



Моторенко Н.В.<sup>1</sup> ✉, Титова Н.Д.<sup>2</sup>, Винник А.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Гомельский государственный медицинский университет, Гомель, Беларусь

<sup>2</sup> Институт повышения квалификации и переподготовки кадров здравоохранения Белорусского государственного медицинского университета, Минск, Беларусь

<sup>3</sup> Гомельская областная детская клиническая больница, Гомель, Беларусь

## Анализ функционального состояния сердечно-сосудистой системы у детей с воронкообразной деформацией грудной клетки до и после оперативного лечения

**Конфликт интересов:** не заявлен.

**Вклад авторов:** Моторенко Н.В. – анализ научного материала, разработка дизайна исследования, подготовка списка литературы, написание текста статьи, составление резюме; Титова Н.Д. – анализ научного материала, научное редактирование статьи; Винник А.В. – научное редактирование статьи.

**Для цитирования:** Моторенко Н.В., Титова Н.Д., Винник А.В. Анализ функционального состояния сердечно-сосудистой системы у детей с воронкообразной деформацией грудной клетки до и после оперативного лечения. *Педиатрия Восточная Европа*. 2024;12(3):418–428. <https://doi.org/10.34883/PI.2024.12.3.004>

Подана: 04.07.2024

Принята: 06.09.2024

Контакты: nmotorenko31@mail.ru

### Резюме

**Введение.** Воронкообразная деформация грудной клетки (ВДГК) – наиболее часто встречающийся порок развития грудной клетки, представляющий собой разнообразные по форме западения грудины и хрящевых отделов ребер. За счет деформации грудной клетки происходит сдавление, смещение и ротация сердца между грудной клеткой и позвоночным столбом. Наиболее выраженные изменения касаются правого желудочка и правого предсердия за счет компрессионного воздействия на него грудино-реберного комплекса. Снижение сердечного выброса приводит к нарушению систолической и диастолической работы сердца.

**Цель.** Проанализировать клинические и функциональные нарушения сердечно-сосудистой системы у детей с ВДГК до оперативного лечения в зависимости от степени деформации и их динамику в послеоперационном периоде.

**Материалы и методы.** В исследование включены 60 пациентов с установленным диагнозом воронкообразной деформации грудной клетки II и III степени, прошедших обследование и оперативное лечение на базе ортопедо-травматологического отделения учреждения «Гомельская областная детская клиническая больница». Обследование включало сбор жалоб, анамнеза, клинический осмотр, функциональные пробы, инструментальные методы исследования.

**Результаты.** У пациентов с ВДГК при сравнении с контрольной группой достоверно чаще встречались жалобы на одышку при минимальной физической нагрузке, повышенную утомляемость, боли в сердце, сердцебиение ( $p < 0,05$ ). При анализе частоты и выраженности жалоб у пациентов с ВДГК II и III степени выявлено, что детей с ВДГК III степени чаще беспокоили одышка при физической нагрузке (54,3% vs 84,0%),

утомляемость (48,6% vs 80,0%) и боли в сердце (45,7% vs 80,0%) ( $p < 0,05$ ), и, несмотря на отсутствие достоверных различий, чаще диагностировались эпизоды сердечбиений (31,4% vs 40,0%) ( $p > 0,05$ ). Также у детей с ВДГК чаще, чем в контрольной группе, диагностированы такие изменения электрокардиограммы, как нарушения ритма сердца ( $p < 0,001$ ), гипертрофия правого желудочка ( $p = 0,005$ ), метаболические изменения в миокарде ( $p < 0,05$ ). Проба Руфье показала снижение функционального резерва миокарда у 51,7% пациентов с ВДГК. После проведения оперативного вмешательства у пациентов с ВДГК диагностировано достоверное снижение метаболических изменений в миокарде, нарушений ритма сердца, дилатации правых отделов сердца ( $p < 0,05$ ). Отмечается прирост показателей индекса Руфье и, следовательно, улучшение функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы, повышение толерантности к физической нагрузке.

**Заключение.** Воронкообразная деформация грудной клетки способствует формированию и прогрессированию морфофункциональных изменений сердца у детей. Проведение торакопластики восстанавливает анатомическую форму грудной клетки, снижает выраженность клинических и функциональных нарушений сердечно-сосудистой системы.

