



Довгальук Ю.В.✉, Чистякова Ю.В., Основина И.П., Золотарева А.А.
Ивановский государственный медицинский университет, Иваново, Россия

Роль различных нагрузочных тестов в разработке программ физической реабилитации третьего этапа пациентов после острого инфаркта миокарда

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: авторы внесли равный вклад в создание статьи.

Финансирование: исследование выполнено в рамках государственного задания для ФГБОУ ВО «Ивановский ГМУ» – «Дистанционный кардиомониторинг в медицинской реабилитации» (SLFW-2024-0022), номер государственного учета в ЕГИСУ НИОКТР 124031100012-3.

Подана: 02.09.2024

Принята: 17.10.2024

Контакты: adm@ivgmu.ru

Резюме

Введение. Физические нагрузки – ключевой аспект кардиологической реабилитации. Общим требованием при проведении физических тренировок, обеспечивающим их безопасность и эффективность, является адекватность физических нагрузок функциональному состоянию пациента. Для объективной оценки толерантности к физической нагрузке у кардиологических пациентов проводятся тесты с субмаксимальной физической нагрузкой. Однако в связи с наличием противопоказаний к проведению данных тестов у ряда пациентов по-прежнему остается актуальным поиск более простых и доступных объективных инструментов оценки толерантности к физической нагрузке.

Цель. Провести сравнительный анализ результатов различных методов оценки толерантности к физической нагрузке (тест шестиминутной ходьбы, 1-минутный тест sit-to-stand, кардиопульмональный нагрузочный тест) у пациентов, перенесших острый инфаркт миокарда и поступивших на 3-й этап кардиореабилитации.

Материалы и методы. Выполнено контролируемое (сравнительное) проспективное нерандомизированное когортное клиническое исследование.

Всего было обследовано 30 пациентов в возрасте от 42 до 72 лет (медиана – 53 года), в том числе 5 женщин (16,7%) и 25 мужчин (83,3%), которые поступили из первичных сосудистых центров на 3-й этап кардиореабилитации в клинику Ивановского государственного медицинского университета в 2023–2024 гг.

Всем пациентам с целью определения толерантности к физической нагрузке проводился тест шестиминутной ходьбы, 1-минутный тест sit-to-stand, кардиопульмональный нагрузочный тест.

Результаты. Сравнительный анализ результатов физических тестов показал наибольший прирост ЧСС и САД в ответ на нагрузку при выполнении кардиопульмонального нагрузочного теста. При этом большинство пациентов субъективно оценивали нагрузку как более тяжелую в сравнении с другими тестами. Наименее выраженная реакция сердечно-сосудистой системы отмечалась при проведении теста шестиминутной ходьбы. В основном пациенты оценивали нагрузку как более

легкую по сравнению с кардиопульмональным нагрузочным тестом и 1-минутным тестом sit-to-stand. При сопоставлении результатов трех тестов было установлено, что пациенты с низким уровнем толерантности к физической нагрузке по данным кардиопульмонального нагрузочного теста, по сравнению с пациентами со средней и высокой толерантностью к физической нагрузке, выполняли меньшее количество циклов при 1-минутном тесте и проходили меньшую дистанцию по тесту шестиминутной ходьбы.

Заключение. Результаты кардиопульмонального нагрузочного теста были сопоставимы с результатами теста шестиминутной ходьбы и 1-минутного теста sit-to-stand, в связи с чем данные тесты могут использоваться в оценке толерантности к физической нагрузке у кардиологических пациентов как альтернатива тестам с субмаксимальной нагрузкой при наличии противопоказаний к их проведению. При этом 1-минутный тест sit-to-stand по степени выраженности реакции сердечно-сосудистой системы на нагрузку наиболее приближен к кардиопульмональному нагрузочному тесту.

