



Применение ЭКГ-контролируемого теста с шестиминутной ходьбой: сравнительное когортное исследование

И.Е. Мишина^{1,2}, О.В. Лебедева³, Е.В. Березина¹, К.А. Блинова^{1,*}, С.А. Рачкова³, Т.В. Пшеничникова¹, Ю.В. Чистякова¹, Д.С. Быков¹, М.А. Арзуманян³, С.Н. Габараев¹

¹ ФГБОУ ВО «Ивановский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Иваново, Россия

² Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

³ ОБУЗ «Кардиологический диспансер», Иваново, Россия

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. В клинической практике нагрузочные пробы проводятся для составления индивидуального плана реабилитации пациента, оценки переносимости и оптимизации нагрузки, оценки ее клинической эффективности. Тест с 6-минутной ходьбой (ТШХ) при наличии противопоказаний к велоэргометрической (ВЭМ) пробе или невозможности ее выполнения является инструментом для оценки реакции сердечно-сосудистой и дыхательной систем на выполняемую нагрузку. В литературе нет описания взаимосвязи между расстоянием, пройденным при ТШХ, и пиковым метаболическим эквивалентом (МЕТ), оцененным во время ВЭМ-пробы.

ЦЕЛЬ. Изучение взаимосвязи показателей ТШХ и результатов ВЭМ-пробы у пациентов, перенесших инфаркт миокарда.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. При обследовании 56 пациентам были проведены симптом-лимитированная ВЭМ-проба и ТШХ, оценивались мощность выполненной нагрузки (в МЕТ) и расстояние, пройденное в ходе ТШХ, а также изменения при электрокардиографии (ЭКГ) в ходе выполнения обеих проб.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Средние значения максимальной частоты сердечных сокращений при проведении ВЭМ-пробы и ЭКГ-контролируемого ТШХ достоверно не различались. Расстояние в метрах при ТШХ и мощность выполненной нагрузки в ходе ВЭМ-пробы в МЕТ имеют достоверную взаимосвязь, что свидетельствует о сопоставимости данных этих проб в качестве критерия переносимости физической нагрузки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Использование ТШХ и ВЭМ-пробы позволяет оценить различные аспекты кардиореспираторной функции и физической подготовленности у пациентов, проходящих программу кардиореабилитации. Необходимо дальнейшее изучение возможности использования ЭКГ-контролируемого ТШХ на ранних этапах реабилитации для составления максимально эффективных и безопасных физических тренировок у пациентов, перенесших инфаркт миокарда.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: кардиореабилитация, тест с шестиминутной ходьбой, велоэргометрическая проба, инфаркт миокарда.

Для цитирования / For citation: Мишина И.Е., Лебедева О.В., Березина Е.В., Блинова К.А., Рачкова С.А., Пшеничникова Т.В., Чистякова Ю.В., Быков Д.С., Арзуманян М.А., Габараев С.Н. Применение ЭКГ-контролируемого теста с шестиминутной ходьбой: сравнительное когортное исследование. Вестник восстановительной медицины. 2024; 23(4):30-37. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-4-30-37> [Mishina I.E., Lebedeva O.V., Berezina E.V., Blinova K.A., Rachkova S.A., Pshenichnikova T.V., Chistyakova Yu.V., Bykov D.S., Arzumanyan M.A., Gabaraev S.N. Use of the ECG-Controlled Six-Minute Walk Test to Assess Exercise Capacity: a Comparative Cohort Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2024; 23(4):30-37. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-4-30-37> (In Russ.).]

* Для корреспонденции: Блинова Ксения Александровна, E-mail: xenny7@yandex.ru, adm@ivgmu.ru

Статья получена: 23.05.2024
Статья принята к печати: 05.07.2024
Статья опубликована: 16.08.2024

Use of the ECG-Controlled Six-Minute Walk Test to Assess Exercise Capacity: a Comparative Cohort Study

 Irina E. Mishina^{1,2},  Olga V. Lebedeva³,  Elena V. Berezina¹,  Ksenia A. Blinova^{1,*},
 Svetlana A. Rachkova³,  Tatyana V. Pshenichnikova¹,  Yulia V. Chistyakova¹,
 Dmitry S. Bykov¹,  Mariam A. Arzumanyan³,  Soslan N. Gabaraev¹

¹ Ivanovo State Medical University, Ivanovo, Russia

² Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

³ Ivanovo Regional Cardiological Dispensary, Ivanovo, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. In clinical practice, stress tests are carried out to draw up an individual patient rehabilitation plan, assess tolerance and optimize the load, and evaluate its clinical effectiveness. The Six-minute walk test (6MWT), in the presence of contraindications to the bicycle ergometer test or the impossibility of performing it, is a tool for assessing the response of the cardiovascular and respiratory systems to the load being performed. There is no description in the literature of the relationship between the distance traveled during 6MWT and the peak metabolic equivalent (MET) assessed during the bicycle ergometer test.

AIM. Study the relationship between 6MWT indicators and the results of bicycle ergometer test in patients who have suffered a myocardial infarction.

MATERIALS AND METHODS. During the examination, 56 patients underwent a symptom limited bicycle ergometer test and 6MWT, the peak MET and the distance traveled during 6MWT, as well as changes in the ECG during both tests were assessed.

