

© Коллектив авторов, 2021

УДК: 616.12:612.176

DOI 10.21886/2219-8075-2021-12-2-22-27

Практические подходы к проведению теста с физической нагрузкой

Б.А. Ребров, О.А. Реброва, А.Б. Благодаренко, Н.Г. Блудова

Луганский государственный медицинский университет имени Святителя Луки, Луганск, Украина

На сегодняшний день регулярная физическая активность по праву считается важной составляющей лечения многих сердечно-сосудистых заболеваний. Для определения переносимости физических нагрузок и оценки сердечно-сосудистого риска применяются тесты с физической нагрузкой. В данном обзоре изложены наиболее распространенные методы оценки толерантности к физической нагрузке (велозргометрический и тредмил-тест), имеющие высокую диагностическую и прогностическую ценность и позволяющие сделать достоверные выводы о физической активности пациента. Результаты нагрузочных тестов имеют большое значение в определении дальнейшей тактики ведения пациентов с сердечно-сосудистой патологией. Также внимание уделено вопросам проведения кардиопульмонального нагрузочного теста, который, согласно последним международным рекомендациям, является наиболее достоверным методом исследования, однако связан с трудностями проведения и интерпретацией результатов исследования. Показаны целесообразность и эффективность тестов с исключением пульмонального компонента для широкого использования у кардиологических больных. Системный поиск литературы проводился по базам данных Medline, Scopus, Web of Science и Elibrary.

Ключевые слова: тест с физической нагрузкой, параметры контроля, обзор

Для цитирования: Ребров Б.А., Реброва О.А., Благодаренко А.Б., Блудова Н.Г. Практические подходы к проведению теста с физической нагрузкой. Медицинский вестник Юга России. 2021;12(2):22-27. DOI 10.21886/2219-8075-2021-12-2-22-27.

Контактное лицо: Наталья Георгиевна Блудова, bludova2010@mail.ru

Practical approaches to exercise testing

B.A. Rebrov, O.A. Rebrova, A.B. Blagodarenko, N.G. Bludova

State Institution Lugansk State Medical University St. Luke, Lugansk, Ukraine

Today, regular physical activity is considered to be an important part of the treatment for many CVDs. Exercise tests are used to determine exercise tolerance and to assess cardiovascular risk. This review outlines the most common methods for assessing exercise tolerance (cycloergometric test and treadmill tests) that have a high diagnostic and prognostic value and allow the specialists to draw reliable conclusions about the patient's physical activity. The results of stress tests are of great importance in determining further tactics of patient's management with cardiovascular pathology. Attention is also paid to the issues of cardiopulmonary stress test, which is the most reliable research method, according to the latest international recommendations. However, it is associated with difficulties in conducting and interpreting the research results. The feasibility and effectiveness of tests with the exclusion of the pulmonary component in cardiac patients have been shown for widespread use. A systematic literature search was carried out in databases Medline, Scopus, Web of Science, and Elibrary.

Keywords: exercise test, control parameters, review

Key words: exercise test, control parameters, review

For citation: Rebrov B.A., Rebrova O.A., Blagodarenko A.B., Bludova N.G. Practical approaches to exercise testing. Medical Herald of the South of Russia. 2021;12(2):22-27. DOI 10.21886/2219-8075-2021-12-2-22-27.

Corresponding author: Nataliya G. Bludova, bludova2010@mail.ru

На сегодняшний день установлено, что регулярная физическая активность (ФА) является важной частью лечения большинства хронических сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) и приводит к снижению сердечно-сосудистой (СС) и общей смертности [1]. В то же время, несмотря на безусловную пользу, ФА может спровоцировать внезапную остановку сердца у людей с ССЗ, особенно у тех, кто ранее вел мало-подвижный образ жизни или имел высокий СС-риск [2].

Оценить любые аномальные СС реакции, которые могли бы не проявляться во время повседневной деятельности (симптомы, отклонения ЭКГ, аритмии, аномальный ответ АД) позволяет тест с физической нагрузкой (ТФН). На основании результатов теста врач может указать интенсивность, режим и продолжительность физических упражнений, наиболее подходящих конкретному пациенту [3]. ТФН как метод функциональной диагностики является неотъемлемой частью обследования

кардиологического больного [2]. Согласно последним международным рекомендациям, ТФН проводится как кардиопульмональный нагрузочный тест (КПНТ) [4, 5]. Нагрузочное тестирование с дополнительным измерением параметров газообмена является более надежным диагностическим инструментом, который предоставляет значимую диагностическую и прогностическую информацию о состоянии больных с СС и легочными заболеваниями [6].

