

ИСТОРИЯ И РЕАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕСТА 6 МИНУТНОЙ ХОДЬБЫ У ДЕТЕЙ

БУШУЕВА ЭЛЬВИРА ВАЛЕРИАНОВНА, ORCID ID: 0000-0001-7026-3250; докт. мед. наук, профессор кафедры педиатрии и детской хирургии медицинского факультета, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», Адрес: 428017 Чувашская Республика, г. Чебоксары, Московский просп., д. 45, e-mail: evbush@mail.ru

ДИАНОВА ТАТЬЯНА ИВАНОВНА, ORCID ID: 0000-0001-6622-9906; старший преподаватель кафедры педиатрии и детской хирургии медицинского факультета, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», 428017, Чувашская Республика, г. Чебоксары Московский просп., д. 45, e-mail: D.t.i_21@mail.ru

ИВАНОВА ОЛЬГА НИКОЛАЕВНА, ORCID ID : 0000-0002-6059-9890; старший преподаватель кафедры педиатрии и детской хирургии медицинского факультета, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», 428017, Чувашская Республика, г. Чебоксары Московский просп., д. 45, e-mail: lonleb@mail.ru

ГЕРАСИМОВА ЛЮДМИЛА ИВАНОВНА, ORCID ID: 0000-0002-3976-0934; докт. мед. наук, проф. кафедры акушерства и гинекологии медицинского института непрерывного образования Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский биотехнологический университет» (МИНО ФГБОУ ВО РОСБИОТЕХ), 125080, Москва, Волоколамское шоссе, д. 11., e-mail: profgera@mail.ru

ПЕТРОВ АНДРЕЙ ГЕОРГИЕВИЧ, ORCID ID: 0000-0001-6622-9906; доцент кафедры педиатрии и детской хирургии медицинского факультета, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», 428017, Чувашская Республика, г. Чебоксары Московский просп., д. 45, e-mail: dr.petrov-a.g@yandex.ru

СИТДИКОВА ИРИНА ДМИТРИЕВНА ORCID ID: 0000-0002-6835-402X, докт. мед. наук, профессор кафедры биомедицинской инженерии и управления инновациями Казанского (Приволжского) федерального университета, 420008, Казань, ул. Кремлевская, д. 18., e-mail: sar1002@mail.ru

Реферат. Введение. Применение теста 6 минутной ходьбы для оценки функционального статуса пациента является безопасным, простым и легкодоступным методом в оценке функциональных способностей пациента, эффективности лечения и реабилитации, прогноза различных заболеваний. **Цель исследования** Проанализировать научную медицинскую литературу, содержащую применение теста 6-минутной ходьбы в оценке функционального статуса детей и подростков. **Материал и методы.** Проведен обзор и анализ современных научных данных в базах E-library, PubMed/Medline, Web of Science, Google Scholar и Cyberleninka по тесту 6 минутной ходьбы за период с 1963 года по настоящее время. Было отобрано и проанализировано 55 работ. **Результаты и их обсуждение.** Впервые тест описан в 1963 году у взрослых больных с заболеваниями бронхолегочной системы, в последующих усовершенствованиях тест применялся у больных с заболеваниями сердца и стал простым объективным показателем функциональной физической работоспособности. После принятия стандартов проведения теста 6 минутной ходьбы Американским торакальным обществом (the American Thoracic Society) совместно с Европейским респираторным обществом (European Respiratory Society) (2002 г.) началось широкое использование не только на больных, но и на здоровых взрослых. Впервые тест 6-минутной ходьбы среди здоровых детей был проведен в 2005 году в Китае, в дальнейшем контрольные значения теста, процентильные кривые, эталонные уравнения и формулы представлены учеными Австрии, Великобритании, Португалии, Индии, США, Южной Америки, Германии, Швейцарии, Турции, Тайваня, Бразилии, Италии, Хорватии, Нигерии, которые подтвердили безопасность и простоту теста, доказали высокую корреляцию теста с полом, ростом, возрастом, массой, индексом массы тела, с пульсом и давлением, размахом рук и т.д., но также ученые описали расхождения в полученных средних результатах пройденного расстояния или полученных в результате использования эталонного уравнения, выведенные в одной стране и использованные на детях в других странах. Доказали, что этническая принадлежность и географические различия испытуемых являются очень важными показателями, влияющими на результаты теста. В России проведение теста 6-минутной ходьбы ограничено только больными детьми и нормативными значениями, и эталонных формул нами не было найдено. **Заключение.** Полученные референтные значения для теста 6 минутной ходьбы у здоровых детей одной страны, не должны использоваться для детей других стран, так как анализ показал значительную разницу в контрольных значениях пройденного расстояния.

Ключевые слова: тест 6 минутной ходьбы, дети, подростки, функциональное состояние.

Для ссылки: Бушуева Э.В., Дианова Т.И., Иванова О.Н. и др. История и реальность применения теста 6 минутной ходьбы у детей // Вестник современной клинической медицины. – 2023. – Т.16, вып.2. – С.72-79.

DOI: 10.20969/VSKM.2023.16(2).72-79.

HISTORY AND REALITY OF APPLICATION THE 6 MINUTE WALK TEST IN CHILDREN

BUSHUEVA ELVIRA V., ORCID ID: 0000-0001-7026-3250; Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Pediatrics and Pediatric Surgery, Faculty of Medicine, Chuvash State University named after I.N. Ulyanov, Address: 428017 Chuvash Republic, Cheboksary, Moskovsky Ave., 45, e-mail: evbush@mail.ru

DIANOVA TATYANA I., ORCID ID: 0000-0001-6622-9906; Senior Lecturer of the Department of Pediatrics and Pediatric Surgery, Faculty of Medicine, Chuvash State University named after I.N. Ulyanov, 428017, Chuvash Republic, Cheboksary, Moskovsky Ave., 45, e-mail: D.t.i_21@mail.ru

IVANOVA OLGA N., ORCID ID: 0000-0002-6059-9890; Senior Lecturer of the Department of Pediatrics and Pediatric Surgery, Faculty of Medicine, Chuvash State University named after I.N. Ulyanov, 428017, Chuvash Republic, Cheboksary, Moskovsky Ave., 45, e-mail: lonleb@mail.ru