**Ключевые слова:** воронкообразная деформация грудной клетки, дети, нарушения сердечного ритма, проба Руфье, торакопластика

Natallia V. Motorenko<sup>1</sup> ✉, Nadezhda D. Titova<sup>2</sup>, Alexandr V. Vinnik<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

<sup>2</sup> Institute of Advanced Training and Retraining of Healthcare Personnel of the Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

<sup>3</sup> Gomel Regional Children's Clinical Hospital, Gomel, Belarus

## Analysis of the Functional State of the Cardiovascular System in Children with Pectus Excavatum before and after Surgical Treatment

**Conflict of interest:** nothing to declare.

**Authors' contribution:** Natallia V. Motorenko – analysis of scientific material, research design, preparation of a list of references, writing the text of the article, compilation of an abstract; Nadezhda D. Titova – analysis of scientific material, scientific editing of the article; Alexandr V. Vinnik – scientific editing of the article.

**For citation:** Motorenko N., Titova N., Vinnik A. Analysis of the Functional State of the Cardiovascular System in Children with Pectus Excavatum before and after Surgical Treatment. *Pediatrics Eastern Europe*. 2024;12(3):418–428. <https://doi.org/10.34883/PE.2024.12.3.004> (in Russian)

Submitted: 04.07.2024

Accepted: 06.09.2024

Contacts: nmotorenko31@mail.ru

### Abstract

**Introduction.** Pectus excavatum deformity (VDHC) is the most common malformation of the chest, which is a variety of recesses of the sternum and cartilaginous parts of the ribs. Due to the deformation of the chest, compression, displacement and rotation of the heart

occurs between the chest and the spinal column. The most pronounced changes affect the right ventricle and right atrium due to the compressive effect of the sternocostal complex on it. A decrease in cardiac output leads to disruption of the systolic and diastolic function of the heart.

**Purpose.** To analyze clinical and functional disorders of the cardiovascular system in children with VDHC before surgical treatment, depending on the degree of deformity, and their dynamics in the postoperative period.

**Materials and methods.** The study included 60 patients with an established diagnosis: Pectus excavatum deformity of the II and III degree, who underwent examination and surgical treatment at the orthopedic and traumatology department of the Gomel Regional Children's Clinical Hospital. The examination included the collection of complaints, medical history, clinical examination, functional tests, and instrumental research methods.

**Results.** In patients with VDHC, when compared with the control group, complaints of shortness of breath with minimal physical activity, increased fatigue, heart pain, and palpitations were significantly more common ( $p < 0.05$ ). Analyzing the frequency and severity of complaints in patients with II and III degrees of VDHC, it was revealed that children with III degrees of VDHC were more often bothered by shortness of breath during physical activity (54.3% vs 84.0%), fatigue (48.6% vs 80.0%) and pain in the heart (45.7% vs 80.0%) ( $p < 0.05$ ) and, despite the lack of significant differences, episodes of palpitations were more often diagnosed (31.4% vs 40.0%) ( $p > 0.05$ ). Also, in children with VDHC, such electrocardiogram changes as cardiac arrhythmias ( $p < 0.001$ ), right ventricular hypertrophy ( $p = 0.005$ ), and metabolic changes in the myocardium ( $p < 0.05$ ) were diagnosed more often than in the control group. The Ruffier test showed a decrease in the functional reserve of the myocardium in 51.7% of patients with VDHC. After surgery, patients with VDHC were diagnosed with a significant decrease in metabolic changes in the myocardium, cardiac arrhythmias, and dilatation of the right side of the heart ( $p < 0.05$ ). There is an increase in the Ruffier index and, consequently, an improvement in the functional capabilities of the cardiovascular system and an increase in tolerance to physical activity.

**Conclusion.** Pectus excavatum deformity of the chest contributes to the formation and progression of morphofunctional changes in the heart in children. Thoracoplasty restores the anatomical shape of the chest and reduces the severity of clinical and functional disorders of the cardiovascular system.

**Keywords:** pectus excavatum, children, heart rhythm disturbances, Ruffier's test, thoracoplasty

---

## ■ ВВЕДЕНИЕ

Воронкообразная деформация грудной клетки (ВДГК) – это редкая врожденная аномалия развития, проявляющаяся патологическим вдавлением грудины, прилегающих ребер и соответствующих грудино-реберных хрящей [1, 2]. Основу патогенеза ВДГК составляют два патофизиологических нарушения: нарушение строения грудино-реберного хряща и его аномальное разрастание. А.А. Фокин и соавт. доказали эту теорию патогенеза, обнаружив в хондроцитах пациентов с ВДГК дезорганизованный вид клеточного матрикса [3]. ВДГК может быть изолированным пороком развития, а также быть проявлением генетического заболевания [4]. При наличии генетической

патологии ВДГК может быть одним из проявлений генетической ассоциации, моногенного заболевания или заболевания, связанного с аномалией числа и структуры хромосом [5].