RESULTS AND DISCUSSION. The average values of maximum heart rate during the bicycle ergometer test and ECG-controlled 6MWT did not differ significantly. The distance in meters during 6MWT and the power of the exercise performed during bicycle ergometer test in MET have a significant relationship, which indicates the comparability of the data from these tests as a criterion of exercise tolerance.

CONCLUSION. The use of 6MWT and bicycle ergometer test allows us to assess various aspects of cardiorespiratory function and physical fitness in patients undergoing a cardiac rehabilitation program. Further study of the possibility of using ECG-controlled 6MWT in the early stages of rehabilitation is necessary to create the most effective and safe physical training for patients who have suffered a myocardial infarction.

KEYWORDS: cardiac rehabilitation, six-minute walk test, bicycle ergometer test, myocardial infarction.

For citation: Mishina I.E., Lebedeva O.V., Berezina E.V., Blinova K.A., Rachkova S.A., Pshenichnikova T.V., Chistyakova Yu.V., Bykov D.S., Arzumanyan M.A., Gabaraev S.N. Use of the ECG-Controlled Six-Minute Walk Test to Assess Exercise Capacity: a Comparative Cohort Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2024; 23(4):30-37. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-4-30-37> (In Russ.).]

* **For correspondence:** Ksenia A. Blinova, E-mail: xenny7@yandex.ru, adm@ivgmu.ru

Received: 23.05.2024

Accepted: 05.07.2024

Published: 16.08.2024

ВВЕДЕНИЕ

Основными результатами современной кардиологической реабилитации являются снижение смертности от сердечно-сосудистых заболеваний [1], повышение толерантности к физическим нагрузкам и качества жизни [2]. Имеются многочисленные исследования, которые подтверждают эффективность кардиореабилитации, основанной на применении дозированных физических нагрузок [3]. Для оценки переносимости нагрузки, составления индивидуального плана реабилитации пациента, оптимизации нагрузки в процессе реабилитации и оценки ее клинической эффективности проводятся нагрузочные пробы [4]. Выбор метода оценки толерантности к физическим нагрузкам происходит на основе оценки клинической ситуации, доступности оборудования и обученного персонала.

«Золотым стандартом» измерения толерантности к физической нагрузке является кардиопульмональный нагрузочный тест с определением максимального потребления кислорода (VO_{2max}) [5]. Однако этот метод не получил широкого распространения из-за необходимости сложного оборудования (велоэргометр, газоанализатор,

подключение электродов и непосредственно монитора для отслеживания показателей пациента), дороговизны и плохой переносимости пожилыми и/или коморбидными пациентами. Оценить толерантность к физической нагрузке можно при проведении велоэргометрической (ВЭМ) пробы или тредмил-пробы [6]. Систематические обзоры [7] и недавние оригинальные исследования [8] показали высокую достоверность указанных тестов при применении у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями и у здоровых людей. Также проводились исследования, в которых проверяли достоверность субмаксимальных нагрузочных тестов (модифицированного теста Брюса на беговой дорожке, велоэргометре) для прогнозирования пика VO_2 по сравнению с одновременным кардиопульмональным нагрузочным тестом у пациентов с ишемической болезнью сердца [9]. Вместе с тем и эти тесты также имеют свои ограничения. Так, в исследовании Harb S.C. et al. [10] было продемонстрировано, что тестирование с физической нагрузкой на тредмиле актуально, пока нагрузка не превысит 7 метаболических эквивалентов (MET), так как многие пациенты в дальнейшем не могут справиться со скоростью и уклоном бе-

говой дорожки, поскольку данная нагрузка превышает их обычную повседневную активность. В исследовании ORBITA [11] тредмил-тест с использованием протокола Брюса при использовании детального анализа изменений электрокардиограммы и потребления кислорода при субмаксимальном уровне физической нагрузки не показал каких-либо функциональных нарушений у пациентов с чрескожным коронарным вмешательством.

Тест с 6-минутной ходьбой (ТШХ) является еще одним инструментом для оценки реакции сердечно-сосудистой и дыхательной систем на выполняемую нагрузку [12]. В большинстве случаев ТШХ хорошо переносится пациентами, он не требует длительной подготовки и финансовых затрат, может быть выполнен без специального оборудования [13]. Еще одно преимущество ТШХ перед ВЭМ-пробами — то, что ходьба является естественной повседневной активностью, особенно у пожилых людей и пациентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата. ТШХ может быть использован тогда, когда имеются противопоказания к выполнению пробы на велоэргометре.

В доступной литературе отсутствуют результаты исследования взаимосвязи между расстоянием, пройденным при ТШХ, и пиковым МЕТ, оцененным во время ВЭМ-пробы. Однако Saba M.A. et al. продемонстрировали результаты, доказывающие наличие сильной положительной взаимозависимости результатов ТШХ и пикового показателя МЕТ, оцененного во время тредмил-теста [14]. В исследованиях Dourado V.Z. et al. [15] была описана линейная корреляция между ТШХ и показателем $VO_{2\max}$ измеренным при кардиопульмональном нагрузочном тестировании (коэффициент корреляции $r = 0,70$).