Ключевые слова: физические нагрузки, кардиореабилитация, тесты с физической нагрузкой, тест шестиминутной ходьбы, 1-минутный тест sit-to-stand, кардиопульмональное нагрузочное тестирование, толерантность к физической нагрузке

Dovgalyuk Yu.✉, Chistyakova Yu., Osnovina I., Zolotareva A.
Ivanovo State Medical University, Ivanovo, Russia

The Role of Various Stress Tests in the Development of Physical Rehabilitation Programs for Stage 3 Patients after Acute Myocardial Infarction

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: all authors contributed equally to the article.

Funding. The study was performed within the framework of the state assignment for FGBOU VO Ivanovo State Medical University «Remote cardiac monitoring in medical rehabilitation» (SLFW-2024-0022), state registration number in EGISU NIOCTR 124031100012-3.

Submitted: 02.09.2024

Accepted: 17.09.2024

Contacts: adm@ivgmu.ru

Abstract

Introduction. Physical activity is a key aspect of cardiac rehabilitation. The general requirement for physical training, ensuring their safety and effectiveness, is the adequacy of physical activity to the functional state of the patient. For an objective assessment of exercise tolerance in cardiac patients, tests with submaximal physical activity are performed. However, due to the presence of contraindications to these tests in a number of patients, it is still relevant to search for simpler and more accessible objective tools for assessing exercise tolerance.

Purpose. To conduct a comparative analysis of the results of various methods for assessing exercise tolerance (six-minute walk test, 1-minute "sit-to-stand" test, cardiopulmonary

exercise test) in patients who have suffered acute myocardial infarction, enrolled in the 3rd stage of cardiac rehabilitation.

Materials and methods. A controlled (comparative), prospective, non-randomized, cohort clinical trial was performed.

A total of 30 patients aged 42 to 72 years (median – 53 years) were examined, including 5 women (16.7%) and 25 men (83.3%) who were admitted from primary vascular centers to the third stage of cardiac rehabilitation at the clinic of Ivanovo State Medical University in 2023-2024. In order to determine exercise tolerance, all patients underwent a six-minute walking test, a 1-minute sit-to-stand test, and a cardiopulmonary exercise test.

Results. A comparative analysis of the results of physical tests showed the greatest increase in heart rate and SAD in response to stress when performing a cardiopulmonary stress test. At the same time, most patients subjectively assessed the load as heavier in comparison with other tests. The least pronounced reaction of the cardiovascular system was observed during the six-minute walk test. In general, patients assessed the load as lighter compared to the cardiopulmonary load test and the 1-minute sit-to-stand test. When comparing the results of three tests, it was found that patients with a low level of exercise tolerance according to the cardiopulmonary exercise test, compared with patients with medium and high exercise tolerance, performed fewer cycles with a 1-minute test and walked a shorter distance according to the six-minute walk test.

Conclusion. The results of the cardiopulmonary exercise test were comparable with the results of the six-minute walk test and the 1-minute sit-to-stand test, and therefore these tests can be used in assessing exercise tolerance in cardiac patients as an alternative to tests with submaximal load if there are contraindications to their conduct. At the same time, the 1-minute "sit-to-stand" test is closest to the cardiopulmonary stress test in terms of the severity of the reaction of the cardiovascular system to stress.

Keywords: exercise, cardiac rehabilitation, exercise tests, six-minute walk test, 1-minute sit-to-stand test, cardiopulmonary exercise testing, exercise tolerance

■ ВВЕДЕНИЕ

Физические нагрузки являются ключевым аспектом кардиореабилитации [1–8]. Они позволяют увеличить толерантность к физической нагрузке, повысить физическую работоспособность, улучшить метаболический статус и качество жизни пациента, вернуть его к трудовой деятельности, привычным бытовым нагрузкам и социальной активности.

При назначении физических тренировок кардиологическим пациентам для обеспечения их безопасности и эффективности важно точно определить переносимость физических нагрузок. Объективными и наиболее распространенными методами оценки толерантности к физической нагрузке у пациентов с сердечно-сосудистой патологией являются тесты с субмаксимальной нагрузкой – велоэргометрический и тредмил-тест.