Воронкообразная грудь характеризуется углублением средней и нижней частей грудной клетки в виде воронки. Боковой границей углубления обычно служат реберные хрящи, реже костная часть ребер. Грудная клетка выглядит расширенной. Усилен изгиб грудного отдела позвоночника. Как правило, с ростом деформация увеличивается. Растущие ребра как бы подтягивают и больше вдавливают внутрь грудину, которая при крайних степенях деформации почти упирается в позвоночник. Костно-мышечные изменения уменьшают объем грудной клетки, оказывают механическое воздействие на внутригрудные органы, нарушают нормальные соотношения между сердцем и грудной клеткой. Эти процессы определяют характер ремоделирования сердечно-сосудистой системы. При этом грудина сдавливает сердце и крупные магистральные кровеносные сосуды, смещая их влево и немного поворачивая. Вследствие этого у детей с такой патологией грудной клетки нарушается нормальная циркуляция крови, они отстают в физическом развитии.

ВДГК классифицируют по симметричности и по глубине воронки. В зависимости от глубины воронки имеется большее или меньшее смещение сердца: при первой степени глубина воронки – до 2 см; вторая степень характеризуется глубиной воронки до 4 см, а сердце может быть смещено со своего обычного места на расстояние до 3 см; при третьей степени глубина воронки составляет более 4 см и смещение сердца более 3 см [6].

Традиционно смещение сердца со своего обычного места при данной патологии измеряют по данным рентгенологического и/или томографического исследований. Характерных изменений электрокардиограммы у пациентов с ВДГК нет. Смещение правого желудочка кзади вызывает формирование правограммы. У большинства пациентов выявляются различные степени блокады правой ножки пучка Гиса [7]. При тяжелой ВДГК может быть тахикардия из-за сниженного ударного объема в зависимости от искривления и смещения сердца. Функциональные систолические шумы выслушиваются примерно у 18% пациентов, вероятно, из-за компрессии выходного тракта левого желудочка. О пролапсе митрального клапана сообщалось у 7–20% пациентов с воронкообразной деформацией грудной клетки [8].

Хирургическое вмешательство значительно улучшает психологическое благополучие и качество жизни ребенка с ВДГК, но результаты хирургического лечения являются на сегодняшний день предметом дискуссий. Пациенты часто сообщают об исчезновении субъективных симптомов и улучшении толерантности к физической нагрузке после хирургического вмешательства, однако объективные данные трудно установить ввиду небольшого количества работ на эту тему. До сих пор остается неясным, является ли основная патофизиологическая проблема в первую очередь связанной с ограничением вентиляционной функции или сердечно-сосудистыми изменениями (или и с тем и с другим), возникающими в результате сдавления выносящего тракта правого желудочка смещенной грудinou. В странах, где косметический эффект является показанием к хирургическому вмешательству (таких как США), нет необходимости изучать физиологические последствия ВДГК, и наоборот: там, где косметический эффект не является показанием к хирургическому вмешательству (например, в Великобритании), это приводит к ограничению доступа

к хирургическому лечению пациентов с ВДГК [9]. По данным систематического обзора [10], в 16 исследованиях изучали кардиопульмональные нагрузочные тесты, 12 из которых продемонстрировали значительное улучшение после операции как по максимальному потреблению кислорода, так и по кислородному пульсу.

В настоящее время в Республике Беларусь существуют функциональные (проявляются в патологических изменениях со стороны сердечно-сосудистой и дыхательной систем), ортопедические (вызванные прогрессирующими нарушениями осанки и искривлением позвоночника) и косметические (связанные с наличием дефекта и обусловленные психологическим дискомфортом) показания к оперативному лечению ВДГК.

## ■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проанализировать клинические и функциональные нарушения сердечно-сосудистой системы у детей с ВДГК до оперативного лечения в зависимости от степени деформации и их динамику в послеоперационном периоде.

## ■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследование включены 60 пациентов с установленным диагнозом воронкообразной деформации грудной клетки, проходивших обследование и оперативное лечение на базе ортопедо-травматологического отделения учреждения «Гомельская областная детская клиническая больница». Средний возраст пациентов составил 14,2 года. Из них было 44 мальчика (73,3%) и 16 девочек (26,7%).

