

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ТРЕДМИЛ-ТЕСТА У ПОДРОСТКОВ С РАЗЛИЧНОЙ МАССОЙ ТЕЛА И АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ

А.И. Брыль¹, Я.В. Гирш²

¹БУ ХМАО-Югры Окружная Клиническая Детская Больница, Нижневартовск

²ГОУ ВПО Сургутский государственный университет, медицинский институт

E-mail: andrejbryl@yandex.ru

THE PRACTICE OF TREDMIL-TEST USING IN TEENAGERS WITH DIFFERENT BODY WEIGHT AND ARTERIAL HYPERTENSION

A.I. Bryl¹, Ya.V. Girsh²

¹Children's Regional Hospital, Nizhnevartovsk

²Surgut State University, Medical Institute

Проведена тредмилметрия у 118 подростков с различной степенью ожирения и артериальной гипертензией. Определены исходные данные и реакция на физическую нагрузку. По результатам проведенного теста вычислены прямые и косвенные показатели, определяющие физическую работоспособность. Проведено сравнение показателей в зависимости от степени ожирения. Выявлена прямая зависимость массы тела и величин артериального давления и обратная зависимость массы тела и физической работоспособности.

Ключевые слова: тредмилметрия, артериальная гипертензия, избыток массы.

118 teenagers with various degree of adiposity and an arterial hypertension have been subjected to the treadmill-test. Raw data and physical activity response are defined. According to the results of this test direct and indirect indexes defining physical efficiency are calculated. The comparison of indexes depending on the adiposity degree is carried out. The direct dependence of body weight and arterial pressure and the inverse relationship of body weight and physical efficiency are revealed.

Key words: treadmill-test, an arterial hypertension, surplus of weight.

Введение

Избыточная масса тела и ожирение рассматриваются как важнейшие детерминанты артериальной гипертензии (АГ) в различных возрастных группах, в том числе у детей и подростков [5]. Ассоциация между ожирением и артериальной гипертензией хорошо известна, однако в пубертатном периоде ожирение особенно тесно связано с повышением артериального давления (АД) и, соответственно, определяет физическую работоспособность подростка.

Материал и методы

118 пациентов 11–17 лет ($14,9 \pm 1,5$ лет) находились на обследовании и лечении в детском кардиоревматологическом отделении БУ ХМАО-Югры “Окружная клиническая детская больница” с первично выявленным повышением АД. В группе пациентов преобладали лица мужского пола: 98 (83%), 20 (17%) женского пола. Первичное выявление пациентов осуществлялось при обращении к детскому кардиологу либо педиатру по месту жительства. Верификация диагноза проводилась при поступлении подростков в стационар до назначения гипотензивной терапии. Диагноз АГ выставлен на основании диагностических критериев, предложенных Рабочей группой высокого кровяного давления у детей и подростков нацио-

нальной школы высокого кровяного давления (NHBPEP) и рекомендаций Всероссийского Национального Общества Кардиологов (ВНОК) [4, 7]. Обследование проводилось с использованием общепринятых клинических и лабораторных методов для больных АГ.

Уровень ожирения определялся по индексу массы тела (Кетле) с учетом возраста и пола пациентов [6]. Критерии включения в исследование:

1. Повышение АД в анамнезе при трехкратном и более измерениях по методу Короткова, проведенных с интервалом 2–3 мин, со значениями АД, превышающими 95 перцентиль для данного возраста, пола и роста (100%).
2. Отсутствие заболеваний, определяющих развитие вторичной АГ (паренхиматозные заболевания почек, реноваскулярная патология, коарктация аорты, болезнь и синдром Иценко–Кушинга, феохромоцитома, неспецифический аорто-артериит, узелковый полиартериит) (100%).
3. Критерии включения в группы ожирения: ИМТ ($M \pm m$) при ожирении 1-й степени $24,5 \pm 0,3$, при ожирении 2-й степени $30,5 \pm 0,6$.
4. Критерии включения в группу метаболического синдрома: абдоминальный тип ожирения в сочетании с 2 из нижеперечисленных маркеров: гиперурикемия, гипертриглицеридемия, сниженный уровень холестерина, липопротеидов высокой плотности (ХС ЛПВП),

АГ, гипергликемия натощак или другие нарушения углеводного обмена [2].

В исследовании выделены 5 групп: 1-я группа пациентов с эссенциальной АГ (n=33), 2-я – АГ и ожирение 1-й степени (n=26), 3-я – АГ и ожирение 2-й степени и более (n=32), 4-я – подростки с метаболическим синдромом (n=27) и 5-я – контрольная группа (n=30). Все группы сопоставимы по возрасту, полу и числу пациентов.