Золотым стандартом оценки толерантности к физической нагрузке, позволяющим наиболее точно определить переносимость физической нагрузки, является

нагрузочное тестирование с газовым анализом выдыхаемого воздуха – кардиопульмональный нагрузочный тест. На сегодняшний день он предоставляет более точную диагностическую и прогностическую информацию о состоянии пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями, чем велоэргометрия и тредмил-тест [9, 10].

Однако в связи с наличием противопоказаний к проведению тестов с субмаксимальной нагрузкой у ряда пациентов по-прежнему остается актуальным вопрос поиска более простых и доступных объективных инструментов оценки толерантности к физической нагрузке.

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Провести сравнительный анализ результатов различных методов оценки толерантности к физической нагрузке (тест шестиминутной ходьбы, 1-минутный тест sit-to-stand, кардиопульмональный нагрузочный тест) у пациентов, перенесших острый инфаркт миокарда и поступивших на 3-й этап кардиореабилитации.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Выполнено контролируемое (сравнительное) проспективное нерандомизированное когортное клиническое исследование.

Всего было обследовано 30 пациентов в возрасте от 42 до 72 лет (медиана – 53 года), в том числе 5 женщин (16,7%) и 25 мужчин (83,3%), которые поступили из первичных сосудистых центров на третий этап кардиореабилитации в дневной стационар и отделение амбулаторной реабилитации клиники Ивановского государственного медицинского университета в 2023–2024 гг.

Среди обследуемых преобладали пациенты, перенесшие острый коронарный синдром с исходом в инфаркт миокарда с реваскуляризацией в остром периоде – 23 (76%), 2 пациента (7%) перенесли инфаркт миокарда без реваскуляризации, 5 (17%) – поступили на реабилитацию с нестабильной стенокардией с исходом в стенокардию напряжения II функционального класса, которым была проведена реваскуляризация в остром периоде.

Из сопутствующих заболеваний у пациентов часто встречались гипертоническая болезнь 3-й стадии, сахарный диабет 2-го типа, ожирение 1-й степени, хронический гастродуоденит, эзофагит, ревматоидный артрит, деформирующий остеоартроз вне обострения, реже – хронический пиелонефрит вне обострения, язвенная болезнь двенадцатиперстной кишки, стенозирующий атеросклероз брахиоцефальных артерий, варикозная болезнь вен нижних конечностей (рис. 1).

Нормальную массу тела имели треть пациентов – 10 (33,3%). У каждого второго пациента выявлялась избыточная масса тела (15 (50%)), у каждого шестого – ожирение 1-й степени (5 (16,7%)). У 18 пациентов (60%) показатель окружности талии был выше нормы (у мужчин – более 94 см, у женщин – более 80 см), что указывало на преимущественно абдоминальный тип распределения жировой массы.

Всем пациентам с целью определения толерантности к физической нагрузке (ТФН) проводился тест шестиминутной ходьбы (ТШХ). Тест проводился по общепринятой методике в утренние часы, после легкого завтрака. Пациент по меньшей мере за 2 часа до проведения теста не курил, в течение 10 минут до начала тестирования находился в состоянии покоя [11, 12]. В ходе теста с 6-минутной ходьбой пациенту

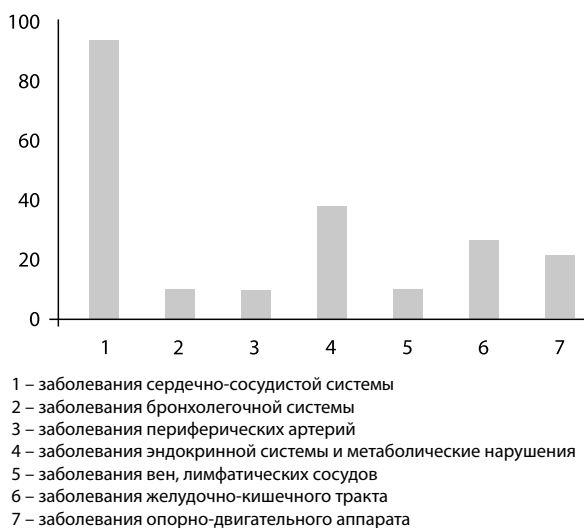


Рис. 1. Структура коморбидной патологии

Fig. 1. Structure of comorbid pathology

предлагалось ходить в течение 6 минут в максимально быстром и комфортном для него темпе.

