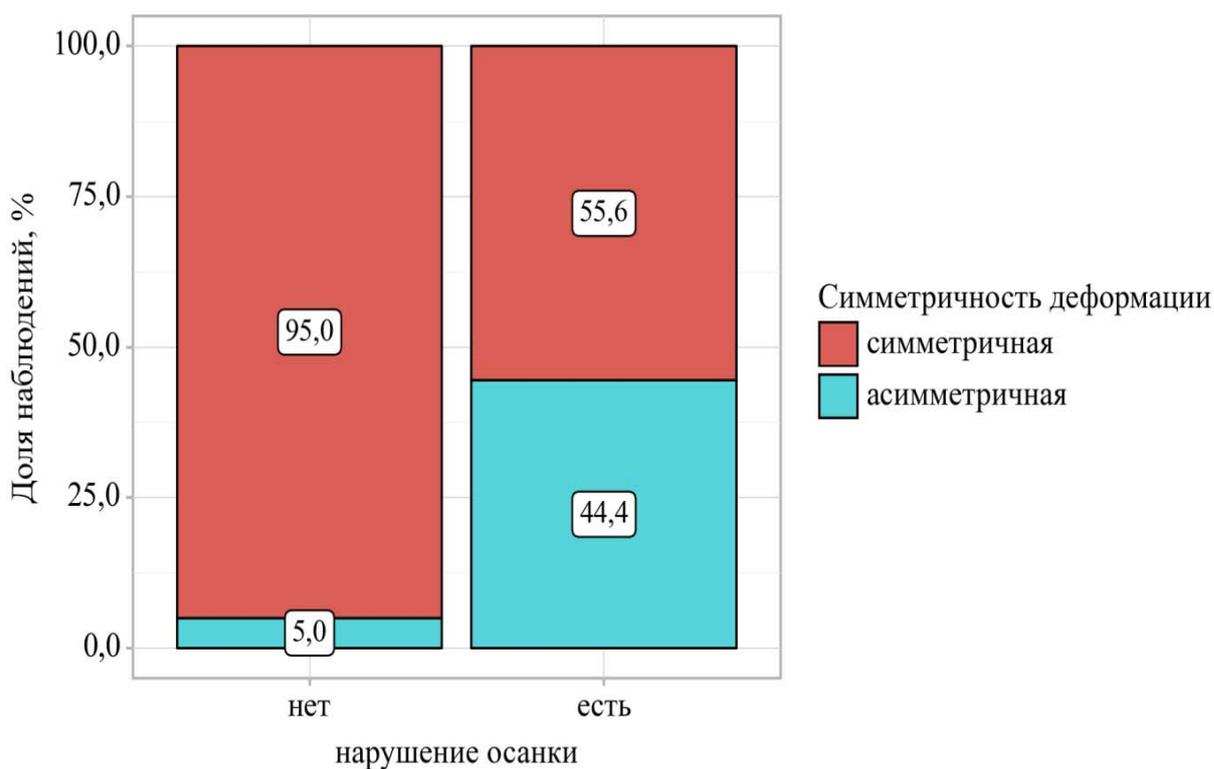


Рис. 25. Анализ симметричности деформации по КТ
в зависимости от нарушения осанки

Так у пациентов с нарушением осанки асимметрия деформации встречалась значительно чаще $n = 16$ (44,4 %), чем у пациентов с нормальной осанкой $n = 1$ (5 %). Шансы формирования асимметричной деформации у пациентов с нарушением осанки были выше в 15,2 раза, по сравнению с пациентами без нарушений осанки, различия шансов были статистически значимыми (95 % ДИ: 1,833–126,079).

Также был проведен анализ зависимости результатов лечения от занятий спортом (табл. 24). Занятия спортом подразумевают под собой регулярные физические нагрузки в организованных группах или индивидуально, с нагрузкой соответствующей возрасту.

Таблица 24. Анализ результатов лечения в зависимости от спорта

Показатель	Категории	Результат лечения		p
		1 группа	2 группа	
Занятие спортом	Нет	8 (26,7)	17 (65,4)	0,004*
	Есть	22 (73,3)	9 (34,6)	

* – различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$)

В соответствии с представленной таблицей при сопоставлении результатов лечения в зависимости от занятий спортом, были выявлены статистически значимые различия ($p = 0,004$) (используемый метод: Хи-квадрат Пирсона). Так более 70 % ($n = 22, 73,3$ %) пациентов группе с хорошими результатами лечения регулярно занимались спортом, из них 12 пациентов имели спортивный разряд.

Таким образом, по данным анализа результатов лечения в зависимости от занятий спортом можно констатировать, что спорт является неотъемлемым компонентом комплексного лечения ВДГК. Также был проведен анализ результатов лечения в зависимости от прохождения программ реабилитации, ЛФК, массажа (табл. 25).

Таблица 25. Анализ результатов лечения в зависимости от реабилитации, ЛФК, массажа

Показатель	Категории	Результат лечения		p
		1 группа	2 группа	
Программа реабилитации	Нет	22 (73,3)	22 (84,6)	0,347
	Есть	8 (26,7)	4 (15,4)	

При сопоставлении результата лечения в зависимости от курсов реабилитационных программ, нам не удалось выявить статистически значимых различий (используемый метод: точный критерий Фишера) .

Учитывая малое количество пациентов, прошедших полный курс медицинской реабилитации, делать достоверный вывод о ее влиянии на результат лечения не представляется возможным.

Нами также был выполнен анализ зависимости наличия гипертрофии ПЖК в месте деформации при использовании ВК (2-я подгруппа ложноположительный результат) в зависимости от индекса массы тела (табл. 26).

Таблица 26. Анализ неудовлетворительных результатов
в зависимости от ИМТ

Показатель	Категории	ИМТ			p
		Me	Q ₁ – Q ₃	n	
Результат лечения	1 группа	16,29	14,85–18,06	30	0,774
	2 группа	16,96	14,73–18,98	26	

При анализе 2-й группы неудовлетворительных результатов лечения от индекса массы тела пациента не было выявлено значимых различий ($p = 0,774$) (используемый метод: U–критерий Манна–Уитни).

4.2.6 Побочные явления

Наиболее частой жалобой у пациентов с ВДГК является боль в грудной клетки при использовании ВК. Нами проведен анализ наличия болевого синдрома в двух группах (табл. 27).

Таблица 27. Анализ наличия болевого синдрома в двух группах

Показатель	Категории	Результат лечения		p
		1 группа	2 группа	
Болевой синдром	Нет	21 (70,0)	13 (50,0)	0,126
	есть	9 (30,0)	13 (50,0)	

При оценке наличия болевого синдрома в 2-х группах, не удалось выявить статистически значимых различий ($p = 0,126$), однако у пациентов с хорошими результатами болевой синдром встречался реже (используемый метод: Хи-квадрат Пирсона).

При анализе наличия побочных явлений в 2-х группах, нам не удалось установить статистически значимых различий ($p = 0,246$) (используемый метод: Хи-квадрат Пирсона) (табл. 28).

Таблица 28. Анализ наличия побочных явлений

Показатель	Категории	Результат лечения		p
		1 группа	2 группа	
Побочные явления	Нет	10 (33,3)	10 (38,5)	0,246
	Петехиальная сыпь	18 (60,0)	11 (42,3)	
	Контактные везикулы	1 (3,3)	0 (0,0)	
	Боль в области молочных желез	1 (3,3)	3 (11,5)	
	Мастопатия	0 (0,0)	2 (7,7)	

В двух группах наиболее часто встречающимся побочным явлением была петехиальная сыпь, которая не требовала специального лечения и проходила самостоятельно после прекращения использования ВК. У двух пациентов подросткового возраста в процессе лечения появилось уплотнение и болезненность в области молочных желез, что потребовало прекращения использования ВК.

Нами проведен корреляционный анализ взаимосвязи возраста пациентов и приложенного отрицательного давления, с помощью расчета коэффициент ранговой корреляции Спирмена $\rho = 0,787$. При оценке по шкале Чеддока установлена высокой тесноты прямая связь, чем старше пациент, тем выше приложенное отрицательное давление, тем ригиднее грудная клетка (табл. 29, рис. 26).

Таблица 29. Результат корреляционного анализа
взаимосвязи показателя возраста и давления

Показатель	Характеристика корреляционной связи		
	ρ	теснота связи по шкале Чеддока	p
Возраст – давление	0,787	Высокая	< 0,001*

* – различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$)

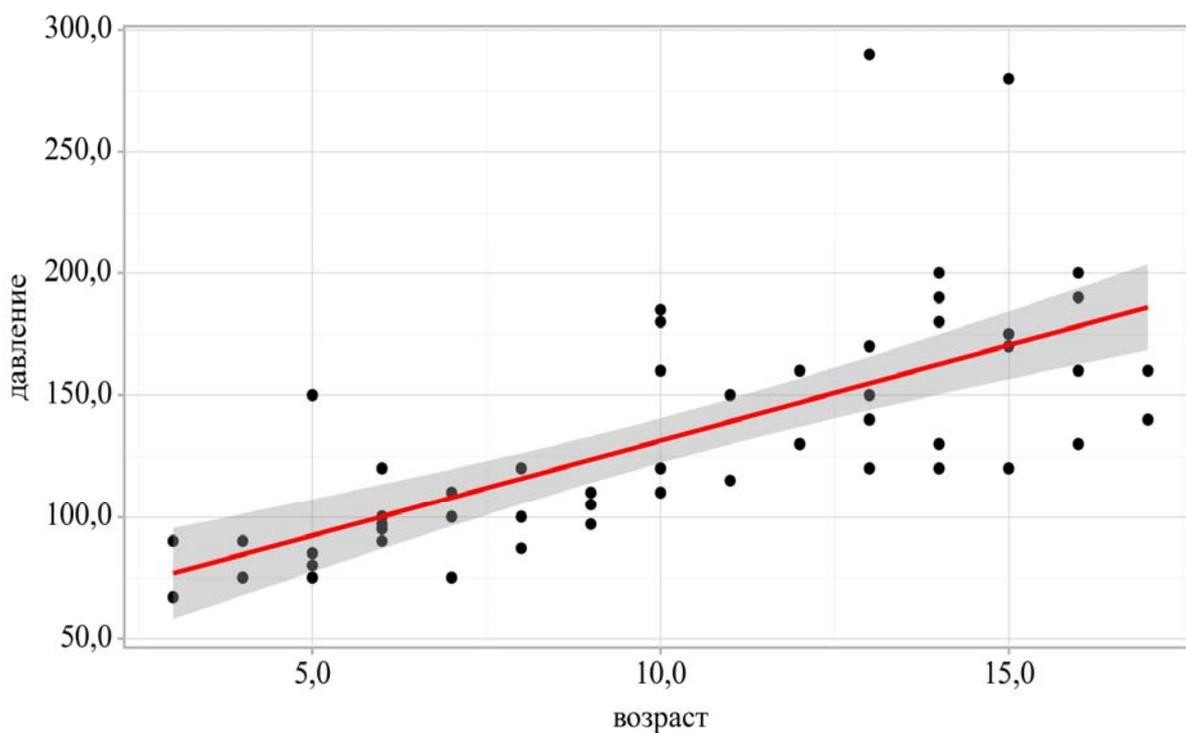


Рис. 26. График регрессионной функции, характеризующий зависимость приложенного отрицательного давления от возраста