GERASIMOVA LYUDMILA I., ORCID ID: 0000-0002-3976-0934; MD, Dr. Med. Sci, prof., Professor of the Department of Obstetrics and Gynecology of the Medical Institute of Continuing Education of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian Biotechnological University» (FSBEU HE «ROSBIOTEKH»), 125080, Moscow, Volokolamsk highway, 11, e-mail: profgera@mail.ru

PETROV ANDREY G., ORCID ID: 0000-0001-6622-9906; Associate Professor of the Department of Pediatrics and Pediatric Surgery, Faculty of Medicine, Chuvash State University named after I.N. Ulyanov, 428017, Chuvash Republic, Cheboksary, Moskovsky Ave., 45, e-mail: dr.petrov-a.g@yandex.ru

SITDIKOVA IRINA D., ORCID ID: 0000-0002-6835-402X, Dr. Med. Sci., Professor of the Department of Biomedical Engineering and Innovation Management, Kazan (Volga region) Federal University, 420008, Kazan, Russian Federation, 18 Kremlevskaya St, e-mail: sar1002@mail.ru

Abstract. Introduction. The application of the 6-minute walk test to assess the functional status of a patient is a safe, simple and easily accessible method in assessing the patient's functional abilities, the effectiveness of treatment and rehabilitation and the prognosis of various diseases. **Aim.** To analyze the scientific medical literature containing the application of the 6-minute walk test in assessing the functional status of children and adolescents. **Material and methods.** The test was first described in 1963 in adult patients with diseases of the bronchopulmonary system, with subsequent improvements the test was used in patients with heart disease and became a simple objective indicator of functional physical performance. After the adoption of the standards for the 6-minute walk test by the American Thoracic Society jointly with the European Respiratory Society (2002), widespread application began not only in patients, but also in healthy adults. For the first time, the 6-minute walk test among healthy children was conducted in 2005 in China, later control test values, percentile curves, reference equations and formulas were presented by Austria, Great Britain, the USA, etc. Scientists confirmed the safety and simplicity of the 6-minute walk test, proved a high correlation of the test with gender, height, age, weight, body mass index, pulse and blood pressure, arm span, etc. They proved that the ethnicity and geographical differences of the subjects are very important indicators that affect the test results. In the Russian Federation, the implementation of the 6-minute walk test is limited to sick children and regulatory values, and we have not found reference formulas. **Conclusion.** The reference values obtained for the 6-minute walk test in healthy children in one country should not be used for children in other countries, since the analysis showed a significant difference in the control values of the distance traveled.

Key words: 6-minute walk test, children, adolescents, functional state.

For reference: Bushueva EV, Dianova TI, Ivanova ON, et al. History and reality of application the 6 minute walk test in children. The Bulletin of Contemporary Clinical Medicine. 2023; 16(2): 72-79. DOI: 10.20969/VSKM.2023.16(2).72-79.

Введение. Комплексная оценка состояния здоровья детей и подростков основывается на наличии или отсутствии функциональных нарушений, хронических заболеваний с целью определения функционального состояния основных систем применяются тесты, основанные на переносимости физических нагрузок. Тесты с физической нагрузкой разделяются внелабораторные – это тест 6 минутной ходьбы (Т6мх), шаттл-тест, тест «встать и сесть» (“sit-to-stand”), «пешеходный» тест («gait speed» test), тест «встать и пойти» («timed up and go»), тест с подъемом по лестнице (stair climbing test) и др., и на лабораторные – кардиореспираторные нагрузочные (тредмил и велоэргометрия). Лабораторные нагрузочные тесты требуют специального дорогостоящего оборудования, их преимуществом является высокая чувствительность и специфичность. Внелабораторный Т6мх является безопасным, простым и легкодоступным методом, имеет стандартизацию и валидность [1,2,3].

Т6мх показывает расстояние, которое пациент проходит за 6 минут при субмаксимальных уровнях нагрузки, которая соответствует уровню повседневной деятельности человека. Пройденное расстояние за 6 минут позволяет оценить функциональные возможности дыхательной и сердечно-сосудистой системы, мышц и деятельность нервной системы, формально тест показывает общую ре-

акцию на физическую нагрузку, но не определяет причину возникновения тех или иных симптомов и не выделяет отдельно функции отдельных органов и систем [4,5]. Тест имеет высокую корреляцию с сердечным стресс-тестом, тестом с челночной ходьбой, сердечно-легочным тестированием с физической нагрузкой, подъемом по лестнице, он может дополнять эти тесты или быть альтернативным методом определения толерантности к физической нагрузке, если имеются противопоказания или другие причины невозможности выполнения проб с максимальными физическими нагрузками [6-10]. Также его применяют для оценки функционального статуса и в оценке прогноза функциональных способностей пациента, эффективности лечения и реабилитации, с целью прогнозирования исхода и течения заболеваний органов сердечно-сосудистой системы, дыхательной системы, опорно-двигательного аппарата, при онкологических заболеваниях и др. заболеваниях [1,2,3,11-17].

Цель исследования. Проанализировать научную медицинскую литературу, содержащую применение Т6мх в оценке функционального статуса детей и подростков.

Материал и методы. Проведен обзор и анализ научных данных отечественной и зарубежной литературы в электронных базах E-library, PubMed/Medline, Web of Science, Google Scholar и Cyberleninka по Т6мх за период с 1963года по на-

стоящее время. Было отобрано и проанализировано 55 работы.

Результаты и обсуждение. Первые работы по применению Т6мх зарегистрированы в 1963 году, которые описал В.А. Valke et al., занимаясь больными с заболеваниями бронхолегочной системы, предложил оценивать функциональный статус пациентов, измеряя пройденное расстояние за определенное время [18]. В конце 60-х годов XX века Соорег КН, с целью оценки уровня физической подготовки здоровых людей, разработал 12-минутный полевой тест [19]. Данный полевой тест стали применять и пациентам с бронхолегочными заболеваниями, но у них не всегда удавалось его выполнить, и в 1982 году тест был пересмотрен для больных людей и составил по времени 6 мин [20].