Непосредственно перед тестом и сразу после его проведения у пациента определялись параметры частоты сердечных сокращений – ЧСС (уд/мин), артериального давления – АД (мм рт. ст.). После выполнения теста определялась пройденная за 6 минут дистанция (м), оценивалась субъективная переносимость физической нагрузки по шкале Борга (количество баллов).

Пациентам также выполнялся 1-минутный тест sit-to-stand. Данный тест легко воспроизводим, является мерой измерения мышечной силы и выносливости нижней части тела. Впервые в 2013 г. ученые Швейцарии опубликовали результаты обследования с использованием данного теста населения Швейцарии [13]. Тест выполнялся на стандартном стуле высотой от 44,5 до 48 см без подлокотников. В ходе проведения теста необходимо было в течение 60 секунд выполнить как можно больше циклов перехода из положения сидя в положение стоя в индивидуальном темпе без использования верхних конечностей. При этом вставание засчитывалось в случае, если нижние конечности были полностью выпрямлены, а положение сидя – в случае, если ягодицы коснулись стула. До и после проведения теста измерялось АД (мм рт. ст.) и ЧСС (уд/мин). Подсчитывалось количество полностью завершенных циклов. Оценивалась переносимость нагрузки по шкале Борга.

Всем обследованным пациентам проводился кардиопульмональный нагрузочный тест (КПНТ) согласно рекомендациям Европейского общества кардиологов [14] с определением следующих показателей: частота сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), мощность нагрузки (М, Вт), общее время тестирования (сек.), потребление кислорода (VO_2 , мл/мин/кг) исходно, в точке аэробного порога (АП) и при пороговой нагрузке. В качестве нагружаемого средства использовался велоэргометр.

Статистический анализ. Для статистической обработки данных было использовано программное обеспечение Statistica – версия 12 (Statsoft Inc, США). Все непрерывные переменные описывались как медианы и межквартильные диапазоны (Ме [25%–75%]). Достоверность межгрупповых различий показателей оценивалась по непараметрическому критерию Манна – Уитни ($p<0,05$).

■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно результатам исследования поступившие на реабилитацию пациенты при проведении 1-минутного теста sit-to-stand в среднем выполняли 31 цикл (табл. 1). При этом после выполнения нагрузки ЧСС в среднем увеличилась на 28%, прирост систолического артериального давления (САД) составил 15%, а диастолического артериального давления (ДАД) – 10%. Переносимость по шкале Борга большинство пациентов оценили от 12 до 14 баллов, 2 пациента (7%) отметили переносимость физической нагрузки 15–16 баллов, оценив ее как «трудную/тяжелую». У всех этих пациентов была выявлена низкая толерантность к физической нагрузке. У одного из них был ранее диагностирован деформирующий остеоартроз коленных суставов 1–2-й стадии вне обострения.

При выполнении теста шестиминутной ходьбы средняя дистанция составила 417,5 м. В среднем прирост ЧСС составил 11%, САД – 8%, ДАД – 8%. Все пациенты оценили физическую нагрузку по шкале Борга от 11 до 13 баллов (табл. 2).

В целом нагрузка при проведении ТШХ, по сравнению с 1-минутным тестом sit-to-stand, переносилась пациентами легче, на что указывает реакция АД и ЧСС и количество баллов по шкале Борга. Полученные результаты можно объяснить тем, что тест шестиминутной ходьбы по характеру нагрузки больше приближен к повседневной деятельности.

Анализ параметров кардиопульмонального нагрузочного теста свидетельствует о том, что в среднем пациенты выполняли около 60% нагрузки относительно должных значений. По результатам данного теста более половины пациентов – 18 (60%) – показывали средний уровень толерантности к физической нагрузке (табл. 3).

