

## ВЛИЯНИЕ УСТАНОВОЧНОГО СОДЕРЖАНИЯ ПРЕДТЕСТОВОЙ ИНСТРУКЦИИ НА РЕЗУЛЬТАТ ТЕСТА С 6-МИНУТНОЙ ХОДЬБОЙ У ШКОЛЬНИКОВ С ВРОЖДЕННЫМИ ПОРОКАМИ СЕРДЦА

Демченко Е. А., Алферова Л. С., Яковлева Е. В.,  
Помешкина С. А., Васичкина Е. С.

Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Национальный медицинский исследовательский центр имени  
В. А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской  
Федерации, Санкт-Петербург, Россия

### Контактная информация:

Демченко Елена Алексеевна,  
ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова»  
Минздрава России,  
ул. Аккуратова, д. 2, Санкт-Петербург,  
Россия, 197341.  
E-mail: demchenko\_ea@almazovcentre.ru

Статья поступила в редакцию 04.11.2024  
и принята к печати 20.11.2024

### Резюме

**Актуальность.** Тест с 6-минутной ходьбой (ТШХ) — широкодоступный инструмент оценки функционального статуса пациентов и выбора параметров физических тренировок. Пройденная дистанция является основным результатом ТШХ, однако на этот показатель влияет очень много факторов. **Цель.** Оценка влияния различных предтестовых инструкций на результат ТШХ у школьников с врожденными пороками сердца. **Материалы и методы.** 67 пациентам с оперированными врожденными пороками сердца и хронической сердечной недостаточностью (7–16 лет, 59,5 % — мальчики) проведено 2 ТШХ с разными инструкциями по выполнению. 1. Тест «Дальше» (ТД): ставилась цель пройти за 6 минут как можно большее расстояние. 2. Тест «Быстрее и дальше» (ТБД): пациенту давалась инструкция идти как можно быстрее, чтобы преодолеть за 6 минут как можно большее расстояние. Последовательность тестов была случайной. **Результаты.** Дистанция ТБД была больше, чем в ТД, у 79,2 % обследованных, составив 580 м и 505 м ( $p < 0,0001$ ), или 79 % и 69 % от должной ( $p < 0,0001$ ), в ТБД и ТД соответственно. ЧСС в первые 10 сек. после физической нагрузки у 89,6 % пациентов была выше в ТБД — 126 уд/мин, в ТД — 104 уд/мин ( $p < 0,0001$ ), или 60,2 % и 50,3 % от максимальной ЧСС. Прирост ЧСС составил 40 уд/мин и 15 уд/мин, или 31,1 % и 12,9 % резерва ЧСС в ТБД и ТД,  $p < 0,0001$ . **Заключение.** Инструкция идти «как можно быстрее, чтобы пройти как можно большее расстояние» увеличивает дистанцию ТШХ и повышает информативность теста в отношении оценки функционального состояния пациента и формирования программы физической реабилитации.

**Ключевые слова:** врожденный порок сердца, дети, сердечная недостаточность, тест с 6-минутной ходьбой, физическая активность, физическая реабилитация

Для цитирования: Демченко Е.А., Алферова Л.С., Яковлева Е.В. и др. Влияние установочного содержания предтестовой инструкции на результат теста с 6-минутной ходьбой у школьников с врожденными пороками сердца. Трансляционная медицина. 2024; 11(6): 472-482. DOI: 10.18705/2311-4495-2024-11-6-472-482. EDN: FWWZKW

# THE INFLUENCE OF THE PRE-TEST INSTRUCTION CONTENT ON THE RESULT OF THE SIX-MINUTE WALK TEST IN SCHOOLCHILDREN WITH CONGENITAL HEART DEFECTS

Elena A. Demchenko, Lyubov S. Alferova, Elena V. Yakovleva, Svetlana A. Pomeschkina, Elena S. Vasichkina

Almazov National Medical Research Centre, Saint Petersburg, Russia

## Corresponding author:

Elena A. Demchenko,  
Almazov National Medical Research Centre,  
Akkuratova str., 2, Saint Petersburg, Russia,  
197341.

E-mail: demchenko@almazovcentre.ru

Received 04 November 2024; accepted  
20 November 2024

## Abstract

**Background.** The 6-minute walk test (6MWT) is a widely used instrument for assessing the patient's functional status and selecting parameters of physical training. The distance covered in 6 minutes is the main result of 6MWT, however, this indicator is influenced by many factors: age, gender, weight, height of the patient, the methodology of the test. **Objective.** To assess the influence of various pre-test instructions on the distance value covered during the 6MWT by schoolchildren with congenital heart defects. **Material and methods.** 67 patients with corrected congenital heart defects and congestive heart failure aged 12.8 (7–16) years were included, 59.5 % were boys. Everyone underwent two 6MWT with different instructions for implementation. Test 1: the patient was given the goal to walk the maximum possible distance in 6 minutes (the “Further” test — FT). Test 2: The patient was instructed to walk as fast as possible in order to cover the maximum possible distance in 6 minutes (the “Faster and Further” test — FFT). The sequence of tests was random. **Results.** The distance covered in FFT was greater than in FT in 79.2 % of the surveyed, amounting to 505 [439; 570] meters and 580 [507; 648] meters ( $p < 0.0001$ ) or 69 [57; 79] % and 79 [70; 87] % of the required values ( $p < 0.0001$ ) respectively for FT and FFT tests. The heart rate measured in the first 10 seconds after physical activity in 89.6 % of patients was higher in FFT — 126 [110–139] BPM, in FT — 104 [92–120] BPM ( $p < 0.0001$ ) or 60.2 [53.2; 67.5] % and 50.3 [44.5; 56.7] % of the maximum calculated heart rate (220-age). The increase in heart rate was 40 [25; 48] BPM and 15 [10; 28] BPM or 31.1 [20.1; 41.7] % and 12.9 % [8.8; 22.8] of the heart rate reserve, respectively, in the FT and FFT groups,  $p < 0.0001$ . **Conclusion.** The instruction to walk “as fast as possible in order to cover as much distance as possible” increases the distance of the 6MWT by increasing the intensity of physical effort without reducing the safety of the study. This increases the informativeness of the test in assessment the patient's functional status and the formation of a physical rehabilitation program.

