

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЛЕРАНТНОСТИ К ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ У ЗДОРОВЫХ ДЕТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННОГО ГАРВАРДСКОГО СТЕП-ТЕСТА

А.А. Тупикина¹, И.В. Плотникова¹, И.А. Ковалев^{1,2}, Л.И. Свинцова¹, О.Ю. Джаффарова¹,
О.С. Янулевич¹, Е.В. Кривошеков¹

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Научно-исследовательский институт кардиологии", Томск

²Обособленное структурное подразделение Государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова" Министерства здравоохранения Российской Федерации "Научно-исследовательский клинический институт педиатрии им. акад. Ю.Е. Вельтищева", Москва
E-mail: taa@cardio-tomsk.ru

MODIFIED HARVARD STEP TEST FOR EXERCISE TOLERANCE STUDY IN HEALTHY CHILDREN

A.A. Tupikina¹, I.V. Plotnikova¹, I.A. Kovalev^{1,2}, L.I. Svintsova¹, O.Yu. Dzhaffarova¹,
O.S. Yanulevich¹, E.V. Krivoshchekov¹

¹Federal State Budgetary Scientific Institution "Research Institute for Cardiology", Tomsk

²Separated Structural Subdivision of the State Budget Institution of Higher Professional Education "Russian National Research Medical University n.a. N.I. Pirogov" of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation Scientific Research Institute of Clinical Pediatrics n.a. Yu. E. Veltishev, Moscow

Основным показателем, характеризующим деятельность сердечно-сосудистой системы (ССС), является толерантность к физической нагрузке. Учитывая морфофункциональные изменения растущего организма и увеличение умственных и физических нагрузок, становится актуальным определение функционального состояния ССС. Цель: представить результаты оценки толерантности к физической нагрузке (ТФН) у условно здоровых детей в различных возрастных группах с использованием модифицированного Гарвардского степ-теста (МГСТ). Материал и методы. В исследование было включено 110 условно здоровых детей в возрасте от 6 до 16 лет. Средний возраст обследованных составил $10,6 \pm 3,6$ лет. Всем пациентам проведен МГСТ. Результаты. Все обследуемые выполнили МГСТ по полному протоколу. Прирост частоты сердечных сокращения (ЧСС) на 15–20% был выявлен у 79 детей (71,8%), при этом преобладали мальчики (57%). У остальных обследованных (28,2%) после физической нагрузки было выявлено снижение ЧСС на 5–10% от исходной. Значения медианы индекса МГСТ (ИМГСТ) в группе условно здоровых мальчиков и девочек достоверно не различались – 74,3 (IQR: 63,2;85,5) и 70,3 (IQR: 62,2;82,5) соответственно, $p=0,94$. Заключение. Все обследованные вне зависимости от пола и возраста выполнили тест полностью, что указывает на возможность использования данного метода обследования при определении ТФН у детей различных возрастных групп вне зависимости от гендерной принадлежности.

Ключевые слова: физическая нагрузка, Гарвардский степ-тест, дети.

Exercise tolerance is the main parameter characterizing the state of cardiovascular system. Considering morphofunctional changes and increases in the mental and physical activity of the growing organism, characterization of the functional state of cardiovascular system is relevant. Aim: The aim of the study was to evaluate exercise tolerance in healthy children of different age groups by modified Harvard step test. Materials and Methods: The study comprised 110 healthy children aged 6 to 16 years. Average age was 10.6 ± 3.6 years. Modified Harvard step test was used for evaluation of exercise tolerance. Results: All subjects performed modified Harvard step test according to the entire protocol. Heart rate increased by 15–20% in 79 children (71.8%) where boys constituted a majority (57%). In the rest of children (28.2%), heart rate decreased by 5–10% after physical exercise compared with the initial values. The values of modified Harvard step test index did not significantly differ between groups of healthy girls and boys: 74.3 (IQR: 63.2;85.5) and 70.3 (IQR: 62.2;82.5), respectively, $p=0.94$. Conclusion. Independently on gender, all study children completed the test suggesting that this test may be used for exercise tolerance study in children of different age groups regardless of gender.

Key words: exercise stress, Harvard step test, children.