Таблица 1
Показатели 1-минутного теста sit-to-stand при поступлении на кардиореабилитацию, медиана [25%; 75%]
Table 1
Performance on the 1-minute sit-to-stand test at admission to cardiac rehabilitation, median [25%; 75%]

Показатели	Единицы измерения	Результаты
До пробы		
САД	мм рт. ст.	128,0 [126,0; 130,0]
ДАД	мм рт. ст.	80,0 [76,0; 85,0]
ЧСС	уд/мин	69,0 [62,0; 83,0]
После пробы		
САД	мм рт. ст.	147,0 [135,0; 165,0]
ДАД	мм рт. ст.	85,0 [70,0; 87,0]
ЧСС	уд/мин	88,0 [78,0; 99,0]
Оценка по Боргу	6–20 баллов	13,0 [12,0; 14,0]
Количество выполненных циклов		31,0 [27,0; 39,0]

Таблица 2
Показатели теста шестиминутной ходьбы при поступлении на кардиореабилитацию, медиана [25%; 75%]
Table 2
Six-minute walk test scores at admission to cardiac rehabilitation, median [25%; 75%]

Показатели	Единицы измерения	Результаты
До пробы		
САД	мм рт. ст.	126,0 [104,0; 139,0]
ДАД	мм рт. ст.	80,0 [72,0; 82,0]
ЧСС	уд/мин	62,0 [50,0; 70,0]
После пробы		
САД	мм рт. ст.	136,0 [117,0; 155,0]
ДАД	мм рт. ст.	86,0 [83,0; 91,0]
ЧСС	уд/мин	69,0 [64,0; 78,0]
Оценка по Боргу	6–20 баллов	12,0 [12,0; 13,0]
Пройденная дистанция	м	417,5 [375,0; 450,0]

Таблица 3
Показатели КПНТ при поступлении на кардиореабилитацию, медиана [25%; 75%]
Table 3
Cardiopulmonary exercise test scores at admission to cardiac rehabilitation, median [25%; 75%]

Показатели	Единицы измерения	Результаты
ЧСС до нагрузки	уд/мин	71,0 [63,0; 78,0]
САД до нагрузки	мм рт. ст.	126,0 [111,0; 142,0]
ДАД до нагрузки	мм рт. ст.	85,0 [76,5; 90,5]
Пороговая мощность	Ватты (Вт)	106,0 [82,0; 124,0]
% от должной мощности	%	58,0 [48,0; 67,0]
Пороговая ЧСС	уд/мин	109,5 [98,0; 120,0]
% от должной ЧСС	%	67,0 [59,0; 77,0]
САД макс.	мм рт. ст.	167,5 [158,0; 194,0]
ДАД макс.	мм рт. ст.	90,0 [82,0; 96,0]
VO ₂ /кг макс.	метры	17,9 [13,7; 20,7]
VO ₂ /кг макс, % от должного значения	%	58,5 [49,0; 69,0]
АП	мл/кг/мин	13,0 [9,8; 14,6]
ЧСС при АП	уд/мин	96,0 [88,5; 106,0]
Выполненная нагрузка в метаболических единицах (ME)	Mets	4,8 [3,9; 5,6]
Оценка по Боргу	6–20 баллов	13,0 [12,0; 14,0]

Примечания: ЧСС до нагрузки – частота сердечных сокращений до нагрузки; САД до нагрузки – систолическое артериальное давление до нагрузки; ДАД до нагрузки – диастолическое артериальное давление до нагрузки; САД макс. – систолическое артериальное давление максимальное; ДАД макс. – диастолическое артериальное давление максимальное; VO₂/кг макс. – максимальное потребление кислорода на 1 кг массы тела.

Более трети пациентов – 10 (33,3%) – по результатам теста показали низкую толерантность к физической нагрузке, у 2 пациентов (6,7%) определялся ее высокий уровень (рис. 2). При проведении данного теста был отмечен наибольший прирост ЧСС и САД в ответ на нагрузку по сравнению с двумя предыдущими тестами (рис. 3). Так, в среднем прирост ЧСС составил 54%, САД – 33% и ДАД – 6%.

