

ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ КОНСЕРВАТИВНОГО ЛЕЧЕНИЯ ВОРОНКООБРАЗНОЙ И КИЛЕВИДНОЙ ДЕФОРМАЦИИ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ

С.А. Гебекова¹, Б.М. Махачев^{1,2}, З.Н. Батдалова³, Ф.В. Мейланова²

¹ Детская республиканская клиническая больница им. Н.М. Кураева, Махачкала, Россия

² Дагестанский государственный медицинский университет, Махачкала, Россия

³ Детская клиника «Kidney», Махачкала, Россия

INTERMEDIATE RESULTS OF CONSERVATIVE TREATMENT OF PECTUS EXCAVATUM AND CARINATUM DEFORMITY

Safirat A. Gebekova¹, Bashir M. Makhachev^{1,2}, Zulfiya N. Badalova³, Fatima V. Meilanova²

¹ Children's Republican Clinical Hospital named after N.M. Kuraev, 367027, Makhachkala, Russia;

² Dagestan State Medical University, 36700, Makhachkala, Russia;

³ Kidney Children's Clinic, Makhachkala, Russia

Обоснование. Представлены промежуточные результаты консервативного лечения деформаций грудной клетки.

Цель. Оценка промежуточных результатов консервативного лечения деформаций грудной клетки.

Материалы и методы. На базе детской клиник «Kidney» и ДРКБ им. Н.М. Кураева, г. Махачкала, с августа 2023 г. назначена консервативная терапия при деформациях грудной клетки 63 пациентам. Из них 38 детей с ВДГК, 25 с КДГК. При ВДГК проводили терапию вакуумным колоколом, при КДГК – динамической компрессионной системой. Из 38 детей с ВДГК исключены из наблюдения 14 пациентов, так как 8 пациентов самовольно прекратили лечение, 6 пациентов потеряны из наблюдения. Таким образом, 24 пациента продолжили лечение ВК. Из 25 детей с КДГК исключены из наблюдения 6 пациентов, так как 4 пациента потеряны из наблюдения, 2 пациента самовольно прекратили лечение. Продолжили лечение ДКС 19 пациентов.

Результаты. Эффективность консервативного лечения ВДГК оценивалась с помощью измерения глубины деформации, расчета индекса Галлера и ГВР по компьютерной томографии до и в период лечения. Глубина деформации при каждом последующем визите снижалась. Помимо подъема грудино-реберного каркаса, также отмечалось утолщение ПЖК по данным компьютерной томографии. Ранние хорошие косметические результаты в большинстве случаев заметны у детей с КДГК. На I этапе лечения пока находятся 13 пациентов с длительностью ношения ДКС от 4 до 12 мес. Завершили лечение с выздоровлением 3 пациента с КДГК. Каких-либо осложнений при ношении ВК и ДКС не наблюдалось.

Заключение. Важно помнить, что залогом успешного консервативного лечения деформаций грудной клетки является лечебная дисциплина, мотивация и помощь родителей. Применение консервативных методов лечения деформаций грудной клетки можно считать, как альтернативный метод лечения для пациентов с «мягкой» грудной клеткой, которые предпочитают неинвазивное лечение. Обязательным компонентом консервативного лечения при деформациях грудной клетки является регулярное занятие физкультурой и спортом, выполнение упражнений на укрепление мышц спины, груди и пресса, дыхательная гимнастика, а не только ношение устройства.

Ключевые слова: вакуумный колокол, динамическая компрессионная система, воронкообразная деформация грудной клетки, килевидная деформация грудной клетки.

Для цитирования:

Гебекова С.А., Махачев Б.М., Батдалова З.Н., Мейланова Ф.В. Промежуточные результаты консервативного лечения деформаций грудной клетки // *Детская хирургия*. 2025

Background. The intermediate results of conservative treatment of chest deformities are presented.

Aims. To evaluate the interim results of conservative treatment of chest deformities.

Materials and methods. Starting from August 2023, 63 patients have been prescribed conservative therapy for chest deformities at the Kidney Children's Clinic and the N.M. Kuraev Children's Hospital in Makhachkala. Of these, 38 children with VD GK, 25 with CD GK. Vacuum bell therapy was performed for VD GK, and dynamic compression system was performed for CD GK. Of the 38 children with HCV, 14 patients were excluded from the follow-up, as 8 patients voluntarily stopped treatment, and 6 patients were lost from observation. Thus, 24 patients continued treatment with VC. Of the 25 children with CD GK, 6 patients were excluded from observation, as 4 patients were lost from observation, and 2 patients voluntarily stopped treatment. DCS treatment was continued in 19 patients.

Results. The effectiveness of conservative treatment of VDGK was assessed by measuring the depth of deformation, calculating the Haller index and GVR on computed tomography before and during treatment. The deformation depth decreased at each subsequent visit. In addition to lifting the sternocostal skeleton, there was also a thickening of the pancreas according to computed tomography. Early good cosmetic results are usually noticeable in children with CDHA. At the first stage of treatment, there are still 13 patients with a duration of wearing DCS from 4 to 12 months. 3 patients with CDHC have completed treatment with recovery. There were no complications when wearing VC and DCS. Conclusion: it is important to remember that the key to successful conservative treatment of chest deformities is therapeutic discipline, motivation and parental help. The use of conservative methods for the treatment of chest deformities can be considered as an alternative treatment method for patients with "soft" chest who prefer non-invasive treatment. A mandatory component of conservative treatment for chest deformities is regular physical education and sports, exercises to strengthen the muscles of the back, chest and abs, breathing exercises, and not just wearing a device.