Наблюдаемая зависимость приложенного отрицательного давления от возраста пациента описывается уравнением парной линейной регрессии:

$$Y_{\text{давление}} = 7,811 \times X_{\text{возраст}} + 53,237.$$

При увеличении показателя возраста на 1 (год) следует ожидать увеличение показателя давления на 7,811.

С целью определения порогового значения возраста относительно вероятности наличия болевого синдрома проведен анализ ROC-кривой

(табл. 30, 31). Площадь под ROC-кривой составила $0,780 \pm 0,066$ с 95 % ДИ: 0,650–0,910 (рис 27). Полученная модель была статистически значимой ($p < 0,001$). Пороговое значение возраста в точке cut-off, которому соответствовало наивысшее значение индекса Юдена, составило 10 лет (рис. 23).

При анализе наличия болевого синдрома от возраста пациента, нами были установлены статистически значимые различия ($p < 0,001$) (используемый метод: U-критерий Манна–Уитни). Болевой синдром в основном встречался у пациентов подросткового возраста (табл. 30).

Таблица 30. Анализ наличия болевого синдрома
от возраста пациента

Показатель	Категории	Возраст			p
		Me	Q ₁ – Q ₃	n	
Болевой синдром	Нет	7,5	6,0–11,8	34	< 0,001*
	Есть	13,0	11,2–14,8	22	

* – различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$)

Таблица 31. Пороговые значения показателя возраста

Порог	Чувствительность (Se), %	Специфичность (Sp), %	PPV	NPV
13,0	63,6	76,5	63,6	76,5
12,0	72,7	73,5	64,0	80,6
11,0	77,3	70,6	63,0	82,8
10,0	90,9	64,7	62,5	91,7
9,0	90,9	55,9	57,1	90,5

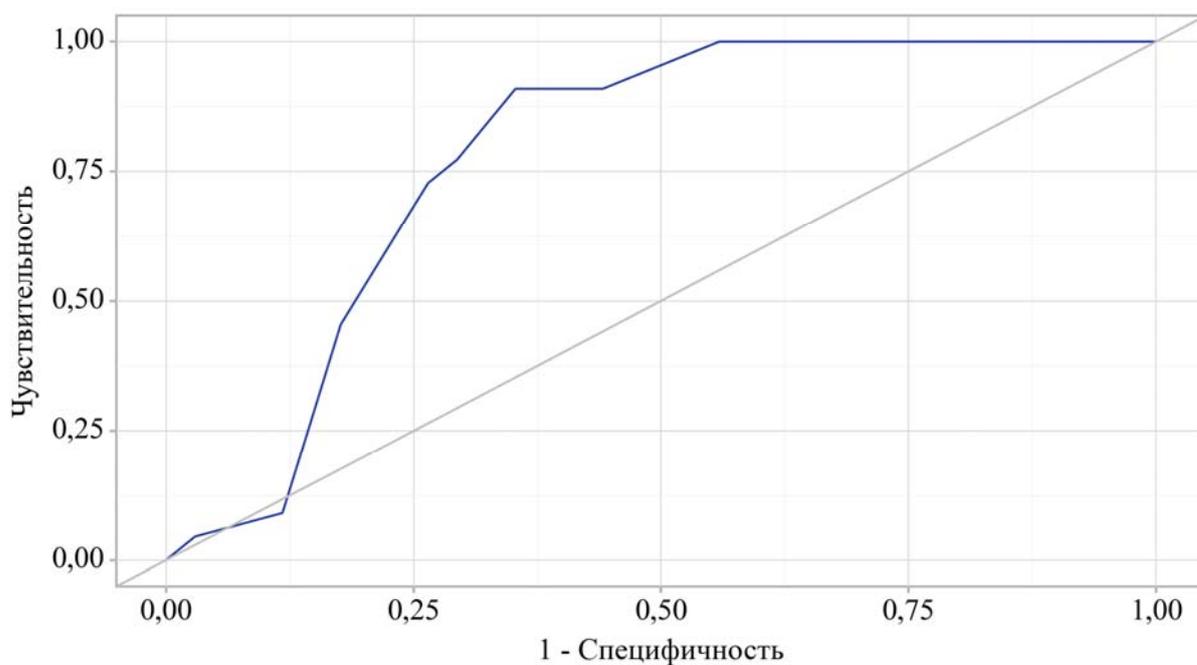


Рис. 27. ROC-кривая, характеризующая зависимость вероятности наличия болевого синдрома от показателя возраст

Наличие болевого синдрома прогнозировалось при значении возраста выше данной величины или равном ей. Чувствительность и специфичность модели составили 90,9 % и 64,7 % соответственно (табл. 31, рис. 28).

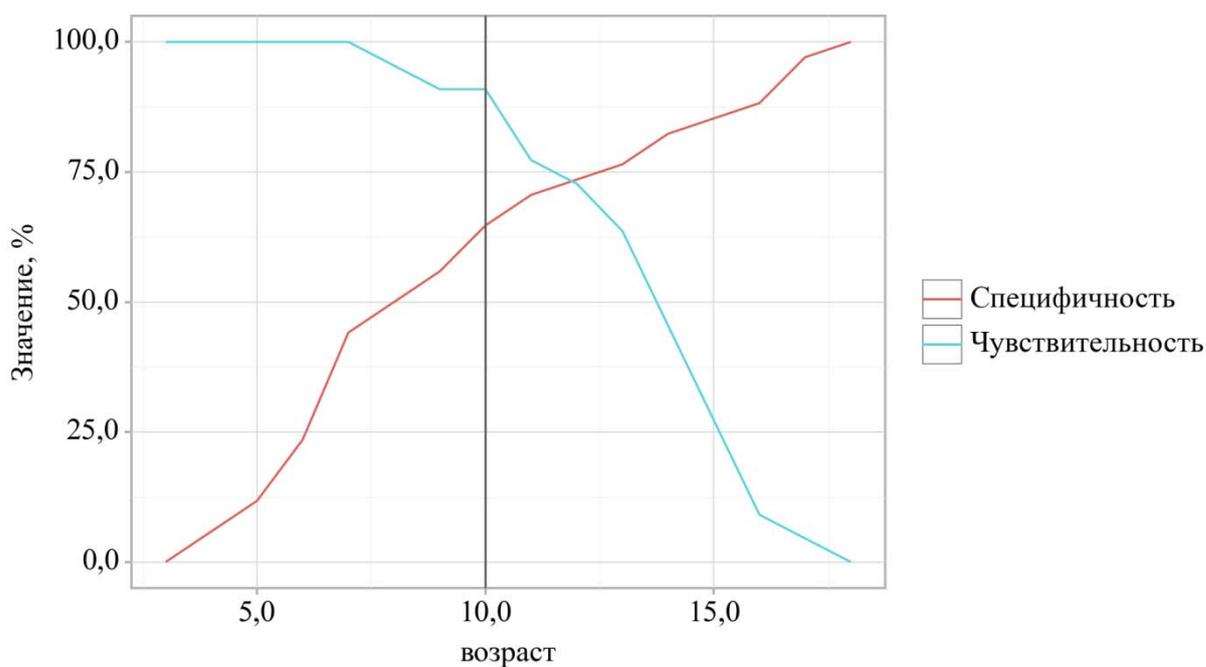


Рис. 28. Анализ чувствительности и специфичности модели в зависимости от пороговых значений возраста

4.3. Факторы риска неудовлетворительного результата лечения

Нами проведен анализ основных факторов риска влияющих на результат лечения. Учитывая данные анализа проведенного выше, нами были выделены основные факторы, которые могут влиять на неудовлетворительный результат. Такими факторами являются: время ежедневного использования менее 5 часов в сутки, возраст старше 10 лет, отсутствие занятий спортом, глубина деформации по данным КТ более 2,2, индекс Галлера более 3,5 (табл. 32).

Таблица 32. Оценка шансов неудовлетворительного результата при наличии факторов риска

Фактор	Простая логистическая регрессия	
	ОШ (95 % ДИ)	P
Время ежедневного использования менее 5 ч/день	8,0 (2,3–27,7)	< 0,001*
Отсутствие спорта	5,2 (1,7–16,3)	0,002*
Возраст старше 10	1,9 (0,642–5,559)	0,246
Глубина деформации по КТ >2,2	3,3 (1,045–10,628)	0,038*
Индекс Галлера более 3,5	3,8 (1,194–12,159)	0,021*

* – различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$)

Шансы неудовлетворительного результата у пациентов использовавших ВК ежедневно менее 5 часов в сутки были выше в 8,0 раз, по сравнению с пациентами использовавших более 5 часов в сутки, различия шансов были статистически значимыми (ОШ = 8; 95 % ДИ: 2,3 – 27,7, $p < 0,001$).