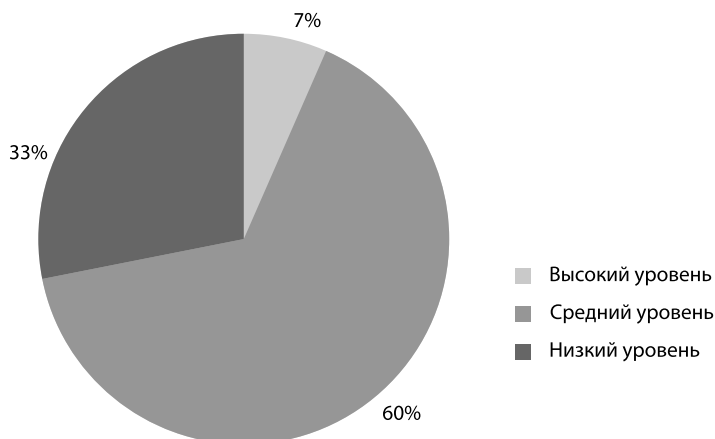


Рис. 2. Распределение пациентов по уровню ТФН по результатам КПНТ (%)
Fig. 2. Distribution of patients by the level of tolerance to exercise according to the results of cardiopulmonary exercise test (%)

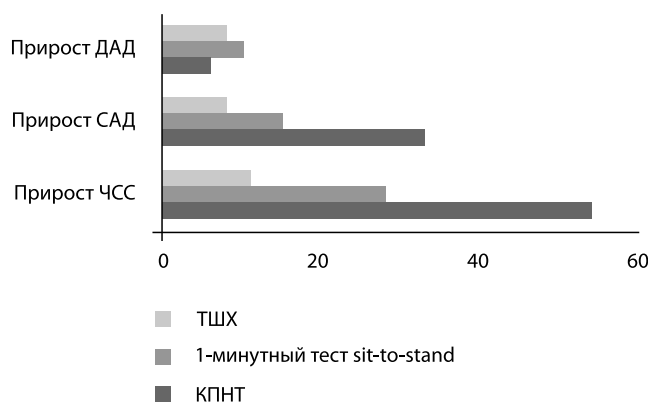


Рис. 3. Прирост ЧСС и АД при проведении разных нагрузочных тестов (%)
Fig. 3. Increase in heart rate and blood pressure during different stress tests (%)

Только 10% пациентов достигли субмаксимальной ЧСС. У остальных причинами прерывания теста были: боли и усталость в ногах, утомление, одышка, предельные цифры АД. При этом подавляющее большинство пациентов (90%) оценили нагрузку как «немного тяжело» и «довольно тяжело» (13–14 баллов по шкале Борга), 10% – как «трудная/тяжелая» и «очень тяжелая» (15–17 баллов по Боргу).

Сопоставление результатов трех нагрузочных тестов показало, что пациенты с низкой ТФН по данным КПНТ проходили дистанцию по ТШХ 400,0 [350,0; 476,0] м, что было достоверно ниже результатов обследуемых со средним и высоким уровнем ТФН: 462,5 [422,5; 548,0] м ($p < 0,05$). Данная закономерность была установлена

и в отношении результатов 1-минутного теста sit-to-stand: пациенты с низкой ТФН по данным КПНТ показали наименьший результат в сравнении с пациентами со средней и высокой ТФН (27,0 [22,0; 28,0] и 33,5 [27,5; 38,0] циклов соответственно, $p < 0,05$).