Использование КПНТ, безусловно, необходимо во врачебно-физкультурных диспансерах, реабилитационных и фитнес-центрах, санаториях и т.п. Однако широкое применение КПНТ в обычной клинической практике кардиологических отделений ограничивается целым рядом факторов, таких как сложностью и стоимостью оборудования для его проведения, необходимостью глубоких специальных знаний и навыков у медицинского персонала. В целом ряде случаев использование КПНТ усложняет процедуру теста с ФН. И врач-кардиолог, и больной понимают, что ТФН — это дополнительный диагностический инструмент, который оказывает лишь косвенное влияние на результаты лечения пациентов. В практике кардиологических отделений предоставленная КПНТ информация не оправдывает дополнительных затрат на её получение. Исключение пульмонального компонента из ТФН делает его доступнее, проще и позволяет чаще использовать в практической работе.

Однако руководства ведущих кардиологических ассоциаций по вопросам ТФН (ESC, EACPR, АНА, ACC), вышедшие в свет за последние 20 лет, отсылают практического врача к КПНТ. Единственное руководство, опубликованное после 2000 г., которое позволяет, опираясь на доказательную базу, проводить не кардиопульмональный, а кардиологический ТФН, — это ACC/АНА 2002 Guideline for Exercise Testing [7]. Рекомендации именно этого руководства в отечественной практике позволяют врачам шире использовать ТФН.

В настоящее время в отечественной практике используются следующие основные виды ТФН: (1) велоэргометрический тест (ВЭМ) и (2) тредмил-тест (ТМТ). ВЭМ и ТМТ, дополненные газоанализатором, называются КПНТ, или эргоспирометрией [8]. Ряд ТФН можно отнести к скрининговым: (3) Гарвардский степ-тест; (4) проба Руфье (Рюфье, фр. Ruffieux) и другие, редко используемые скрининговые тесты (Купера, Флака, Дубровского, Крэмптона, Кушелевского, Кверга, Котова-Демина и др.), так как при проведении этих тестов невозможно мониторингирование важнейшего параметра — ЧСС, доступно на современных тренажерах. Ряд ТФН, отмеченных в отечественных и зарубежных руководствах [2, 5, 9], в большей степени можно отнести к тестам для отдельных состояний. Это касается, в частности (5), теста с 6-минутной ходьбой, который используется у больных с установленной сердечной недостаточностью [10] и воспроизводимый при ТМТ с малыми нагрузками [4]. ТФН с дополнительной визуализацией (6) проводят в узкоспециализированных кардиологических центрах. Для визуализации используются полуинвазивная компьютерная томография, магнитно-резонансная томография с гадолинием, однофотонная позитронно-эмиссионная томография. Эти методики сложнее, дороже, но более целе-

сообразны в сочетании с использованием лекарственных препаратов (аденозином или добутамином) [2].

При проведении ТФН следует учитывать противопоказания к его проведению и показания к прекращению ТФН, в большинстве руководств указываемые по ACC / АНА, 2002 [7], с некоторыми коррекциями по ESC, 2016 и 2018 [5, 11]. Абсолютные противопоказания к ТФН — острый инфаркт миокарда (до 2 дней); нестабильная стенокардия; неконтролируемые желудочковые аритмии с субъективной симптоматикой и/или нарушениями гемодинамики; симптомный тяжелый стеноз аорты; декомпенсированная сердечная недостаточность; острая тромбоэмболия лёгочной артерии; острый миокардит или перикардит; острое расслоение аорты. Относительные противопоказания к ТФН — стеноз левой главной коронарной артерии; умеренный стеноз клапанов сердца; электролитные нарушения; тяжелая артериальная гипертензия (180/110 мм рт. ст.); тахи / брадиаритмии; гипертрофическая кардиомиопатия и другие формы нарушения оттока; психические или физические нарушения, ведущие к неспособности должным образом выполнять упражнения и атриовентрикулярная блокада высокой степени.

При проведении ТФН важно учитывать не только целевые показатели (ЧСС), но и самочувствие больного по шкале Борг [12] и показания к прекращению ФН. Абсолютными показаниями к прекращению ТФН являются снижение САД на >10 мм рт. ст. от исходного; развитие приступа стенокардии; неврологическая симптоматика (атаксия, головокружение, обморок); признаки гипоперфузии (цианоз или бледность); желание пациента остановиться (шкала Борг >16); устойчивая желудочковая тахикардия; подъём ST ($\geq 1,0$ мм) в отведениях без диагностических зубцов Q. Относительные показания к прекращению ТФН — изменения ST или QRS, депрессия ST (>2 мм, горизонтальная или нисходящая) или заметное смещение оси; аритмии, отличные от устойчивой желудочковой тахикардии, включая мультифокальные желудочковые экстрасистолы, тройные желудочковые экстрасистолы, суправентрикулярная тахикардия, сердечная блокада или брадиаритмия; утомляемость, одышка, хрипы, судороги ног или хромота; развитие блокады ножек пучка Гиса или нарушения внутрижелудочковой проводимости; усиливающаяся боль в груди; гипертонический ответ (САД >250 и / или ДАД >115 мм рт. ст.).