Keywords: vacuum bell, dynamic compression system, funnel-shaped chest deformity, keel-shaped chest deformity.

Обоснование. Воронкообразная деформация грудной клетки (ВДГК), наиболее распространенная деформация передней грудной стенки, характеризующаяся западением грудины с вовлечением грудино-реберных хрящей и ребер. Большинство случаев ВДГК могут быть идиопатическими либо могут быть связаны с заболеваниями соединительной ткани, нервно-мышечными заболеваниями и другими генетическими нарушениями [1]. Деформации грудной клетки являются прогрессирующими и могут изменяться в процессе роста, особенно в период полового созревания. Методами коррекции ВДГК долгое время были высокотравматические открытые операции. Известно более 30 способов и их модификаций. Одними из таких операций были: операция по Равичу (1947), по Н.И. Кондрашину (1968) и по Paltia (1958). Операция по Равичу и Кондрашину выполняли без применения специальных фиксаторов, тем самым не проводилась поддержка грудины, в связи с чем увеличивалась частота рецидивов [2]. В 1998 году D. Nuss предложил малоинвазивную торакопластику, которая остается золотым стандартом в лечении ВДГК и по настоящее время, поскольку она сокращает длительность операции и дает хороший косметический результат [3]. Однако проведение и установка заградной пластины при операции Насса имеет потенциальные риски осложнений, таких как ранение сердца, пневмоторакс, гемоторакс, смещение пластины, разрыв диафрагмы, выраженный болевой синдром в послеоперационном периоде. Данные риски привели к разработке неинвазивных методов коррекции ВДГК. В 1992 году немецкий инженер Eckart Globe, страдавший ВДГК, изготовил и применил себе самодельный вакуумный колокол в возрасте 36 лет, достигнув положительных результатов [4]. В 2005 году вакуумный колокол был представлен и описан как альтернативный метод лечения для некоторых пациентов с ВДГК, которые предпочитают неинвазивное лечение. [5–6]

Килевидная деформация грудной клетки (КДГК) характеризуется выпячиванием грудины и прилегающих реберных хрящей [7–8]. Встречается в 2–4 раза реже, чем ВДГК [9]. Данную патологию также можно исправить с помощью операции Равича, но предпочтительнее выполнять малоинвазивную торакопластику по Абрамсону (обратная операция Насса) [10] [11–12]. Недостатки этих операций, такие как боль, госпитализация в стационар, послеоперационные рубцы, пневмоторакс привели к разработке внешних корсетов для коррекции КДГК. Терапия с использованием корсета применяется с 1970-х годов, но стала популярной только после внедрения системы динамической компрессии в 2008 году. [7, 13]

Цель. Оценка промежуточных результатов консервативного лечения деформаций грудной клетки.

Материалы и методы. На базе детской клиники «Kidney» и ДРКБ им. Н.М. Кураева г. Махачкала с августа 2023 г. назначена консервативная терапия при деформациях грудной клетки 63 пациентам. Из них 38 детей – с ВДГК, 25 – с КДГК. При ВДГК проводили терапию вакуумным колоколом (ВК), при КДГК – динамической компрессионной системой (ДКС). Критериями отбора для консервативного лечения были пациенты с «мягкой» грудной клеткой, независимо от возраста. Из 38 детей с ВДГК исключены из наблюдения 14 пациентов, так как 8 пациентов самостоятельно прекратили лечение, 6 пациентов потеряны из наблюдения. Это демонстрирует важность тщательного выбора метода лечения в соответствии с характеристиками пациентов и их мотивации. Таким образом, 24 пациента продолжили лечение ВК. Исходные характеристики пациентов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика пациентов с ВК

24 пациента с ВК		Количество	
		абс.	%
Форма ВДГК	симметричная	17	71
	асимметричная	7	29
Возраст	до 7 лет (от 1 г)	6	25
	7–11 лет	7	29
	12–17 лет	11	46
Пол	мальчик	15	63
	девочка	9	37

Из таблицы 1 видно, что преобладали симметричные формы ВДГК и дети мужского пола. Самый юный пациент с ВК был в возрасте 1 г., которому назначено устройство из-за дыхательных нарушений (одышка).

У большинства пациентов деформация грудной клетки протекала бессимптомно, хотя у 6 пациентов отмечались сердечно-легочные симптомы (одышка, боль в груди, быстрая утомляемость).

Длительность использования ВК на период анализа представлена на рисунке 1.

Из 25 детей с КДГК исключены из наблюдения 6 пациентов, так как 4 пациента потеряны из наблюдения, 2 пациента самовольно прекратили лечение. Продолжили лечение ДКС 19 пациентов. В таблице 2 представлены форма деформации, возрастная категория и пол пациентов.