**Key words:** children, congenital heart disease, heart failure, physical activity, physical rehabilitation, six-minute walk test

*For citation:* Demchenko EA, Alferova LS, Yakovleva EV, et al. The influence of the pre-test instruction content on the result of the six-minute walk test in schoolchildren with congenital heart defects. *Translational Medicine*. 2024; 11(6): 472-482. (In Rus.) DOI: 10.18705/2311-4495-2024-11-6-472-482. EDN: FWWZKW

**Список сокращений:** ВПС — врожденный порок сердца, ТБД — тест «Быстрее и дальше», ТД — тест «Дальше», ТШХ — тест с 6-минутной ходьбой, ХСН — хроническая сердечная недостаточность.

### Введение

Тест с 6-минутной ходьбой (ТШХ) — это простой, безопасный, не требующий сложного оборудования и хорошо зарекомендовавший себя инструмент оценки функциональной способности к физической нагрузке у людей с различными кардиореспираторными заболеваниями [1]. В 2002 году Американское торакальное общество (ATS) разработало и опубликовало рекомендации по проведению теста [2], а в 2014 году совместно с Европейским респираторным обществом — систематический обзор [3] и технический стандарт — описание стандартной операционной процедуры проведения теста [4] для возможности сравнения результатов исследований в глобальном масштабе.

Пройденная за 6 мин. дистанция является основным результатом тестирования, имеет высокую прогностическую ценность при ряде сердечно-легочных заболеваний, может быть использована для выбора параметров физических тренировок и оценки динамики физической работоспособности пациентов [1–5]. Однако на этот показатель влияет очень много факторов, в частности, возраст, пол, вес, рост обследуемого. Кроме того, тест очень чувствителен даже к небольшим изменениям методологии его проведения, включая расположение и длину дорожек, количество проведенных тестов, использование поощрений во время тестирования [4, 6]. Стандартной процедурой считается проведение ТШХ в помещении, на твердой ровной поверхности, с использованием прямой дорожки длиной 30 м, с разметкой маршрута; тестируемому предлагается пройти за 6 мин. как можно большее расстояние, в конце каждой минуты используются типовые ободряющие фразы [4, 6].

В последние два десятилетия ТШХ все чаще применяется у детей с хроническими заболеваниями. При врожденных пороках сердца тест позволяет оценить исходный функциональный статус ребенка и его динамику в процессе реализации программы кардиореабилитации [7, 8]. Несмотря на описанные рядом авторов особенности результатов ТШХ у детей и подростков [9, 10], на сегодняшний день отсутствуют стандартизированные протоколы проведения ТШХ в педиатрии и общепринятые критерии оценки изменений его показателей при повторном тестировании, а отсутствие

национальных референсных значений ощутимо затрудняет корректную трактовку получаемых данных [11].

В отличие от тестов с навязанным извне темпом и ритмом ходьбы (в англоязычной литературе — *externally paced*), например, при проведении 6-минутного теста на тредмиле, ТШХ является тестом, при выполнении которого темп и ритм ходьбы пациент задает себе самостоятельно (*self-paced test*). При этом стандартной операционной процедурой в настоящее время не предусмотрены инструкции пациенту по скорости ходьбы, определяется только цель: пройти за 6 мин. как можно большее расстояние [4].

В публикации N. A. Weig и коллег (2013) отмечается, что влияние на результат ТШХ конкретных инструкций пациенту по выполнению теста не известно. Однако в исследовании этих авторов, в котором стандартная инструкция пройти «как можно дальше» в случайном порядке заменялась на «как можно быстрее», «в обычном темпе» или «неторопливо» (в спокойном темпе), показано, что изменение формулировки с «дальше» на «быстрее» способствовало более эффективному использованию усилий и увеличению пройденной дистанции на 41,5–66,5 м (ср. — 52,7 м),  $p < 0,001$  [12]. Стимулирование пациентов к еще более быстрому темпу ходьбы (замена «быстро» на «очень быстро», «стремительно») сопровождалось еще большим увеличением пройденной дистанции, при этом большее число лиц достигали субмаксимального уровня нагрузки, что и было целью тестирования [13].

Вполне возможно, что модификация инструкции по проведению ТШХ может привести к повышению точности и воспроизводимости теста, тем самым повысив его полезность для клинической и исследовательской практики, в том числе и у детей.

**Цель исследования:** оценка влияния различных предтестовых инструкций на размер дистанции, пройденной во время теста с 6-минутной ходьбой в группе пациентов с оперированными ВПС и хронической сердечной недостаточностью.

### Материалы и методы исследования

В исследование включено 67 пациентов с оперированными врожденными пороками сердца и хронической сердечной недостаточностью, которые проходили обследование и лечение в отделении детской кардиологии и медицинской реабилитации ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России с января 2022 года по июль 2024 года.

*Критерии включения пациентов в исследование:*

- коды диагнозов в соответствии с МКБ-10: Q 20–28;
- возраст: 7–17 лет включительно;
- пол: мужской и женский;
- наличие ХСН 1–3 ФК;
- стабильное течение ХСН;
- оптимальная медикаментозная терапия не менее 4 недель до включения;
- оперативное лечение ВПС не ранее, чем за 12 недель до включения;
- способность к выполнению теста с 6-минутной ходьбой;
- подписание информированного согласия на участие в исследовании пациентом и/или его законным представителем.

*Критерии невключения пациента в исследование:*

- ХСН 4 ФК;
- уровень гемоглобина менее 110 г/л;
- наличие сопутствующих заболеваний (психических расстройств, тяжелой неврологической патологии или др.), препятствующих выполнению теста с физической нагрузкой;
- наличие противопоказаний для проведения теста с физической нагрузкой;
- отказ пациента или законного представителя от участия в исследовании.

Средний возраст пациентов составил 12,8 года (от 7 до 16 лет). В возрасте от 7 до 10 лет включительно находились 15 детей, от 11 до 14 лет — 32 ребенка, от 15 до 17 лет — 20 человек.

Среди включенных в исследование преобладали мальчики (59,5 %).