Шансы неудовлетворительного результата у пациентов, не занимающихся спортом, были выше в 5,2 раза, по сравнению с пациентами, которые занимаются спортом, различия шансов были статистически значимыми (ОШ = 5,2; 95 % ДИ: 1,7 – 16,3, $p = 0,002$).

Шансы неудовлетворительного результата в возрасте старше 10 лет были выше в 1,9 раза, по сравнению с пациентами младше 10 лет, различия шансов не были статистически значимыми (ОШ = 1,9; 95 % ДИ: 0,642–5,559, $p = 0,246$).

Шансы неудовлетворительного результата у пациентов с глубиной деформации по данным КТ более 2,2 см были выше в 3,3 раза, по сравнению с пациентами, имевшими меньшее значение, различия шансов были статистически значимыми (ОШ = 3,3; 95 % ДИ: 1,045–10,628).

Шансы неудовлетворительного результата у пациентов с индексом Галлера более 3,5 были выше в 3,8 раза, по сравнению с пациентами имевшими меньшее значение, различия шансов были статистически значимыми (ОШ = 3,8; 95 % ДИ: 1,194–12,158).

Таким образом, основными факторами, влияющими на неудовлетворительный результат лечения, являются: время ежедневного использования менее 5,5 часов, отсутствие занятий спортом, глубина деформации по данным КТ более 2,2 см и индекс Галлера $> 3,5$.

4.4. Алгоритм выбора тактики лечения пациентов с ВДГК

На первичном амбулаторном приеме все пациенты информируются о двух возможных вариантах лечения: хирургическом (торакопластика по Нассу) и консервативном с использованием вакуумного колокола. Всем пациентам вне зависимости от возраста и тяжести деформации производилась примерка вакуумного колокола и оценивалась возможность использования устройства.

Если с помощью вакуумного колокола удастся достичь полной коррекции деформации (визуальная оценка с помощью смотрового стекла), то пациенту рекомендуется начать консервативное лечение с помощью вакуумного колокола.

Если добиться полной коррекции деформации не представляется возможным, такой вариант возможен при тяжелых ассиметричных деформациях, у пациентов с крепким телосложением и ригидной грудной клеткой, или, когда пациенты испытывают выраженный болевой синдром и/или отказыва-

ются от такого способа лечения, то этим пациентам рекомендуется оперативное лечение- выполнение торакопластики по Нассу.

Если при установке вакуумного колокола визуально имеются сомнения в его эффективности, то рекомендовано выполнение КТ с установленным вакуумным колоколом для оценки возможной коррекции деформации. Такой вариант встречается у пациентов с избыточной массой тела, у пациенток с асимметричными деформациями и с развитыми молочными железами, а также у пациентов с тяжелыми асимметричными деформациями.

Таким образом, на базе ДГКБ им.Н.Ф. Филатова в процессе исследования был разработан и внедрен в практику алгоритм определения тактики лечения пациентов с ВДГК (рис. 29).

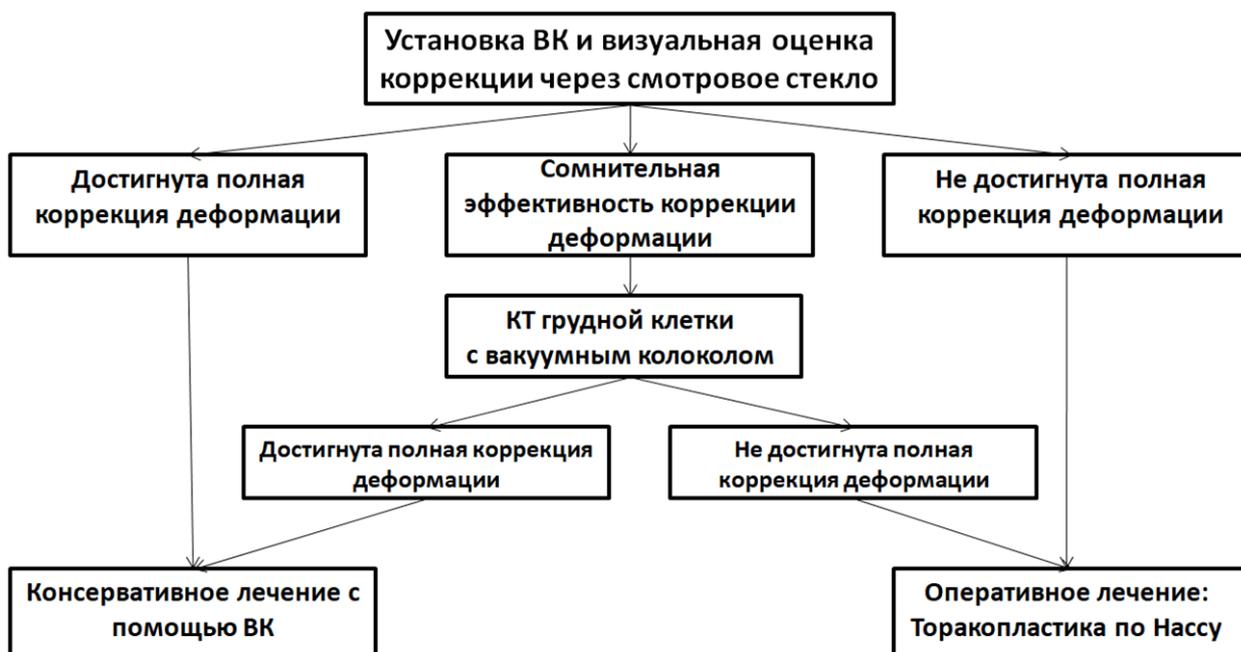


Рис. 29. Алгоритм определения метода лечения у пациентов с ВДГК

Было определено, что ВК неэффективен у девушек пубертатного возраста с развитыми молочными железами, в связи с технической невозможностью правильной установки ВК. Недостаточная элевация грудины может возникать при избыточно развитой ПЖК передней грудной стенки, а у пациентов с асимметричными деформациями не всегда удается полностью устранить ротацию грудины.

4.5. Клинические примеры

Клинический пример № 1

Девочка Д. 7 лет с симметричной формой ВДГК (рис. 30). Глубина до лечения 2,0 см. Приложенное отрицательное давление при первичной установке ВК было 120 мбар. Использовала вакуумный колокол российского производителя (размер 14 см овальный) 16 месяцев ежедневно в среднем около 9 часов в сутки. Ребенок занимается в секции по спортивной гимнастике.



Рис. 30. Девочка Д., 7 лет. Внешний вид деформации до начала лечения ВК

При комплексной оценке у ребенка отмечается отличный косметический результат и по данным КТ значимые изменения параметром деформации (табл. 33, 34, рис. 31, 32).

Таблица 33. Динамика параметров деформации у пациентки Д.

Параметры	Данные ДО	Данные ПОСЛЕ	% коррекции
Внешняя глубина деформации	2,0	0	100
Индекс Галлера	3,7	2,7	77
Глубина по КТ	2,3	0,5	100
Индекс асимметрии	1	1	100
Индекс депрессии	1,8	1,2	75
Индекс коррекции	38,8	16,6	77
Прирост ПЖК	0,2	0,5	150

Таблица 34. Оценка результата лечения по данным балльной шкалы

	< 50 %	≥ 50 < 75	≥ 75 %	Баллы
Внешняя глубина деформации	0	1	2	2
Индекс Галлера	0	1	2	2
Глубина по КТ	0	1	2	2
Индекс Депрессии	0	1	2	2
Индекс Асимметрии	0	1	2	2
Индекс Коррекции	0	1	2	2
	< 50 %	50–100 %	≥ 100 %	
ПЖК	2	1	0	0
ИТОГО				12



Рис. 31. Девочка Д., 8 лет. Внешний вид деформации после лечения ВК

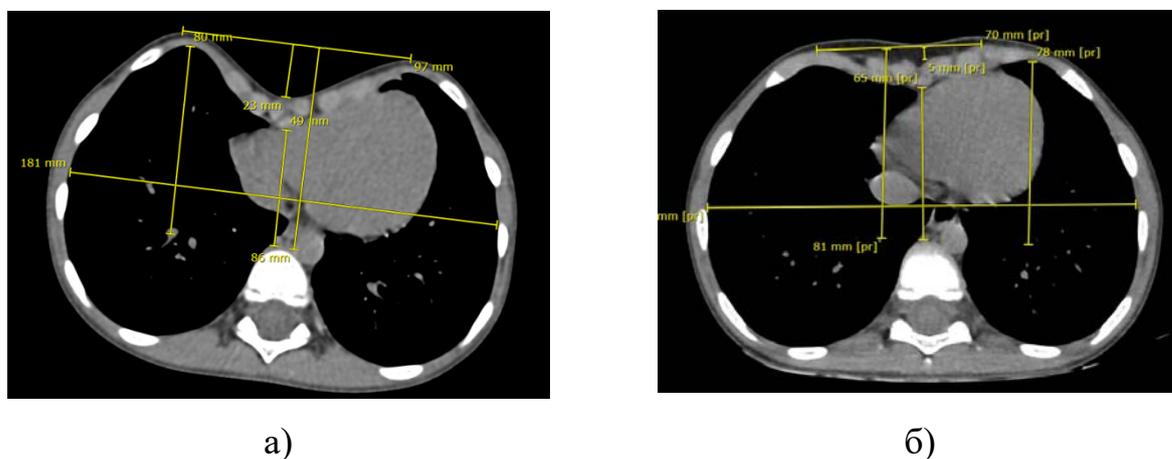


Рис. 32: а) КТ ОГК до лечения; б) КТ ОГК после лечения

В месте деформации имеется гипертрофия ПЖК более чем 100 %. По данным таблицы «Балльной шкалы результатов лечения» общий балл равен 12, ребенок включен в 1 группу с удовлетворительными результатами лечения (табл. 34).