Исследование проводилось на диагностической станции для проведения ЭКГ с физическими нагрузками "CS-200" фирмы SCHILLER, Швейцария при помощи беговой дорожки EXO 43 Bucher, "WOODWAY", Германия. Нагрузка при проведении тредмил-теста ступенчатая, непрерывно возрастающая. Количество ступеней – 3. Продолжительность каждой ступени – 3 мин. Общее время проведения нагрузочного теста – 9 мин. Максимальная нагрузка устанавливалась индивидуально и делилась на три равные части. Время восстановительного периода было равно общему времени физической нагрузки (9 мин). В течение всего теста проводилась регистрация ЭКГ, каждые 3 мин измерение АД осциллометрическим методом, регистрация ЧСС.

По результатам тредмилметрии рассчитывались следующие показатели:

Индекс Робинсона (двойное произведение) [1]:

$$IP = САД \cdot ЧСС / 100, \text{ усл. ед.}$$

Хронотропный резерв сердца – разница между максимальной ЧСС (на высоте нагрузки) и ЧСС в покое, уд. в мин [3].

Индекс хронотропного резерва сердца – отношение прироста ЧСС при дозированной физической нагрузке к исходному ($\Delta ЧСС / ЧСС_{исх}$), уд. в мин [1].

Илотропный резерв сердца – разница между максимальным и минимальным систолическим артериальным давлением, мм рт. ст. [3].

Индекс илотропного резерва сердца – отношение прироста систолического АД при дозированной физической нагрузке к исходному ($\Delta САД / САД_{исх}$), мм рт. ст. [1].

Прирост систолического и диастолического АД по отношению к приросту ЧСС ($\Delta САД / \Delta ЧСС$ и $\Delta ДАД / \Delta ЧСС$). Индекс безразмерен [1].

Коэффициент расходования резервов миокарда:

$$КРРМ = \Delta ДП \cdot 100 / A,$$

где КРРМ – коэффициент расходования резервов миокарда; $\Delta ДП$ – прирост двойного произведения как разность максимального и минимального двойного произведения; A – объем выполненной работы в кгм [3]. Индекс безразмерен.

Индекс энергетических затрат:

$$ИЭЗ = ДП_{\text{макс}} / A,$$

где ИЭЗ – индекс энергетических затрат на единицу выполненной работы; $ДП_{\text{макс}}$ – максимальное двойное произведение или индекс Робинсона; A – объем выполненной работы в кгм [1, 3]. Единица измерения – усл. ед.

Потребление кислорода (METS):

$$METS = [V \cdot (0,1 + (\alpha / 100 \cdot 1,18) + 3,5],$$

где: V – скорость тредмила в метрах в минуту; α – наклон дорожки, в % от медианы [3].

Все величины рассчитывались как в целых величинах, так и в пересчете на килограмм массы тела, учитывая наличие у подростков ожирения.

Результаты и обсуждение

У пациентов 1-й группы с эссенциальной гипертензией ИМТ ($M \pm m$) составил $20,5 \pm 0,4$ при должнствующем $20,1 \pm 0,2$. В группе 33 пациента (8 девушек и 25 юношей), средний возраст $14,8 \pm 1,4$ года.

Группу ожирения 1-й степени составили 26 пациентов: 24 юноши и 2 девушки $14,8 \pm 1,3$ лет. В группу ожирения 2-й степени вошли 32 пациента: 24 юноши и 8 девушек, средний возраст $14,8 \pm 1,9$ лет.

Общее количество пациентов 4-й группы составило 27 человек: 25 юношей и 2 девушки $15,5 \pm 1,4$. ИМТ подростков $34,2 \pm 0,8$ при должнствующем $20,5 \pm 0,2$.

Контрольная группа представлена 30 подростками (9 лиц женского и 21 мужского пола), средний возраст $14,5 \pm 1,4$ года. Пациенты находились на обследовании в травматолого-ортопедическом, гастроэнтерологическом отделениях ОКДБ без АГ и хронической соматической патологии.

Исходные параметры систолического АД у пациентов всех групп входили в нормативные пределы без статистически значимых отличий между собой, но были достоверно выше в сравнении с контрольной группой. Исходные показатели ЧСС не имели статистически значимых отличий, за исключением контрольной группы и группы детей с ожирением 1-й степени (табл. 1).

Параметры исходного диастолического давления имели такую же зависимость, за исключением различий между группами эссенциальной АГ и метаболического синдрома.

На пике нагрузки показатели систолического АД возрастали от группы к группе но, так же, как и в покое, не имели статистически значимых различий между группами АГ, за исключением групп ЭАГ и метаболического синдрома, и были выше, чем у контрольной группы, при практически той же зависимости ЧСС (исключением группы ЭАГ и метаболического синдрома).

Реакция диастолического АД на физическую нагрузку была у всех групп, включая и группу контроля, практически идентичная, различия наблюдались только в группах норма и эссенциальная АГ.

Восстановление систолического и диастолического АД и ЧСС происходило адекватно (практически до исходных значений) во всех группах. Так же, как и исходные параметры АД и ЧСС, имелись отличия между всеми группами с повышенным АД и группой контроля.

Общий объем выполненной работы был тем выше, чем выше масса тела пациента ($p > 0,05$). Статистически значимые различия выявлены в группах эссенциальная АГ и ожирение 1-й степени (табл. 2).