У всех пациентов проведен сбор и анализ жалоб, данных анамнеза, оценен клинический статус с определением класса ХСН, выполнены лабораторное и инструментальные обследования (эхокардиография, электрокардиография, суточное мониторирование электрокардиограммы, нагрузочные пробы).

В структуре ВПС преобладали: изолированная коарктация аорты (16 человек, 24 %), клапанные пороки (14 человек, 21 %), транспозиция магистральных артерий (5 человек, 7,5 %), изолированные дефекты перегородок (4 человека, 6 %), атриовентрикулярная коммуникация (3 человека, 4,5 %), тотальный аномальный дренаж легочных вен (3 человека, 4,5 %), тетрада Фалло (2 человека, 3 %). Кроме того, в группу исследования были включены 10 пациентов (15 %) с унивентрикулярной гемодинамикой (из них 6 пациентов, или 9 % с синдромом гипоплазии левых отделов сердца)

и 10 больных (15 %) со сложными и сочетанными ВПС. У 5 человек (7,5 %) имелись сердечные аномалии в структуре генетического синдрома.

Количество перенесенных кардиохирургических вмешательств варьировало от 1 до 5. На момент последнего этапа хирургической коррекции — радикальной процедура была признана у 57 (85,1 %) пациентов, носила паллиативный характер — в 10 (14,9 %) случаях.

Средний возраст на момент последнего этапа кардиохирургического вмешательства составил 7,4 месяца (0–186 месяцев). Длительность наблюдения от момента завершающей операции до момента настоящего обследования составила 91 месяц (4–281 месяц).

Распределение функционального класса ХСН по NYHA среди пациентов было следующим: I ФК — 19 человек (28,4 %), II ФК — 43 (64,1 %), III ФК — 5 (7,5 %).

Среди осложнений наиболее часто наблюдались нарушения сердечного ритма (21 пациент, 31 %) и проводимости (17 пациентов, 25 %; в т. ч. с искусственными водителями ритма — 7 пациентов, 10,4 %), ТЭЛА и тромбозы других локализаций (5 пациентов, 7,5 %).

У большинства пациентов (65 человек, 97 %) имели место сопутствующие заболевания, в том числе множественные (с вовлечением более 3 систем) у 20 детей (30 %).

В структуре жалоб преобладали утомляемость (24 пациента, 36 %), одышка (17 пациентов, 25,3 %), снижение толерантности к физической нагрузке (12 пациентов, 17,9 %), боли в сердце (9 пациентов, 13,4 %), пресинкопе (9 пациентов, 13,4 %), сердцебиения (8 пациентов, 11,9 %).

Всем пациентам проведена оценка физического развития центильным методом и методом сигмальных отклонений. У 41 человека (61,2 %) отмечены средние показатели физического развития, у 2 (3 %) — очень низкое физическое развитие, у 1 (1,5 %) — ниже среднего, у 10 (14,9 %) — выше среднего, у 6 (9 %) — высокое, у 7 (10,4 %) — очень высокое. Среди всей группы пациентов средний рост составил 154 см, вес 43 кг, индекс массы тела — 17 кг/м<sup>2</sup> с выраженной вариабельностью центильных величин. Дефицит веса был выявлен в 2 случаях (3 %), избыток массы тела — в 5 (7,5 %), ожирение — в 11 случаях (16,4 %). Задержка роста не наблюдалась ни у одного из пациентов. В 10 случаях (14,9 %) была выявлена высокорослость.

По результатам лабораторного исследования у 28 пациентов обнаружено повышение уровня лактата в покое (от 2,3 до 3,8 ммоль/л), у 9 — КФК-МВ (от 27 до 62,3 Ед/л), умеренное повыше-

ние уровня тропонина I (от 0,005 до 0,008 нг/мл) отмечено у 4 пациентов, значение NTproBNP (от 126 до 1009 пг/мл) было повышено у 8 детей.

По данным ЭхоКГ: снижение сократительной функции ЛЖ отмечено у 7 пациентов (ФВ от 37 до 53 % по Симпсон), снижение FAC не зарегистрировано.

В соответствии с целью данного исследования, каждому пациенту было проведено 2 теста с физической нагрузкой — 6-минутной ходьбой с разными инструкциями по выполнению. Тест 1: пациенту ставилась цель пройти максимально возможное расстояние за 6 мин. (условное название теста «Дальше» — ТД). Тест 2: пациенту давалась инструкция идти как можно быстрее, чтобы пройти максимально возможное расстояние за 6 мин. (условное название теста «Быстрее и Дальше» — ТБД). Последовательность тестов (ТД или ТБД) определялась случайным образом; 33 человека в качестве первого теста выполнили ТД, 34 человека, соответственно, — ТБД. Тесты выполнялись одним и тем же врачом, в 2 последовательных дня, в одно и то же время (с 11:00 до 11:30), не ранее, чем через 2 часа после приема пищи. Всем пациентам объяснялось, что нельзя бежать или перемещаться перебежками; в случае необходимости (выраженная одышка, головокружение, непреодолимая сла-

бость, предобморочное состояние и т. д.), можно замедлить темп ходьбы или остановиться, прислониться к стене и отдохнуть, сколько потребуется для улучшения самочувствия, после чего возможно продолжить движение.

Перед началом теста проверялось, одет ли пациент в удобную одежду и обувь; всем пациентам проводилось измерение АД, частоты пульса, сатурации. Во время теста осуществлялся непрерывный мониторинг сатурации, самочувствия пациента, появления внешних признаков плохой переносимости физической нагрузки. Врач-исследователь сопровождал пациента, находясь на расстоянии 1–2 м за ним, чтобы не форсировать темп движения, и в конце каждой минуты произносил спокойным тоном стандартные поощрительно-мотивационные фразы, например: «Молодец, хорошо, продолжай».

Интенсивность симптомов, лимитирующих выполнение физической нагрузки, оценивалась по модифицированной шкале Борга [14, 15].