В последующие годы Т6мх широко применялся при заболеваниях сердечно-сосудистой и дыхательной систем, а в 1985 году исследователи пришли к выводу, что тест является простым объективным показателем функциональной физической работоспособности, и стали широко использовать при оценке состояния пациентов с хронической сердечной недостаточностью [21,22].

В начале 90-х годов XX века проводились неоднократные исследования, подтверждающие высокую корреляцию Т6мх с частотой сердечных сокращений, газовым составом крови, с ростом, массой тела, возрастом, выводятся справочные уравнения у здоровых взрослых [23,24,25,26]. Первые работы по применению Т6мх у детей появились в 1996 году, где описывалось, что данный тест может стать альтернативным методом оценки функциональных возможностей у тяжелобольных детей, так как эти пациенты не могли выполнять прогрессивный тест с максимальной нагрузкой [27].

Выведение справочных уравнений с целью вычисления оптимальных должных величин Т6мх активизировались после стандартизации теста Американским торакальным обществом (the American Thoracic Society) совместно с Европейским респираторным обществом (European Respiratory Society) в 2002 году [1]. В 2003 году P.L. Enright et al. провели многоцентровое исследование с участием 2281 взрослых и предложили формулы для расчета должных величин пройденного расстояния для теста 6 минутной ходьбы для взрослого населения: для женщин: $493 + (2,2 \times \text{рост в см}) - (0,93 \times \text{вес в кг}) - (5,3 \times \text{возраст})$, для мужчин: та же формула + 17м. Были определены нижние границы нормы пройденного расстояния за 6 минут, которые были на 100 м меньше полученного результата вычисленного по предложенной формуле [26].

До получения стандарта по проведению Т6мх он применялся в основном у больных детей без включения здоровой контрольной группы [27,28,29]. Первые исследования Т6мх среди здоровых детей были проведены в 2005 году А.М. Li et al. среди школьников Китая [30]. Исследовав 78 школьников, средний возраст которых был $14,2 \pm 1,2$ лет, ученые показали надежность и валидность теста. Параллельная валидность продемонстрирована высокой

корреляцией Т6мх и потреблением кислорода во время тестирования на беговой дорожке. Среднее пройденное расстояние составило $659,8 \pm 58,1$ - у мальчиков $637 \pm 38,6$, у девочек - $691,0 \pm 66,3$. Предложены контрольные значения Т6мх в зависимости от роста [30].

Проведение Т6мх на здоровых детях продолжилось в Австрии в 2007 году [31]. Было исследовано 280 мальчиков и 248 девочек от 3 до 18 лет, выявлено линейное увеличение пройденного расстояния за 6 минут в возрасте от 3 до 11 лет у мальчиков и девочек, далее у мальчиков сохранялось линейное увеличение расстояния (с $667,3$ м до $727,6$ м), а у девочек расстояние почти не менялось (с $655,8$ м до $660,9$ м). Данное исследование R. Geiger et al. подтвердило безопасность и простоту теста даже у детей раннего возраста. Ими предоставлены средние данные пройденного расстояния во время теста по возрасту и разделенные по полу.

В 2008 году А.Е. Lammers et al. представили средние значения теста 328 здоровых детей в возрасте от 4 до 11 лет в Великобритании – 470 ± 59 м, выявив корреляцию с возрастом ($r = 0,64$, $p < 0,0001$), массой тела ($r = 0,51$, $p < 0,0001$) и ростом ($r = 0,65$, $p < 0,0001$) без значимой разницы между мальчиками и девочками. Как и ученые Австрии, они наблюдали линейное увеличение пройденного расстояния с возрастом. Они предложили объединенные нормы теста 6 минутной ходьбы по полу для каждой возрастной группы. Ученые предполагали, имея нормы Т6мх для здоровых детей, можно оценить функциональное состояние больных детей и эффект от лечения и реабилитации [32].

В 2009 году в Португалии, проведя Т6мх на 188 здоровых детях 6-12 лет, вновь подтверждена корреляция Пирсона с возрастом ($r = 0,51$), ростом ($r = 0,49$), весом ($r = 0,29$) и разницей в частоте сердечных сокращений до и после теста (разница ЧСС ($r = 0,30$) между пройденным расстоянием. Учеными впервые было предложено уравнение прогнозирования пройденного расстояния за 6 минут у здоровых детей: $145,343 + [11,78 \times \text{возраст (лет)}] + [292,22 \times \text{рост (м)}] + [0,611 \times \text{разность ЧСС (уд/ мин)}] - [2,684 \times \text{масса тела (кг)}]$ [33]. Параллельно исследования Т6мх на здоровых детях проходили в Тунисе, где выявили, что уравнения прогнозирования пройденного расстояния для детей Португалии, неточно предсказывают расстояние для североафриканских детей, и предложили свое эталонное уравнение, которое основано на проспективном перекрестном исследовании 200 здоровых североафриканских детей в возрасте от 6 до 16 лет: $\text{Т6мх (м)} = 4,63 \times \text{рост (см)} - 3,53 \times \text{вес (кг)} + 10,42 \times \text{возраст (лет)} + 56,32$ [34]. К сожалению, предложенные уравнения учеными Португалии и Туниса, не учитывали пол ребенка, а ранее предложенные средние значения по возрасту и по полу демонстрировали разницу в пройденном расстоянии [30,31,32].