Из таблицы 2 видно, что преобладали асимметричные формы КДГК и дети мужского пола.

Пациенты с КДГК предъявляли только косметические жалобы.

Характеристика устройств и протокол лечения

ВК и ДКС являются производителем Ortezdeti (Россия). ВК состоит из нескольких частей: силиконового кольца, смотрового стекла, насадки для ручного насоса, ручного насоса. Существует несколько различных размеров ВК (11, 12,5, 14, 16, 17, 19 и 23 см в диаметре соответственно), а также женские, которые учитывают анатомическое строение женского организма. Соответствующий размер устройств подбирается в зависимости от возраста пациента, глубины и ширины воронки. До начала лечения ВК оценивалась глубина деформации и рассчитывался индекс Галлера и грудино-verteбральное расстояние (ГВР) по компьютерной томогра-

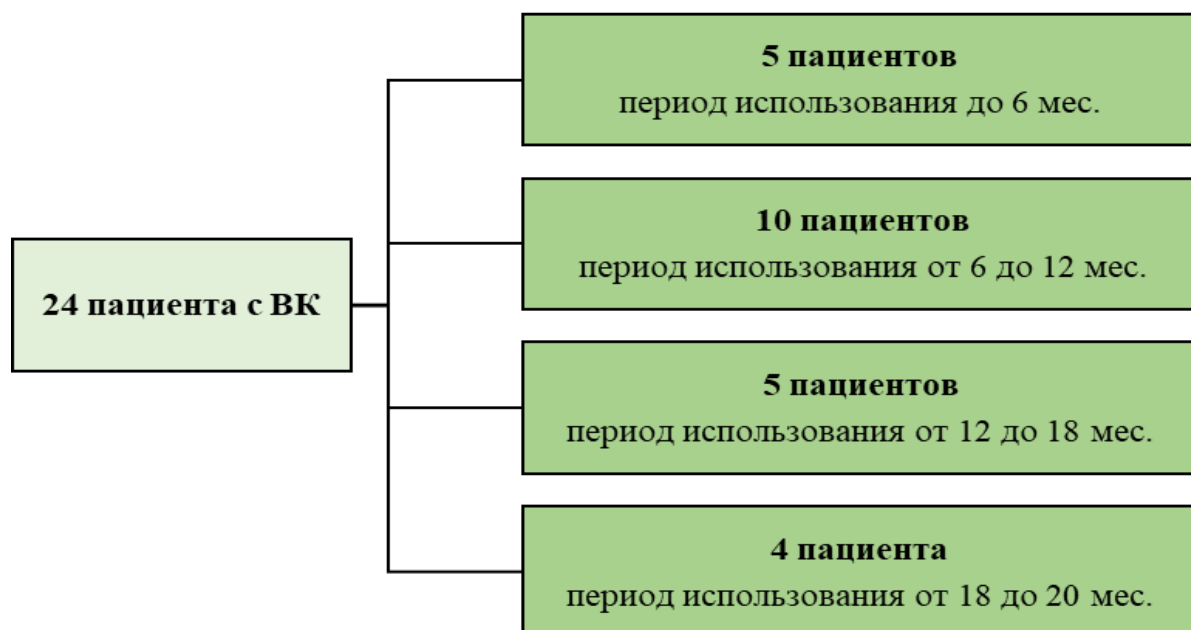


Рис. 1. Длительность использования ВК

Таблица 2. Характеристика пациентов с ДКС

19 пациентов с ДКС		Количество	
		абс.	%
Форма КДГК	симметричная	5	26
	асимметричная	14	74
Возраст	7–11 лет (от 10 лет)	3	16
	12–17 лет	16	84
Пол	мальчик	14	74
	девочка	5	26

фии для оценки динамики результатов лечения. Во время первого визита все пациенты были обследованы, помимо осмотра проводились КТ/рентген органов грудной клетки, ЭКГ, ЭХО-КГ, консультация кардиолога, спирометрия, консультация ортопеда, консультация генетика (при подозрении синдромальных форм). После дообследования первая установка ВК проходила под контролем лечащего врача (на очном приеме). ВК устанавливали таким образом, чтобы середина окна размещалась над самой глубокой точкой деформации. После прикладывания к грудной стенке в ВК создавалось отрицательное давление с помощью ручного насоса для поднятия запавшей грудины вперед. В зависимости от возраста пациента была рекомендована продолжительность ежедневного лечения. Минимальное время использования колокола для детей составляло 5–6 ч/сут, для подростков – 10–12 ч/сут. В дальнейшем родители вели дневник, в котором 1 раз в 2 недели (утром до начала установки ВК) указывали глубину деформации и ежемесячно предоставляли фотоотчет. Плановые осмотры проводились у всех пациентов каждые 3 месяца, с клиническими оценками и оценкой глубины деформации.