С учетом уровня толерантности к физической нагрузке для каждого пациента была разработана индивидуальная программа физических нагрузок [15–20], которая включала ежедневные ЧСС-контролируемые физические тренировки с достижением персонально рассчитанной по формуле Карвонена ЧСС [21] и удержанием ее в заданном диапазоне в течение всей тренировки. Физические тренировки включали дозированную ходьбу и ходьбу по лестнице с индивидуально рассчитанным темпом по методике Д.М. Аронова [4] групповые занятия лечебной гимнастикой (ЛГ) 20–30 мин в день. Комплекс ЛГ подбирался с учетом ступени двигательной активности по Д.М. Аронову [4].

После ЛГ, которая являлась разминкой перед основной нагрузкой, проводились физические тренировки на тренажерах Kardiomed-700 (Германия): велоэргометре и тредмиле по стандартной методике до 30 мин в день. В начале курса реабилитации интенсивность нагрузки на тренажерах составляла 50–60% от пороговой мощности, установленной в ходе КПНТ. В процессе реабилитации в случае хорошей переносимости тренировок интенсивность нагрузки увеличивалась до 60–70%. У пациентов с низким уровнем толерантности к физической нагрузке тренировки проводились с нулевой нагрузкой, в режиме свободного выбора нагрузки.

В случае когда КПНТ не проводился, для оценки толерантности к физической нагрузке использовались результаты ТШХ. Данный тест является альтернативой тестам с субмаксимальной нагрузкой для пациентов с неполной или неэффективной реваскуляризацией миокарда и/или фракцией выброса ЛЖ $< 40\%$. На основании пройденной дистанции подбирался режим, виды и интенсивность физических нагрузок (рис. 4). У данных пациентов расчет максимальной ЧСС производился по формуле Танака [22].



Рис. 4. Подбор физических нагрузок у пациентов с ХСН с учетом пройденной дистанции по тесту 6-минутной ходьбы

Fig. 4. Selection of physical activity in patients with chronic heart failure taking into account the distance traveled in the 6-minute walk test