Клинический пример № 2

Мальчик М. 4 года с симметричной формой ВДГК (рис. 33). Глубина до лечения 1,5 см. Приложенное отрицательное давление 100 мбар. Использовал вакуумный колокол российского производителя (размер 12,5 см круглый) 13 месяцев ежедневно в среднем около 6 часов в сутки.



Рис. 33. Мальчик М., 4 года. Внешний вид деформации до лечения ВК

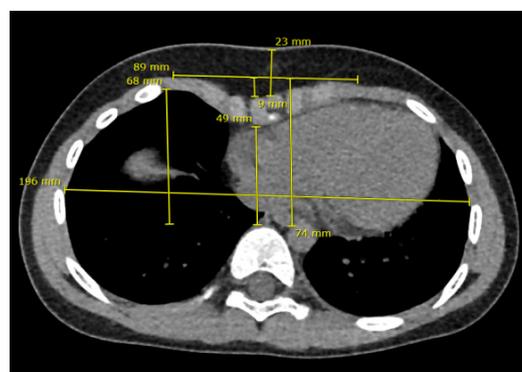
При комплексной оценке у ребенка отмечается отличный косметический результат (рис. 34), но по данным КТ значимых изменений нет (рис. 35), а в месте деформации имеется гипертрофия ПЖК более 200 % (табл. 35). По данным таблицы «Балльной шкалы результатов лечения» общий балл равен 5, у ребенка имеется ложноположительный результат лечения, он был включен во 2 группу (2 подгруппу) (табл. 36).



Рис. 34. Мальчик М., 5 лет. Внешний вид деформации после лечения ВК



а)



б)

Рис. 35: а) КТ ОГК до лечения; б) КТ ОГК после лечения

Таблица 35. Динамика параметров деформации у пациента М.

Параметры	Данные ДО	Данные ПОСЛЕ	% коррекции
Внешняя глубина деформации	1,5	0,3	100
Индекс Галлера	4,0	4,0	0
Глубина по КТ	1,7	0,9	66,7
Индекс асимметрии	1	1	100
Индекс депрессии	1,7	1,5	28,6
Индекс коррекции	34,7	27,9	27,5
Прирост ПЖК	0,7	2,3	228,6

Таблица 36. Оценка результата лечения по данным балльной шкалы

	< 50 %	≥ 50 < 75	≥ 75 %	Баллы
Внешняя глубина деформации	0	1	2	2
Индекс Галлера	0	1	2	0
Глубина по КТ	0	1	2	1
Индекс Депрессии	0	1	2	0
Индекс Асимметрии	0	1	2	2
Индекс Коррекции	0	1	2	0
	< 50 %	50–100 %	≥ 100 %	
ПЖК	2	1	0	0
ИТОГО				5

Клинический случай № 3

Мальчик Ф. 15 лет изначально с симметричной формой ВДГК, плоско-ворончатый тип (рис. 36). Глубина до лечения 1,8 см. У ребенка была достаточно ригидная деформация, приложенное отрицательное давление 170 мбар. Использовал вакуумный колокол (размер 19 см) 19 месяцев нерегулярно в среднем около 4 часов в сутки. Спортom не занимается.



Рис. 36. Мальчик Ф., 15 лет. Внешний вид деформации до лечения ВК

У данного ребенка не удалось достичь хорошего внешнего результата (рис. 37), а так же по данным КТ часть параметров деформации имела отрицательную динамику (ИГ, ИА) (рис. 38, табл. 37).



Рис. 37. Мальчик Ф., 17 лет. Внешний вид деформации после лечения ВК

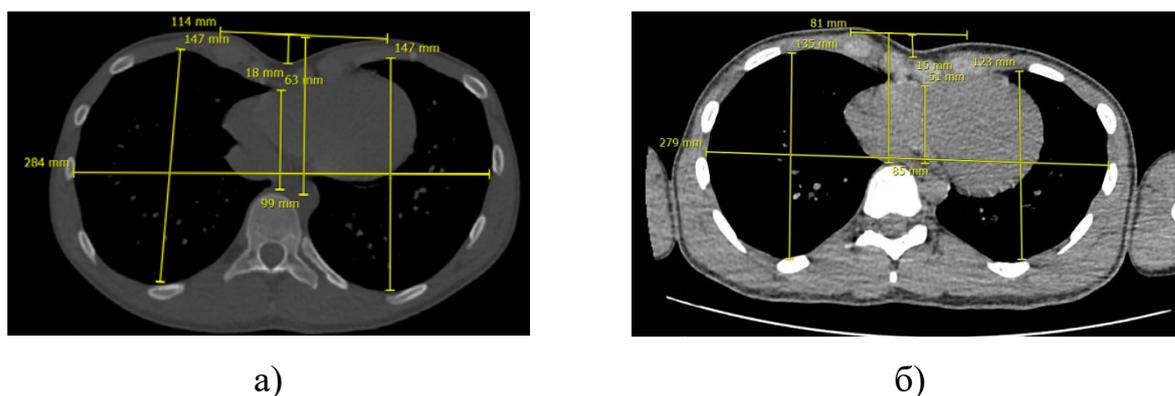


Рис. 38: а) КТ ОГК до лечения; б) КТ ОГК после лечения

Таблица 37. Динамика параметров деформации у пациента М.

Параметры	Данные ДО	Данные ПОСЛЕ	% коррекции
Внешняя глубина деформации	1,8	0,9	69,2
Индекс Галлера	4,5	5,4	0
Глубина по КТ	1,8	1,1	53,8
Индекс асимметрии	1	1,1	0
Индекс депрессии	1,6	1,6	0
Индекс коррекции	33,0	32,0	4,3
Прирост ПЖК	0,3	0,4	33,3

В связи с активным ростом и прогрессированием нарушения осанки, деформация приняла ассиметричную форму. Вероятнее всего такой результат лечения был связан с нерегулярностью и небольшим количеством времени ежедневного использования. Нарушение режима связано было с наличием болевого синдрома при использовании ВК. По данным таблицы «Балльной шкалы результатов лечения» общий балл равен 5, ребенок был включен во 2-ю группу (1 подгруппу) с неудовлетворительными результатами лечения. Ребенку в дальнейшем была выполнена торакопластика по Нассу (табл. 38).

Таблица 38. Оценка результата лечения по данным балльной шкалы

	< 50 %	≥ 50 < 75	≥ 75 %	Баллы
Внешняя глубина деформации	0	1	2	1
Индекс Галлера	0	1	2	0
Глубина по КТ	0	1	2	1
Индекс Депрессии	0	1	2	0
Индекс Асимметрии	0	1	2	0
Индекс Коррекции	0	1	2	0
	< 50 %	50–100 %	≥ 100 %	
ПЖК	2	1	0	2
ИТОГО				4

ГЛАВА 5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ВДГК одна из наиболее часто встречающихся деформаций грудной клетки. В зависимости от степени тяжести может проявляться лишь косметическим дефектом или вызывать кардиореспираторные нарушения различной степени выраженности. Во всем мире золотым стандартом лечения является предложенная Дональдом Нассом малоинвазивная торакопластика. Однако, несмотря на отличный косметический результат, сохраняется риск развития интра- и послеоперационных осложнений. На сегодняшний день во всем мире идет активное развитие альтернативных безоперационных методов лечения. Одним из таких способов является предложенный Экхартом Клобом в 1992г консервативный способ лечения ВДГК с помощью ВК, устройства, которое поднимает деформированную грудную клетку за счет приложенного отрицательного давления (вакуума). На сегодняшний день нет единого мнения о сроках лечения, времени ежедневного использования, возрасте начала лечения, основных предикторах, определяющих хороший результат лечения.

Целью данного исследования явилось улучшение результатов лечения детей с ВДГК путем разработки алгоритма диагностики, определение тактики лечения, а также определение основных параметров влияющих на результат лечения.

За исследуемый период времени (2017-2023 г.г.) было пролечено более 200 детей с ВДГК с помощью ВК. В наше исследование включено 56 детей, которым была выполнена КТ грудной клетки до и после лечения. При анализе результатов лечения 30 пациентов (53,6 %) имели хороший косметический результат и значимую коррекцию деформации по данным КТ. У 26 (46,4 %) пациентов мы не наблюдали значимых изменений деформации по данным КТ, хотя 13 (23,2 %) из них имели хороший косметический результат и уменьшение внешней глубины деформации. Такой результат был связан с гипертрофией ПЖК в области деформации. У остальных пациентов (n = 13) мы не наблюдали визуального улучшения деформации, а также достаточной коррекции по данным КТ.

При оценке эффективности лечения ВДГК с помощью ВК выявлено статистически значимое изменение в обеих группах следующих показателей:

- уменьшение глубины деформации и по данным КТ;
- индекса Галлера;
- индекса депрессии;
- индекса коррекции;
- степени тяжести деформации.

В группе с хорошими результатами данные показатели имели более выраженные изменения. В этой группе также выявлено статистически значимое снижение индекса асимметрии ($p < 0,001$).

Глубина деформации имела статистически и клинически значимое снижение в 2-х группах. Так, в 1-й группе Ме до лечения составила 2,0, после 0,6, во 2-й группе до лечения 2,35, после 1,0 ($p < 0,001$, $p < 0,001$ соответственно). При этом глубина (см) по данным КТ у пациентов в 1-й группе уменьшилась более чем на 50 % (Ме до лечения составила 2,25, после 1,1), а во второй группе уменьшение глубины деформации было клинически незначимо (Ме до лечения 2,45, после 2,00 ($p < 0,001$, $p < 0,001$ соответственно)). По данным КТ в 1-й группе выявлено статистически и клинически значимое снижение индекса Галлера (ИГ Ме до 3,5, после 2,85, $p < 0,001$), у пациентов во 2-й группе также статистически значимо отмечено снижение данного показателя. Однако, клинически значимого улучшения не наблюдалось (ИГ Ме до 4,0, Ме после 3,65, $p = 0,001$). Такие результаты объясняются наличием ложноположительных результатов во 2-й группе.