ДКС – это ортез с передней пластиной для компрессии. Пластины можно перемещать вбок для исправления как симметричных, так и асимметричных форм деформаций. При использовании ДКС грудина постепенно возвращается в нормальное положение. Это обеспечивает больший комфорт при ношении и меньшую боль. Во время первого визита в амбулаторную клинику у всех пациентов оценивались высота, ширина кия и асимметрия грудной клетки, на основании чего был изготовлен и установлен индивидуальный корсет. Пациенты вначале носили корсет 20–22 часа в сутки (I этап), после выравнивания грудной клетки по итогам 20–22 часового ношения ДКС пациентов переводили на только дневное или ночное ношение ортеза (II этап – закрепления результата). Плановые осмотры также проводились у всех пациентов каждые 3 месяца.

Помимо консервативного лечения пациентам с деформациями грудной клетки были рекомендованы занятия спортом, выполнение упражнений на укрепление мышц спины, груди и пресса, дыхательная гимнастика в устройстве.

Результаты. Эффективность консервативного лечения ВДГК оценивалась с помощью измерения глубины деформации, расчета индекса Галлера и ГВР по компьютерной томографии до и в период лечения, которая представлена в табл. 3.

На момент анализа все 24 пациента всё еще находились на лечении.

Таблица 3. Показатели пациентов с ВДГК до и в период лечения вакуумным колоколом

Показатели	Среднее значение	
	до лечения	в период лечения
Глубина деформации	2 см	0,9 см
Индекс Галлера	3,9	3,2
ГВР	5,7 см	7 см
ПЖК	0,6 см	1,5 см