Как видно из вышеизложенного, для определения выносливости / переносимости физических нагрузок важно наблюдать в динамике следующие параметры: ЭКГ, ЧСС, АД, самочувствие больного.

ЭКГ параметры при ТФН достаточно часто обсуждаются в литературе и практически не претерпели изменений с 2002 г. Наиболее важными ЭКГ данными являются депрессия и подъем сегмента ST. Наиболее часто используемое определение для интерпретации положительного результата ТФН — ≥ 1 мм горизонтальной или нисходящей депрессии или подъема сегмента ST в течение не менее 60 – 80 миллисекунд (мс) после QRS [3, 13]. Как правило, для динамического контроля ишемических проявлений, нарушений ритма и проводимости сердца достаточно непрерывного мониторингирования ЭКГ на уровне II стандартного отведения, со снятием ЭКГ в 12

отведениях после достижения субмаксимальной ЧСС. При этом необходимо ориентироваться на самочувствие больного. Субъективные ощущения пациента лучше интерполировать на шкалу Борг. Лицам с установленными ССЗ либо высоким / очень высоким СС-риском достаточно уровня 14 – 16 баллов на уровне разговорного теста (то есть больному тяжело выполнять нагрузку, но он может разговаривать). Указанный уровень соответствует ЧСС 140 – 160 уд./мин., что в большинстве случаев является субмаксимальной ЧСС на уровне 75 – 90%.

Синусовая тахикардия с ЧСС >90 уд./мин. обязательно сопровождается физической нагрузкой (при отсутствии медикаментозной терапии) в соответствии с уровнем физического развития конкретного испытуемого. Однако существуют безопасные пределы увеличения ЧСС, определяемые у лиц с высоким / очень высоким СС-риском >140 уд./мин. у лиц с ЧСС >160 уд./мин. у лиц с низким СС-риском [14]. Следует отметить, что гендерные различия в расчётной максимальной ЧСС (максЧСС) в настоящее время отсутствуют [2, 5]. Важно подчеркнуть, что расчётная максЧСС не обязательно совпадает с индивидуальной максЧСС. Для лиц с установленными ССЗ либо высоким / очень высоким СС-риском максЧСС достигается при ЭКГ мониторинговании с ориентировкой на шкалу Борг (17 – 18). В дальнейшем важно рассчитать пульсовой резерв (рЧСС) [рЧСС = максЧСС – отдых ЧСС] [2]. ТФН с ЧСС 75 – 90% от расчётной максЧСС называется субмаксимальным. Проведение максимального ТФН возможно для лиц с подозрением на ССЗ, профессионально занимающихся спортом, с низким / умеренным СС-риском (SCORE). Достигать расчётной максЧСС [максЧСС = 220 – возраст] возможно только при ЭКГ мониторинговании (19 по шкале Борг). При этом достижение ЧСС более 160 уд./мин. не рекомендуется.

Повышение АД во время проведения ТФН — закономерная (нормальная) реакция организма на нагрузку. Среднее повышение сАД во время прогрессивного ТФН составляет около 10 мм рт. ст. / MET (1 MET — уровень метаболизма в состоянии полного покоя, что составляет 1 ккал/кг/ч). После максимальной нагрузки сАД обычно снижается из-за быстрого снижения сердечного выброса, обычно достигая уровней покоя или ниже в течение 6 мин. и даже остается ниже уровней до нагрузки в течение нескольких часов. При всех «ненормальных» типах реакции в ТФН восстановительный период замедлен [15]. Патологической гипертензивную реакцию здоровых лиц в ТФН следует считать при повышении сАД ≥ 250 мм рт. ст. и / или дАД ≥ 115 мм рт. ст. либо при повышении сАД ≥ 20 мм рт. ст. и / или любом повышении дАД, приведшим к ухудшению состояния больного и прекращению ТФН. Для лиц, страдающих ГБ и имеющих высокий / очень высокий СС- риск, повышение АД до уровня, именуемого «тяжёлой АГ» (3-я степень повышения АД), при ТФН является патологической или кризовой. По рекомендациям АСС / АНА 2002, часто берущимся за основу в отечественных руководствах, это уровень АД 200 / 110 мм рт. ст., тогда как с 2018 г. уровень АД ≥ 180 / 110 мм рт. ст. следует считать патологическим, служащим основанием для прекращения ТФН [11].