Анализ степени тяжести деформации грудной стенки в 2-х группах до лечения не выявил статистически значимого различия. Так, большая часть пациентов имела III степень ВДГК (1 группа – 40 %, 2 группа – 61,5 %). После лечения с использованием ВК большая часть пациентов в 1-й группе

имели I и II степень ВДГК (63,3 % и 30,0 % соответственно), во 2-й группе – сохранялась преимущественно III степень (50 %).

Статистически значимое увеличение ПЖК в месте установки ВК наблюдалось в 2-х группах. Однако, во 2-й группе у пациентов с ложноположительными результатами гипертрофия ПЖК была более выражена и отмечено увеличение толщины ПЖК (см) более чем в 2 раза от первоначальных значений (Ме до 0,4, Ме после 1,0, $p < 0,001$).

При внутригрупповом анализе неудовлетворительных результатов у пациентов 1-й подгруппы с недостаточной коррекцией деформации не выявлены статистически значимые изменения индекса Галлера, глубины деформации, индекса коррекции, индекса депрессии и индекса асимметрии ($p = 0,094$, $p = 0,056$, $p = 0,099$, $p = 0,057$, $p = 0,715$ соответственно), тогда как у пациентов с ложноположительными результатами, эти показатели имели статистически значимое снижение, но клинически эти изменения были незначимы ($p = 0,006$, $p = 0,003$, $p < 0,001$, $p < 0,001$, $p = 0,043$). Такие результаты могут быть связаны с тем, что у пациентов с ложноположительными результатами на начальных этапах лечения имелась частичная коррекция деформация, однако в связи с ростом пациента, несоответствием размера ВК и площади деформации, а также нарушением техники использования его эффективность снижалась.

Таким образом, у пациентов с хорошими результатами ($n = 30$) мы наблюдали клинически и статистически значимые улучшения коррекции деформации как внешне, так и по данным КТ, эффективность данного метода лечения в нашем исследовании составила 53,6 %.

При сравнительном анализе групп по результатам лечения нами были выявлены основные факторы, влияющие на эффективность лечения. При анализе возраста начала лечения в зависимости от результата лечения статистически значимых различий выявлено не было ($p = 0,369$).

При внутригрупповом анализе пациентов с неудовлетворительными результатами выявлены статистически значимые различия ($p = 0,019$), так Ме возраста начала лечения у пациентов с недостаточной внешней коррекцией и данных КТ составила 14 лет ($Q_1 - Q_3$: 11–15 лет), а у пациентов с ложноположительными результатами Ме составила 9 лет ($Q_1 - Q_3$: 7–11 лет). При расчете отношения шансов выявлено, что у пациентов старше 10 лет шансы неудовлетворительного результата в 1,9 раз выше (95 % ДИ: 0,642–5,559, $p = 0,246$), различия шансов не были статистически значимыми.

При детальном анализе показателей КТ до лечения (индекс Галлера, глубина деформации, индекса асимметрии, индекс депрессии, индекс коррекции) в зависимости от результата не удалось выявить статистически значимых различий ($p = 0,093$, $p = 0,072$, $p = 0,099$, $p = 0,43$, $p = 0,090$, $p = 0,054$ соответственно).

При оценке степени тяжести ВДГК в зависимости от результата лечения, выявлены статистически значимые различия ($p = 0,021$). Так, III–IV степень ($ИГ > 3,5$) была у 20 пациентов (76,9 %) с неудовлетворительными результатами, а в группе с хорошими результатами у 14 пациентов (46,7 %). При этом установлено, что у пациентов с глубиной деформации более 2,2 см по КТ и индексом Галлера более 3,5 шансы развития неудовлетворительного результата в 3,3 и 3,8 раза (соответственно) выше (95 % ДИ: 1,045–10,628, $p = 0,038$; 95 % ДИ: 1,194–12,158, $p = 0,021$ соответственно).

При сравнительном анализе времени ежедневного использования в зависимости от результата лечения выявлены статистически значимые различия ($p < 0,001$). Ме ежедневного использования ВК у детей в группе с хорошими результатами составила 8 часов ($Q_1 - Q_3$: 6–8 часов), а у детей в группе с неудовлетворительными результатами Ме 5 часов ($Q_1 - Q_3$: 4,0–6,75 часов). При расчете отношения шансов выявлено, что у детей, использовавших ВК менее 5 часов в сутки шансы неудовлетворительного результата выше

в 8,0 раз (ОШ = 8; 95 %ДИ: 2,3–27,7, $p < 0,001$), различия шансов были статистически значимыми.

Установлено, что одним из основных факторов влияющих на результат лечения является регулярные занятия спортом ($p = 0,004$). В группе с хорошими результатами 22 пациента (73,3 %) регулярно занимались различными видами спорта в спортивных секциях. При расчете отношения шансов установлено, что у детей, регулярно занимающихся спортом, шансы развития неудовлетворительного результата были в 5,2 раза ниже (ОШ = 0,193; 95 % ДИ: 0,061–0,604, $p < 0,001$), различия шансов были статистически значимыми.

При анализе продолжительности лечения ВК в двух группах нам не удалось выявить статистически значимых различий ($p = 0,594$). В основном, продолжительность лечения составила 12 месяцев.

При проведении корреляционного анализа зависимости приложенного отрицательного давления от возраста установлена высокой тесноты прямая связь. Чем старше пациент, тем выше приложенное отрицательное давление и ригиднее грудная клетка ($p < 0,001$).

При анализе зависимости наличия болевого синдрома при использовании ВК от возраста пациента установлено, что пороговое значение возраста пациента, выше которого вероятность наличия болевого синдрома значительно возрастает, составило 10 лет (чувствительность 90,9 %, специфичность 64,7 %, $p < 0,001$). Это может говорить о том, что пациенты старшего возраста могут отказываться от дальнейшего лечения из-за болевого синдрома.

Наиболее часто встречающимися побочными явлениями являются: боль в грудной клетки ($n = 22$, 9,3 %); различные кожные проявления (петехиальная сыпь, везикулы, мацерация кожи) ($n = 30$, 53,6 %); у девушек подросткового возраста боль в области молочных желез ($n = 4$, 7,1 %); мастопатии у пациентов пубертатного возраста ($n = 2$, 3,6 %).

Ложноположительный результат лечения диагностирован у 13 пациентов. У которых получен хороший визуальный результат лечения, однако, по данным КТ деформация значимо не менялась, а выявлена гипертрофия ПЖК в области установки ВК. При анализе ложноположительных результатов в зависимости от ИМТ, статистически значимых различий выявлено не было ($p = 0,774$). По нашему мнению, основными причинами ложноположительных результатов являются:

- неправильная техника установки ВК, когда пациенты используют небольшое отрицательное давление в системе, которого не достаточно для элевации грудинно-реберного комплекса;

- неправильно подобранный типоразмер ВК, когда площадь деформации превышает диаметр ВК.

Дети старше 10 лет обычно самостоятельно устанавливают ВК и регулируют процесс использования. В связи с болевыми ощущениями, они изначально устанавливают недостаточное отрицательное давление в колоколе, либо снижают его в процессе использования. Это приводит к недостаточной коррекции деформации, и снижению эффективности ВК.

Пациентам ($n = 2$) 2-й подгруппы, достигшим подросткового возраста, в дальнейшем была выполнена торакопластика по Нассу. 11 пациентов с ложноположительными результатами прекратили использование ВК в связи с его неэффективностью, им было рекомендовано продолжить занятия спортом, курсы медицинской реабилитации, наблюдение.

При детальном анализе 1-й подгруппы (пациенты с недостаточной внешней коррекцией и данных КТ) выявлено, что 8 пациентов использовали ВК нерегулярно, менее 4 часов в сутки. Такой режим использования ВК был связан с наличием выраженного болевого синдрома и сниженной мотивацией. Две пациентки подросткового возраста имели асимметричный вариант ВДГК и в связи с развитием ткани молочных желез, установка ВК технически была

затруднена. При этом по данным КТ мы наблюдали увеличение грудинно-позвоночного расстояния и уменьшение индекса Галлера, однако асимметрия, глубина деформации и другие индексы значимо не менялись. Также недостаточная коррекция наблюдалась у одного пациента с синдромальной формой ВДГК с глубиной деформации по данным КТ 4,3 см, у двоих пациентов имелась тяжелая ($ИГ > 7$) ассиметричная форма деформации.

Рецидив ВДГК мы наблюдали у 4 пациентов (7,1 %). В одном наблюдении пациентка 8 лет (стернотомия в анамнезе) использовала ВК в течение 2-х лет. Наблюдался хороший результат лечения как визуально, так и по данным КТ. Однако, в период активного роста (в возрасте 12 лет) диагностирован рецидив деформации грудной стенки. От дальнейшего лечения с использованием ВК родители пациента отказались. Вторая пациентка использовала ВК в течение 2-х лет, около 3 часов в день. В возрасте 11 лет в связи с ростом молочных желез и появлением дискомфорта при ношении ВК пациентка отказалась от дальнейшего лечения. Через 1 год наблюдалось увеличение глубины деформации грудной стенки. Два пациента подросткового возраста (15 и 16 лет) использовали ВК в течение 9 месяцев, менее 5 часов в день. В обоих случаях пациенты не добились полной коррекции деформации и самостоятельно отменили лечение, после чего глубина деформации имела такие же значения, как и в начале лечения. В дальнейшем им была выполнена торакопластика по Нассу. Всего торакопластика по Нассу выполнена 4 пациентам с неудовлетворительными результатами и 2 пациентам с ложноположительными результатами. Все пациенты были подросткового возраста.

С целью оценки тяжести ВДГК, а также выбора тактике лечения, с последующим контролем и оценкой результатов лечения необходимо выполнение КТ грудной клетки. При оценке степени тяжести и дальнейшего контроля динамики лечения необходимо учитывать не только значение индекса Галлера, так как данный показатель во многом зависит от формы грудной

клетки, но оценивать в комплексе такие показатели как глубина деформации, индекс депрессии, индекс коррекции, индекс асимметрии. С целью исключения ложноположительных результатов при лечении ВДГК с помощью ВК показано выполнение КТ до, на этапах и после лечения. При сомнительной визуальной эффективности ВК у пациентов с избыточной массой тела и/или с глубокой ассиметричной деформацией ГК, для определения дальнейшей тактики и оценкой возможности консервативного лечения может быть проведена компьютерная томография с установленным ВК. Было определено, что ВК неэффективен у девушек пубертатного возраста с развитыми молочными железами, в связи с технической невозможностью правильной установки ВК.