Пройденная за 6 мин. дистанция оценивалась (1) в абсолютных величинах (метры) — фактически пройденное расстояние с точностью до 1 м, и (2) в относительных (%) — процент соответствия должной величине. Нормативные (должные) показатели ТШХ рассчитывались персонально

**Таблица 1. Оценка интенсивности физической нагрузки в зависимости от прироста ЧСС при проведении теста с 6-минутной ходьбой**

**Table 1. Assessment of the physical activity intensity depending on the increase in heart rate during the 6-minute walk test**

| Интенсивность нагрузки                     | Прирост ЧСС                     |                           |                         |
|--------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|-------------------------|
|                                            | абсолютное значение*,<br>уд/мин | % резерва ЧСС<br>[19, 20] | % ЧСС макс.<br>[19, 20] |
| Очень низкоинтенсивная<br>(очень легкая)   | < 20                            | < 20                      | < 35                    |
| Низкоинтенсивная<br>(легкая)               | 20–29                           | 20–39                     | 35–54                   |
| Среднеинтенсивная<br>(умеренная)           | 30–59                           | 40–59                     | 55–69                   |
| Высокоинтенсивная<br>(тяжелая)             | 60–99                           | 60–84                     | 70–89                   |
| Очень высокоинтенсивная (очень<br>тяжелая) | ≥ 100                           | 85–99                     | 90–99                   |
| Максимальная                               | ≥ 100                           | ≥ 100                     | ≥ 100                   |

Примечание: ЧСС — частота сердечных сокращений.

\* — прирост ЧСС на 10 уд/мин приравнивался к повышению потребления кислорода на 3,5 мл/мин/кг (1 MET).

для каждого обследуемого по формуле для лиц младше 18 лет [16]:

$$\text{ТШХ} = [4,63 \times \text{рост (см)}] - [3,53 \times \text{вес (кг)}] + [10,42 \times \text{возраст (лет)}] + 56,32 \text{ (м)}.$$

Интенсивность выполненной нагрузки определялась по выраженности адаптационного ответа ЧСС на физическое напряжение:

прирост ЧСС = ЧСС в первые 10 сек. после прекращения теста  $\times 6$  – ЧСС покоя. Прирост ЧСС выражался как в абсолютных величинах (уд/мин), так и в относительных — в % от максимальной расчетной ЧСС и резерва ЧСС. Максимальная расчетная ЧСС (ЧСС макс.) определялась по формуле Haskell & Fox [17]: ЧСС макс =  $[220 - \text{возраст (лет)}]$ . Резерв ЧСС определялся по формуле Karvonen [18]: ЧСС резерв =  $[220 - \text{возраст (лет)} - \text{ЧСС покоя (уд/мин)}]$ .

Трактовка адаптационного ответа ЧСС на физическую нагрузку в контексте оценки ее интенсивности представлена в таблице 1.

Для оценки безопасности тестирования использовались следующие критерии: во время выполнения теста и в восстановительном периоде отсутствовали внешние признаки плохой переносимости физической нагрузки (бледность, синюшность или ярко выраженное покраснение кожных покровов, гипергидроз, нарушение ориентации или координации движений и др.); отсутствовал патофизиологический гемодинамический ответ на физическую нагрузку (снижение систолического АД относительно исходного  $> 10$  мм рт. ст.; урежение пульса относительно исходного); интенсивность симптомов, спровоцированных физической нагрузкой, — не превышала 5 баллов по модифицированной шкале Борга и не нарастала после пре-

кращения теста; отсутствовали такие нежелательные явления, как десатурация на 5 % относительно исходного уровня, синкопальное состояние; во время тестирования, включая 10-минутный период восстановления, или отсроченно (до 24 ч.) не регистрировались нарушения ритма или проводимости сердца, отсутствовавшие до тестирования, не регистрировались дестабилизация ХСН, тромбоэмболия легочной артерии, летальный исход.

### Статистический анализ

Статистическую обработку данных проводили с использованием программы Statistica 10 (StatSoft Inc., Талса, Оклахома, США). Нормальность распределения данных определялась с помощью критерия Колмогорова-Смирнова. Наличие статистически значимых различий между группами определяли с помощью U-критерия Манна-Уитни. Различия при  $p < 0,05$  считались достоверными. Для представления переменных использовалась медиана (Me) и процентиля [Q1 = 25-й процентиль, Q3 = 75-й процентиль].

### Результаты

Медиана пройденного расстояния составила 580 [507; 648] м при выполнении ТБД и 505 [439; 570] м при выполнении ТД ( $p < 0,0001$ ), что соответствовало 79 [70; 87] % и 69 [57; 79] % от должных величин для тестов ТБД и ТД соответственно,  $p < 0,0001$  (рис. 1).

Пройденное расстояние в ТБД было больше, чем в ТД, в 79,2 % случаев.

ЧСС в покое перед проведением обоих тестов не различалась: 88 [75; 96] уд/мин и 86 [77; 97] в тестах ТБД и ТД соответственно.

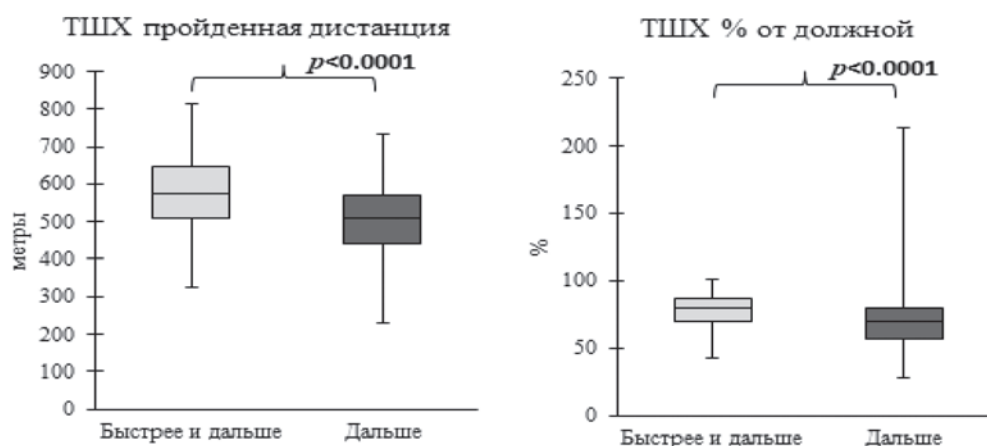


Рис. 1. Дистанция, пройденная в тесте с 6-минутной ходьбой, в зависимости от предтестовой инструкции

Figure 1. The distance covered in the 6-minute walk test, depending on the pre-test instructions

ЧСС, измеренная в первые 10 сек. после физической нагрузки, у 89,6 % обследованных оказалась больше при проведении ТБД. В абсолютных единицах измерения эта ЧСС составила 126 [110; 139] уд/мин и 104 [92; 120] уд/мин ( $p < 0,0001$ ), в относительных — 60,2 [53,2; 67,5] % и 50,3 [44,5; 56,7] % от максимальной расчетной ЧСС соответственно в тестах ТБД и ТД,  $p < 0,0001$  (рис. 2).