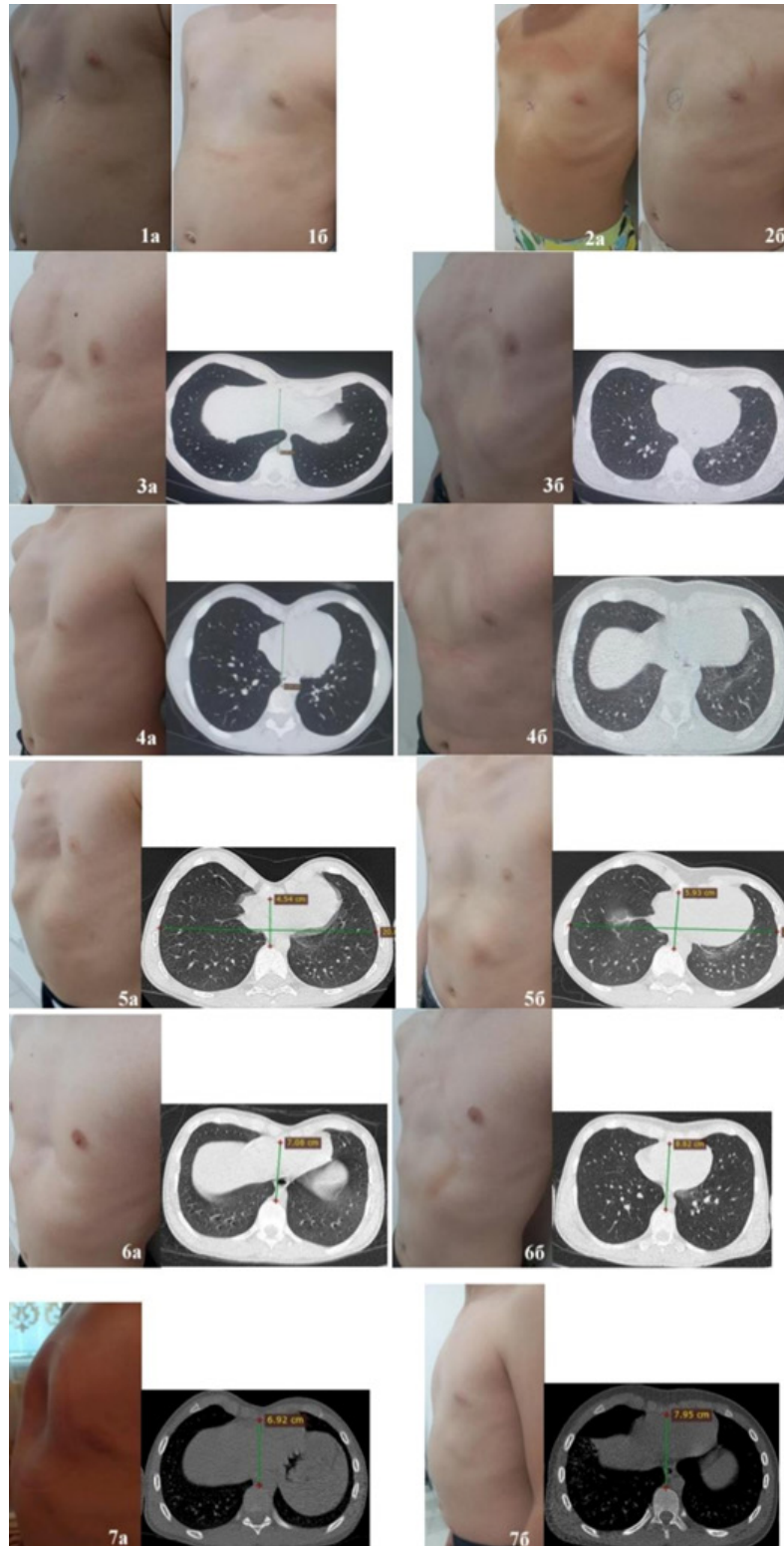


Рис. 2. Промежуточные результаты консервативного лечения ВДГК: 1а – глубина деформации до лечения – 1,4 см, 1б – глубина деформации через 1 г. 2 мес. – 0,7 см; 2а – глубина деформации до лечения – 1,3 см, 2б – глубина деформации через 1 г. 7 мес. – 0,4 см; 3а – глубина деформации до лечения – 2,1 см с МСКТ, 3б – глубина деформации через 1 г. 2 мес. – 0,8 см с МСКТ; 4а – глубина деформации до лечения – 2,1 см с МСКТ, 4б – глубина деформации через 1 г. – 0,6 см с МСКТ; 5а – глубина деформации до лечения – 3,5 см с МСКТ, 5б – глубина деформации через 1 г. 7мес – 1,6 см с МСКТ; 6а – глубина деформации до лечения – 2,4 см с МСКТ, 6б – глубина деформации через 1 г. 5мес. – 1,0 см с МСКТ; 7а – глубина деформации до лечения – 2,0 см с МСКТ, 7б – глубина деформации через 1 г. 8 мес. – 0,5 см с МСКТ

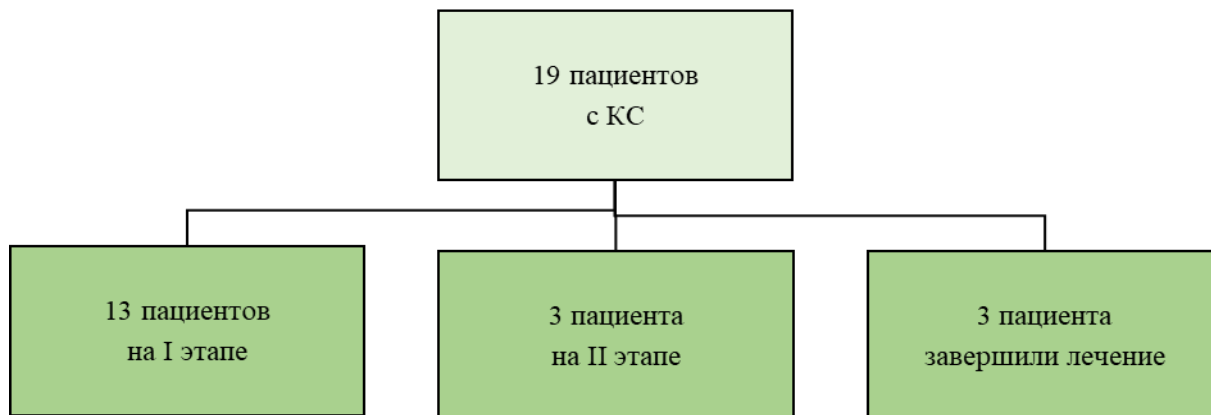


Рис. 3. Результаты консервативного лечения КДГК

Глубина деформации при каждом последующем визите снижалась. Помимо подъема грудино-реберного каркаса, также отмечалось утолщение ПЖК по данным компьютерной томографии.

На рисунке 2 представлены некоторые промежуточные результаты консервативного лечения ВДГК.

Ранние хорошие косметические результаты в большинстве случаев заметны у детей с КДГК (рис. 3)

На I этапе лечения пока находятся 13 пациентов с длительностью ношения ДКС от 4 до 12 мес. Сроки ношения устройства зависят от выраженности деформации и силы компрессии, которые прилагают сами пациенты. Некоторые промежуточные результаты консервативного лечения КДГК представлены на рисунке 4.

Завершили лечение с выздоровлением 3 пациента с КДГК (рис. 5).

Каких-либо осложнений при ношении ВК и ДКС не наблюдалось.

Обсуждение. На данный момент нет единых данных о показаниях к применению ВК. По литературным данным, в одних источниках ВК показан пациентам с легкой степенью ВДГК и/или тем, кто отказывается от хирургической коррекции [14]. В других источниках ВК показан пациентам со средней и с тяжелой степенью ВДГК, которые слишком молоды для хирургической коррекции [15]. По мнению I. Loufopoulos и соавт. подходящими кандидатами являются пациенты