ЦЕЛЬ

Изучение взаимосвязи отдельных показателей ТШХ и результатов ВЭМ-пробы у пациентов, перенесших инфаркт миокарда (ИМ).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Было выполнено проспективное когортное клиническое исследование, в которое были включены 56 пациентов: 45 мужчин (79,4 %) и 11 женщин (20,6 %), перенесших острый ИМ. Исследование проводилось в ОБУЗ «Кардиологический диспансер» г. Иваново, где в условиях круглосуточного стационара пациенты проходили второй этап кардиореабилитации. У 38 пациентов (67,9 %), поступивших на реабилитацию, был диагностирован ИМ с частичной реваскуляризацией в остром периоде заболевания, у 13 пациентов (23,2 %) — ИМ с полной реваскуляризацией и у 5 пациентов (8,9 %) — ИМ без реваскуляризации. Пациенты поступали на реабилитацию на 14–15-е сутки от момента начала заболевания.

Всем пациентам было выполнено обследование, включающее сбор жалоб и анамнеза, физикальное исследование, а также выполнены оценка параметров тела (рост, вес, расчет индекса массы тела), контроль частоты сердечных сокращений (ЧСС) и уровня артериального давления (АД), уточнение наличия сопутствующей патологии терапевтического профиля, факторов риска развития сердечно-сосудистых заболеваний. Всем обследованным до назначения программ

физической реабилитации с интервалом не более 24 ч были проведены симптом-лимитированная ВЭМ-проба и ТШХ. Критерием прекращения ВЭМ-пробы являлся отказ пациента от ее продолжения (усталость, боли в ногах, одышка и т. д.), что расценивалось как предел переносимости физической нагрузки. ТШХ проводился под контролем эхокардиографии (ЭКГ) с помощью системы «Аккордикс» (ООО «Нейрософт», г. Иваново). Система «Аккордикс» предназначена для дистанционного мониторинга и записи физиологических параметров, в том числе электрокардиограммы пациента, в состоянии покоя и при физической нагрузке, с возможностью автоматического анализа данных в режиме реального времени, в том числе при выполнении ТШХ. Первоначально оценивалось расстояние, пройденное в ходе ТШХ, и мощность выполненной нагрузки (в МЕТ), а также изменения на ЭКГ в ходе выполнения обеих проб. Затем проводилось сравнение максимальной ЧСС ($ЧСС_{\max}$) на высоте нагрузки, зарегистрированной в ходе обеих проб. В соответствии с Рекомендациями Российского кардиологического общества оценивали реабилитационный функциональный класс (РФК) ишемической болезни сердца [16].

Статистическая обработка данных проводилась с использованием программ Statistica 12.0. Результаты представлены в виде медианы [25–75 %], абсолютных и относительных (%) величин, а также данных корреляционного анализа. Сравнение данных выполнялось путем составления таблиц сопряженности и расчета критерия χ^2 .

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно полученным данным, среди обследованных пациентов 79,4 % составили мужчины, средний возраст пациентов — $58,8 \pm 7,6$ года (рис. 1).

Анализ социального статуса обследуемых показал, что незначительно преобладали работающие пациенты ($n = 28$, 50 %), каждый третий являлся пенсионером ($n = 20$, 35,7 %), каждый пятый был неработающим, а у одного пациента была установлена инвалидность 3-й группы.

По величине индекса массы тела у каждого второго обследуемого пациента ($n = 27$, 48,2 %) была выявлена избыточная масса тела (или предожирение), ожирение 1-й степени — у 14 (25 %), а нормальная масса тела — у 12 пациентов (21,4 %). У 2 пациентов (3,6 %) было диагностировано ожирение 2-й степени, у 1 пациента — 3-й степени (1,8 %).

По результатам проведенных нагрузочных проб пациентов распределили на РФК. Достоверных различий при оценке РФК при ВЭМ и ТШХ не выявлено ($p > 0,05$) (табл. 1).

При проведении ВЭМ-пробы и ЭКГ-контролируемого ТШХ средние значения максимальной ЧСС достоверно различались (95 [91–99] уд/мин и 87 [83–90] уд/мин соответственно, $p < 0,05$) (рис. 2).

Затем было проведено попарное индивидуальное сравнение максимальной ЧСС в ходе выполнения ВЭМ-пробы и ТШХ у каждого пациента. В результате проведенного анализа установлено отсутствие достоверных различий между значениями (табл. 2).