ВЫВОДЫ

1. Вакуумный колокол является эффективным методом лечения воронкообразной деформации грудной клетки. Хороший результат лечения был достигнут в 53,6 % случаев ($n = 30$).

2. Эффективность вакуумного колокола во многом зависит от времени ежедневного использования (Ме 1 группы 8 часов, 2 группы 5 часов, $p < 0,001$), регулярных занятий спортом (в 1-й группе $n = 22(73,3 \%)$, во 2-й группе $n = 9(34,6 \%)$ $p = 0,004$) и степени тяжести деформации (I–II в 1-й группе $n = 16(53,3 \%)$, во 2-й группе $n = 6(23,1 \%)$ $p = 0,021$). Статистически значимой разницы возраста начала лечения в двух группах выявлено не было ($p = 0,369$). Продолжительность лечения также не была статистически значимой, в основном все пациенты использовали вакуумный колокол в течение 12 месяцев (Ме 12 месяцев, $p = 0,594$).

3. Основными предикторами неудовлетворительных результатов являются время ежедневного использования менее 5 часов в сутки (ОШ = 8, $p < 0,001$), отсутствие занятий спортом (ОШ = 5,2, $p = 0,002$), индекс Галлера $> 3,5$ (ОШ = 3,8, $p = 0,021$), глубина деформации по КТ $> 2,2$ см (ОШ = 3,3, $p = 0,038$). Вакуумный колокол неэффективен у девушек пубертатного возраста с асимметричной деформацией, в связи с технической невозможностью установки вакуумного колокола в правильное положение. Основными причинами ложноположительных результатов являются нарушение техники использования или несоответствие типоразмера вакуумного колокола с деформацией.

4. Разработан алгоритм дифференцированного подхода в лечении детей с воронкообразной деформацией грудной клетки. При достижении коррекции деформации при первичной установке вакуумного колокола рекомендовано консервативное лечение. При невозможности достичь полной коррекции деформации, рекомендовано оперативное лечение. В случаях сомнительной эффективности вакуумного колокола, рекомендовано проведение КТ грудной клетки с вакуумным колоколом. Так, если по данным КТ получена достаточ-

ная коррекция деформации, то рекомендовано продолжить лечение с использованием данного устройства, а при недостаточной коррекции - рекомендовано оперативное лечение. Всем пациентам, использующим вакуумный колокол в качестве монотерапии воронкообразной деформации грудной клетки, с целью контроля лечения и исключения ложноположительных результатов, необходимо выполнять КТ грудной клетки до и после лечения, а также при наличии мягкотканого компонента в проекции грудины на этапах лечения.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Технология лечения с использованием вакуумного колокола в равной степени эффективна у детей разных возрастных групп.

2. Средняя продолжительность лечения с использованием вакуумного колокола составляет не менее 12 месяцев.

3. Минимальное время использования вакуумного колокола для достижения хорошего результата составляет в среднем 8 часов/сутки.

4. Обязательным компонентом консервативного лечения воронкообразной деформации грудной клетки является регулярное занятие физкультурой и спортом. Оптимальным является выполнение упражнений на укрепление мышц спины, груди и пресса, дыхательная гимнастика.

5. В течение периода адаптации при начале лечения вакуумным колоколом требуется постепенное увеличение времени ношения колокола, увеличивая время его ежедневного использования на 15 мин каждый день, ориентируясь на самочувствие ребенка.

6. В период адаптации возможны головокружения, появление местных реакций мягких тканей грудной стенки (синяки, кровоподтеки, петехии, мацерация), боли в спине или пояснице, «покалывание» в руках

7. Рекомендуем использовать разработанную бальную шкалу оценки эффективности лечения у каждого пациента с воронкообразной деформацией грудной клетки, которая учитывает процент коррекции изменения внешней глубины деформации и данных КТ (индекс Галлера, глубины деформации, индекса асимметрии, индекса депрессии, индекса коррекции, ПЖК).

8. При анализе результатов лечения необходима комплексная оценка внешней глубины деформации и данных КТ, что позволяет выделить группы пациентов с хорошими и неудовлетворительными результатами.

9. При сомнении в эффективности элевации грудины при первичной установке вакуумного колокола у пациентов с избыточной массой тела, у пациенток подросткового возраста с асимметричной деформацией с развитыми

молочными железами, у пациентов с тяжелыми ассиметричными деформациями, мы рекомендуем выполнение КТ грудной клетки с установленным вакуумным колоколом для оценки возможной коррекции деформации.

10. Наиболее информативным методом контроля результатов лечения вакуумным колоколом, позволяющим выявить ложноположительные результаты, является КТ грудной клетки на этапах лечения. Определено, что гипертрофия ПЖК в области деформации при лечении ВК формирует ложноположительный результат.

11. Вакуумный колокол неэффективен у девушек пубертатного возраста с ассиметричной ВДГК, в связи с технической невозможностью установки ВК в правильное положение.

12. Основными факторами, определяющими неудовлетворительный результат, являются неправильная техника установки вакуумного колокола и неправильно подобранный типоразмер ВК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алхасов А.Б., Батраков С.Ю. Воронкообразная деформация грудной клетки. Детская хирургия: национальное руководство. – 2-е изд., перераб. и доп. / под ред. А.Ю. Разумовского. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2021. С. 86–91.
2. Fokin A.A., Steuerwald N.M., Ahrens W.A., Allen K.E. Anatomical, histologic, and genetic characteristics of congenital chest wall deformities // *Semin Thorac Cardiovasc Surg.* 2009. – Vol. 21, № 1. – P. 44–57.
3. Кулик И.О., Плякин В.А., Саруханян О.О. и др. Этиология и патогенез воронкообразной деформации грудной клетки у детей // *Травматология и ортопедия России.* – 2013. – № 2. – С. 136–141.
4. Стальмахович В.Н., Дуденков В.В., Дюков А.А. Лечение воронкообразной деформации грудной клетки у детей // *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста.* Вып. 3. – 2017. – Т. 5. – С. 17–24.
5. Андреев П.С., Скворцов А.П., Цой И.В., Хасанов Р.Ф., Яшина И.В., Салахов И.Р., Ахметов Р.Р. Хабибьянов Р.Я. Лечение воронкообразной деформации грудной клетки у детей и подростков // *Практическая медицина.* – 2021. – Т. 19, № 4. – С. 138–141.
6. Разумовский А.Ю., Алхасов А.Б., Митупов З.Б., Эльнур А.А.И., Житарева И.В., Муравьева Е.С. эмоциональное воздействие послеоперационного рубца на пациентов детского возраста и их родителей при хирургической коррекции воронкообразной деформации грудной клетки // *Детская хирургия.* – 2021. – № 5.
7. Разумовский А.Ю., Алхасов А.Б., Митупов З.Б., Даллакян Д.Н., Савельева М.С. Сравнительная оценка результатов лечения при различных способах торакопластики у детей с воронкообразной деформацией грудной клетки // *Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии.* – 2017.

8. Разумовский А.Ю., Алхасов А.Б., Митупов З.Б., Даллакян Д.Н., Савельева М.С. 15-летний опыт лечения воронкообразной деформации грудной клетки у детей // *Детская хирургия*. – 2016. – № 6.
9. Сушко А.А., Кропа Ю. С., Куль С. А., Олейник А.О., Авдейчик П.А. Миниинвазивная торакопластика у пациентов с воронкообразной деформацией грудной клетки // *Журнал Гродненского государственного медицинского университета*. – 2024. – Т. 22, № 1. – С. 93–97.
10. Lei W., Shao M., Hu Y., Cao J., Han W., Wang R., Fei Q., Zou J., Yi J., Cheng Z., Liu W. Vacuum bell therapy for pectus excavatum: a retrospective study // *BMC Pediatr*. – 2024. – Vol. 9, № 24(1). – P. 173.
11. Haecker F.M., Sesia S. Non-surgical treatment of pectus excavatum // *J. Vis. Surg*. – 2016. – Vol. 23, № 2. – P. 63.
12. Haecker F.M., Sesia S. Vacuum bell therapy // *Ann. Cardiothorac. Surg. Issue*. 5. – 2016. – Vol. 5. – P. 440–449.
13. Haecker F.M. Evolution in the management of pectus excavatum in pediatric patients // *Transl Pediatr*. – 2023. – Vol. 30, № 12(8). – P. 1450–1453.
14. Elsayed H. Crane technique with the vacuum bell device for improving access in the Nuss procedure // *J. Thorac Cardiovasc Surg*. – 2015. – Vol. 150, № 5. – P. 1372–1373.
15. Kwong J.Z., Gulack B.C. Non-surgical approaches to the management of chest wall deformities // *Semin Pediatr Surg*. – 2024. – Vol. 33, № 1. – P. 151388.
16. Furuta S., Nagae H., Ohyama K. et al. The vacuum treatment for the pectus excavatum thickened subcutaneous fat of the chest wall and is effective in preteenagers // *Pediatr Surg Int*. – 2020. – Vol. 36, № 12. – P. 1465–1469.
17. Belgacem A., Tricard J., Dutoit A., Grosos C., Auditeau E., Masselín M.C., Fourcade L., Ballouhey Q. Efficiency of non-operative management for pectus deformities in children using an X-ray-free protocol // *Interdiscip Cardiovasc Thorac Surg*. – 2023. – Vol. 1, № 36(6).