Обследование включало сбор жалоб, анамнеза, клинический осмотр, инструментальные методы исследования (мультиспиральная компьютерная томография, электрокардиография, эхокардиография, холтеровское мониторирование), функциональные пробы.

Электрокардиография (ЭКГ) проведена в 12 стандартных отведениях. Учитывались такие показатели, как сердечный ритм, положение электрической оси сердца, наличие метаболических нарушений, дилатация отделов сердца. Эхокардиография (ЭхоКГ) проведена по стандартной методике в В- и М-режимах для выявления тяжести кардиальной депрессии (сдавление камер сердца, наличие легочной гипертензии, дилатации камер сердца) и признаков соединительнотканной дисплазии. Холтеровское мониторирование (ХМ) – для выявления нарушений ритма сердца, в том числе и бессимптомных, показывающих суточные колебания сердечной деятельности.

Всем детям проведена функциональная проба Руфье для оценки уровня адаптационных резервов и функциональной работоспособности сердечно-сосудистой системы с использованием одномоментной дозированной физической нагрузки (30 приседаний), с использованием значений частоты сердечных сокращений (ЧСС) в различное время восстановления после физической работы. Прирост ЧСС подвержен линейной зависимости: чем адаптированнее сердце к нагрузке, тем меньше тахикардия после нее, и наоборот [11]. Оценка результатов пробы Руфье показывает уровень функционального резерва сердца в зависимости от полученных баллов: до 3 баллов – высокий уровень, 4–6 баллов – выше среднего, 7–9 баллов – средний уровень, 10–14 баллов – ниже среднего, более 15 баллов – низкий уровень. Соответственно, при показателях от 0 до 6 баллов функциональный резерв миокарда

сохранен, при 7 и более баллах отмечается снижение функционального резерва миокарда.

Пациентам выполнена мультиспиральная компьютерная томография грудной клетки и органов грудной полости. Для определения степени тяжести деформации и показаний к оперативному лечению использовали индекс Халлера. II степень деформации встречалась у 35 (58,3%) пациентов, III степень – у 25 (41,7%) пациентов. Контрольную группу составили 30 клинически здоровых детей соответствующего возраста.

Статистическая обработка результатов проводилась при помощи компьютерной программы Statistica 10.0. Описательные статистики численных показателей представлены в виде Me – медиана показателя, Q1, Q3 – первый и третий квартили: Me (Q1, Q3). Сравнение категориальных переменных двух независимых групп проводили с использованием критерия хи-квадрат ( $\chi^2$ ) Пирсона. Значения качественной переменной представлялись в виде абсолютных чисел (долей в %). Различия считались достоверными при уровне значимости  $p < 0,05$ .

## ■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Из анамнеза госпитализированных пациентов выявлено, что у 45 (75,0%) детей проявления ВДГК наблюдались, со слов родителей, с раннего возраста. У 15 (25,0%) пациентов деформация стала проявляться в период активного роста ребенка (с 11 до 13 лет). Отягощенная наследственность по деформациям грудной клетки отмечалась в 53,3% случаев и преимущественно у лиц мужского пола.

Большинство пациентов с ВДГК (61,7%) имели астеническое телосложение с нарушением осанки по типу сутулой спины (увеличение грудного кифоза с одновременным уменьшением поясничного лордоза).

При опросе пациенты с ВДГК предъявляли жалобы на одышку при незначительной физической нагрузке (подъем по лестничному пролету на 2–3-й этаж), повышенную утомляемость, боли в сердце, головокружение, сердцебиение, косметический дефект.