В отечественной литературе выделяют до 5 типов реакции организма на ТФН [8, 13]. В то же время ESC 2016

выделяет только три вида реакции АД при ТФН [5].

Гемодинамическая реакция во время выполнения ТФН (ESC, 2016) бывает трёх типов. Нормальная реакция — повышение сАД на 10-20 мм рт. ст. и незначительное повышение дАД. Гипертензивная реакция — значительное повышение сАД ≥ 20 мм рт. ст. и / или повышение дАД. Гипотензивная реакция — неизмененное или сниженное сАД.

Учитывая то, что рекомендации ESC-2020 по спортивной кардиологии не выделяют ТФН как диагностический тест для ГБ, это значительно упрощает интерпретацию ТФН. ESC-2020 по спортивной кардиологии рассматривают артериальную гипертензию в ТФН как показатель СС-риска и как относительные показания к прекращению пробы [2].

Интерпретация абсолютных и относительных уровней АД как критерий реакции ССС на ТФН постоянно видоизменяется. При этом последние руководства становятся всё более и более субъективными. С современных позиций важно учитывать не только абсолютные уровни АД, но и самочувствие больного. Основной причиной, позволяющей интерпретировать гипертензивную реакцию как патологическую, является ощущение испытуемого, приведшее к прекращению ТФН. Следует отметить, что ESC, 2020 при ГБ 2-й степени (при сАД в состоянии покоя >160 мм рт. ст.) рекомендует отложить ТФН до нормализации АД [2]. Наибольшую опасность в реакции ССС на ФН представляет гипотензивная реакция. Важно отметить, что если ранее гипотензивным ответом считалось отсутствие повышения сАД как минимум на 20 – 30 мм рт. ст. [3, 16], отсутствие повышения сАД более 120 мм рт. ст. [5] или прогрессивное снижение сАД при ФН [15], то в настоящее время как гипотонический ответ рассматривается даже неизменённое, но обязательно приведшее к ухудшению самочувствия больного и к прекращению ФН АД [2, 5].

И последним необходимым компонентом, учитываемым при ТФН, является самочувствие больного. Универсальным оценочным показателем самочувствия больного является шкала Борг. Конечно же, любая субъективная оценочная шкала несовершенна и неабсолютна, и это привело к различным модификациям и обновлениям шкалы Борг.

Так, ВОЗ (2020) в рекомендациях по ФА [1] ориентирует читателей на модифицированный вариант шкалы — Borg CR10 (табл. 1) [17, 18].

Таблица / Table 1

**Уровни физической активности
(ВОЗ 2020, с дополнениями)
Physical activity levels (WHO, 2020, as amended)**

Уровень Level	Физическая активность Physical activity	MET	Borg CR10
1.	Сидячий образ жизни Sedentary lifestyle	<1,5	0-2
2.	Лёгкая ФА Light PA	1,5-3	3-4
3.	Средняя ФА Average PA	3-6	5-6
4.	Высокая ФА Intensive PA	>6,0	7-8

Следует отметить, что указанный в табл. 1 вариант измерения ФА более ориентирован не на специалистов, а на население и в какой-то мере на ТМТ, где чаще используется МЕТ.

Однако практика показала, что лучше всего использовать именно основную шкалу (Rating of Perceived Exertion Scale, Borg RPE Scale®) [15, 16], а использование изменённой и дополненной шкалы лишь дезориентирует специалистов.

Основными ТФН, позволяющими без выраженных временных и финансовых затрат отслеживать основные параметры для определения переносимости физических нагрузок (ЭКГ, ЧСС, АД, и самочувствие больного), являются ВЭМ и ТМТ.

ВЭМ — одна из основных нагрузочных проб в кардиологии, которая позволяет дозировать ТФН в ваттах (Вт). ВЭМ может быть ступенчатой, непрерывной и смешанной. При непрерывной ВЭМ нагрузка начинается с 1 Вт/кг массы тела, через каждые 2 мин. увеличивается на 1 Вт/кг до тех пор, пока не будут достигнуты цели тестирования. В режиме ступенчатого тестирования ФН увеличивается дискретно с перерывами на отдых или без него. Чаще используется ступенчатая непрерывно возрастающая проба с длительностью каждой ступени 3 минуты. «Педалирование» осуществляется со скоростью 60 оборотов в минуту. Обычно нагрузка возрастает на 25 Вт на каждой ступени, начиная с 50 Вт. При записи ЭКГ в 12-ти отведениях (модифицированные отведения Mason-Likar) электроды с рук располагаются в области ключиц, а электроды с ног — в области подвздошных костей [3].