18. Doucha M., Kučerová B., Newland N., Vyhnanek M., Rygl M., Koucky V., Pohunek P., Šnajdauf J. Treatment of the congenital thoracic deformity pectus excavatum // *Rozhl Chir.* – 2023. – № 102(9). – P. 352–355 (English).
19. Saxena A.K. Overview of repair of pectus excavatum type of deformities // *Chest wall deformities.* Berlin: Springer. – 2017. – P. 329–349.
20. Lopushinsky S.R., Fecteau A.H. Pectus deformities: A review of open surgery in the modern era // *Semin Pediatr Surg.* – 2008. – Vol. 17, № 3. – P. 201–208.
21. Kelly A.M., Frauenfelder T., Hodler J., et al. Diseases of the chest wall, pleura, and diaphragm // *Diseases of the chest, breast, heart and vessels 2019–2022: Diagnostic and interventional imaging [Internet].* Cham (CH): Springer, 2019. – Chapter 9. – P. 95–106.
22. Комолкин И.А., Афанасьев А.П., Щеголев Д.В. Роль наследственности в происхождении врожденных деформаций грудной клетки (обзор литературы) // *Гений ортопедии.* – 2012. – № 2. – С. 152–156.
23. Baran S., Ignyś A., Ignyś I. Respiratory dysfunction in patients with Marfan syndrome // *J. Physiol Pharmacol.* – 2007. – Vol. 58, Suppl. 5. – Pt. 1. – P. 37–41.
24. Kelly R.E. Pectus excavatum: Historical background, clinical picture, preoperative evaluation and criteria for operation // *Semin Pediatr Surg.* – 2008. – Vol. 17, № 3. – P. 181–193.
25. Kelly R.E., Goretsky M.J., Obermeyer R., et al. Twenty-one years of experience with minimally invasive repair of pectus excavatum by the nuss procedure in 1215 patients // *Ann Surg.* – 2010. – Vol. 252, № 6. – P. 1072–1081.
26. Brochhausen C. and others. Pectus excavatum: history, hypotheses and treatment options // *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg. Issue.* 6. – 2012. – Vol. 14. – P. 801–806.
27. Shamberger R.C. Congenital chest wall deformities // *CurrProbl Surg.* – 1996. – P. 74.

28. Кондрашин Н.И. Аномалии развития грудной клетки // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1984. – № 4. – С. 62–67.

29. Савельева М.А. Отдаленные результаты коррекции воронкообразной деформации грудной клетки по модифицированной методике Насса: дис. ... канд. мед. наук. – М., 2019. – С. 28–33.

30. Sutherland I. D. Funnel chest // J. Bone Joint Surg. Br. Issue. 2. – 1958. – Vol. 40-B. – P. 244–251.

31. Nakaoka T., Uemura S., Yano T., Nakagawa Y., Tanimoto T., Suehiro S. Does overgrowth of costal cartilage cause pectus excavatum? A study on the lengths of ribs and costal cartilages in asymmetric patients // J. Pediatr. Surg. Issue. 7. – 2009. – Vol. 44. – P. 1333–1336.

32. Robicsek F., Watts L.T. Surgical correction of pectus excavatum. How did we get here? Where are we going? // Thorac Cardiovasc Surg. – 2011. – Vol. 59, № 1. – P. 5–14.

33. Goretsky M.J., Kelly R.E., Croitoru D., Nuss D. Chest wall anomalies: Pectus excavatum and pectus carinatum // Adolesc Med Clin. – 2004. – Vol. 15, № 3. – P. 455–471.

34. Park H.J., Lee I.S., Kim K.T. Extreme eccentric canal type pectus excavatum: Morphological study and repair techniques // Eur. J. Cardiothorac Surg. – 2008. – Vol. 34, № 1. – P. 150–154.

35. Тюхай Д.А., Гилёва В.А. Лучевые методы в оценке степени воронкообразной деформации грудной клетки (обзор литературы) // Молодой Ученый. Вып. 138. – 2017.

36. Haller J.A., Kramer S.S., Lietman S.A. Use of CT scans in selection of patients for pectusexcavatum surgery: A preliminary report // J. Pediatr. Surg. Issue. 10. – 1987. – Vol. 22. – P. 904–906.

37. Sesia S.B. Standardized Haller and Asymmetry Index Combined for a More Accurate Assessment of Pectus Excavatum // Ann. Thorac Surg. – 2019. – P. 6.

38. Shaalan A.M., Kasb I., Elwakeel E.E., Elkamali Y.A. Outcome of surgical repair of Pectus Excavatum in adults // *J. Cardiothorac Surg.* – 2017. – Vol. 29, № 12(1). – P. 72.

39. Deviggiano A., Carrascosa P., Vallejos J., Bellia-Munzon G., Vina N., Rodríguez-Granillo G.A., Martínez-Ferro M. Relationship between cardiac MR compression classification and CT chest wall indexes in patients with pectus excavatum // *J. Pediatr Surg.* – 2018. – № 53(11). – P. 2294–2298.

40. Jaroszewski D., Notrica D., McMahon L., et al. Current management of pectus excavatum: A review and update of therapy and treatment recommendations // *J. Am. Board Fam Med.* – 2010. – Vol. 23, № 2. – P. 230–239.

41. Loufopoulos I., Karagiannidis I.G., Lampridis S., et al. Vacuum bell: Is it a useful innovative device for pectus excavatum correction? // *Turk Thorac J.* – 2021. – Vol. 22, № 3. – P. 251–256.

42. Morshuis W., Folgering H., Barentsz J., Lier van H., Lacquet L. Pulmonary Function Before Surgery for Pectus Excavatum and at Long-term Follow-up // *Chest. Issue. 6.* – 1994. – Vol. 105. – P. 1646–1652.

43. Kelly R.E. and others. Prospective Multicenter Study of Surgical Correction of Pectus Excavatum: Design, Perioperative Complications, Pain, and Baseline Pulmonary Function Facilitated by Internet-Based Data Collection // *J. Am. Coll. Surg. Issue. 2.* – 2007. – Vol. 205. – P. 205–216.

44. Lawson M.L. and others. Impact of pectus excavatum on pulmonary function before and after repair with the Nuss procedure // *J. Pediatr. Surg. Issue. 1.* – 2005. – Vol. 40. – P. 174–180.

45. Tang M. and others. Improved cardiopulmonary exercise function after modified Nuss operation for pectus excavatum // *Eur. J. Cardiothorac. Surg. Issue. 5.* – 2012. – Vol. 41. – P. 1063–1067.

46. Castellani C., Windhaber J., Schober P.H., Hoellwarth M.E. Exercise performance testing in patients with pectus excavatum before and after Nuss procedure // *Pediatr. Surg. Int. Issue. 7.* – 2010. – Vol. 26. – P. 659–663.

47. Kubiak R., Habelt S., Hammer J., Häcker F.M., Mayr J., Bielek J. Pulmonary Function Following Completion of Minimally Invasive Repair for Pectus Excavatum (MIRPE) // *Eur. J. Pediatr. Surg. Issue. 4.* – 2007. – Vol. 17. – P. 255–260.

48. Lawson M.L. and others. Increasing Severity of Pectus Excavatum is Associated with Reduced Pulmonary Function // *J. Pediatr. Issue. 2.* – 2011. – Vol. 159. – P. 256–261.

49. Malek M.H., Berger D.E., Housh T.J., Marelich W.D., Coburn J.W., Beck T.W. Cardiovascular Function Following Surgical Repair of Pectus Excavatum // *Chest. Issue. 2.* – 2006. – Vol. 130. – P. 506–516.

50. Koumbourlis A.C. Pectus excavatum: Pathophysiology and clinical characteristics // *Paediatr. Respir. Rev. Issue. 2.* – 2009. – Vol. 10. – P. 3–6.

51. Kragten H.A., Siebenga J., Höppener P.F., Verburg R., Visker N. Symptomatic pectus excavatum in seniors (SPES): a cardiovascular problem?: A prospective cardiological study of 42 senior patients with a symptomatic pectus excavatum // *Neth. Heart J. Issue. 2.* – 2011. – Vol. 19. – P. 73–78.

52. Barauskas V. Indications for the surgical treatment of the funnel chest // *Med. Kaunas Lith. Issue. 6.* 2003. – Vol. 39. – P. 555–561.

53. Dzielicki J., Korlacki W., Janicka I., Dzielicka E. Difficulties and limitations in minimally invasive repair of pectus excavatum – 6 years experiences with Nuss technique // *Eur. J. Cardiothorac. Surg. Issue. 5.* – 2006. – Vol. 30. – P. 801–804.

54. Frantz F.W. Indications and guidelines for pectus excavatum repair // *Curr. Opin. Pediatr. Issue. 4.* – 2011. – Vol. 23. – P. 486–491.

55. Huang P.M., Liu C.M., Cheng Y. J., Kuo S.W., Wu E.T., Lee Y.C. Evaluation of Intraoperative Cardiovascular Responses to Closed Repair for Pectus Excavatum // *Thorac. Cardiovasc. Surg. Issue. 6.* – 2008. – Vol. 56. – P. 353–358.

56. Krueger T., Chassot P.G., Christodoulou M., Cheng C., Ris H.B., Magnusson L. Cardiac Function Assessed by Transesophageal Echocardiography Dur-

ing Pectus Excavatum Repair // *Ann. Thorac. Surg. Issue. 1.* – 2010. – Vol. 89. – P. 240–243.

57. Mertens L.L., Friedberg M.K. Imaging the right ventricle – current state of the art // *Nat. Rev. Cardiol. Issue. 10.* – 2010. – Vol. 7. – P. 551–563.

58. Monti L. and others. Cardiovascular magnetic resonance assessment of biventricular changes during vacuum bell correction of pectus excavatum // *J. Thorac. Dis. Issue. 12.* – 2019. – Vol. 11. – P. 5398–5406.

59. Oezcan S. and others. Pectus excavatum: echocardiography and cardiac MRI reveal frequent pericardial effusion and right-sided heart anomalies // *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging. Issue. 8.* – 2012. – Vol. 13. – P. 673–679.

60. Ravitch M.M. The operative treatment of pectus excavatum // *Ann. Surg.* – 1949. – № 129. – P. 429–444.

61. Рудаков С.С., Коллеров М.Ю., Кожевников О.В., Косова И.А., Королев П.А. Характеристика радикальной торакопластики по поводу воронкообразной деформации грудной клетки у взрослых по Sulamaa-Paltia и пластинами из металла с эффектом памяти формы // *Хирургия.* – 2010. – № 11. – С. 23–28.