Индийские ученые в 2011 году провели тест в соответствии со стандартными рекомендациями ATS на 400 здоровых детях в возрасте от 7

до 12 лет, набранные случайным образом. Среднее пройденное расстояние мальчиков составило $670,74 \pm 86,21$ м, а девочек – $548,93 \pm 44,78$ м, разница между мальчиками и девочками была значимой ($p < 0,001$), также наблюдалась значимая разница частоты сердечных сокращений и артериального давления в начале и в конце теста [35]. Ученые США исследовали 100 здоровых детей в возрасте от 7 до 11 лет и не выявили корреляции между тестом и ростом, весом, индексом массы тела у девочек, длины ноги, за исключением индекса массы тела у мальчиков, возможно связано с ожирением, выявлена разница в пройденном расстоянии из-за длины проходимой дорожки, ходьба на более длинной дорожке показали лучшие результаты. В среднем дети прошли $518,50 \pm 73,56$ м, мальчики- $518,73 \pm 72,61$ ($496,39-541,08$), девочки- $518,32 \pm 73,16$ ($498,91-537,74$), но результаты были ниже в каждой возрастной группе по сравнению со средними значениями или выведенными с помощью уравнений, чем в других странах исключая Англию [36]. Американские дети прошли на 23% меньше, чем предсказанное расстояние по уравнению Н.В. Saad et al. [34], на 20% меньше, чем по процентильным кривым А.М. Li с привязкой к росту [30]. Напротив, пройденное расстояние составило 105% от фактического расстояния, описанное А.Е. Lammers et al. [32]. В 2012 году представлены контрольные значения Т6мх для здоровых детей Южной Америки [37]. Были проанализированы результаты 6 минутной ходьбы 192 детей от 6 до 14 лет. В среднем мальчики прошли $596,5 \pm 57$ м, девочки - $625 \pm 59,7$ м ($p < 0,05$). Подтверждена корреляция пройденного расстояния с ростом ($r = 0,58$), с возрастом ($r = 0,56$), с весом ($r = 0,54$) и с резервной частотой сердечных сокращений ($r = 0,21$). Учеными было предложено 3 уравнения:

Уравнение для мальчиков и девочек = $265,058 + [227,455 \times \text{рост (м)}] + [6,103 \times \text{возраст (годы)}] - [1,701 \times \text{вес (кг)}] + [61,489 \times \text{Резервная частота сердечных сокращений}] R^2 = 34,4\%$; Error = 46,14 mts.

Уравнение для мальчиков = $331\ 404 + (158\ 523 \times \text{рост}) + (11\ 945 \times \text{возраст}) - (2\ 139 \times \text{вес}) + (70\ 221 \times \text{Резервная частота сердечных сокращений}) R^2 = 29,9\%$; Error = 49,96 mts.

Уравнение для девочек = $274,566 + (208,818 \times \text{рост}) + (2,337 \times \text{возраст}) - (0,682 \times \text{вес}) + (77,849 \times \text{Резервная частота сердечных сокращений}) R^2 = 39,6\%$; Error = 39,43 mts [37].

Контрольные значения Т6мх для здоровых детей представлены в 2013 году в Германии и Швейцарии [38,39]. В Швейцарии тест выполнили 496 детей и подростков 5-17 лет, среднее значение составило 618 ± 79 метров, у мальчиков 626 ± 65 м и у девочек 608 ± 55 м. Были представлены справочные уравнения и процентильные кривые в зависимости от пола и возраста. Результаты ученых Германии основывались на пройденном расстоянии 611 детей от 5 до 14 лет, они были близки с результатами Великобритании, опубликованными А.Е. Lammers et al. [32],

и были значимо ниже, чем в Китае, собранными А.М. Li et al. [30].

В Турции исследования Т6мх проводились в 2014 году М.К. Kanburuglu et al. [40] и в 2019 году В.О. Kahraman et al. [41]. Исследования оказались противоречивыми, в одном не было зависимости Т6мх от роста, веса и индекса массы тела, в связи с чем авторы не рекомендовали использование прогнозирующего уравнения и ими были представлены новые стандартные кривые теста; позже другими выявлена высокая степень корреляции между тестом и возрастом ($r = 0,764$, $P < 0,001$), ростом ($r = 0,742$, $P < 0,001$), весом ($r = 0,605$, $P < 0,001$), ИМТ ($r = 0,234$, $P < 0,001$) и длиной нижних конечностей ($r = 0,708$, $P < 0,001$). В 2019 ученые рекомендовали к использованию уравнение прогнозирования для Т6мх, основанное на регрессионном анализе: $T6mх = -71,367 + 29,704 \times \text{возраст (лет)} + 2,812 \times \text{рост (см)}$ [41]. Повторные исследования В.Ö. Kahraman et al. в 2020 году доказали влияние сочетания размаха рук (или роста) и возраста на пройденное расстояние за 6 минут у здоровых детей, и усовершенствовали формулы прогнозирования расстояния, которое ребенок должен пройти за 6 минут: $(-23,09 + (31,12 \times \text{Возраст}) + (2,39 \times \text{Размах рук}))$ или $(-80,0 + (28,98 \times \text{Возраст}) + (2,92 \times \text{Рост}))$ [42].

В 2015 году были представлены нормальные контрольные значения в виде центильных диаграмм и уравнений Z-балла для тайваньских детей (в исследовании участвовали 762 ребенка от 7 до 17 лет) [43]. Продемонстрировано линейное увеличение результатов теста с возрастом ($p < 0,001$), положительная корреляция с ростом и отрицательная с индексом массы тела. Представлены средние значения теста по возрасту и полу, и они составили 513 ± 64 м для мальчиков и девочек. Тайваньские дети прошли значительно меньшее расстояние, чем китайские и австрийские дети [30,31], с детьми Великобритании показатели были близки [32].

Учеными Бразилии [44] и Италии [45] в 2018 году были представлены эталонные уравнения и контрольные значения Т6мх у здоровых детей. Исследовано 1496 бразильских здоровых детей от 7 до 12 лет, среднее пройденное расстояние ими составило $518,4 \pm 93,2$ м, мальчиками - $531,1$ м, девочками- $506,2$ м, со значимой разницей - $24,9$ м ($P < 0,001$). Уравнение прогнозирования теста 6 минутной ходьбы для мальчиков Бразилии: $\text{расстояние} = (16,86 \times \text{возраст}) + (1,89 \times \Delta \text{ частота сердечных сокращений}) - (0,80 \times \text{вес}) + (336,91 \times R1) + (360,91 \times R2)$; уравнение для девочек: $\text{расстояние} = (13,54 \times \text{возраст}) + (1,62 \times \Delta \text{ частота сердечных сокращений}) - (1,28 \times \text{вес}) + (352,33 \times R1) + (394,81 \times R2)$ [44].