Изучение наиболее часто встречающихся жалоб у пациентов с ВДГК II степени показало, что они статистически достоверно (величина  $p$  рассчитывалась при помощи критерия Пирсона  $\chi^2$ ) отличались от детей референтной группы по таким жалобам, как одышка при минимальной физической нагрузке (54,3% vs 3,3%,  $p < 0,05$ ), повышенная утомляемость (48,6% vs 20,0%,  $p < 0,05$ ), боли в сердце (45,7% vs 0%,  $p < 0,05$ ) и сердцебиение (31,4% vs 6,7%,  $p < 0,05$ ). При сравнении жалоб пациентов с III степенью воронкообразной деформации с жалобами детей из референтной группы также отмечается достоверное увеличение количества жалоб на одышку при незначительной физической нагрузке (84,0% vs 3,3%,  $p < 0,05$ ), повышенную утомляемость (80,0% vs 20,0%,  $p < 0,05$ ), боли в сердце (80,0% vs 0%,  $p < 0,05$ ) и сердцебиение (40,0% vs 6,7%,  $p < 0,05$ ). При анализе частоты и выраженности жалоб у пациентов с ВДГК II и III степени выявлено, что детей с ВДГК III степени достоверно чаще беспокоили одышка при физической нагрузке (54,3% vs 84,0%), утомляемость (48,6% vs 80,0%) и боли в сердце (45,7% vs 80,0%) ( $p < 0,05$ ), и, несмотря на отсутствие достоверных различий, чаще диагностировались эпизоды сердцебиений (31,4% vs 40,0%) ( $p > 0,05$ ). Жалобы на косметический дефект отмечались у 48,6% пациентов с ВДГК II степени и у 96,0% пациентов с III степенью деформации.

**Таблица 1**

**Наиболее часто встречающиеся изменения на ЭКГ у детей с ВДГК, абс. (%)**

**Table 1**

**The most common changes on the ECG in children with VDHC, abs. (%)**

Изменения на ЭКГ	Референтная группа (n=30)	Пациенты с ВДГК II степени (n=35)	Пациенты с ВДГК III степени (n=25)
Метаболические изменения в миокарде	3 (10%)	10 (28,6%)*	14 (56,0%)*
Гипертрофия правого желудочка	0	2 (5,7%)**	6 (24,0)*
Нарушения ритма сердца	6 (20,0%)	26 (74,3%)*	22 (88,0%)*
Отклонение электрической оси сердца	5 (16,7%)	5 (14,3%)**	8 (32,0%)**

Примечания: \*  $p < 0,05$  при сравнении с референтной группой; \*\*  $p > 0,05$  при сравнении с референтной группой.

На стандартной ЭКГ у пациентов с ВДГК отмечались следующие изменения: метаболические изменения в миокарде (которые выражались в нарушении фазы реполяризации и проявлялись сглаженностью зубца Т в отведениях III, aVF, V5, V6), гипертрофия правого желудочка, нарушения ритма сердца (табл. 1). Среди нарушений ритма сердца синусовая брадикардия регистрировалась в 23,3% случаев, синусовая тахикардия – в 26,7%, неполная блокада правой ножки пучка Гиса – в 50,0%, предсердный ритм – в 11,6%.

Таким образом, установлено, что достоверно чаще у детей с ВДГК, чем в контрольной группе, диагностированы такие изменения ЭКГ, как нарушения ритма сердца ( $p < 0,001$ ), гипертрофия правого желудочка ( $p = 0,005$ ), метаболические изменения в миокарде ( $p < 0,05$ ). Не было выявлено статистически значимых различий в частоте встречаемости отклонений электрической оси сердца у пациентов с ВДГК и у детей из контрольной группы ( $p > 0,05$ ). По данным ЭКГ были установлены достоверные различия в выявлении метаболических изменений в миокарде и дилатации правых отделов сердца у пациентов с ВДГК III степени по сравнению с пациентами с ВДГК II степени ( $p < 0,05$ ).

Всем пациентам с ВДГК проводилась функциональная проба Руфье. Результаты представлены в табл. 2.

Результаты данного исследования показывают, что для 3,3% пациентов с ВДГК данная нагрузка была чрезмерной, а у 51,7% пациентов процесс восстановления сердечной мышцы проходил длительно, что говорит о низкой работоспособности сердечной мышцы и плохой переносимости физической нагрузки.

**Таблица 2**

**Результаты функциональной пробы Руфье у детей с ВДГК**

**Table 2**

**Results of the Ruffer functional test in children with VDHC**

Уровень функционального резерва сердца	Референтная группа (n=30)	ВДГК II степени (n=35)	ВДГК III степени (n=25)
Высокий (<3)	3 (Me 2,8 [2,6–3,1])	0	0
Хороший (4–6 баллов)	9 (Me 5,4 [5,2–5,8])	3 (Me 6,4 [4,8–6,8])	0
Средний (7–9 баллов)	14 (Me 8,2 [7,6–9,1])	14 (Me 9,0 [7,2–9,2])	9 (Me 8,4 [8,4–9,2])
Удовлетворительный (10–14 баллов)	4 (Me 11,05 [10,45–10,65])	16 (Me 12,2 [11,4–13,4])	15 (Me 12,0 [11,6–13,2])
Низкий (>15 баллов)	0	1 (15,2 балла)	1 (15,2 балла)

По результатам суточного мониторирования ЭКГ наиболее частыми отклонениями, обнаруживаемыми у детей с ВДГК, были: эпизоды синусовой брадикардии – у 13 (20,6%), синусовой тахикардии – у 14 (22,2%), миграция водителя ритма – у 9 (14,3%), предсердный ритм – у 14 (22,2%) пациентов.