ТМТ позволяет дозировать физическую нагрузку путём изменения скорости и угла наклона движущегося полотна, дозируется в МЕТ, не имеет существенных преимуществ перед ВЭМ. Используется только ступенчатый, безынтервальный тест с постепенным нарастанием нагрузки. По различным методикам, число ступеней колеблется от 7 до 15, с продолжительностью ступени от 1 до 3 минут. Стандартным является протокол Брюса (R. Bruce), или модифицированный протокол Брюса, с длительностью ФН на каждой ступени 3 минуты. ТМТ дозируется до достижения целевых показателей (проявления признаков непереносимости или максЧСС) [9, 19]. Работоспособность определяется «двойным произведением» (Robinson, 1967) = ЧСС * сАД. Критерии адекватной ТМТ — достижение: 4 ступени (13 МЕТ); двойного произведения $\geq 20\ 000$; максЧСС-85% при нормальной ЭКГ. В клинических условиях двойное произведение является эквивалентом поглощения кислорода миокардом. У здоровых мужчин этот индекс равен 29 000 – 31 000, у больных ИБС снижается (в ряде пособий индекс делится на 100 для упрощения восприятия).

Следует отметить, что для СС-тестирования вид ТФН (тредмил, велоэргометр и т.п.) не имеет принципиального значения, важно достижение целевой ЧСС. Современные ТМТ и ВЭМ позволяют непрерывно мониторировать ЧСС как самим испытуемым, так и медицинским персоналом.

Чем же принципиально отличается КПНТ от ВЭМ и ТМТ?

Во-первых, подбором больных для ТФН. При КПНТ существенная разница в результатах отмечается при

заболеваниях СС или бронхо-лёгочных систем, сопровождающихся лёгочной гипертензией. Во-вторых, наличием ряда показателей, возможно, влияющих на интерпретацию ТФН.

Какие же основные параметры определяются при КПНТ, отличающие его от ВЭМ и ТМТ?

Наиболее часто используемый в спортивной кардиологии показатель КПНТ — это VO_2 , показывающий пиковое (максимальное) значение потребления кислорода, или аэробная способность (VO_{2max}) [2, 5, 20, 21].

В связи с этим рассмотрим таблицу, предлагаемую руководством 2020 ESC «Sports cardiology» (см. табл. 2).

Таблица / Table 2

Показатели интенсивности аэробных физических упражнений (ESC, 2020)
Aerobic Exercise Intensity Indicators (ESC, 2020)

Показатели Parameters Интен- сивность Intensity	maxЧСС Max HR (%)	pЧСС rHR (%)	Шкала Борг Borg scale	VO_{2max} (%)
Низкая Low	<55	<40	10-11	<40
Средняя Average	55-74	40-69	12-13	40-69
Высокая High	75-90	75-85	14-16	75-85
Очень высокая Very high	>90	>85	17-19	>85

При рассмотрении данной таблицы прежде всего необходимо отметить, что показатели ориентированы на аэробные нагрузки, а это ВЭМ и ТМТ. Далее видно соответствие VO_{2max} не только с процентом достижения максЧСС, но и со шкалой Борг. Более того, «Sports cardiology» 2020 ESC конкретно указывает, что рЧСС [максЧСС — отдых ЧСС] в большинстве случаев позволяет заменить показатель VO_{2max} в КПНТ [2].

Заключение

Несмотря на то, что КПНТ является современным диагностическим методом и даёт значительный объем дополнительной информации, его следует назначать дифференцированно, в частности, при наличии заболеваний бронхолёгочной системы и отдельных заболеваний ССС, сопровождающихся развитием легочной гипертензии, например, у пациентов с врожденными пороками сердца, тяжелой хронической сердечной недостаточностью. При отсутствии указанных заболеваний проведение КПНТ нецелесообразно и лишь усложняет ТФН. ВЭИ и ТМТ позволяют установить все необходимые параметры ТФН для кардиологических больных.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Financing. The study did not have sponsorship.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. Authors declare no conflict of interest.