Субмаксимальная ЧСС ( $\geq 75$  % от максимальной расчетной ЧСС) достигнута только у 7 пациентов (10,5 %) и только в тесте ТБД. Еще у 6 человек в тесте ТБД была достигнута ЧСС, близкая к субмаксимальной (70,0–74,9 % от максимальной расчетной). В тесте ТД только у 1 пациента зафиксирована ЧСС, превышающая 70 % от ЧСС макс — 72,8 %.

Прирост ЧСС составил в абсолютных величинах 40 [25; 48] уд/мин и 15 [10; 28] уд/мин

( $p < 0,0001$ ), в относительных — 31,1 [20,1; 41,7] % и 12,9 [8,8; 22,8] % от резерва ЧСС ( $p < 0,0001$ ), соответственно в группах ТБД и ТД.

Описанная связь пройденной за 6 мин. дистанции и адаптационного ответа ЧСС на физическую нагрузку с предтестовой инструкцией не зависели от возраста обследованных (табл. 2).

Динамика сатурации в обеих группах не различалась: среднее значение  $SpO_2$  исходно составило 98 %, на пике нагрузки — 97 %.

Лимитирующие выполнение физической нагрузки симптомы отметили 49 обследованных (73,1 %). Наиболее частыми жалобами были одышка (34 чел. — 69,4 %) и общая усталость, слабость (11 чел. — 22,5 %). Медиана интенсивности симптомов составила 2,9 балла по модифицированной шкале Борга.

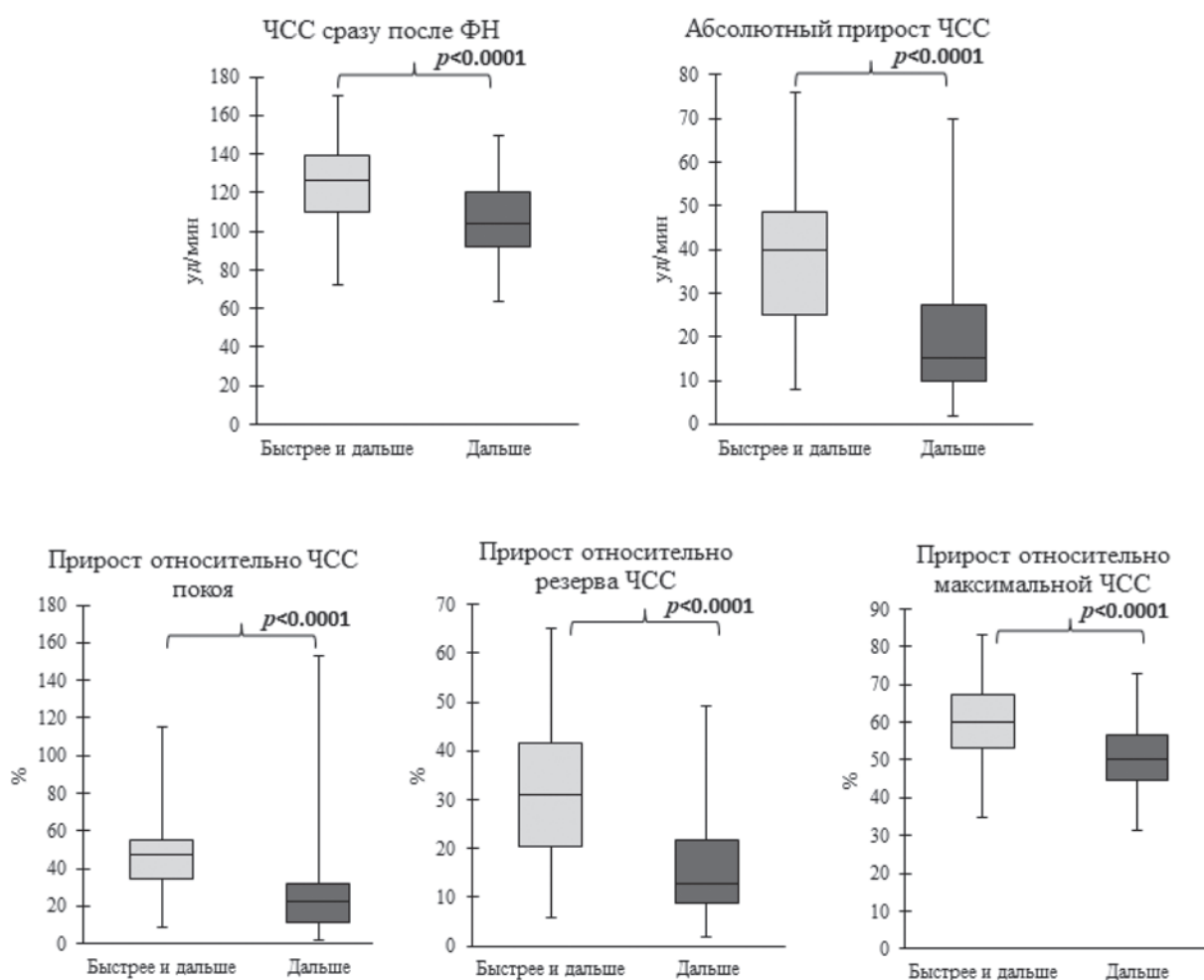


Рис. 2. Частота сердечных сокращений в первые 10 сек. после прекращения теста и показатели прироста ЧСС в абсолютных и относительных единицах измерения в зависимости от предтестовой инструкции

Figure 2. Heart rate in the first 10 seconds after the test finishing and heart rate increase in absolute and relative units of measurement, depending on the pre-test instructions