Суправентрикулярная эктопическая активность отмечалась в 25,0% случаев. В подавляющем большинстве регистрировались единичные суправентрикулярные экстрасистолы – в 91,1%. Желудочковая эктопическая активность регистрировалась в 18,3% случаев, ее структура была представлена одиночными сокращениями в 100% случаев.

Анализ вариабельности сердечного ритма по результатам суточного мониторирования ЭКГ показал различия по среднесуточной частоте сердечных сокращений. Так, у детей из референтной группы показатели ЧСС варьировали от 65 до 92 ударов в минуту, Ме – 76 [72–81] ударов в минуту, у детей с ВДГК II степени ЧСС варьировала от 64 до 98 ударов в минуту, Ме – 81 [72–86] удар в минуту, у пациентов с ВДГК III степени – от 58 до 107 ударов в минуту, Ме – 76 [66–84] ударов в минуту.

По результатам эхокардиографии среди пациентов с ВДГК II степени диагностирован пролапс митрального клапана I степени у 7 (20,0%) пациентов, дополнительные хорды левого желудочка – у 18 (51,4%), дилатация правых отделов сердца – у 2 (5,7%) пациентов. При III степени ВДГК пролапс митрального клапана I степени выявлен у 10 (40,0%) пациентов, пролапс митрального клапана II степени – у 1 (4,0%), дополнительные хорды левого желудочка – у 20 (80,0%), дилатация правых отделов сердца – у 6 (24,0%) пациентов.

Таким образом, у детей с III степенью деформации грудной клетки увеличивается частота встречаемости малых аномалий развития сердца (ложные хорды левого желудочка, пролапс митрального клапана) и дилатации правых отделов сердца ( $p < 0,05$ ).

Всем пациентам с ВДГК II и III степени была проведена операция по методике D. Nuss с торакоскопической видеоассистенцией. Повторно данные пациенты были обследованы через 6 месяцев после оперативного лечения. В результате опроса только 3 детей жаловались на периодическое неприятное ощущение в грудной клетке, остальные были довольны косметическим результатом, отмечали улучшение переносимости физической нагрузки, отсутствие чувства сердцебиения, одышки, боли в грудной клетке.

Всем детям через 6 месяцев после оперативного лечения было проведено электрокардиографическое исследование. Результаты представлены в табл. 3 и 4.

Таким образом, у пациентов с ВДГК II степени через 6 месяцев после оперативного лечения отмечалось достоверное уменьшение нарушений ритма сердца. Также, несмотря на отсутствие достоверных различий, реже диагностировались метаболические изменения в миокарде, гипертрофия правых отделов сердца и отклонение электрической оси сердца ( $p > 0,05$ ).

У пациентов с III степенью ВДГК через 6 месяцев после оперативного лечения диагностировано достоверное снижение метаболических изменений в миокарде, нарушений ритма сердца, дилатации правых отделов сердца ( $p < 0,05$ ).

Результаты холтеровского мониторирования показали снижение числа эпизодов синусовой брадикардии на 10,0%, синусовой тахикардии на 15,0%, предсердного ритма на 13,3%. Суправентрикулярная эктопическая активность снизилась на 15,0%,

**Таблица 3**  
**Результаты электрокардиограммы у пациентов с ВДГК II степени через 6 месяцев после оперативного лечения**

**Table 3**  
**Electrocardiogram results in patients with stage II VDHC 6 months after surgical treatment**

Изменения	Пациенты с II степенью ВДГК		Критерий Пирсона $\chi^2$
	До оперативного лечения	После оперативного лечения	
Метаболические изменения в миокарде	10 (28,6%)	6 (17,1%)	$\chi^2=3,84$ $p=0,255$
Гипертрофия правых отделов сердца	2 (5,7%)	1 (2,9%)	$\chi^2=3,84$ $p=0,556$
Нарушения ритма сердца	26 (74,3%)	9 (25,7%)	$\chi^2=16,51$ $p<0,001$
Отклонение электрической оси сердца	5 (16,7%)	1 (2,9%)	$\chi^2=2,91$ $p=0,088$