ЛИТЕРАТУРА

1. WHO Guidelines on physical activity and sedentary behavior. – Geneva: World Health Organization; 2020.
2. Pelliccia A., Sharma S., Gati S., Bäck M., Björjesson M., et al. 2020 ESC Guidelines on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease. // *Eur Heart J.* – 2021. – V. 42(1). – P. 17-96. DOI: 10.1093/eurheartj/ehaa605
3. Тавровская Т.В. Велоэргометрия. Практическое пособие для врачей. – Санкт-Петербург, 2007.
4. Guazzi M., Adams V., Conraads V., Halle M., Mezzani A., et al. EACPR/AHA Scientific Statement. Clinical recommendations for cardiopulmonary exercise testing data assessment in specific patient populations. // *Circulation.* – 2012. – V. 126(18). – P.2261-74. DOI: 10.1161/CIR.0b013e31826fb946
5. Guazzi M., Arena R., Halle M., Piepoli M.F., Myers J., Lavie C.J. 2016 Focused Update: clinical recommendations for cardiopulmonary exercise testing data assessment in specific patient populations. // *Circulation.* – 2016. – Vol. 133 (24). – P. 694-711. DOI: 10.1161/cir.0000000000000406
6. Ватулин Н.Т., Смирнова А.С., Гасендич Е.С., Тов И.В. Современный взгляд на кардиопульмональное нагрузочное тестирование (обзор рекомендаций EACPR/AHA, 2016). // *Архивъ внутренней медицины.* – 2017. – Т.7, №1. – С.5-14. DOI: 10.20514/2226-6704-2017-7-1-5-14
7. Gibbons RJ., Balady G.J., Bricker J.T., Chaitman B.R., Fletcher G.F., et al. ACC/AHA 2002 guideline update for exercise testing: summary article: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Update the 1997 Exercise Testing Guidelines). // *Circulation.* – 2002. – V. 106(14). – P. 1883-92. DOI: 10.1161/01.cir.0000034670.06526.15
8. Дубровский В.И. Спортивная медицина: Учеб. для студ. высш. учеб. заведений. 2-е изд., доп. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС. – 2002.
9. Сыркин А.Л., Аксельрод А.С., Чомахидзе П.Ш. Нагрузочные ЭКГ тесты: 10 шагов к практике 4-е издание. – М. МЕДпресс-информ. – 2013.
10. Мареев В.Ю., Фомин И.В., Агеев Ф.Т., Беграбекова Ю.Л., Васюк Ю.А., и др. Клинические рекомендации ОССН – РКО – РНМОТ. Сердечная недостаточность: хроническая (ХСН) и острая декомпенсированная (ОДСН). Диагностика, профилактика и лечение. // *Кардиология.* – 2018. – Т.58, 6S. – С. 8-158. DOI: 10.18087/cardio.2475
11. Williams B., Mancia G., Spiering W., Rosei E.A., Azizi M., et al. 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension [2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension]. // *Kardiol Pol.* – 2019. – V.77(2). – P. 71-159. (In Polish). DOI: 10.5603/KP.2019.0018
12. Borg G.A. Psychophysical bases of perceived exertion. // *Med Sci Sports Exerc.* – 1982. – V.14(5). – P. 377-81. PMID: 7154893.
13. Ландырь А.П. Тесты с дозируемой физической нагрузкой в спортивной медицине. – М.: ЛитРес; 2019.
14. Brugada J., Katritsis D.G., Arbelo E., Arribas F., Bax J.J., et al. 2019 ESC Guidelines for the management of patients with supraventricular tachycardia The Task Force for the management of patients with supraventricular tachycardia of the European Society of Cardiology (ESC). // *Eur Heart J.* – 2020. – V. 41(5). – P. 655-720. DOI: 10.1093/eurheartj/ehz467. Erratum in: *Eur Heart J.* – 2020. – V. 41(44). – P. 4258
15. Fletcher G.F., Ades P.A., Kligfield P., Arena R., Balady G.J., et al. Exercise standards for testing and training: a scientific statement from the American Heart Association. // *Circulation.* – 2013. – V.128(8). – P. 873-934. DOI: 10.1161/CIR.0b013e31829b5b44