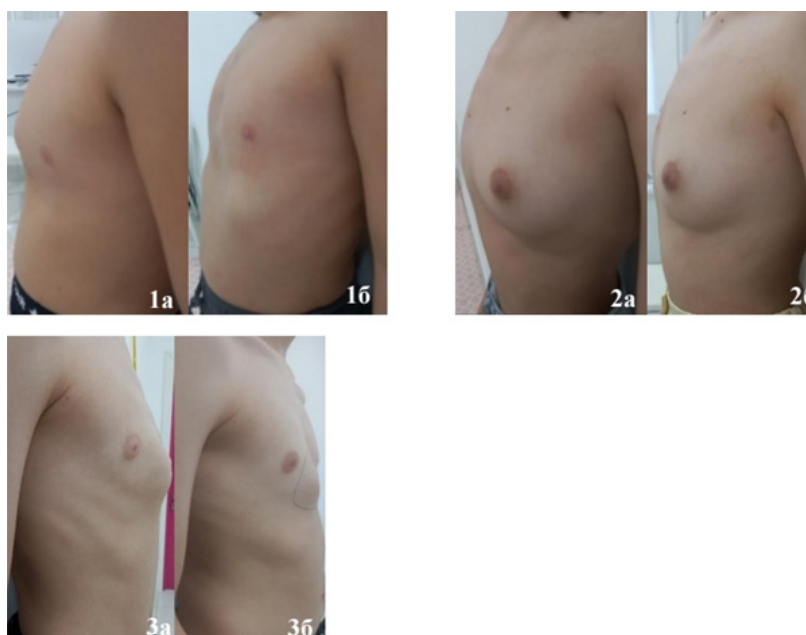


Рис. 4. Промежуточные результаты консервативного лечения КДГК: 1а – до лечения, 1б – спустя 6 мес.; 2а – до лечения, 2б – спустя 8 мес.; 3а – до лечения, 3б – спустя 1 г. 2 мес.



Рис. 5. Окончательные результаты консервативного лечения КДГК: 1а – до лечения, 1б – промежуточный результат через 5 мес., 1в – выздоровление через 1 г. 3 мес.; 2а – до лечения, 2б – промежуточный результат через 3 мес., 2в – выздоровление через 1 г. 2 мес.; 3а – до лечения, 3б – выздоровление через 12 мес.

с глубиной деформации менее 1,5 см и гибкой грудной клеткой [1]. Однако в результате исследования Y. Eunje и соавт. отличные результаты были получены и у пациентов с большой глубиной деформации, если они имели гибкую грудную клетку [16]. Большинство исследователей сходятся во мнении, что лечение ВК с большей вероятностью принесет пользу более молодым пациентам. В частности, начало лечения в возрасте до 11 лет является предиктором отличного результата [1]. Также необходимо учитывать, что немецкий инженер Eckart Clobe, страдавший ВДГК, достиг положительных результатов, начав лечение ВК в возрасте 36 лет [4]. Кроме того, ВК можно использовать интраоперационно для облегчения диссекции загрудинного пространства и установки загрудинной пластины во время операции Насса. [4]

В отличие от показаний, есть четкие противопоказания: ВК противопоказан пациентам, страдающим заболеваниями скелета, васкулопатиями, коагулопатиями и сердечными заболеваниями [15, 17]. Поэтому перед началом лечения ВК требуется проведение пациентам КТ органов грудной клетки, ЭКГ, ЭХО-КГ, консультация кардиолога. ВК не должен применяться у пациентов с тяжелой асимметрией грудной клетки, так как устройство должно хорошо прилегать к грудной клетке и быть герметичным [6]. Любая асимметрия грудной клетки препятствует герметизации ВК и снижает эффективность его лечения. Поэтому перед началом лечения ВК необходимо провести медицинский осмотр и тщательный отбор кандидатов.

Помимо правильного отбора пациентов для консервативного лечения, первостепенное значение имеет правильное использование ВК. Единого мнения относительно продолжительности использования ВК нет, мы рекомендуем для детей 5–6 ч/сут, для подростков – 10–12 ч/сут.

Аналогичным образом, имеются различия в общей продолжительности лечения, необходимой для достижения отличных результатов. По данным F.M. Haesker, продолжительность лечения у детей и подростков с легкой и умеренной симметричной ВДГК с гибкой грудной стенкой составляет 12–15 месяцев, тогда как у подростков и взрослых с умеренной ВДГК и ригидной грудной стенкой составляет 24–36 месяцев [14, 17]. В исследованиях D. Luo и соавт. период лечения и время ежедневного использования ВК у детей дошкольного возраста были явно короче, возможно, потому, что пациенты в их исследовании были моложе, и грудная стенка всё еще была мягкой, а глубина деформации грудной клетки была менее выраженной, чем у детей старшего возраста [18]. Их результаты соответствуют данным M. Lopez, который сообщил о более высоком уровне коррекции в педиатрической группе [19]. R.J. Obermeier и др. также сообщили о хороших результатах у детей (<18 лет), чем у взрослых [20]. С возрастом ребенка жесткость грудной клетки увеличивается, а гибкость снижается, что влияет на результат консервативного лечения.

Консервативное лечение КДГК с использованием внешних корсетов имеет отличные результаты, превышающие 70%, при соблюдении рекомендаций лечения [7].

По литературным данным, ежедневное ношение компрессионной системы рекомендуют 23 часа (за исключением занятий спортом, купания или принятия душа) [21–22]. В других источниках, рекомендуют 8–12 часов в день, с аналогичными благоприятными результатами лечения [23–24]. Таким образом, не существует единого мнения и единого протокола ношения компрессионной системы [25]. Наши пациенты носили ДКС до 20–22 ч/сут.