Средние показатели пройденного расстояния 5614 итальянских детей от 6 до 11 лет у мальчиков $598,8 \pm 83,9$ м (с $515,6 \pm 65,6$ м в 6 лет и достигают $660,8 \pm 74,8$ м в 11 лет), у девочек $592,1 \pm 77,6$ м (с $510,8 \pm 54,4$ м в 6 лет и достигают $651,4 \pm 68,1$ м в 11 лет) ($p = 0,0016$).

Положительная корреляция Т6мх выявлена с возрастом, полом и ростом, и отрицательная с массой тела.

Формула прогнозирования пройденного расстояния за 6 минут для детей Италии:

расстояние = $-160,16 + 93,35 \times \text{возраст (лет)} - 4,05 \times \text{возраст}^2(\text{лет}) + 7,34 \times \text{пол (м)} + 2,12 \times \text{вес (кг)} - 2,50 \times \text{рост (см)}$ [45].

В 2016-2018 годах С.Ф. Mylius et al. [46] и I. Rodriguez-Nunez et al. [47], проведя системные обзоры литературы и проанализировав референтные значения для Т6мх у здоровых детей разных стран, обнаружили разницу в среднем пройденном расстоянии за 6 минут до 159 м. Данный факт препятствует применению единственного эталонного значения для детей всех стран и предполагает высокую вероятность допустить ошибку в интерпретации результатов теста.

В 2021 году учеными Хорватии [48] было проведено исследование теста на 4352 детях 11-14 лет, предложены значения теста в виде процентилей для пола и возраста, среднее пройденное расстояние за 6 минут составило 576 ± 93 м у мальчиков и 545 ± 92 м у девочек, впервые представлена скорость прохождения – 98 ± 5 м/мин и 91 ± 6 м/мин соответственно. Выявлена корреляция теста с возрастом ($r = 0,24$, $p < 0,001$), ростом ($r = 0,09$, $p < 0,001$), весом ($r = -0,13$, $p < 0,001$) и индексом массы тела ($r = -0,26$, $p < 0,001$) [48].

В 2022 году было проведено перекрестное исследование 627 здоровых детей 6-11 лет в Нигерии [49]. Средний результат девочек составил $504,6 \pm 66,6$ м (95% ДИ: 499,4, 509,8; диапазон: 326,6–673,0 м); у мальчиков - на 16 м больше ($p = 0,002$). Для нигерийских детей предложено уравнение прогнозирования пройденного расстояния: расстояние = $347,9 + 14 \times (\text{Возрастные годы}) + 1,6 \times (\Delta \text{ударов в минуту}) + 17,6 \times (\text{Пол мужской} = 1, \text{ женский} = 0) + 1,2 \times (\Delta \text{САД мм рт. ст.})$; $R^2 = 0,25$.

Параллельно с проводимыми исследованиями по определению норм Т6мх у здоровых детей, шли работы по воспроизводимости теста у детей и подростков с различными заболеваниями. В 2005 году V.A. Gulmans et al. доказали валидность и полезность теста для оценки переносимости физических нагрузок и выносливости детей с симптомами муковисцидоза. P.A. Nixon et al. использовали Т6мх на тяжелобольных детях перед трансплантацией сердца, легких, с целью оценки функциональных возможностей [27].

В 2005 году W. Moalla et al. оценили пройденное расстояние за 6 минут у детей с врожденными пороками сердца [50], в 2005 году ученые Нидерландов провели тест у детей больных ювенильным идиопатическим артритом, пройденное ими расстояние было сопоставимо с расстоянием ходьбы здоровых пожилых людей [51]. В Бразилии в 2018 году дети с муковисцидозом, средний возраст которых составил $11,0 \pm 1,9$ лет, за 6 минут прошли в среднем: мальчики $582,3 \pm 60$ м, девочки $598,2 \pm 56,8$ м [52]. Дети с ожирением, проходят за 6 мин 86% от расстояния, пройденного детьми с нормальным весом [53,54]. В

2013 году в Бразилии показатели Т6мх больных детей бронхиальной астмой составили $71,9\% \pm 19,7\%$ от показателей здоровых сверстников [55].

В РФ Т6мх широко применяется у взрослых с заболеваниями сердечно-сосудистой и дыхательной систем с целью оценки функционального состояния, эффективности проводимого лечения, реабилитации и определения прогноза заболевания [11-17]. В детском возрасте имеются работы Чельницкой С.М с соавторами по применению Т6мх с целью определения физической выносливости детей и подростков, получивших лечение при онкологических заболеваниях [14,11]. В исследование были включены 1085 детей и подростков 6–18 лет: из них 121 ребенок были здоровыми (из них 39 детей, посещали спортивную секцию лыжного спорта), 964 детей, получивших противоопухолевую терапию и наступившей ремиссией более 6 месяцев. Т6мх проводился по классической схеме с измерением ЧСС, АД и сатурации кислорода до начала, сразу после окончания, через 3 и через 5 минут после прохождения теста. Были предложены процентильные коридоры нормы для пациентов онкологического профиля в интерпретации результатов Т6мх и регрессионную модель расчета должного расстояния, которое должны пройти дети 6–18 лет: расстояние пройденное за 6 минут = $266,14 + 1,5PC - 0,27B^2 + 1,41OT - 3,15TKЖС - 0,78ЧСС1$, где PC – рост, см; B – возраст, лет; OT – окружность талии, см; TKЖС – толщина кожно-жировой складки, мм; ЧСС1 – частота сердечных сокращений до начала теста, ударов в минуту. Т6мх у детей РФ менее распространен, возможно это из-за отсутствия нормативных данных пройденного расстояния за время теста, рекомендованных для детей России.

Выводы. Т6мх вариабелен, зависит от множества показателей: возраста, пола, антропометрических, биохимических, эхокардиографических параметров, заболеваний различных органов и систем. Изучив литературные источники с 1963 года по настоящее время, можно утверждать, что не существует универсального уравнения для расчета должных величин теста, которое могло бы применяться как у здоровых детей, так и у детей с различными заболеваниями. Полученные референтные значения для Т6мх у здоровых детей учеными разных стран, показывают, что одним из очень важных показателей, влияющих на результаты теста — это этническая принадлежность и географические различия испытуемых, которые не объясняются антропометрическими факторами, и подтверждают невозможность представить единственное наилучшее эталонное значение для детей всех стран. Полученные данные Российскими учеными для детей онкологического профиля или больных детей с заболеваниями дыхательной системы, не могут применяться для здоровых детей и детей с другой патологией, что требует проведение исследования Т6мх на здоровых детях для уточнения контрольных значений и уравнений прогнозирования пройденного расстояния за 6 мин у здоровых детей.