REFERENCES

1. WHO Guidelines on physical activity and sedentary behavior. Geneva: World Health Organization; 2020.
2. Pelliccia A, Sharma S, Gati S, Bäck M, Björjesson M, et al. 2020 ESC Guidelines on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease. *Eur Heart J.* 2021;42(1):17-96. DOI: 10.1093/eurheartj/ehaa605
3. Tavrovskaja T.V. Velojergometrija. *Prakticheskoe posobie dlja vrachej* [Veloergometry. A practical guide for doctors]. Sankt-Peterburg, 2007. (in Russ.)
4. Guazzi M, Adams V, Conraads V, Halle M, Mezzani A, et al. EACPR/AHA Scientific Statement. Clinical recommendations for cardiopulmonary exercise testing data assessment in specific patient populations. *Circulation.* 2012;126(18):2261-74. DOI: 10.1161/CIR.0b013e31826fb946
5. Guazzi M, Arena R, Halle M, Piepoli MF, Myers J, Lavie CJ. 2016 Focused Update: clinical recommendations for cardiopulmonary exercise testing data assessment in specific patient populations. *Circulation.* 2016;133(24):694-711. DOI: 10.1161/cir.0000000000000406
6. Vatutin N.T., Smyrnova G.S., Gasendich E.S., Tov I.V. Modern view of cardiopulmonary exercise testing (review of ACR/ EULAR guidelines, 2016). *The Russian Archives of Internal Medicine.* 2017;7(1):5-14. (In Russ.). DOI: 10.20514/2226-6704-2017-7-1-5-14
7. Gibbons RJ, Balady GJ, Bricker JT, Chaitman BR, Fletcher GF, et al. ACC/AHA 2002 guideline update for exercise testing: summary article: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Update the 1997 Exercise Testing Guidelines). *Circulation.* 2002;106(14):1883-92. DOI: 10.1161/01.cir.0000034670.06526.15
8. Dubrovskiy V.I. *Sportivnaya meditsina: Ucheb. dlya stud. vyssh. ucheb. zavedeniy. 2-ye izd., dop.* M.: Gumanit. izd. tsentr VLADOS; 2002. (in Russ.)
9. Syrkin A.L., Aksel'rod A.S., Chomakhidze P.S.H. *Nagruzochnyye EKG testy: 10 shagov k praktike 4-ye izdaniye.* M. MEDpress-inform; 2013. (in Russ.)
10. Mareev V.Yu., Fomin I.V., Ageev F.T., Begrambekova Yu.L., Vasyuk Yu.A., et al. Russian Scientific Medical Society of Internal Medicine Guidelines for Heart failure: chronic (CHF) and acute decompensated (ADHF). Diagnosis, prevention and treatment. *Kardiologiya.* 2018;58(6S):8-158. (In Russ.) DOI: 10.18087/cardio.2475
11. Williams B, Mancia G, Spiering W, Rosei EA, Azizi M, et al. 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension [2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension]. *Kardiol Pol.* 2019;77(2):71-159. (In Polish). DOI: 10.5603/KP.2019.0018
12. Borg G.A. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc.* 1982;14(5):377-81. PMID: 7154893.
13. Landyr' A.P. *Testy s doziruyemoy fizicheskoy nagruzkoy v sportivnoy meditsine.* M.: LitRes; 2019. (in Russ.)
14. Brugada J, Katritsis DG, Arbelo E, Arribas F, Bax JJ, et al. 2019 ESC Guidelines for the management of patients with supraventricular tachycardia The Task Force for the management of patients with supraventricular tachycardia of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J.* 2020;41(5):655-720. DOI: 10.1093/eurheartj/ehz467. Erratum in: *Eur Heart J.* 2020;41(44):4258
15. Fletcher GF, Ades PA, Kligfield P, Arena R, Balady GJ, et al. Exercise standards for testing and training: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation.* 2013;128(8):873-934. DOI: 10.1161/CIR.0b013e31829b5b44

16. Juraschek S.P., Blaha M.J., Whelton S.P., Blumenthal R., Jones S.R., et al. Physical fitness and hypertension in a population at risk for cardiovascular disease: the Henry Ford Exercise Testing (FIT) Project. // *J Am Heart Assoc.* – 2014. – V.3(6). – P. e001268. DOI: 10.1161/JAHA.114.001268
17. Borg E., Kaijser L. A comparison between three rating scales for perceived exertion and two different work tests. // *Scand J Med Sci Sports.* – 2006. – V.16(1). – P. 57-69. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2005.00448.x
18. Zamunér A.R., Moreno M.A., Camargo T.M., Graetz J.P., Rebelo A.C., et al. Assessment of Subjective Perceived Exertion at the Anaerobic Threshold with the Borg CR-10 Scale. // *J Sports Sci Med.* – 2011. – V.10(1). – P. 130-6. PMID: 24149305; PMCID: PMC3737915.
19. Bruce R.A., Lovejoy F.W.Jr., Pearson R., Yu P.N.G., Brothers G.B., Velasquez T. Normal respiratory and circulatory pathways of adaptation in exercise. // *J. Clin. Invest.* – 1949. – Vol. 28 (6 Pt 2). – P. 1423–1430. DOI: 10.1172/JCI102207
20. Galiè N., Humbert M., Vachiery JL, Gibbs S, Lang I, et al. 2015 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension: The Joint Task Force for the Diagnosis and Treatment of Pulmonary Hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Respiratory Society (ERS): Endorsed by: Association for European Paediatric and Congenital Cardiology (AEPC), International Society for Heart and Lung Transplantation (ISHLT). // *Eur Heart J.* – 2016. – V. 37(1). – P. 67-119. DOI: 10.1093/eurheartj/ehv317
21. Powell K.E., King A.C., Buchner D.M., Campbell W.W., DiPietro L., et al. The Scientific Foundation for the Physical Activity Guidelines for Americans, 2nd Edition. // *J Phys Act Health.* – 2018. – P. 1-11. DOI: 10.1123/jpah.2018-0618
16. Juraschek SP, Blaha MJ, Whelton SP, Blumenthal R, Jones SR, et al. Physical fitness and hypertension in a population at risk for cardiovascular disease: the Henry Ford Exercise Testing (FIT) Project. *J Am Heart Assoc.* 2014;3(6):e001268. DOI: 10.1161/JAHA.114.001268
17. Borg E, Kaijser L. A comparison between three rating scales for perceived exertion and two different work tests. *Scand J Med Sci Sports.* 2006;16(1):57-69. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2005.00448.x
18. Zamunér AR, Moreno MA, Camargo TM, Graetz JP, Rebelo AC, et al. Assessment of Subjective Perceived Exertion at the Anaerobic Threshold with the Borg CR-10 Scale. *J Sports Sci Med.* 2011;10(1):130-6. PMID: 24149305; PMCID: PMC3737915.
19. Bruce RA, Lovejoy FW Jr., Pearson R, Yu PNG, Brothers GB, Velasquez T. Normal respiratory and circulatory pathways of adaptation in exercise. *J. Clin. Invest.* 1949;28(6 Pt 2):1423–1430. DOI: 10.1172/JCI102207
20. Galiè N, Humbert M, Vachiery JL, Gibbs S, Lang I, et al. 2015 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension: The Joint Task Force for the Diagnosis and Treatment of Pulmonary Hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Respiratory Society (ERS): Endorsed by: Association for European Paediatric and Congenital Cardiology (AEPC), International Society for Heart and Lung Transplantation (ISHLT). *Eur Heart J.* 2016;37(1):67-119. DOI: 10.1093/eurheartj/ehv317
21. Powell KE, King AC, Buchner DM, Campbell WW, DiPietro L, et al. The Scientific Foundation for the Physical Activity Guidelines for Americans, 2nd Edition. *J Phys Act Health.* 2018;1-11. DOI: 10.1123/jpah.2018-0618