Еще один не совсем точно предопределенный параметр – общая продолжительность лечения, значения которого в литературе сильно варьируется [8]. В одних исследованиях указывают, что общая длительность лечения ДКС варьирует от 6–12 месяцев [26], в других исследованиях – 14–24 месяца [7, 24]. Исследования Мартинеса-Ферро и соавторов указывают, что в их случаях продолжительность лечения составила 7 мес. [27]. В наших 3 случаях лечение ДКС длилось от 12 до 15 мес.

Несмотря на то, что консервативная коррекция ВДГК и КДГК легче в молодом возрасте, существует большой риск рецидива во время скачка роста с необходимостью повторного начала терапии с помощью ВК или ДКС или продления терапии до конца скачка роста [7]. Как правило, рецидив связан с продолжающимся пубертатным ростом и реагирует на повторное начало консервативной терапии. [24]

Соблюдение пациентом рекомендаций считается ключевым фактором успешного лечения [28]. В литературе описывается высокий уровень отказа от лечения, от 30 до 43% [29, 24]. В нашем случае прекратили лечение ВК 37% пациентов, КДС – 24% пациентов. Причинами прекращения терапии являются боль, проблемы с кожей, стыд и дискомфорт. [28, 30, 13]

Заключение. Важно помнить, что залогом успешного консервативного лечения деформаций грудной клетки является лечебная дисциплина, мотивация и помощь родителей.

Применение консервативных методов лечения деформаций грудной клетки можно считать как альтернативный метод лечения для пациентов с «мягкой» грудной клеткой, которые предпочитают неинвазивное лечение.

Обязательным компонентом консервативного лечения при деформациях грудной клетки является регулярное занятие физкультурой и спортом, выполнение упражнений на укрепление мышц спины, груди и пресса, дыхательная гимнастика, а не только ношение устройства.

Литература/References

1. Loufopoulos I., Karagiannidis I.G., Lampridis S., Mitsos S., Panagiotopoulos N. Vacuum Bell: Is It a Useful Innovative Device for Pectus Excavatum Correction? // Turk Thorac J. 2021. Vol. 22, N 3. P. 251–256. doi: 10.5152/TurkThoracJ.2021.20035

2. Ravitch MM. The operative treatment of pectus excavatum. // Ann Surg. 1949. Vol. 129, N 4, P. 429–444. DOI: 10.1097/00000658-194904000-00002

3. Janssen N., Coorens N.A., Franssen AJPM, Daemen JHT, Michels I.L., Hulsewé KWE, Vissers YLJ, de Loos E.R. Pectus excavatum and carinatum: a narrative review of epidemiology, etiopathogenesis, clinical features, and classification // J Thorac Dis. 2024. Vol. 16, N 2, P. 1687–1701. doi: 10.21037/jtd-23-957

4. 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, N 3, P. 496–500. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2004.11.033.