**Таблица 4**  
**Результаты электрокардиограммы у пациентов с ВДГК III степени через 6 месяцев после оперативного лечения**

**Table 4**  
**Electrocardiogram results in patients with stage III VDHC 6 months after surgical treatment**

Изменения	Пациенты с III степенью ВДГК		Критерий Пирсона $\chi^2$
	До оперативного лечения	После оперативного лечения	
Метаболические изменения в миокарде	14 (56,0%)	6 (24,0%)	$\chi^2=5,33$ $p=0,021$
Гипертрофия правых отделов сердца	6 (24,0%)	3 (12,0%)	$\chi^2=1,22$ $p=0,27$
Нарушения ритма сердца	22 (88,0%)	7 (28,0%)	$\chi^2=8,50$ $p=0,004$
Отклонение электрической оси сердца	8 (32,0%)	3 (12,0%)	$\chi^2=2,92$ $p=0,088$

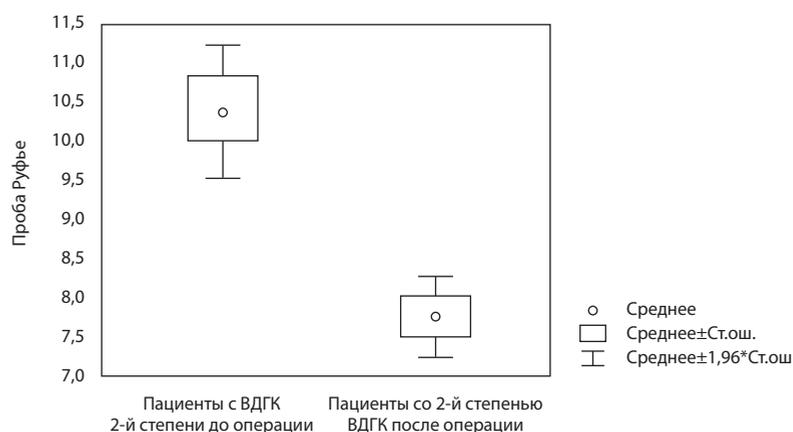
желудочковая эктопическая активность – на 8,3%. Среднесуточная частота сердечных сокращений у детей с ВДГК II степени через 6 месяцев после операции варьировала от 62 до 92 ударов в минуту, Ме – 79 [73–81] ударов в минуту, у пациентов с ВДГК III степени – от 63 до 94 ударов в минуту, Ме – 75 [71–81] ударов в минуту.

Всем пациентам с ВДГК через 6 месяцев после операции проведена функциональная проба Руфье. Результаты представлены в табл. 5. Сравнительная оценка данных

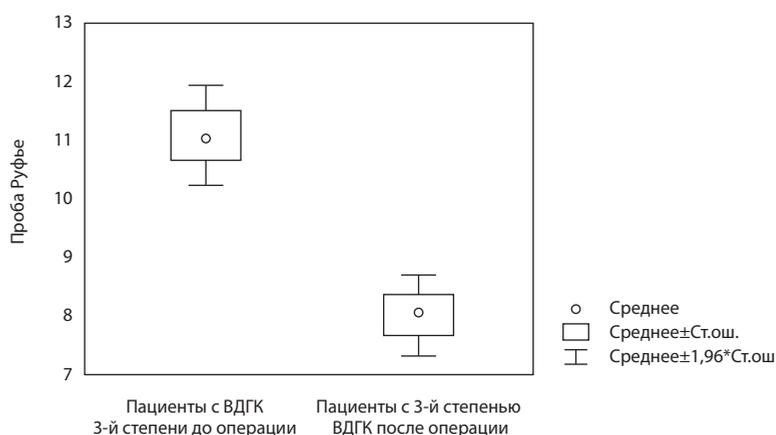
**Таблица 5**  
**Результаты функциональной пробы Руфье у детей с ВДГК через 6 месяцев после операции**

**Table 5**  
**Results of the Ruffier functional test in children with VDHC 6 months after surgery**

Уровень функционального резерва сердца	ВДГК II степени (n=35)	ВДГК III степени (n=25)
Высокий (<3)	0	0
Хороший (4–6 баллов)	9 (Ме 6,4 [4,8–6,8])	7
Средний (7–9 баллов)	21 (Ме 9,0 [7,2–9,2])	13 (Ме 8,4 [8,4–9,2])
Удовлетворительный (10–14 баллов)	5 (Ме 12,2 [11,4–13,4])	5 (Ме 12,0 [11,6–13,2])
Низкий (>15 баллов)	0	0