Информация об авторах

Ребров Борис Алексеевич, д.м.н., проф., заведующий кафедрой внутренней медицины факультета последипломного образования, Луганский государственный медицинский университет имени Святого Луки, Луганск, Украина. ORCID: 0000-0003-1303-9142. E-mail: fpdo@mail.ru.

Реброва Ольга Александровна, к.м.н., доцент кафедры внутренней медицины факультета последипломного образования, Луганский государственный медицинский университет имени Святого Луки, Луганск, Украина. ORCID: 0000-0002-2292-3207. E-mail: terapiyafo@yandex.ru.

Благодаренко Анна Борисовна, к.м.н., ассистент кафедры внутренней медицины факультета последипломного образования, Луганский государственный медицинский университет имени Святого Луки, Луганск, Украина. ORCID: 0000-0002-8953-1048. E-mail: terapiyafo@yandex.ru.

Блудова Наталья Георгиевна, к.м.н., доцент кафедры внутренней медицины факультета последипломного образования, Луганский государственный медицинский университет имени Святого Луки, Луганск, Украина. ORCID: 0000-0002-0163-5628. E-mail: bludova2010@mail.ru.

Вклад авторов:

Б.А. Ребров — обзор публикаций по теме статьи, написание текста рукописи;

О.А. Реброва — интерпретация и переработка данных;

А.Б. Благодаренко — написание статьи и переработка ее содержания;

Н.Г. Блудова — написание и редактирование обзора публикаций по теме статьи;

Получено / Received: 16.04.2021

Принято к печати / Accepted: 19.05.2021

Information about the authors

Boris A. Rebrov, Dr. Sci. (Med.), Professor, head of Department of internal medicine, St. Luke Lugansk State Medical University, Lugansk, Ukraine. ORCID: 0000-0001-8344-5467. E-mail: fpdo@mail.ru.

Olga A. Rebrova, Cand. Sci. (Med.), Department of internal medicine, St. Luke Lugansk State Medical University, Lugansk, Ukraine. ORCID: 0000-0002-2292-3207. E-mail: terapiyafo@yandex.ru.

Anna B. Blagodarenko, Cand. Sci. (Med.), assistant of Department of internal medicine, St. Luke Lugansk State Medical University, Lugansk, Ukraine. ORCID: 0000-0002-8953-1048. E-mail: terapiyafo@yandex.ru

Nataliya G. Bludova, Cand. Sci. (Med.), Department of internal medicine, St. Luke Lugansk State Medical University, Lugansk, Ukraine. ORCID: 0000-0002-0163-5628. E-mail: bludova2010@mail.ru.

Authors' contribution:

B.A. Rebrov – review of publications on the topic of the article, writing the text of the manuscript;

O. A. Rebrova – data interpretation and processing;

A.B. Blagodarenko – writing an article and revising its content;

N.G. Bludova – writing and editing a review of publications on the topic of the article;