5. Patel A.J., Hunt I. Is vacuum bell therapy effective in the correction of pectus excavatum? // *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2019. Vol. 29, P. 287–290. doi: 10.1093/icvts/ivz082
6. Jung Y., Yi E., Lee K., Chung J.H., Cho S., Lee S. Surgical versus Vacuum Bell Therapy for the Correction of Pectus Excavatum: A Comparison of 1-Year Treatment Outcomes // *J Chest Surg.* 2021. Vol. 54, N 6, P. 473-479. doi: 10.5090/jcs.21.073
7. de Beer S., Volcklandt S., de Jong J., Oomen M., Zwaveling S., van Heurn E. Dynamic Compression Therapy for Pectus Carinatum in Children and Adolescents: Factors for Success // *J Pediatr Surg.* 2023. Vol. 58, N 8, P. 1440-1445. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2022.09.008.
8. Omanik P., Sesia S.B., Kozlikova K., Schmidtova V., Funakova M., Haecker F.M. Bracing of Pectus Carinatum in Children: Current Practices // *Children (Basel).* 2024. Vol. 11, N 4, P. 470. doi: 10.3390/children11040470
9. Desmarais T.J., Keller M.S. Pectus carinatum // *Curr Opin Pediatr.* 2013. Vol. 25, P. 375-381. doi: 10.1097/MOP.0b013e3283604088.
10. Janssen N., Daemen JHT, Franssen AJPM, et al. Modification of the Abramson procedure for minimally invasive repair of pectus carinatum: introduction of a pectus carinatum compression system // *J Thorac Dis.* 2023. Vol. 15, P. 4120-4129. doi: 10.21037/jtd-23-642
11. Skrzypczak P., Kasprzyk M., Piwkowski C. The new steel bar in pectus carinatum repair and a review of current methods of correcting chest deformations // *J Thorac Dis.* 2022. Vol. 14, P. 3671-3673. doi: 10.21037/jtd-22-956
12. Wang L., Liu J., Shen S., Li Y., Feng T., Li G., Xiao H., Hu F. Comparison of Outcomes Between Anti-Nuss Operation and Modified Anti-Nuss Operation Using a Flexible Plate for Correcting Pectus Carinatum: A Retrospective Study // *Front. Surg.* 2021. Vol. 15, N 7. doi: 10.3389/fsurg.2020.600755
13. de Beer S.A., Blom Y.E., Lopez M., de Jong J.R. Measured dynamic compression for pectus carinatum: A systematic review // *Semin Pediatr Surg.* 2018. Vol. 27, N 3, P. 175-182. doi: 10.1053/j.sempedsurg.2018.06.001.
14. Haecker F.M. The vacuum bell for conservative treatment of pectus excavatum: the Basle experience // *Pediatr Surg Int.* 2011. Vol. 27, N 5, P. 623-627. doi: 10.1007/s00383-010-2843-7.
15. Obermeyer R.J., Cohen N.S., Kelly R.E. Nonoperative management of pectus excavatum with vacuum bell therapy: a single center study // *J. Pediatr Surg.* 2018. Vol. 53, N 6, P. 1221–1225. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2018.02.088.
16. Yi E., Lee K., Jung Y., Chung J.H., Kim H.S., Lee S., Ahn H. Finding suitable candidates for vacuum bell therapy in pectus excavatum patients // *Sci Rep.* 2021. Vol. 11, N 1, P. 227-287. doi: 10.1038/s41598-021-02250-x
17. Haecker F.M., Sesia S. Vacuum bell therapy // *Ann Cardiothorac Surg.* 2016. Vol. 5, N 5, P. 440–449. doi: 10.21037/acs.2016.06.06
18. Luo D., Cheng K., Yuan M., Xu C., He T. Efficacy and determinants of vacuum bell treatment in preschool children with pectus excavatum // *Front Pediatr.* 2022. Vol. 13, N 10. doi: 10.3389/fped.2022.1008437
19. Lopez M., Patoir A., Costes F., Varlet F., Barthelemy J-C., Tiffet O. Preliminary study of efficacy of cup suction in the correction of typical pectus excavatum // *J Pediatr Surg.* 2016. Vol. 51, P. 183–187. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2015.10.003.
20. Obermeyer R.J., Cohen N.S., Kelly R.E., Ann Kuhn M., Frantz F.W., McGuire M.M., et al.. Nonoperative management of pectus excavatum with vacuum bell therapy: a single center study // *J Pediatr Surg.* 2018. Vol. 53, P. 1221–1225. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2018.02.088.
21. Real A., Morais P., Oliveira B., Torres H.R., Vilaça J.L. Remote Monitoring System of Dynamic Compression Bracing to Correct Pectus Carinatum // *Sensors.* 2023. Vol. 23, N 9, P. 44-27. doi: 10.3390/s23094427
22. Song S.H., Kim C.H., Moon D.H., Lee S. Usefulness of 3-Dimensional Body Surface Scanning in the Evaluation of Patients with Pectus Carinatum // *Korean J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2020. Vol. 53, N 5, P. 301-305. doi: 10.5090/kjtcs.20.042
23. Port E., Hebal F., Hunter C.J., Malas B., Reynolds M. Measuring the impact of brace intervention on pediatric pectus carinatum using white light scanning // *J. Pediatr. Surg.* 2018. Vol. 52, N 12, P. 2491-2494. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2018.08.016.
24. Kelly R.E., Obermeyer R.J., Goretsky M.J., Kuhn M.A., McGuire M.M., Duke D.S., Pallera H.K., Frantz F.W. Ten-year experience with staged management of pectus carinatum: Results and lessons learned // *J. Pediatr. Surg.* 2021. Vol. 56, N 10, P. 1835–1840. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2021.01.027.
25. Wahba G., Nasr A., Bettolli M. A less intensive bracing protocol for pectus carinatum // *J. Pediatr. Surg.* 2017. Vol. 52, N 11, P. 1795-1799. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2017.01.057.
26. Shang Z., Hong C., Duan X., Li X., Si Y. Orthotic Bracing or Minimally Invasive Surgery? A Summary of 767 Pectus Carinatum Cases for 9 Years // *BioMed Res. Int.* 2021. Vol. 69, N 4, P. 23-29. doi: 10.1155/2021/6942329
27. Martinez-Ferro M., Fraire C., Bernard S. Dynamic compression system for the correction of pectus carinatum // *Semin. Pediatr. Surg.* 2008. Vol. 17, N 3, P. 194-200. doi: 10.1053/j.sempedsurg.2008.03.008.
28. Bugajski T., Murari K., Lopushinsky S., Schneider M., Ronsky J. Bracing of pectus carinatum: A quantitative analysis // *J. Pediatr. Surg.* 2018. Vol. 53, N 5, P. 1014-1019. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2018.02.034.
29. Hunt I., Patel A.J. Effectiveness of Compressive External Bracing in Patients with Flexible Pectus Carinatum Deformity: A Review // *Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2020. Vol. 68, N 1, P. 72-79. doi: 10.1055/s-0039-1687824.
30. Giray E., Ermerak N.O., Bahar-Ozdemir Y., Kalkandelen M., Yuksel M., Gunduz O.H., Akyuz G.A. Comparative Study on Short-Term Effects of Compression Orthosis and Exercises in the Treatment of Pectus Carinatum: A Randomized Controlled Pilot Feasibility Trial // *Eur. J. Pediatr. Surg.* 2021. Vol. 31, N 2, P. 147-156. doi: 10.1055/s-0040-1701699.