**Таблица 2. Показатели теста с 6-минутной ходьбой в зависимости от предтестовой инструкции и возраста обследованных**

**Table 2. The 6-minute walk test parameters depending on the pre-test instructions and the age of the examined**

| Показатель ТШХ                                  | 7–10 лет (n = 15)          |                            |        | 11–14 лет (n = 32)         |                            |          | 15–17 лет (n = 20)         |                            |        |
|-------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|--------|----------------------------|----------------------------|----------|----------------------------|----------------------------|--------|
|                                                 | Быстрее и дальше           | Дальше                     | p      | Быстрее и дальше           | Дальше                     | p        | Быстрее и дальше           | Дальше                     | p      |
| Пройденная дистанция, м                         | 518,0<br>[436,5;<br>578,5] | 495,0<br>[417,5;<br>545,0] |        | 580,0<br>[526,0;<br>651,0] | 540,0<br>[443,7;<br>585,0] | 0,0038   | 613,5<br>[483,7;<br>703,5] | 490,0<br>[448,9;<br>520,6] | 0,0105 |
| Пройденная дистанция, % от должной              | 80,5<br>[73,0;<br>86,2]    | 73,8<br>[66,6;<br>83,8]    |        | 78,0<br>[70,5;<br>87,0]    | 70,3<br>[59,0;<br>77,2]    | 0,0039   | 75,8<br>[62,0;<br>88,7]    | 62,5<br>[55,8;<br>69,6]    | 0,0468 |
| ЧСС сразу после ФН, уд/мин                      | 123,0<br>[110,0;<br>133,0] | 111,5<br>[101,7;<br>120,0] |        | 126,0<br>[114,0;<br>140,5] | 102,0<br>[92,0;<br>116,0]  | 0,0002   | 128,0<br>[108,2;<br>138,5] | 105,5<br>[87,0;<br>119,2]  | 0,0034 |
| Абсолютный прирост ЧСС, уд/мин                  | 33,5<br>[24,7;<br>46,2]    | 16,5<br>[11,0;<br>34,0]    | 0,0478 | 42,0<br>[30,5;<br>53,5]    | 20,0<br>[13,0;<br>28,0]    | < 0,0001 | 38,5<br>[23,2;<br>48,0]    | 11,5<br>[9,0;<br>28,0]     | 0,0027 |
| Прирост относительно ЧСС покоя                  | 39,0<br>[29,0;<br>46,0]    | 19,7<br>[11,2;<br>27,1]    | 0,0139 | 51,0<br>[43,0;<br>64,0]    | 24,0<br>[17,1;<br>32,1]    | < 0,0001 | 45,0<br>[32,2;<br>53,2]    | 15,5<br>[9,9;<br>30,0]     | 0,0005 |
| Прирост относительно резерва ЧСС                | 26,5<br>[20,0;<br>35,2]    | 14,3<br>[9,9;<br>28,1]     | 0,0457 | 34,0<br>[21,5;<br>42,5]    | 14,8<br>[10,5;<br>23,5]    | < 0,0001 | 32,0<br>[18,7;<br>42,2]    | 10,0<br>[7,6;<br>22,6]     | 0,0026 |
| Прирост относительно максимальной расчетной ЧСС | 58,0<br>[52,0;<br>63,0]    | 52,5<br>[47,6;<br>56,5]    | 0,0456 | 60,3<br>[55,3;<br>67,8]    | 49,0<br>[44,2;<br>56,2]    | < 0,0001 | 62,6<br>[52,9;<br>67,9]    | 51,6<br>[42,4;<br>58,5]    | 0,0034 |

Примечание: ТШХ — тест с 6-минутной ходьбой; ФН — физическая нагрузка; ЧСС — частота сердечных сокращений.

Ни у кого из включенных в исследование не было выявлено внешних признаков плохой переносимости физической нагрузки, десатурации более 5 % относительно уровня покоя, снижения систолического АД относительно исходного > 10 мм рт. ст., частота пульса сразу после прекращения теста у всех была выше исходной (в покое); интенсивность лимитирующих симптомов не превышала 5 баллов по модифицированной шкале Борга; отсутствовали (при выполнении теста, в восстановительном периоде и в течение 24 ч. после него) такие нежелательные явления, как синкопальное состояние, вновь развившиеся нарушения ритма и проводимости сердца, тромбоэмболия легочной артерии, дестабилизация ХСН, летальный исход.

### Обсуждение

Результаты проведенного исследования показали, что предтестовая инструкция «идти как можно быстрее, чтобы пройти за 6 минут как можно большее расстояние» по сравнению с инструкцией «пройти за 6 минут как можно большее расстояние» привела к увеличению пройденной дистанции у 79,2 % обследованных вне зависимости от их возраста; прирост составил 75 м и был статистически высоко достоверен ( $p < 0,0001$ ). Этот результат согласуется с данными других авторов [12, 13], в исследования которых включались взрослые пациенты; аналогичных работ в педиатрии нами не найдено.

Можно предположить, что инструкция идти «как можно быстрее, чтобы пройти как можно

большее расстояние» воспринимается детьми и подростками как более конкретная и понятная установка, которая формулирует не только цель (пройти больше/дальше, что не вполне осязаемо при челночной ходьбе), но и ясное средство достижения этой цели («быстрее»), что облегчает выполнение полученного задания.

Закономерно, что пройденная дистанция относительно должной величины также оказалась выше в тесте ТБД (79 %) по сравнению с ТД (69 %), однако следует подчеркнуть то, что вне зависимости от инструкции она была значимо ниже должной. Это свидетельствует о сниженной физической работоспособности обследованных. Малоподвижный образ жизни является одной из причин сниженной физической работоспособности детей с корригированными пороками сердца [22], что подчеркивает актуальность их включения в программы физической реабилитации.

ЧСС, измеренная в первые 10 сек. после физической нагрузки, в тесте ТБД у 89,6 % обследованных оказалась выше, чем в тесте ТД ( $p < 0,0001$ ). Субмаксимальная или близкая к субмаксимальной ЧСС (более 70 % от максимальной расчетной ЧСС) достигнута в 13 тестах ТБД (19,4 %) и лишь в 1 тесте ТД (1,5 %), при этом ЧСС  $\geq 75$  % от максимальной расчетной ЧСС достигнута только в тесте ТБД.