62. Ravitch M.M. Repair of pectus excavatum in children under 3 years of age: a twelve-year experience // *Ann. Thorac. Surg.* – 1977. – № 23. – P. 30.

63. Hedén P., Sinna R. An Open, Prospective Study to Evaluate the Effectiveness and Safety of Hyaluronic Acid for Pectus Excavatum Treatment // *Aesthet Surg J.* – 2019. – Vol. 16, № 39(6).

64. Комолкин И.А. Хирургическая коррекция воронкообразной деформации грудной клетки у детей (клинико-экспериментальное исследование): дис. ... канд. мед. наук. – СПб., 2004. – 184 с.

65. Тимощенко В.А. Металлостернохондропластика при врожденных и приобретенных деформациях грудной клетки у детей // *Детская хирургия.* – 1997. – № 2 – С. 17–22.

66. Павлов А.А. Хирургическая коррекция воронкообразной деформации грудной клетки методом Насса: дис. ... канд. мед. наук. – М., 2005. – С. 28–65.

67. Haecker F.M. The vacuum bell for conservative treatment of pectus excavatum: The basle experience // *Pediatr Surg Int.* – 2011. – Vol. 27, № 6. – P. 623–627.

68. Croitoru D.P., Kelly R.E., Goretsky M.J., et al. Experience and modification update for the minimally invasive Nuss technique for pectus excavatum repair in 303 patients // *J. Pediatr Surg.* – 2002. – Vol. 37, № 3. – P. 437–445.

69. Zou J., Luo C., Liu Z., Cheng C. Cardiac arrest without physical cardiac injury during Nuss repair of pectus excavatum // *J Cardiothorac Surg.* – 2017. – Vol. 12, № 1. – P. 61.

70. Becmeur F., Ferreira C.G., Haecker F.M., et al. Pectus excavatum repair according to Nuss: Is it safe to place a retrosternal bar by a transpleural approach, under thoracoscopic vision? // *J. Laparoendosc Adv Surg Tech A.* – 2011. – Vol. 21, № 8. – P. 757–761.

71. Bouchard S., Hong A.R., Gilchrist B.F., Kuenzler K.A. Catastrophic cardiac injuries encountered during the minimally invasive repair of pectus excavatum // *Semin Pediatr Surg.* – 2009. – Vol. 18, № 2. – P. 66–72.

72. Hebra A. Minor and major complications related to minimally invasive repair of pectus excavatum // *Eur. J. Pediatr Surg.* – 2018. – Vol. 28, № 4. – P. 320–326.

73. Haecker F.M., Sesia S.B. Intraoperative use of the vacuum bell for elevating the sternum during the Nuss procedure // *J. Laparoendosc Adv Surg Tech A.* – 2012. – Vol. 22, № 9. – P. 934–936.

74. Шоминова А.О., Митупов З.Б., Разумовский А.Ю., Чумакова Г.Ю., Павлов А.А. Использование вакуумного колокола при торакопластике по Нассу // *Детская хирургия.* – 2024. – Т. 28, № 1. – С. 33–42.

75. Haecker F.M., Krebs T., Kocher G.J., et al. Sternal elevation techniques during the minimally invasive repair of pectus excavatum // *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* – 2019. – Vol. 29, № 4. – P. 497–502.

76. Haecker F.M., Sesia S. Non-surgical treatment of pectus excavatum // *J. Vis. Surg.* – 2016. – Vol. 23, № 2. – P. 63.

77. Haecker F.M., Sesia S. Vacuum bell therapy // *Ann Cardiothorac Surg.* – 2016. – Vol. 5, № 5. – P. 440–449.

78. Schier F., Bahr M., Klobe E. The vacuum chest wall lifter: An innovative, nonsurgical addition to the management of pectus excavatum // *J. Pediatr Surg.* – 2005. – Vol. 40, № 3. – P. 496–500.

79. Obermeyer R.J., Cohen N.S., Kelly R.E., et al. Nonoperative management of pectus excavatum with vacuum bell therapy: A single center study // *J. Pediatr Surg.* – 2018. – Vol. 53, № 6. – P. 1221–1225.

80. Lopez M., Patoir A., Costes F., et al. Preliminary study of efficacy of cup suction in the correction of typical pectus excavatum // *J. Pediatr Surg.* – 2016. – Vol. 51, № 1. – P. 183–187.

81. St-Louis E., Miao J., Emil S., et al. Vacuum bell treatment of pectus excavatum: An early North American experience // *J. Pediatr Surg.* – 2019. – Vol. 54, № 1. – P. 194–199.

82. Toselli L., Vallee M., Elmo G., et al. Implementation and acceptance rates of a specially designed vacuumometer for the vacuum bell treatment of pectus excavatum // *J. Pediatr Surg.* – 2021. – Vol. 56, № 12. – P. 2235–2238.

83. Jung Y., Yi E., Lee K., et al. Surgical versus vacuum bell therapy for the correction of pectus excavatum: A comparison of 1-year treatment outcomes // *J. Chest Surg.* – 2021. – Vol. 54, № 6. – P. 473–479.

84. Togoro S.Y., Tedde M.L., Eisinger R.S. et al. The vacuum bell device as a sternal lifter: An immediate effect even with a short time use // *J. Pediatr Surg.* – 2018. – Vol. 53, № 3. – P. 406–410.

85. Yi E., Lee K., Jung Y. et al. Finding suitable candidates for vacuum bell therapy in pectus excavatum patients // *Sci. Rep.* – 2021. – Vol. 11, № 1. – P. 22787.

86. Mertens L.L., Friedberg M.K. Imaging the right ventricle—current state of the art // *Nat. Rev. Cardiol.* – 2010. – Vol. 7, № 10. – P. 551–563.

87. Deng X., Huang P., Luo J., et al. A novel three-dimensional printed vacuum bell for pectus excavatum treatment: A preliminary study // *J. Cardiothorac Surg.* – 2020. – Vol. 15, № 1. – P. 240.

88. Patel A.J., Hunt I. Is vacuum bell therapy effective in the correction of pectus excavatum? // *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* – 2019. – Vol. 29, № 2. – P. 287–290.

89. Sesia S.B., Hradetzky D., Haecker F.M. Monitoring the effectiveness of the vacuum bell during pectus excavatum treatment: Technical innovation // *J. Pediatr Surg.* – 2018. – Vol. 53, № 3. – P. 411–417.

90. Nuss D., Obermeyer R.J., Kelly R.E. Pectus excavatum from a pediatric surgeon's perspective // *Ann. Cardiothorac Surg.* – 2016. – Vol. 5, № 5. – P. 493–500.

91. Gao Y., Li J.H., Yu J.G., et al. Noninvasive treatment of pectus excavatum with a vacuum bell combined with a three-dimensional scanner // *Pediatr Surg Int.* – 2020. – Vol. 36, № 10. – P. 1205–1211.

92. Shi Z., Li J., Gao Y. et al. Application of cameral-type three-dimensional scan in assessment of funnel chest. (In Chinese) // *Zhejiang Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban.* – 2018. – Vol. 47, № 3. – P. 289–293.

93. Deng X., Huang P., Luo J., et al. A novel three-dimensional printed vacuum bell for pectus excavatum treatment: A preliminary study // *J. Cardiothorac Surg.* – 2020. – Vol. 15, № 1. – P. 240.

94. Furuta S., Nagae H., Ohyama K. et al. The vacuum treatment for the pectus excavatum thickened subcutaneous fat of the chest wall and is effective in preteenagers // *Pediatr Surg Int.* – 2020. – Vol. 36, № 12. – P. 1465–1469.

95. Amăricăi E., Suci O., Onofrei R.R. et al Assessment of children with pectus excavatum without surgical correction // *Wien Klin Wochenschr.* – 2019. – Vol. 131, № 5–6. – P. 126–131.

96. Kuhn M.A, Nuss D. Pectus deformities. In: Mattei P., editor. *Fundamentals of pediatric surgery.* – New York: Springer, 2011. – P. 313–321.

97. Schwabegger A.H., Kuhn A.M., Nuss D. Special techniques in the funnel chest deformity. In: Schwabegger A.H., editor. Congenital thoracic wall deformities: diagnosis, therapy and current developments. – Vienna: Springer, 2011. – P. 107–200.

98. Cheung S.Y. Exercise therapy in the correction of pectus excavatum // J. Pediatr Respir Crit Care. – 2005. – № 1. – P. 10–13.

99. Kelly R.E., Shamberger R.C. Congenital chest wall deformities. In: Coran A.G., Caldamone A., Adzick N.S., et al., editors. Pediatric surgery. 7th ed. – Amsterdam: Elsevier Saunders, 2012. – P. 779–796.

100. Rebeis E.B., Campos J.R., Fernandez A. et al. Anthropometric index for Pectus excavatum // Clinics (Sao Paulo). – 2007. – Vol. 62, № 5. – P. 599–606.

101. Norlander L., Karlsson J., Anderzén-Carlsson A. et al. Translation and psychometric evaluation of the Swedish versions of the nuss questionnaire modified for adults and the single step questionnaire // J. Patient Rep Outcomes. – 2021. – Vol. 5, № 1. – P. 21.

102. Bahadir A.T., Kuru P., Afacan C. et al. Validity and reliability of the Turkish version of the nuss questionnaire modified for adults // Korean J. Thorac Cardiovasc Surg. – 2015. – Vol. 48, № 2. – P. 112–119.

103. Alaca N., Alaca I., Yüksel M. Physiotherapy in addition to vacuum bell therapy in patients with pectus excavatum // Interact Cardiovasc Thorac Surg. – 2020. – Vol. 31, № 5. – P. 650–656.

104. Toselli L., Chinni E., Nazar-Peirano M., et al. Determinants of success associated with vacuum bell treatment of pectus excavatum // J. Pediatr Surg. – 2022. – Vol. 57, № 11. – P. 550–554.