Введение

Изучение физиологического состояния растущего организма детей и подростков является одной из актуальных проблем возрастной физиологии. В настоящее время все больше детей дошкольного и школьного воз-

раста начинают заниматься профессиональным спортом. Именно в это время происходят наиболее важные изменения морфофункциональных характеристик ССС и перестройки механизмов регуляции сердечной деятельности. В этом возрасте миокард детей наиболее чувствите-

лен к различным эндо- и экзогенным факторам [1–5]. Учитывая морфофункциональные изменения растущего организма и увеличение умственных и физических нагрузок, становится актуальным определение функционального состояния ССС. Основным показателем, характеризующим деятельность ССС, является ТФН. Протокол одноступенчатого теста является одним из самых простых в использовании [6, 7]. Одним из самых первых и популярных степ-тестов является одноступенчатый Гарвардский степ-тест (ГСТ) [8]. В первоначальном виде ГСТ использовался для определения кардиореспираторной подготовленности в отдельных группах испытуемых, протокол тестирования был излишне интенсивен. В частности на ступень высотой 50,8 см необходимо было подниматься со скоростью 30 шагов в минуту в течение 5 мин, что резко ограничило применение данного теста у многих групп испытуемых. В течение длительного времени тест подвергался различным модификациям, которые были связаны с изменениями одного или нескольких параметров выполнения теста. Были предприняты попытки для того, чтобы сделать тесты более вариабельными с учетом пола и возраста пациентов. В настоящее время полученные вариации ГСТ сводятся к следующему: высота ступа в пределах от 30 до 50 см, частота выполнения теста от 18 до 36 шагов в минуту. В настоящее время доступные модификации ГСТ позволяют определить ТФН у детей, начиная с 8 лет. У детей более раннего возраста определение ТФН не проводилось. Цель: представить результаты оценки толерантности к физической нагрузке у условно здоровых детей в различных возрастных группах с использованием модифицированного Гарвардского степ-теста.

Материал и методы

В исследование было включено 110 условно здоровых детей в возрасте от 6 до 16 лет, по 10 человек в каждой возрастной группе (5 мальчиков и 5 девочек). Средний возраст пациентов составил $10,6 \pm 3,6$ лет. Критериями включения в исследование были: отсутствие острых инфекционных заболеваний или обострения хронических процессов на момент исследования и в течение 3 недель до него, отсутствие заболеваний опорно-двигательного аппарата и центральной нервной системы (ЦНС), ограничивающих двигательную активность, соответствие биологического возраста паспортному, нормальные показатели ЧСС и артериального давления (АД) на момент исследования, отсутствие жалоб на момент исследования, согласие пациента на выполнение теста. Критерием исключения являлось отсутствие хотя бы одного из вышеперечисленных критериев. Учитывая тот факт, что у детей разного возраста сложно объективно оценить уровень выносливости и степень тренированности, было предложено определение ТФН по изменению ЧСС с последующим расчетом индекса ГСТ. Существующий в настоящее время ГСТ рассчитан на детей в возрасте от 8 лет, минимальная высота ступени составляет 35 см, а время выполнения теста – 5 мин [9], поэтому было принято решение о модификации ГСТ. МГСТ представляет собой одноступенчатый степ-тест с фиксированной вы-

сотой ступени 20 см вне зависимости от веса и роста пациентов. Перед проведением теста обследуемому проводилось измерение АД и ЧСС. Затем испытуемому предлагалось на протяжении 3 мин совершать восхождение на ступеньку, также вне зависимости от возраста и пола со скоростью 30 шагов в минуту. При подъеме и спуске руки выполняли обычные для ходьбы движения. Во время выполнения теста можно было несколько раз сменить ногу, с которой начинался подъем. Для строгого дозирования частоты восхождений на ступеньку и спуска с нее можно использовать метроном, частоту которого устанавливали равной 120 ударам в минуту. В этом случае каждое движение соответствовало одному удару метронома. Перед проведением МГСТ испытуемому демонстрировали тест, а затем давали ему возможность опробовать его. Если испытуемый был не в состоянии совершать восхождение на ступеньку в течение 3 мин, то фиксировалось то время, в течение которого выполнялась мышечная работа. Для этого при проведении пробы необходимо иметь секундомер. Тест прекращался, если испытуемый в результате утомления начинал отставать от заданного ритма восхождений в течение 20 с [9]. При выполнении МГСТ могут быть допущены следующие ошибки: несоблюдение правильного ритма, неполное выпрямление коленных суставов на ступеньке, неполное выпрямление тела на ступеньке, постановка ноги на пол на носок. О возможных ошибках при выполнении этого теста обследуемый был информирован заранее. При проведении МГСТ нами была сделана попытка строго дозировать физическую нагрузку. Вместе с тем эта дозировка является в определенной степени условной, так как мощность выполнения физической нагрузки нельзя определить точно. При проведении теста время его выполнения является фиксированным. Однако если испытуемый прекращает работу раньше указанного времени, то его работоспособность все равно можно оценить, так как уменьшается влияние субъективного отношения испытуемого к процедуре тестирования [9]. После окончания физической нагрузки испытуемый отдыхал сидя. ЧСС подсчитывалась на 2, 3 и 4-й мин в течение 30 с. Если обследуемый в процессе тестирования отставал от заданного темпа, то тест прекращался. Индекс МГСТ рассчитывают по формуле: $ИМГСТ = tx100 / (f_1 + f_2 + f_3) \times 2$, где t – время восхождения в с; f_1, f_2, f_3 – ЧСС, измеренные на 2, 3 и 4-й мин в течение 30 с восстановления соответственно. При массовых обследованиях можно пользоваться сокращенной формулой: $ИМГСТ = tx100 / fx5,5$, где t – время восхождения в с; f – ЧСС, которая учитывает время выполнения теста у пациентов с признаками сердечной недостаточности (СН). При определении ИМГСТ не учитывается ЧСС за первую минуту восстановительного периода. Это имеет свои положительные и отрицательные моменты. Положительный момент заключается в том, что в раннем восстановительном периоде ЧСС зависит от большого числа факторов, некоторые из которых не связаны с мышечной работой (например, переход из вертикального положения во время восхождения на ступеньку в положение сидя). Отрицательный момент связан с тем, что при МГСТ не учитывается в достаточной степени индивидуальная реактивность ССС человека в первую минуту восстановления.