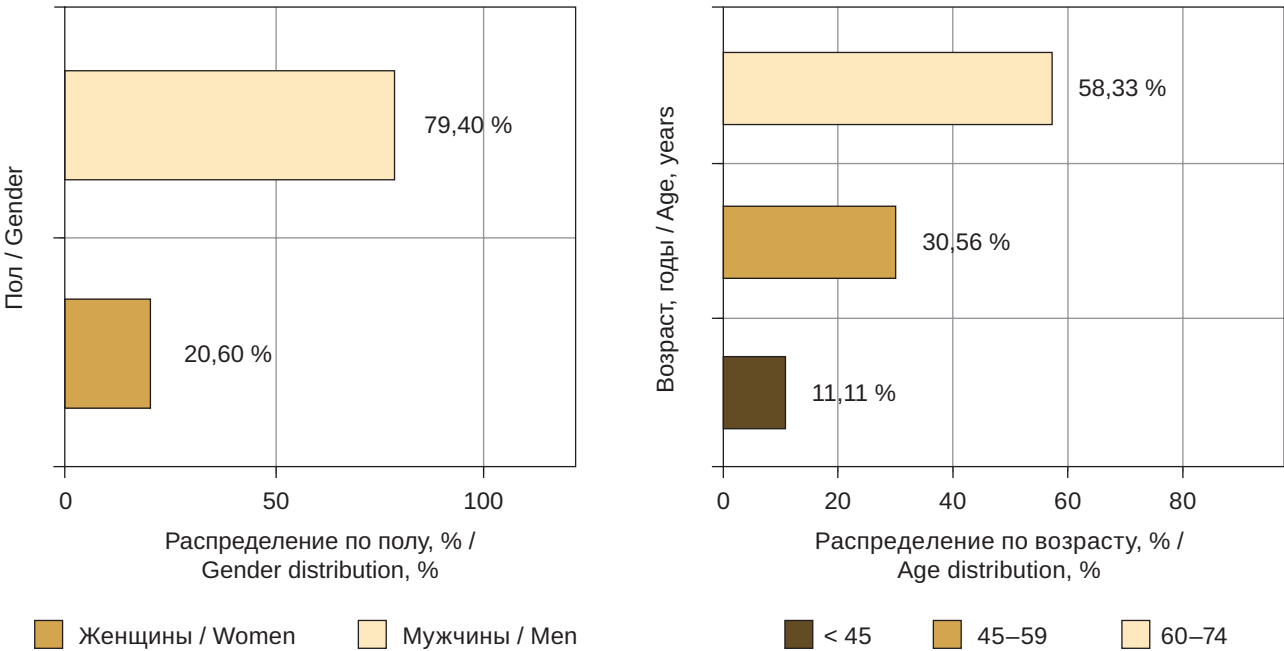


Рис. 1. Распределение обследуемых пациентов по полу и возрастным периодам в соответствии с возрастной периодизацией, рекомендованной Всемирной организацией здравоохранения

Fig. 1. Distribution of examined patients by gender and age periods in accordance with the age periodization recommended by the World Health Organization

Таблица 1. Распределение пациентов по реабилитационным функциональным классам на основании теста с 6-минутной ходьбой и велоэргометрической пробы

Table 1. Distribution of patients for rehabilitation functional class based on the six-minute walk test and bicycle ergometer test

Реабилитационный функциональный класс / Rehabilitation functional class	По результатам ТШХ / Based on 6MWT results (n = 56)		По результатам ВЭМ / According to the results of BET (n = 56)	
	абс. / abs.	%	абс. / abs.	%
I	11	19,6	8	14,3
II	19	33,9	18	32,1
III	17	30,4	23	41,1
IV	10	17,8	7	12,5

Примечание: ВЭМ — велоэргометрический; ТШХ — тест с 6-минутной ходьбой.

Note: 6MWT — 6-minute walk test; BET — bicycle ergometer test.

Таблица 2. Результаты попарного индивидуального сравнения максимальной частоты сердечных сокращений в ходе выполнения велоэргометрической пробы и теста с 6-минутной ходьбой у каждого пациента

Table 2. Results of pairwise individual comparison of maximum heart rate during the bicycle ergometer test and the 6-minute walk test for each patient

Параметр / Parameter	ЧСС при ТШХ / Heart rate at 6MWT	ЧСС при ВЭМ / Heart rate during BET	p
% от максимального ЧСС / from maximum HR	100 %	90 %	0,6
	90 %	80 %	0,37
	80 %	70 %	0,13

Примечание: ВЭМ — велоэргометрическая проба; ТШХ — тест с 6-минутной ходьбой; ЧСС — частота сердечных сокращений.

Note: BET — bicycle ergometer test; 6MWT — 6-minute walk test; HR — heart rate.

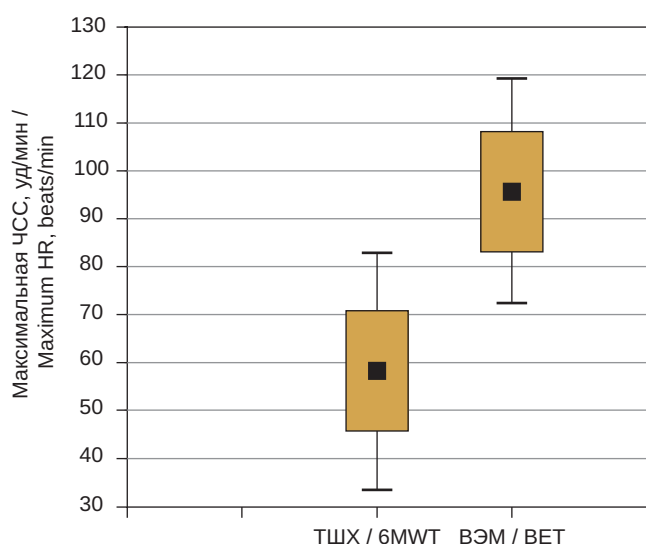


Рис. 2. Значения максимальной частоты сердечных сокращений, зарегистрированные при проведении велоэргометрической пробы и теста с 6-минутной ходьбой у обследованных пациентов

Fig. 2. Maximum heart rate values recorded during the bicycle ergometer test and the 6-minute walk test in the examined patients

Примечание: ВЭМ — велоэргометрический; ТШХ — тест с 6-минутной ходьбой; ЧСС — частота сердечных сокращений.