В тесте ТД максимальная зарегистрированная ЧСС ( $< 55$  % от максимальной расчетной ЧСС) и величина прироста ЧСС ( $< 20$  уд/мин относительно ЧСС покоя) соответствовали низкой интенсивности выполненной физической нагрузки (табл. 1). С учетом клинических данных и показателей теста ТБД, этот результат ТД не отражал истинную толерантность пациента к физической нагрузке и не мог быть использован для назначения параметров физической тренировки с целью повышения физической работоспособности, то есть ТД являлся малоинформативным.

В тесте ТБД максимальная зарегистрированная ЧСС (60,2 % от максимальной расчетной) и величина прироста ЧСС (+40 уд/мин относительно ЧСС покоя) соответствовали физической нагрузке средней интенсивности (табл. 1). Таким образом, интенсивность нагрузки, выполненной в тесте ТБД, была выше, чем в тесте ТД (ориентировочно на  $\geq 2$  МЕТ). Это свидетельствует о большей информативности теста ТБД, как соответствующего цели нагрузочного тестирования.

Тест с 6-минутной ходьбой — функциональный тест, концептуально выполняемый на субмаксимальном уровне с целью оценки толерантности к физической нагрузке и обоснованного выбора

параметров физической тренировки [23]. При невозможности достижения субмаксимальной ЧСС, выполняется симптом-лимитированный тест; учитывается характер и тяжесть лимитирующих симптомов, фиксируется достигнутая ЧСС, ассоциированная с их развитием; эти данные позволяют сформировать программу физической реабилитации и определить параметры физической тренировки. То есть при проведении ТШХ интенсивность физического усилия (скорость ходьбы) должна быть такой, чтобы привести либо к развитию лимитирующих симптомов (требующих снижения интенсивности или ограничивающих ее увеличение), либо к достижению ЧСС  $\geq 75$  % от максимальной ЧСС. Если один и тот же пациент в одинаковых условиях выполняет 2 теста и демонстрирует при этом разную толерантность к физической нагрузке, адекватным для оценки функционального статуса считается тест, в котором толерантность к физической нагрузке оказалась выше (в контексте данного исследования это тест ТБД).

Инструкция «идти как можно быстрее», приводя к интенсификации физического усилия, потенциально может повысить риск неблагоприятных событий во время исследования, однако в нашей работе не было зафиксировано ни одного нежелательного явления, связанного с выполнением нагрузочного теста ТБД.

### Заключение

Проведенное исследование выявило сниженную физическую работоспособность детей и подростков школьного возраста с оперированными врожденными пороками сердца и стабильным течением хронической сердечной недостаточности преимущественно (92,5 %) I–II функционального класса (NYHA), что подчеркивает актуальность их включения в программы физической реабилитации.

Установочное содержание инструкции пациентам перед выполнением теста с 6-минутной ходьбой отчетливо влияет на его результат — пройденную дистанцию. По сравнению со стандартной инструкцией — установкой «пройти за 6 минут как можно большее расстояние», инструкция идти «как можно быстрее, чтобы пройти как можно большее расстояние» увеличивает дистанцию 6-минутной ходьбы за счет увеличения интенсивности физического усилия без снижения безопасности исследования. Это повышает информативность нагрузочного тестирования в отношении оценки функционального состояния пациента и формирования программы физической реабилитации.

**Ограничения исследования**

Максимальной ЧСС, достигнутой при выполнении теста, считалась ЧСС, измеренная после прекращения физической нагрузки, в раннем восстановительном периоде (первые 10 сек.).

**Конфликт интересов / Conflict of interest**

Авторы заявили об отсутствии потенциального конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.

**Финансирование / Funding**

Исследование выполнено в рамках государственного задания № 123021000148-2 «Разработка научно-обоснованных норм недельной двигательной активности у детей школьного возраста с хронической сердечной недостаточностью и тяжелыми врожденными пороками сердца». / The study was conducted as part of the state assignment No. 123021000148-2 "Development of scientifically-based standards of weekly physical activity in school-age children with chronic heart failure and severe congenital heart defects".