Величина ИМГСТ характеризует скорость восстановительных процессов после напряженной физической нагрузки и оценивается по шкале. Чем быстрее восстанавливается ЧСС после степ-теста, тем выше ИМГСТ [9].

Математические расчеты проводили с помощью пакета программ MYSTAT 12 Version (SYSTAT Software, Inc, 2007). Для оценки нормальности распределения признака использовали критерий Колмогорова–Смирнова. Описание количественных признаков представлено в виде Me (QRI 10–90%), где Me – медианное значение показателя, а (QRI 10–90%) – интерквартильный разброс. Для оценки достоверности различий зависимых мы использовали критерий Манна–Уитни. Достоверность результата оценивалась при $p < 0,05$.

Результаты

Все обследуемые выполнили МГСТ по полному протоколу. Прирост ЧСС на 15–20% был выявлен у 79 (71,8%) детей, при этом преобладали мальчики (57%). У остальных 31 (28,2%) обследованных после физической нагрузки было выявлено снижение ЧСС на 5–10% от исходной. Данные прироста и снижения ЧСС укладываются в возрастные нормативы [10]. Значения медианы ИМГСТ в группе здоровых мальчиков и девочек составили 74,3 (IQR: 63,2:85,5) и 70,3 (IQR: 62,2:82,5) соответственно ($p=0,94$). На основании проведенного обследования были определены максимальные показатели ИМГСТ в каждой возрастной группе, которые представлены в таблице.

На основании полученных данных (таблица) мы предложили градацию показателя ИМГСТ в детском возрасте, взяв за основу систему оценки ГСТ у взрослых [11]. Показатель ИМГСТ ниже 38 расценивался как ниже среднего, от 39 до 54 – как средний, от 55 до 69 – как хороший показатель, выше 70 – как отличный результат. Результаты “ниже среднего” и “средний” не были выявлены ни у одного здорового ребенка. ИМГСТ у обследованных детей составил от 56,3 до 88. Среди обследованных детей в большинстве случаев (75,5%) преобладал “хороший уровень” ТФН. В остальных 24,5% уровень соответствовал оценке “отлично”.

Таблица

Максимальные значения ИМГСТ у здоровых детей, соответствующие оценке “отлично”

Возраст, лет	Мальчики, n=55	Девочки, n=55
6	72	70
7	73	70
8	73	73
9	75	74
10	75	75
11	80	75
12	84	78
13	84	80
14	84	80
15	86	82
16	88	82

Обсуждение

В настоящее время для определения ТФН у детей наиболее часто используют велоэргометрию (ВЭМ). У этой методики есть свои плюсы и минусы. Основной проблемой данного метода являются возрастные и весо-ростовые ограничительные факторы. Например, проведение ВЭМ возможно только у детей при росте 131 см и выше, чтобы ребенок мог свободно крутить педали. Поэтому это пробу чаще всего используют в подростковом возрасте. Что же касается МГСТ, то его выполнение одинаково хорошо переносится как детьми дошкольного возраста (6–7 лет), так и подростками, что было продемонстрировано в нашем исследовании. Все обследованные вне зависимости от возраста выполнили тест полностью, что указывает на возможность использования данного метода обследования при определении ТФН у детей различных возрастных групп. Причинами прекращения МГСТ является появление одышки или отказ ребенка выполнять тест дальше. Предложенная фиксированная высота ступени при выполнении теста не выявила взаимосвязь между возрастом, полом и уровнем максимального значения ИМГСТ, что представлено в таблице. Полученные результаты указывают на объективность данного метода исследования вне зависимости от возраста пациента и весо-ростовых показателей. В основе МГСТ лежит оценка ЧСС в восстановительном периоде после физической нагрузки. По данным литературы, при одном и том же уровне нагрузки девочки имеют более высокую ЧСС, чем мальчики [12]. По нашим данным, значения медианы ИМГСТ в группе здоровых мальчиков и девочек достоверно не различались – 74,3 (IQR: 63,2:85,5) и 70,3 (IQR: 62,2:82,5) соответственно, $p=0,94$, что указывает на возможность использования данного метода вне зависимости от гендерной принадлежности обследуемого.