Прозрачность исследования. Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы несут полную ответственность за предоставление окончательной версии рукописи в печать.

Декларация о финансовых и других взаимоотношениях. Все авторы принимали участие в разработке концепции и дизайна исследования и в написании рукописи. Окончательная версия рукописи была одобрена всеми авторами. Авторы не получали гонорар за исследование. Протокол исследования №1 был одобрен локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова» от 26 февраля 2021.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories. ATS statement: guidelines for the sixminute walk test. Am J Respir Crit Care Med. 2002; 166 (1): 111-7. DOI: 10.1164/ajrccm.166.1.at1102
2. Чикина С.А., Атаман К.С. Внелабораторные нагрузочные тесты // Астма и аллергия. – 2018. – №4. – С.17-21. [Chikina SA, Ataman KS. Vnelaboratornye nagruzochnye testy [Extralaboratory stress tests]. Astma i allergija [Asthma and Allergies]. 2018; (4):17-21. (In Russ.)].
3. Чикина С.А. Внелабораторные нагрузочные тесты при патологии органов дыхания // Креативная хирургия и онкология. – 2010. – №1. – С.82-95. [Chikina SA. Vnelaboratornye nagruzochnye testy pri patologii organov dykhaniya [Pulmonology loading tests out of laboratories to estimate the patient physical state]. Kreativnaja hirurgija i onkologija [Creative surgery and oncology]. 2010; (1): 82-95. (In Russ.)].
4. Wasserman K; Hansen JE, Sue, et al. Principles of Exercise Testing and Interpretation. Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation. 1987; 7 (4): 189.
5. Weisman IM, Zeballos RJ. An integrated approach to the interpretation of cardiopulmonary exercise testing. Clin Chest Med. 1994; 15 (2): 421-45.
6. Cahalin L, Pappagianopoulos P, Prevost S, et al. The relationship of the 6-min walk test to maximal oxygen consumption in transplant candidates with end-stage lung disease. Chest.1995; 108 (2): 452-459. DOI: 10.1378/chest.108.2.452
7. Singh SJ, Morgan MD, Hardman AE, et al. Comparison of oxygen uptake during a conventional treadmill test and the shuttle walking test in chronic airflow limitation. Eur Respir J. 1994; 7 (11): 2016-2020.
8. Morales FJ, Martínez A, Méndez M, et al. A shuttle walk test for assessment of functional capacity in chronic heart failure. Am Heart J. 1999; 138 (2 Pt 1): 291-298. DOI: 10.1016/s0002-8703(99)70114-6
9. Guyatt GH, Townsend M, Keller J, et al. Measuring functional status in chronic lung disease: conclusions from a randomized control trial. Respir Med. 1991; 85 Suppl B: 17-21; discussion 33-37.
10. Nosedá A, Carpioux JP, Prigogine T, Schmerber J. Lung function, maximum and submaximum exercise testing in COPD patients: reproducibility over a long interval. Lung. 1989; 167(4): 247-257. DOI: 10.1007/BF02714953
11. Чечельницкая С.М., Румянцев А.Г., Касаткин В.Н. и др. Особенности физического статуса детей 4–18 лет, лечившихся от гемобластозов и опухолей ЦНС // Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского. – 2019. – Т. 98. – № 2. – С.227-234. [Chechelnitskaya SM, Rumyantsev AG, Kasatkin VN, et al. Osobennosti fizicheskogo statusa detei 4–18 let, lechivshikhsya ot gemoblastozov i opukholei TsNS [Peculiarities of the physical status of children aged 4-18 treated for hemoblastosis and CNS tumors]. Pediatriya. Zhurnal im. G.N. Speranskogo [Journal “Pediatria” named after G.N. Speransky]. 2019; 98 (2): 227-234. (In Russ.)].
12. Бубнова М.Г., Персиянова-Дуброва А.Л. Применение теста с шестиминутной ходьбой в кардиореабилитации // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2020 – Т.19. – №4. – С.102-111. [Bubnova MG, Persyanova-Dubrova AL. Primenenie testa s shestiminutnoi khod'boi v kardioreabilitatsii [Six-minute walk test in cardiac rehabilitation]. Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika [Cardiovascular Therapy and Prevention]. 2020; 19 (4): 102-111. (In Russ.)]. DOI:10.15829/1728-8800-2020-2561
13. Михайловская Т.В., Назарова О.А., Довгальюк Ю.В., и др. Методологические подходы к оценке результатов теста с шестиминутной ходьбой у больных ишемической болезнью сердца // Вестник восстановительной медицины. – 2021. – Т. 20. – №3. – С.37-44. [Mikhailovskaya TV, Nazarova OA, Dovgalyuk YV, et al. Metodologicheskie podkhody k otsenke rezul'tatov testa s shestiminutnoi khod'boi u bol'nykh ishemicheskoi boleznyu serdtsa [Methodological issues of assessment of six-minute walk test in patients with coronary artery disease]. Vestnik vosstanovitel'noi meditsiny [Bulletin of Rehabilitation Medicine]. 2021; 20 (3):37-44. (In Russ.)]. DOI: 10.38025/2078-1962-2021-20-3-37-44
14. Чечельницкая С.М., Баербах А.В., Сарайкин Ю.В., и др. Применение теста 6-минутной ходьбы для оценки физической выносливости детей и подростков, лечившихся от онкологических заболеваний // Современные проблемы науки и образования. – 2018. – №6. [Chechelnitskaya SM, Baerbakh AV, Saraykin YV, et al. rimenenie testa 6-minutnoi khod'by dlya otsenki fizicheskoi vynoslivosti detei i podrostkov, lechivshikhsya ot onkologicheskikh zabolevaniy [Application of the test of 6-minute walking for estimation of the physical endurance of children and adolescents treated for oncological diseases]. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya [Modern Problems of Science and Education. Surgery]. 2018; (6). (In Russ.)]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=28343> (дата обращения: 24.10.2022).
15. Чикина С.Ю. Роль теста с 6-минутной ходьбой в ведении больных с бронхолегочными заболеваниями // Практическая пульмонология. – 2015. – № 4. – С.34-38. [Chikina SA. Rol' testa s 6-minutnoi khod'boi v vedenii bol'nykh s bronkholegochnymi zabolevaniyami [The role of the 6-minute walk test in the management of patients with bronchopulmonary