Note: BET — bicycle ergometer test; 6MWT — 6-minute walk test; HR — heart rate.

Корреляционный анализ выявил сильную достоверную взаимозависимость показателя пикового MET при проведении ВЭМ-пробы и расстояния, пройденного во время ТШХ ($r = 0,63$, $p < 0,05$), что свидетельствовало о сопряженности результатов этих нагрузочных тестов (рис. 3). Таким образом, можно предположить, что при отсутствии результатов ВЭМ для расчета тренировочного пульса могут быть использованы показатели максимальной ЧСС, полученные на высоте нагрузки при проведении ЭКГ-контролируемого ТШХ.

По данным Ngai S.P.C. et al. [17], имеется сильная достоверная корреляционная зависимость между расстоянием, пройденным при ТШХ, и значением максимальной мощности (Вт/кг), полученной во время кардиопульмонального нагрузочного теста ($r = 0,93$), который проводился на велотренажере. В том же исследовании была обнаружена значимая связь между соответствующими показателями ТШХ и тредмил-теста. ЧСС_{max} и максимальное систолическое АД, полученные во время ТШХ, умеренно коррелировали с таковыми, достигнутыми во время тредмил-теста ($r = 0,67$ и $r = 0,57$ соответственно). Среднее значение этих переменных во время теста на беговой дорожке было незначительно выше значений, полученных при ТШХ, что может быть связано с более высокой интенсивностью физической нагрузки, предложенной пациенту в ходе выполнения тредмил-теста с целью определения максимальной кардиореспираторной функции.

В работах González-Camarena R. et al. [18] оценивалась корреляция между ЧСС_{max} и максимальным систолическим АД ($r = 0,48$). В этих исследованиях ЧСС_{max} во

время ТШХ соответствовала 86 % от ЧСС, достигнутой во время тредмил-теста, что представляет собой физическую нагрузку средней и высокой интенсивности и было подтверждено в группе пациентов среднего и пожилого возраста. Gremeaux V. et al. [19] установили, что у пациентов со стабильной ишемической болезнью сердца ЧСС_{max} во время ТШХ соответствовала 78 % от таковой, достигнутой при кардиопульмональном нагрузочном тестировании.

Результаты настоящего исследования показали, что результаты ТШХ в метрах и мощность выполненной нагрузки в ходе ВЭМ-пробы в MET имеют достоверную взаимосвязь, свидетельствующую о сопоставимости данных этих проб в качестве критерия переносимости физической нагрузки. Несмотря на то что ТШХ и велоэргометрия могут быть связаны, они измеряют различные аспекты кардиореспираторной функции и физической подготовки. ТШХ измеряет преимущественно показатели функциональной активности, в то время как велоэргометрия дает информацию о показателях максимальной кардиореспираторной функции.

В программах кардиореабилитации интенсивность упражнений обычно определяется при расчете коридора тренировочного пульса в зависимости от значения ЧСС_{max}, который оценивается по результатам тредмил-теста или ВЭМ-пробы [20]. Однако на ранних этапах реабилитации при наличии противопоказаний к ВЭМ-пробе у пациентов пожилого и старческого возраста применение ТШХ — наиболее предпочтительный и безопасный инструмент диагностики уровня их функциональной активности, достоверно коррелирующий с результатами ВЭМ-пробы.

Ограничения данного исследования

Несмотря на то что подбирались исходно равные по характеристикам когорты пациентов, учитывалось небольшое количество факторов, влияющих на результаты. Результаты исследования позволили установить лишь статистические, а не причинно-следственные связи. Также использовалась небольшая выборка пациентов, не имеющих заболеваний опорно-двигательного аппарата, способных проходить одновременно ВЭМ и ТШХ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, ТШХ может быть полезным дополнением к ВЭМ-пробе для оценки эффективности кардиореабилитации, но не может полностью заменить велоэргометрию. Поэтому оба теста должны быть использованы для оценки различных аспектов кардиореспираторной функции и физической подготовленности у пациентов, проходящих программу кардиореабилитации.

Существует необходимость в дальнейших исследованиях, посвященных изучению возможности использования ЭКГ-контролируемого ТШХ с оценкой ЧСС_{max} в ходе выполнения пробы с целью подбора тренировочного пульса на ранних этапах реабилитации пациентов, перенесших ИМ, для составления максимально эффективных и безопасных физических тренировок этой категории пациентов.