■ ВЫВОДЫ

1. Результаты, полученные при проведении кардиопульмонального нагрузочного теста, были сопоставимы с результатами теста шестиминутной ходьбы и 1-минутного теста sit-to-stand: пациенты с низким уровнем толерантности к физической нагрузке по данным КПНТ, по сравнению с пациентами со средней и высокой толерантностью к физической нагрузке, выполняли меньшее количество циклов при 1-минутном тесте и проходили меньшую дистанцию по ТШХ.
2. Тест шестиминутной ходьбы и 1-минутный тест sit-to-stand могут использоваться в оценке толерантности к физической нагрузке как альтернатива тестам с субмаксимальной нагрузкой при наличии противопоказаний к их проведению, при этом 1-минутный тест sit-to-stand по степени выраженности реакции сердечно-сосудистой системы на нагрузку наиболее приближен к КПНТ.
3. Тест шестиминутной ходьбы и 1-минутный тест sit-to-stand как изолированно, так и совместно с КПНТ могут использоваться в оценке эффективности реабилитационных мероприятий у кардиологических пациентов.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Ivanova G.E., Melnikova E.V., Shmonin A.A., et al. Pilot project «Development of the medical rehabilitation system in Russian federation (dome)»: preliminary results of implementation in the first and second stages. *Bulletin of Restorative Medicine*. 2017;2(78):10–15. (in Russian)
2. Galtseva N.V. Rehabilitation in cardiology and cardiac surgery. *Clinician*. 2015;2:13–22. (in Russian)
3. Ivanova G.E., Trukhanov A.I. Global prospects for the development of medical rehabilitation. *Bulletin of Restorative Medicine*. 2017;6(82):2–6. (in Russian)
4. Aronov D.M., Bubnova M.G., Barbarash O.L., et al. Acute myocardial infarction with ST-segment elevation electrocardiograms: rehabilitation and secondary prevention. Russian clinical guidelines. *CardioSomatika*. 2014;51:5–41. (in Russian)
5. Arutyunov G.P., Rylova A.K., Kolesnikova E.A., et al. *Cardiac rehabilitation*. Moscow: MEDpress inform, 2013;336 p. (in Russian)
6. Makarov I.N. (ed.) *Rehabilitation in diseases of the cardiovascular system*. Moscow: GEOTAR-Media, 2010; 314 p. (in Russian)
7. Williams B., Mancia G., Spiering W., et al. 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension [published correction appears in *Eur Heart J*. 2019;40(5):475]. *Eur Heart J*. 2018;39(33):3021–104. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy339>.
8. Timmis A., Townsend N., Gale C.P., et al. European Society of Cardiology: Cardiovascular Disease Statistics 2019. *Eur Heart J*. 2020;41(1):12–85. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz859>.
9. Datta D., Normandin E., ZuWallack R. Cardiopulmonary exercise testing in the assessment of exertional dyspnea. *Ann. Thorac. Med*. 2015;10(2):77–86.
10. Myers J., Arena R., Cahalin L.P., et al. Cardiopulmonary Exercise Testing in Heart Failure. *Curr. Probl. Cardiol*. 2015;40(8):322–72.
11. Faggiano P., D'Aloia A., Gualeni A., et al. Assessment of oxygen uptake during the 6-minute walking test in patients with heart failure: preliminary experience with a portable device. *Am Heart J*. 1997;134:203–6. [https://doi.org/10.1016/s0002-8703\(97\)70125-x](https://doi.org/10.1016/s0002-8703(97)70125-x).
12. Wu G., Sanderson B., Bittner V. The 6-minute walk test: how important is the learning effect? *Am Heart J*. 2003;146(1):129–33. [https://doi.org/10.1016/S0002-8703\(03\)00119.9](https://doi.org/10.1016/S0002-8703(03)00119.9).
13. Strassmann A., Claudia S.-S., Lana K.D., et al. Population-based reference values for the 1-min sit-to-stand test. *International Journal of Public Health*. 2013;63–68. <https://doi.org/10.1007/s00038-013-0504-z>.
14. Vatutin N.T., Smirnova A.S., Gasendich E.S., Tov I.V. Modern view on cardiopulmonary stress testing (review of EACPR/AHA recommendations, 2016). *Archive of Internal Medicine*. 2017;7(1):5–14. (in Russian)
15. Schuler G., Adams V., Goto Y. Role of exercise in the prevention of cardiovascular disease: results, mechanisms, and new perspectives. *Eur Heart J*. 2013;34:1790–9. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz111>.
16. Gilmudinova L.T., Galimulina E.N., Bagautdinov A.A., et al. Effectiveness of physical rehabilitation of patients after coronary artery stenting in sanatorium conditions. *Spa Medicine*. 2020;2:14–21. (in Russian)
17. Baklushin A.E., Mishina I.E., Romanchuk S.V., et al. Contents and first results of rehabilitation of cardiac patients in the clinic. *Bulletin of Restorative Medicine*. 2014;6:43–46. (in Russian)
18. Ivanova G.E., Aronov D.M., Bubnova M.G., et al. Pilot project «Development of the medical rehabilitation system in the Russian Federation». Systems for monitoring and monitoring the effectiveness of medical rehabilitation in acute myocardial infarction. *Bulletin of Ivanovo Medical Academy*. 2016;21(1):15–18. (in Russian)
19. Dovgalyuk Y.V., Mishina I.E., Chistyakova Y.V. The dynamics of tolerance to physical activity in evaluating the effectiveness of programs of rehabilitation of patients with acute coronary syndrome at the outdoor stage. *Bulletin of Restorative Medicine*. 2019;3(91):11–14. (in Russian)
20. Aronov D.M. (ed.) *Physical rehabilitation of elderly patients suffering from functional class II-IV heart failure. Manual for doctors*. Moscow: Medpraktika-M., 2005; 28 p. (in Russian)
21. Karvonen M.J., Kentala E., Mustala O. The effects of training on heart rate; a longitudinal study. *Ann Med Exp Bil Fenn*. 1957;35:307–315.
22. Tanaka H., Monahan K.D., Seals D.R. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J. Am. Coll. Cardiol*. 2001;37(1):153–6. [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(00\)01054-8](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(00)01054-8).