**Список литературы / References**

1. Ubuane PO, Animasahun BA, Ajiboye OA, et al. The historical evolution of the six-minute walk test as a measure of functional exercise capacity: a narrative review. *J Xiangya Med.* 2018; 3:40. DOI: 10.21037/jxym.2018.11.01.
2. ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002; 1; 166:1; 111–7. DOI: 10.1164/ajrcrm.166.1.atl102. Erratum in: *Am J Respir Crit Care Med.* 2016; 15; 193:10; 1185. DOI: 10.1164/rccm.19310erratum.
3. Singh SJ, Puhan MA, Andrianopoulos V, et al. An official systematic review of the European Respiratory Society/American Thoracic Society: measurement properties of field walking tests in chronic respiratory disease. *Eur Respir J.* 2014; 44:6; 1447–1478. DOI: 10.1183/09031936.00150414.
4. Holland AE, Spruit MA, Troosters T, et al. An official European Respiratory Society/American Thoracic Society technical standard: field walking tests in chronic respiratory disease. *Eur Respir J.* 2014; 44:6; 1428–1446. DOI: 10.1183/09031936.00150314.
5. Bellet RN, Francis RL, Jacob JS, et al. Repeated six-minute walk tests for outcome measurement and exercise prescription in outpatient cardiac rehabilitation: a longitudinal study. *Arch Phys Med Rehabil.* 2011; 92:9; 1388–1394. DOI: 10.1016/j.apmr.2011.04.014.
6. Agarwala P, Salzman SH. Six-Minute Walk Test: Clinical Role, Technique, Coding, and Reimbursement. *Chest.* 2020; 157:3; 603–611. DOI: 10.1016/j.chest.2019.10.014.
7. Moalla W, Gauthier R, Maingourd Y, Ahmaidi S. Six-minute walking test to assess exercise tolerance and cardiorespiratory responses during training program in children with congenital heart disease. *Int J Sports Med.* 2005; 26:9; 756–62. DOI: 10.1055/s-2004-830558.
8. Schaan CW, Macedo ACP, Sbruzzi G, et al. Functional Capacity in Congenital Heart Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Arq Bras Cardiol.* 2017; 109:4; 357–367. DOI:10.5935/abc.20170125.
9. Geiger R, Strasak A, Treml B, et al. Six-minute walk test in children and adolescents. *J Pediatr.* 2007; 150:4; 395–9, 399.e1–2. DOI: 10.1016/j.jpeds.2006.12.052.
10. Keil PMR, Scalco JC, Wamosy RMG, Schivinski CIS. Reproducibility of physiological variables of the six-minute walk test in healthy students. *Rev Paul Pediatr.* 2021; 39:e2019326. DOI:10.1590/1984-0462/2021/39/2019326.
11. Cacau LA, de Santana-Filho VJ, Maynard LG, et al. Reference values for the six-minute walk test in healthy children and adolescents: a systematic review. *Braz J Cardiovasc Surg.* 2016; 31:5; 381–388. DOI: 10.5935/1678-9741.20160081.
12. Weir NA, Brown AW, Shlobin OA, et al. The influence of alternative instruction on 6-min walk test distance. *Chest.* 2013; 144:6; 1900–1905. DOI: 10.1378/chest.13-0287.
13. Nathan SD, Brown AW, Weir NA. Response. *Chest.* 2014; 145:6; 1440–1441. DOI: 10.1378/chest.14-0720.
14. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise.* 1982; 14:5; 377–381.
15. Erratum: ATS Statement: Guidelines for the Six-Minute Walk Test. *Am J Respir Crit Care Med.* 2016; 15:193:10; 1185. DOI: 10.1164/rccm.19310erratum. Erratum for: *Am J Respir Crit Care Med.* 2002; 1; 166:1; 111–7. DOI: 10.1164/ajrcrm.166.1.atl102.
16. Mylius CF, Paap D, Takken T. Reference value for the 6-minute walk test in children and adolescents: a systematic review. *Expert Review of Respiratory Medicine.* 2016; 10:12; 1335–1352. DOI: 10.1080/17476348.2016.1258305.
17. Fox SM, 3rd, Naughton JP, Haskell WL. Physical activity and the prevention of coronary heart disease. *Ann Clin Res.* 1971; 3:6; 404–32.
18. Karvonen J, Vuorimaa T. Heart rate and exercise intensity during sports activities. Practical application. *Sports Med.* 1988; 5:5; 303–11. DOI: 10.2165/00007256-198805050-00002.
19. Mezzani A, Hamm LF, Jones AM, et al. Aerobic Exercise Intensity Assessment and Prescription in Cardiac Rehabilitation. A Joint Position Statement of the European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation, the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation, and the Canadian Association of Cardiac Rehabilitation. *Eur J Prev Cardiol.* 2013; 20:3; 442–67. DOI:10.1177/2047487312460484.

20. Hansen D, Dendale P, Coninx K, et al. The European Association of Preventive Cardiology Exercise Prescription in Everyday Practice and Rehabilitative Training (EXPERT) tool: A digital training and decision support system for optimized exercise prescription in cardiovascular disease. Concept, definitions and construction methodology. *Eur J Prev Cardiol.* 2017; 24:10; 1017–1031. DOI: 10.1177/2047487317702042.

21. Functional Tests in Cardiology / D. M. Aronov, V. P. Lupanov. 3rd ed., revised and supplemented. Moscow: MEDpress-Inform, 2007. 326 pages: illustrations, tables; 21 cm. In Russian [Функциональные пробы в кардиологии / Д. М. Аронов, В. П. Лупанов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: МЕДпресс-информ, 2007. 326 с.: ил., табл.; 21 см].

22. Pomeshkina SA, Berezina AV, Vershinina TL, et al. Physical performance and physical activity of children with corrected congenital heart defects. *Translyatsionnaya medicina=Translational Medicine.* 2024; 11:2; 148–156. In Russian [Помешкина С.А., Березина А.В., Вершинина Т.Л. и др. Физическая активность и физическая работоспособность детей с корригированными врожденными пороками сердца. Трансляционная медицина. 2024; 11:2; 148–156]. DOI: 10.18705/2311-4495-2024-11-2-148-156.

23. Adnan R, Mckellar S, Appukutty M, et al. Efficacy of Six-Minute Walk Test On Cardiac Rehabilitation Program. *Aust. J. Basic & Appl. Sci.* 2011; 5:9; 1740–1746.

#### Информация об авторах:

Демченко Елена Алексеевна, д.м.н., главный научный сотрудник НИЛ реабилитации Института сердца и сосудов, ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России;

Алферова Любовь Сергеевна, младший научный сотрудник НИЛ реабилитации Института сердца и сосудов, ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России;

Яковлева Елена Владимировна, врач — детский кардиолог отделения детской кардиологии и медицинской реабилитации Клиники Института перинатологии и педиатрии, ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России;

Помешкина Светлана Александровна, д.м.н., ведущий научный сотрудник НИЛ реабилитации Института сердца и сосудов, ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России;

Васичкина Елена Сергеевна, д.м.н., руководитель НИЦ неизвестных, редких и генетически обусловленных заболеваний НЦМУ «Центр персонализированной медицины» ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России, профессор кафедры перинатологии и педиатрии лечебного факультета Института медицинского образования ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России.

#### Authors information:

Elena A. Demchenko, PhD, MD, Chief Researcher, Research Laboratory of Rehabilitation, Heart and Vascular Institute, Almazov National Medical Research Centre;

Lyubov S. Alferova, Junior Researcher of the Research Laboratory of Rehabilitation of the Heart and Vascular Institute, Almazov National Medical Research Centre;

Elena V. Yakovleva, pediatric cardiologist, Department of Pediatric Cardiology and Medical Rehabilitation, Clinic of the Institute of Perinatology and Pediatrics, Almazov National Medical Research Centre;

Svetlana A. Pomeshkina, PhD, MD, leading researcher, Research laboratory of Rehabilitation, Heart and Vascular Institute, Almazov National Medical Research Centre;

Elena S. Vasichkina, PhD, MD, Head of Scientific Research Centre for Unknown, Rare and Genetically Caused Diseases of the World-Class Research Centre for Personalized Medicine, Almazov National Medical Research Centre.