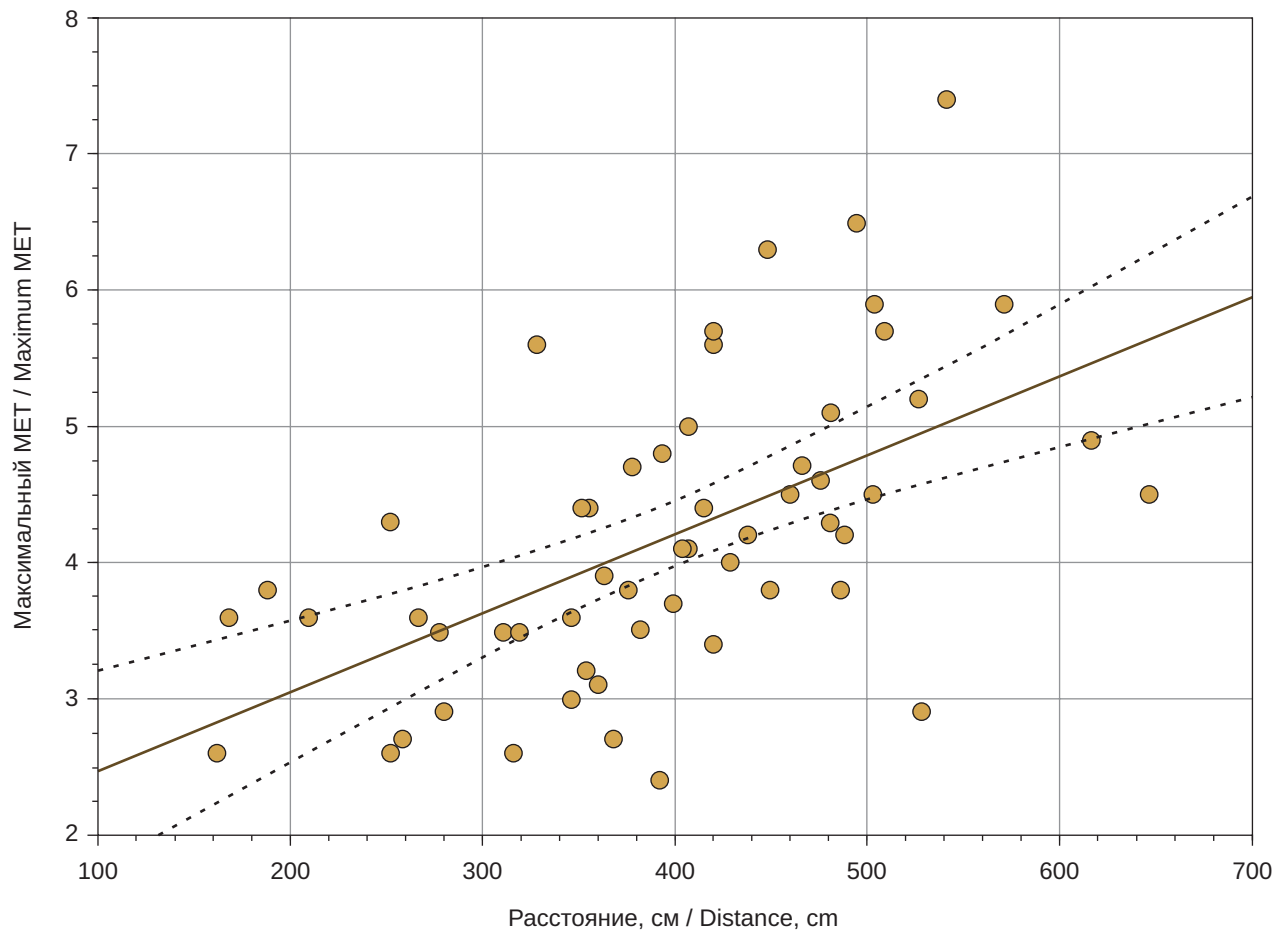


Рис. 3. Диаграмма рассеяния показателей расстояния, пройденного во время теста с 6-минутной ходьбой, и пикового MET, оцененного при выполнении велоэргометрической пробы

Fig. 3. Scatterplot of distance traveled during the 6-minute walk test and peak MET assessed during the bicycle ergometer test

Примечание: MET — метаболический эквивалент.

Note: MET — metabolic equivalent.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Мишина Ирина Евгеньевна, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры госпитальной терапии, кардиологии и общей врачебной практики, ФГБОУ ВО «Ивановский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, первый заместитель директора, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет».

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7659-8008>

Лебедева Ольга Владимировна, врач-кардиолог отделения профилактики и реабилитации, ОБУЗ «Кардиологический диспансер».

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4754-3699>

Березина Елена Владимировна, доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой физики, химии и математики, ФГБОУ ВО «Ивановский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6958-0619>

Блинова Ксения Александровна, кандидат медицинских наук, ассистент кафедры онкологии и лучевой терапии, ФГБОУ ВО «Ивановский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

E-mail: xenny7@yandex.ru, adm@ivgmu.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2896-8764>

Рачкова Светлана Алексеевна, кандидат медицинских наук, главный врач, ОБУЗ «Кардиологический диспансер».

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0833-8201>

Пшеничникова Татьяна Владимировна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры госпитальной терапии, кардиологии и общей врачебной практики, ФГБОУ ВО «Ивановский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0191-5520>

Чистякова Юлия Владимировна, кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры госпитальной терапии, кардиологии и общей врачебной практики, ФГБОУ ВО «Ивановский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9013-5763>

Быков Дмитрий Сергеевич, ассистент, кафедра госпитальной терапии, кардиологии и общей врачебной практики, ФГБОУ ВО «Ивановский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-7313-6898>

Арзумян Мариам Арменовна, врач по медицинской профилактике поликлиники, ОБУЗ «Кардиологический диспансер».