**Рис. 1. Данные пробы Руфье до и после операции у детей с II степенью ВДГК**  
**Fig. 1. Ruffier's test before and after surgery in children with a II degree of VDHC**



**Рис. 2. Данные пробы Руфье до и после операции у детей с III степенью ВДГК**  
**Fig. 2. Ruffier's test before and after surgery in children with a III degree of VDHC**

пробы Руфье у пациентов с II и III степенью ВДГК до и после оперативного лечения представлена на рис. 1 и 2.

Таким образом, через 6 месяцев после оперативного лечения отмечается прирост показателей индекса Руфье и, следовательно, улучшение функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы, повышение толерантности к физической нагрузке.

Всем пациентам было проведено эхокардиографическое исследование. У пациентов с II степенью деформации грудной клетки отмечалось уменьшение частоты пролапса митрального клапана I степени на 11,4%, при III степени деформации частота пролапса митрального клапана I степени снизилась на 16,0%, что связано с нормализацией положения сердца и клапанных структур.

## ■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выявленные морфофункциональные нарушения сердечно-сосудистой системы у пациентов с ВДГК связаны с уменьшением объема грудной клетки, ротацией и сдавлением сердца. Изменение геометрии сердца приводит к нарушениям ритма, метаболическим изменениям в миокарде, дилатации правых отделов сердца, снижению показателей функциональных проб и плохой переносимости физической нагрузки. С увеличением степени деформации, а соответственно, и с усилением дислокации сердца, частота жалоб, функциональных нарушений сердечно-сосудистой системы возрастает.

Все это требует комплексного клинического обследования пациентов с ВДГК для своевременного предупреждения развития осложнений и назначения дополнительной метаболической поддержки, улучшающей функцию сердечно-сосудистой системы в предоперационном периоде. После хирургического лечения сердца, при нормализации формы грудно-реберного комплекса, занимает более физиологичное положение, что в свою очередь ведет к изменению положения клапанных структур, улучшению показателей функциональных проб, восстановлению проводимости сердечной мышцы, снижению перегрузки правых отделов сердца.

---

## ■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Hebra A. Minimally invasive repair of pectus excavatum. *J Vis Surg.* 2016;2:73. doi: 10.21037/jovs.2016.03.21.
2. Pechetov A.A. Choice of a method for correcting pectus excavatum in older patients. *Khirurgiia.* 2017;7:24–9. doi: 10.17116 / hirurgia2017724-29. (in Russian)
3. Fokin A.A. Anatomical, histologic, and genetic characteristics of congenital chest wall deformities. *Semin Thorac Cardiovasc Surg.* 2009;21(1):44–57. doi: 10.1053/j.semtcvs.2009.03.001.
4. Rudakov S.S. *Method of combined treatment for constriction-shaped deformity of the chest in children with Marfan syndrome and Marfan-like phenotype. A manual for doctors.* Moscow. 1996; 63. (in Russian)
5. Lacey H.J. Body image and its disturbances. *J Psydosdom. Res.* 1986;30:623–31.
6. Bochkarev V.S. A new method for correcting pectus excavatum deformity. *News of higher educational institutions. Volga region. Medical Sciences.* 2014;1(29):46–53.
7. Aloï I. Pectus excavatum. *Paediatr. Child Health.* 2009;19(2):132–142.
8. Fonkalsrud E.W. Open pectus excavatum repairs: changing trends, lessons learned: one surgeon's experience. *World J Surg.* 2009;33:180.
9. Jaroszewski D.E. Cardiopulmonary outcomes after the nuss procedure in pectus excavatum. *J Am Heart Assoc.* 2022;11(7):e022149. doi: 10.1161/JAHA.121.022149.
10. Walsh J. Systematic review of physiological and psychological outcomes of surgery for pectus excavatum supporting commissioning of service in the UK. *BMJ Open Respir Res.* 2023;10(1):e001665. doi: 10.1136/bmjresp-2023-001665.
11. Larionova N.N. Determination of a student's functional indicators as a factor as a factor of readiness to pass control standards in physical culture. *Academic bulletin of the Rostov branch of the Russian Customs Academy.* 2015;1(18):77–81. (in Russian)