Заключение

Таким образом, МГСТ может быть использован для оценки ТФН у детей различных возрастных групп вне зависимости от гендерной принадлежности.

Конфликт интересов не заявлен.

Литература

1. Кмить Г.В., Рублева Л.В. Основные результаты многолетних исследований функционального состояния миокарда детей // Новые исследования. – 2003. – Т. 1. – С. 192–199.
2. Матюшонок М.Т., Турик Г.Г., Крюкова А.А. Физиология и гигиена детей и подростков. – Минск: Высшая школа, 1975. – 288 с.
3. Петрова Р.Ф. Методические указания к самооценке состояния здоровья. – Орел, 1998. – 74 с.
4. Физиология развития ребенка (теоретические и прикладные аспекты) / под ред. М.М. Безруких, Д.А. Фарбер. – М.: Образование от А до Я, 2000. – 319 с.
5. Hansen J., Jacobsen T., Amtorp O. The exercise presser response to sustained handgrip does not augment blood flow in the contracting forearm skeletal muscle // Acta physiology Scandinavica. – 1993. – Vol. 4. – P. 419–423.
6. Bruce R. Methods of exercise testing // Am. J. Cardiol. – 1974. – Vol. 33. – P. 715–720.

7. Shapiro A., Shapiro Y., Magazanik A. A simple test to predict aerobic capacity // J. Sport&Med. Phys. Fitness. – 1976. – Vol. 16. – P. 209–214.
8. Francis K.T. A new single-stage step test for the clinical assessment of maximal oxygen consumption // Phys. Ther. – 1990. – Vol. 70. – P. 734–738.
9. Ушаков И.Б. Методы исследования и фармакологической коррекции физической работоспособности человека. – М. : Медицина, 2007. – 104 с.
10. Макаров Л.М. ЭКГ в педиатрии. – М. : Медпрактика, 2006. – 49 с.
11. Власов Ю.А. Онтогенез кровообращения человека. – Новосибирск : Наука, 1985. – 266 с.
12. Тавровская Т.В. Велоэргометрия : пособие для врачей. – СПб., 2007. – 72 с.

Поступила 02.10.2015

Сведения об авторах

Тупикина Анна Альбертовна, очный аспирант отделения детской кардиологии НИИ кардиологии.

Адрес: 634012, г. Томск, ул. Киевская, 111а.

Е-mail: taa@cardio-tomsk.ru.

Плотникова Ирина Владимировна, докт. мед. наук, и.о. руководителя отделения детской кардиологии НИИ кардиологии.

Адрес: 634012, г. Томск, ул. Киевская, 111а.

Е-mail: ivp@cardio-tomsk.ru.

Ковалев Игорь Александрович, докт. мед. наук, профессор, заместитель главного врача Обособленного структурного подразделения Государственного бюд-

жетного образовательного учреждения высшего профессионального образования “Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова” Министерства здравоохранения Российской Федерации “Научно-исследовательский клинический институт педиатрии им. акад. Ю.Е. Вельтищева”.

Адрес: 125412, г. Москва, ул. Талдомская, 2.

Е-mail: igor.kovalev64@mail.ru.

Свицова Лилия Ивановна, канд. мед. наук, старший научный сотрудник отделения детской кардиологии НИИ кардиологии.

Адрес: 634012, г. Томск, ул. Киевская, 111а.

Е-mail: lis@cardio-tomsk.ru.

Джаффарова Ольга Юрьевна, канд. мед. наук, научный сотрудник отделения детской кардиологии НИИ кардиологии.

Адрес: 634012, г. Томск, ул. Киевская, 111а.

Е-mail: oyd@cardio-tomsk.ru.

Янулевич Ольга Сергеевна, канд. мед. наук, врач кардиохирургического отделения № 2 НИИ кардиологии.

Адрес: 634012, г. Томск, ул. Киевская, 111а.

Е-mail: osya@cardio-tomsk.ru.

Кривошеков Евгений Владимирович, докт. мед. наук, заведующий кардиохирургического отделения № 2 НИИ кардиологии.

Адрес: 634012, г. Томск, ул. Киевская, 111а.

Е-mail: kev@cardio-tomsk.ru.