- diseases]. *Prakticheskaya pul'monologiya* [Practical Pulmonology]. 2015; (4): 34-38. (In Russ.).
16. Михайловская Т.В., Мишина И.Е., Назарова О.А., и др. Способы оценки толерантности к физической нагрузке по результатам теста с шестиминутной ходьбой в ходе реабилитации пациентов с ишемической болезнью сердца // *Физическая и реабилитационная медицина, медицинская реабилитация*. – 2021. – Т.3. – №1. – С.4-10. [Mikhailovskaya TV, Mishina IE, Nazarova OA, et al. Sposoby otsenki tolerantnosti k fizicheskoi nagruzke po rezul'tatam testa s shestiminutnoi khod'boi v khode reabilitatsii patsientov s ishemicheskoi boleznyu serdtsa [Methods of evaluation of tolerance to physical activity based on six-minute walking test during outpatient rehabilitation of patients with ischemic heart disease]. *Fizicheskaya i reabilitatsionnaya meditsina, meditsinskaya reabilitatsiya* [Physical and rehabilitation medicine, medical rehabilitation] 2021; 3(1): 4–10. (In Russ.). DOI: 10.36425/rehab64360
 17. Будневский А.В., Кравченко А.Я., Токмачев Р.Е., и др. Диагностические, прогностические и терапевтические возможности использования теста 6-минутной ходьбы у пациентов с хронической сердечной недостаточностью // *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. – 2020. – Т. 19. – №6. – С.106-116. [Budnevsky AV, Kravchenko AY, Tokmachev RE, et al. Diagnosticheskie, prognosticheskie i terapevticheskie vozmozhnosti ispol'zovaniya testa 6-minutnoi khod'by u patsientov s khronicheskoi serdechnoi nedostatochnost'yu [Diagnostic, prognostic and therapeutic potential of 6-minute walk test in patients with heart failure]. *Kardiovaskulyarnaya terapiya* [Cardiovascular Therapy and Prevention]. 2020; 19(6): 106-116. (In Russ.). DOI:10.15829/1728-8800-2020-2460
 18. Balke B. A simple field test for the assessment of physical fitness. *Civil Aeromedical Research Institute US*. 1963; (53): 1-8.
 19. Cooper KH. Correlation between field and treadmill testing. *JAMA*. 1968; 203: 201-204.
 20. Butland RJ, Pang J, Gross ER, et al. Two-, Six-, and 12-Minute Walking Tests in Respiratory Disease. *Br Med J (Clin Res Ed)*. 1982; 284 (6329): 1607-8. DOI: 10.1136/bmj.284.6329.1607
 21. Guyatt GH, Sullivan MJ, Thompson PJ, et al. The 6-minute walk: a new measure of exercise capacity in patients with chronic heart failure. *Can Med Assoc J*. 1985; 132 (8): 919-923.
 22. Lipkin DP, Scriven AJ, Crake T, Poole-Wilson PA. Six-minute walking test for assessing exercise capacity in chronic heart failure. *Br Med J (Clin Res Ed)*. 1986; 292: 653-655. DOI: 10.1136/bmj.292.6521.653
 23. Langenfeld H, Schneider B, Grimm W, et al. The six-minute walk-an adequate exercise test for pacemaker patients? *Pacing Clin Electrophysiol*. 1990; 13(12Pt2): 1761-1765. DOI: 10.1111/j.1540-8159.1990.tb06886.x
 24. Bernstein ML, Despars JA, Singh NP, et al. Reanalysis of the 12-minute walk in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Chest*. 1994; 105 (1): 163–167.
 25. Leach RM, Davidson AC, Chinn S, et al. Portable liquid oxygen and exercise ability in severe respiratory disability. *Thorax*. 1992; 47: 781–789.
 26. Enright PL, Sherrill DL. Reference equations for the six-minute walk in healthy adults. *Am J Respir Crit Care Med*. 1998; 158 (5 Pt 1): 1384-1387. DOI: 10.1164/ajrccm.158.5.9710086.
 27. Nixon PA, Joswiak ML, Fricker FJ. A six-minute walk test for assessing exercise tolerance in severely ill children. *J Pediatr*. 1996; 129: 362–366.
 28. Gulmans VA, Veldhoven N, Meer K, Helders P. The six-minute walking test in children with cystic fibrosis: reliability and validity *Pediatr Pulmonol*. 1996; 22(2): 85-89. DOI: 10.1002/(SICI)1099-0496(199608)22:2<85::AID-PPUL1>3.0.CO;2-I
 29. Upton CJ, Tyrrell JC, Hiller EJ. Two-minute walking distance in cystic fibrosis *Arch Dis Child*. 1988; 63 (12): 1444-1448. DOI: 10.1136/adc.63.12.1444
 30. Li AM, Yin J, Yu CCW, Tsang T, et al. The six-minute walk test in healthy children: reliability and validity. *Eur Respir J*. 2005; 25 (6): 1057-1060. DOI: 10.1183/09031936.05.00134904
 31. Geiger R, Strasak A, Treml B, et al. Six-minute walk test in children and adolescents. *J Pediatr*. 2007; 150 (4): 395-9, 399.e1-2. DOI: 10.1016/j.jpeds.2006.12.052
 32. Lammers AE, Hislop AA, Flynn Y, Haworth SG. The 6-minute walk test: normal values for children of 4-11 years of age. *Arch Dis Child*. 2008; 93 (6): 464-468. DOI: 10.1136/adc.2007.123653
 33. Priesnitz CV, Rodrigues GH, Stumpf CS, Viapiana G, et al. Reference values for the 6-min walk test in healthy children aged 6-12 years. *Pediatr Pulmonol*. 2009; 44 (12): 1174-1179. DOI: 10.1002/ppul.21062
 34. Saad HB, Prefaut C, Missaoui R, et al. Reference equation for 6-min walk distance in healthy North African children 6-16 years old. *Pediatr Pulmonol*. 2009; 44 (4): 316-324. DOI: 10.1002/ppul.20942
 35. D'silva C, Vaishali K, Venkatesan P. Six-minute walk test-normal values of school children aged 7-12 y in India: a cross-sectional study. *Indian J Pediatr*. 2012; 79 (5): 597-601. DOI: 10.1007/s12098-011-0559-x
 36. Klepper SE, Muir N. Reference values on the 6-minute walk test for children living in the United States. *Pediatr Phys Ther*. 2011; 23 (1): 32-40. DOI: 10.1097/PEP.0b013e3182095e44
 37. Gatica D, Puppo H, Villarroel G, et al. Reference values for the 6-minutes walking test in healthy Chilean children. *Rev Med Chil*. 2012; 140 (8): 1014-21. DOI: 10.4067/S0034-98872012000800007
 38. Foeldvari I, Himmelmann GW. Preliminary results for 6-minute walk values in healthy German children. *Pediatric Rheumatology*. 2011; 9 (Suppl 1): P74. DOI:10.1186/1546-0096-9-S1-P74
 39. Ulrich S, Hildenbrand FF, Treder U, et al. Reference values for the 6-minute walk test in healthy children and adolescents in Switzerland. *BMC Pulm Med*. 2013; 13: 49. DOI: 10.1186/1471-2466-13-49
 40. Kanburoglu MK, Fevzi Murat Ozdemir FM, Secil Ozkan S, Tunaoglu FS. Reference values of the 6-minute walk test in healthy Turkish children and adolescents between 11 and 18 years of age. *Respir Care*. 2014; 59 (9): 1369-1375. DOI: 10.4187/respcare.02891