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0685-5208>

Габараев Сослан Нугзарович, студент (5-й курс), ФГБОУ ВО «Ивановский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-6834-5471>

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределен следующим образом: Мишина И.Е. — руководство проектом, разработка дизайна исследования, анализ и интерпретация данных, проверка и редактирование рукописи, утверждение рукописи для публикации; Лебедева О.В. — отбор и обследование пациентов, анализ и интерпретация данных, проведение исследования; Березина Е.В. — анализ данных, проверка и редактирование рукописи; Блинова К.А. — обзор публикаций по теме статьи,

анализ и интерпретация данных, написание текста рукописи; Рачкова С.А. — обеспечение материалов для исследования, проведение исследования, курация данных; Пшеничникова Т.В. — обеспечение материалов для исследования, анализ данных; Чистякова Ю.В. — обеспечение материалов для исследования, анализ данных; Быков Д.С., Арзуманян М.А., Габараев С.Н. — обзор публикаций по теме статьи, проведение исследования, формирование базы данных обследования пациентов, статистическая обработка данных.

Источники финансирования. Данное исследование не было поддержано никакими внешними источниками финансирования.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие других явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Доступ к данным. Данные, подтверждающие выводы этого исследования, можно получить по обоснованному запросу у корреспондирующего автора.

ADDITIONAL INFORMATION

Irina E. Mishina, D.Sc. (Med.), Professor, Department of Hospital Therapy, Cardiology and General Medical Practice, Ivanovo State Medical University, First Deputy Director of the Medical Institute of the Saint Petersburg State University.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7659-8008>

Olga V. Lebedeva, Cardiologist, Department of Prevention and Rehabilitation, Ivanovo Regional Cardiological Dispensary.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4754-3699>

Elena V. Berezina, D.Sc. (Technology), Professor, Head of the Department of Physics, Chemistry and Mathematics, Ivanovo State Medical University.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6958-0619>

Ksenia A. Blinova, Ph.D. (Med.), Assistant Professor, Department of Oncology and Radiation Therapy, Education Ivanovo State Medical University.

E-mail: xenny7@yandex.ru, adm@ivgmu.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2896-8764>

Svetlana A. Rachkova, Ph.D. (Med.), Chief Physician, Ivanovo Regional Cardiological Dispensary.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0833-8201>

Tatyana V. Pshenichnikova, Ph.D. (Med.), Associate Professor, Department of Hospital Therapy, Cardiology and General Medical Practice, Ivanovo State Medical University.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0191-5520>

Yulia V. Chistyakova Ph.D (Med.), Associate Professor, Department of Hospital Therapy, Cardiology and General Medical Practice, Ivanovo State Medical University.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9013-5763>

Dmitry S. Bykov, Assistant Professor, Department of Hospital Therapy, Cardiology and General Medical Practice, Ivanovo State Medical University.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-7313-6898>

Mariam A. Arzumanyan, Doctor for Medical Prevention at the Polyclinic, Ivanovo Regional Cardiological Dispensary.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0685-5208>

Soslan N. Gabaraev, 5th Year Student, Ivanovo State Medical University.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-6834-5471>

Author contribution. All authors confirm the compliance of their authorship, according to international ICMJE criteria (all authors made a significant contribution to the development of the concept, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication). Special contributions: Mishina I.E. — project management, development of study design, analysis and interpretation of data, verification and editing of the manuscript, approval of the manuscript for publication; Lebedeva O.V. — selection and examination of patients, analysis and interpretation of data, conduct of the study; Berezina E.V. — data analysis, checking and editing the manuscript; Blinova K.A. — review of publications on the topic of the article, analysis and interpretation of data, writing the text of the manuscript; Rachkova S.A. — provision of materials for research, conducting research, curation of data; Pshenichnikova T.V. — provision of materials for research, data analysis; Chistyakova Yu.V. — provision of materials for research, data analysis; Bykov D.S., Arzumanyan M.A., Gabaraev S.N. — review of publications on the topic of the article, conducting research, creating a database of patient examinations, statistical data processing.

Funding. This study was not supported by any external funding sources.

Disclosure. The authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Data Access Statement. The data that support the findings of this study are available on reasonable request from the corresponding author.

Список литературы / References

1. Taylor R.S., Dalal H.M., McDonagh S.T.J. The role of cardiac rehabilitation in improving cardiovascular outcomes. *Nature Reviews Cardiology*. 2021; 19(3): 180–194. <https://doi.org/10.1038/s41569-021-00611-7>
2. Medina-Inojosa J.R., Grace S.L., Supervia M., et al. Dose of Cardiac Rehabilitation to Reduce Mortality and Morbidity: A Population-Based Study. *Journal of the American Heart Association*. 2021; 10(20): e021356. <https://doi.org/10.1161/jaha.120.021356>