41. Kahraman BÖ, Yüksel E, Nalbant A, et al. Reference values and prediction equation for the 6-minute walk test in healthy children aged 6–12 years old. *Turk J Med Sci.* 2019; 49 (4): 1126-1131. DOI: 10.3906/sag-1901-232
42. Kahraman BÖ, Yüksel E, Nalbant A, et al. Arm span as a predictor of the six-minute walk test in healthy children. *Braz J Phys Ther.* 2021; 25 (3): 281-285. DOI: 10.1016/j.bjpt.2020.07.003.
43. Chen CA, Chang CH, Lin MT, et al. Six-Minute Walking Test: Normal Reference Values for Taiwanese Children and Adolescents. *Acta Cardiol Sin.* 2015; 31 (3): 193-201. DOI: 10.6515/acs20140721d
44. de Assis Pereira Cacau L, Carvalho VO, Dos Santos Pin A, et al. TC6minBrasil Investigators; Authors of the TC6minBrasil study; Steering Committee: Reference Values for the 6-min Walk Distance in Healthy Children Age 7 to 12 Years in Brazil: Main Results of the TC6minBrasil Multi-Center Study. *Respir Care.* 2018; 63 (3): 339-346. DOI: 10.4187/respcare.05686
45. Vandoni M, Correale L, Puci MV, et al. Six-minute walk distance and reference values in healthy Italian children: A cross-sectional study. *PLoS One.* 2018; 13 (10): e0205792. DOI: 10.1371/journal.pone.0205792
46. Mylius CF, Paap D, Takken T. Reference value for the 6-minute walk test in children and adolescents: a systematic review *Expert Rev Respir Med.* 2016; 10 (12): 1335-1352. DOI: 10.1080/17476348.2016.1258305
47. Rodríguez-Núñez I, Mondaca F, Casas B, et al. Normal values of 6-minute walk test in healthy children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Rev Chil Pediatr.* 2018; 89 (1): 128-136. DOI: 10.4067/S0370-41062018000100128
48. Kasović M, Štefan L, Petrić V. Normative data for the 6-min walk test in 11–14 year-olds: a population-based study. *BMC Pulm Med.* 2021; 21(1): 297. DOI: 10.1186/s12890-021-01666-5
49. Guimarães ALA, Gomes Neto M, Carvalho VO. Can the use of reference values for the 6-min walk test from another country result in misinterpretation? *Pediatr Pulmonol.* 2022; 57 (11): 2866-2867. DOI: 10.1002/ppul.26106
50. Moalla W, Gauthier R, Maingourd Y, Ahmaidi S. Six-minute walking test to assess exercise tolerance and cardiorespiratory responses during training program in children with congenital heart disease. *Int J Sports Med.* 2005; 26 (9): 756-62. DOI: 10.1055/s-2004-830558. PMID: 16237621
51. Paap E, van der Net J, Helders P J M, Takken T. Physiologic response of the six-minute walk test in children with juvenile idiopathic arthritis. *Arthritis Rheum.* 2005; 53 (3): 351-356. DOI: 10.1002/art.21175
52. Cunha MT, Rozov T, de Oliveira RC, Jardim José R. Six-minute walk test in children and adolescents with cystic fibrosis. *Pediatr Pulmonol.* 2006; 41 (7): 618-22. DOI: 10.1002/ppul.20308
53. Morinder G, Mattsson E, Sollander C, et al. Six-minute walk test in obese children and adolescents: reproducibility and validity. *Physiother Res Int.* 2009; 14 (2): 91-104. DOI: 10.1002/pri.428
54. Elmahgoub SS, Van de Velde A, Peersman W, et al. Reproducibility, validity and predictors of six-minute walk test in overweight and obese adolescents with intellectual disability. *Disabil Rehabil.* 2012; 34(10): 846-51. DOI: 10.3109/09638288.2011.623757
55. Andrade LB, Silva DA, Salgado TL, et al. Comparison of six-minute walk test in children with moderate/severe asthma with reference values for healthy children. *J Pediatr (Rio J).* 2014; 90 (3): 250-257. DOI: 10.1016/j.jped.2013.08.006