3. Елфимов Д.А., Елфимова И.В., Андреева О.В. и др. Эффективность дистанционного мониторинга реабилитации пациентов после перенесенного инфаркта миокарда. Вестник восстановительной медицины. 2023; 22(6): 55–66. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-6-55-66> [Elfimov D.A., Elfimova I.V., Andreeva O.V., et al. Efficiency of Remote Monitoring of Rehabilitation of Patients after Myocardial Infarction. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(6): 55–66. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-6-55-66> (In Russ.).]
4. Nemati S., Yavari T., Tafti F., et al. An Index for Evaluating Exercise Capacity Improvement After Cardiac Rehabilitation in Patients After Myocardial Infarction. *Journal of Cardiovascular Nursing*. 2023; 39(2): 189–197. <https://doi.org/10.1097/jcn.0000000000000982>
5. Del Punta L., De Biase N., Armenia S., et al. Combining cardiopulmonary exercise testing with echocardiography: a multiparametric approach to the cardiovascular and cardiopulmonary systems. *European Heart Journal — Imaging Methods and Practice*. 2023; 1(1): qyad021. <https://doi.org/10.1093/ehjimp/qyad021>
6. Reed J.L., Cotie L.M., Cole C., et al. Submaximal Exercise Testing in Cardiovascular Rehabilitation Settings (BEST Study). *Frontiers in Physiology*. 2020; 10: 1517. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01517>
7. Travensolo C., Goessler K., Poton R., Pinto R.R., et al. Measurement of physical performance by field tests in programs of cardiac rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. *Revista Portuguesa de Cardiologia (English Edition)*. 2018; 37(6): 525–537. <https://doi.org/10.1016/j.repce.2017.07.007>
8. Ren C., Zhu J., Shen T., Song Y., et al. Comparison between treadmill and bicycle ergometer exercises in terms of safety of cardiopulmonary exercise testing in patients with coronary heart disease. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*. 2022; 9: 864637. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.864637>
9. Lu J., Stewart J., Bennamoun M., et al. Deep learning model to predict exercise stress test results: Optimizing the diagnostic test selection strategy and reduce wastage in suspected coronary artery disease patients. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 2023; 240: 107717. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2023.107717>
10. Harb S. C., Bhat P., Cremer P.C., et al. Prognostic Value of Functional Capacity in Different Exercise Protocols. *Journal of the American Heart Association*. 2020; 9(13): e015986. <https://doi.org/10.1161/jaha.119.015986>
11. Al-Lamee R., Thompson D., Dehbi H.M., et al. Percutaneous Coronary Intervention in Stable Angina (ORBITA): A Double-Blind, Randomized Controlled Trial. *Journal of Vascular Surgery*. 2018; 67(2): 673. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2017.11.046>
12. Osailan A.M. Cardiopulmonary response during incremental shuttle walking test in a hallway versus on treadmill in Phase IV cardiac rehabilitation: a cross-sectional study. *Scientific Reports*. 2023; 13(1): 12806. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-39999-2>
13. Silva G.O., Braghieri H.A., Oliveira M.D., et al. Objective assessment of functional capacity in patients with peripheral artery disease: a narrative review. *Expert Review of Cardiovascular Therapy*, 2023; 21(11): 867–875. <https://doi.org/10.1080/14779072.2023.2277355>
14. Saba M.A., Goharpey S., Moghadam A.B., et al. Correlation Between the 6-Min Walk Test and Exercise Tolerance Test in Cardiac Rehabilitation After Coronary Artery Bypass Grafting: A Cross-sectional Study. *Cardiology and Therapy*, 2021; 10(1): 201–209. <https://doi.org/10.1007/s40119-021-00210-0>
15. Dourado V.Z., Nishiaka R.K., Simões M.S.M.P., et al. Classification of cardiorespiratory fitness using the six-minute walk test in adults: Comparison with cardiopulmonary exercise testing. *Pulmonology*, 2021; 27(6): 500–508. <https://doi.org/10.1016/j.pulmoe.2021.03.006>
16. Бубнова М.Г., Барбараш О.Л., Долецкий А.А. и др. Острый инфаркт миокарда с подъемом сегмента ST электрокардиограммы: реабилитация и вторичная профилактика. Российский кардиологический журнал. 2015; 1(117): 6–52. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2015-1-6-52> [Bubnova M.G., Barbarash O.L., Doletsky A.A., et al. Acute myocardial infarction with ST segment elevation of the electrocardiogram: rehabilitation and secondary prevention. *Russian Journal of Cardiology*. 2015; 1(117): 6–52. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2015-1-6-52> (In Russ.).]
17. Ngai S.P.C., Jones A.Y.M., Jenkins S.C. Regression equations to predict 6-minute walk distance in Chinese adults aged 55–85 years. *Hong Kong Physiotherapy Journal*. 2014; 32(2): 58–64. <https://doi.org/10.1016/j.hkpj.2014.04.001>
18. González-Camarena R.A.M.O.N., Carrasco-Sosa S., Roman-Ramos R., et al. Effect of static and dynamic exercise on heart rate and blood pressure variabilities. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2000; 32(10): 1719–1728. <https://doi.org/10.1097/00005768-200010000-00010>
19. Gremeaux V., Deley G., Duclay J., et al. The 200-m Fast-Walk Test Compared with the 6-min Walk Test and the Maximal Cardiopulmonary Test. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2009; 88(7): 571–578. <https://doi.org/10.1097/phm.0b013e3181aa416b>
20. Михайловская Т.В., Довгальук Ю.В., Назарова О.А., Мишина Е.Е. Динамика толерантности к физической нагрузке в течение второго этапа реабилитации пациентов, перенесших острый коронарный синдром. Вестник Ивановской медицинской академии. 2020; 25(3–4): 32–36. [Mikhailovskaya T.V., Dovgalyuk Yu.V., Nazarova O.A., Mishina I.E. Dynamics of physical exercise tolerance during the second stage of rehabilitation of patients who have suffered acute coronary syndrome. *Bulletin of the Ivanovo Medical Academy*. 2020; 25 (3–4): 32–36 (In Russ.).]