Более информативная картина сложилась при расчете объема выполненной работы на массу тела пациента (табл. 3): чем выше масса пациента, тем меньше способность к выполнению физической нагрузки.

Результаты двойного произведения (мин., макс., прирост) были тем выше, чем выше масса пациента в группах АГ ($p>0,05$) при достоверно более высоких показателях, чем в контроле (табл. 3). Схожий результат был получен при вычислении коэффициента расходования резервов миокарда (КРРМ). Исключение: группы контрольная – ожирение 1-й степени ($p<0,05$).

Индекс энергетических затрат также был выше, чем выше масса тела ($p>0,05$). Достоверные различия при этом были выявлены только при сравнении групп: контрольная – эссенциальная АГ и контрольная – ожирение 2-й степени.

Вычисление хронотропного резерва сердца и индекса хронотропного резерва сердца не имели достаточной информативности как между группами АГ, так и при сравнении групп АГ с контрольной ($p>0,05$). Закономерности изменений инотропного резерва сердца и индекса

инотропного резерва сердца между группами были идентичны изменениям систолического АД, т.к. в основе данных показателей лежат результаты САД.

Прирост систолического АД по отношению к приросту ЧСС имел значимые статистические отличия только при сравнении контрольной группы с группами АГ. Исключение: контрольная группа – группа ожирения 2-й степени.

Достоверных различий прироста диастолического АД по отношению к приросту ЧСС не было получено между группами АГ и контрольной ($p>0,05$).

При вычислении потребления кислорода (METS) выявлена та же закономерность: чем выше масса тела, тем ниже потребление кислорода тканями и, соответственно, ниже физическая работоспособность. Различия не выявлены в группах: норма – эссенциальная АГ, эссенциальная АГ – ожирение 1-й степени, ожирение 1-й степе-

Таблица 1

Динамика показателей артериального давления и числа сердечных сокращений при проведении тредмилметрии в исследуемых группах ($M\pm m$)

Показатели	Эссенциальная АГ, $n=33$ (1)	АГ при ожирении 1-й ст., $n=26$ (2)	АГ при ожирении 2-й ст., $n=32$ (3)	Метаболический синдром, $n=27$ (4)	Группа контроля, $n=30$
Исходные:					
ЧСС	103,2 \pm 2,6	104,3 \pm 2,9 ²	98,6 \pm 2,2	100,4 \pm 2,5	96,3 \pm 2,3 ²
САД	123,5 \pm 1,8 ¹	123,1 \pm 2,2 ²	123,4 \pm 1,8 ³	126,3 \pm 1,6 ⁴	109,0 \pm 1,7 ^{1,2,3,4}
ДАД	77,2 \pm 1,4 ¹	79,1 \pm 1,6 ²	79,2 \pm 1,6 ³	82,4 \pm 1,6 ⁴	70,4 \pm 1,2 ^{1,2,3,4}
Максимальные:					
ЧСС	167,8 \pm 2,1 ¹	165,4 \pm 2,3 ²	167,3 \pm 2,7 ³	165,2 \pm 2,3 ⁴	157,0 \pm 2,9 ^{1,2,3,4}
САД	177,2 \pm 3,1 ¹	185,0 \pm 3,6 ²	185,2 \pm 4,7 ³	190,7 \pm 2,8 ⁴	150,6 \pm 2,9 ^{1,2,3,4}
ДАД	76,4 \pm 2,4 ¹	76,5 \pm 3,4	79,0 \pm 3,5	78,4 \pm 5,7	69,8 \pm 1,6 ¹
На 9-й мин восст. периода:					
ЧСС	97,6 \pm 2,5	98,0 \pm 2,8	95,4 \pm 1,5 ³	99,3 \pm 1,9	91,4 \pm 2,0 ³
САД	125,1 \pm 1,4 ¹	127,2 \pm 2,4 ²	122,8 \pm 1,9 ³	128,6 \pm 2,1 ⁴	113,1 \pm 1,5 ^{1,2,3,4}
ДАД	78,4 \pm 1,5 ¹	80,2 \pm 1,7 ²	78,1 \pm 1,4 ³	82,3 \pm 1,6 ⁴	73,9 \pm 1,2 ^{1,2,3,4}

Примечание: достоверность различий, $p<0,05$; ¹ – контрольная группа – 1-я группа; ² – контрольная группа – 2-я группа; ³ – контрольная группа – 3-я группа; ⁴ – контрольная группа – 4-я группа.

Таблица 2

Динамика показателей функциональной способности миокарда при проведении тредмилметрии в исследуемых группах ($M\pm m$)

Показатели	Эссенциальная АГ, $n=33$ (1)	АГ при ожирении 1-й ст., $n=26$ (2)	АГ при ожирении 2-й ст., $n=32$ (3)	Метаболический синдром $n=27$ (4)	Группа контроля, $n=30$
V работы, кгм/с	46740,4 \pm 2003,7 ⁵	53654,3 \pm 2619,0 ⁵	51765,3 \pm 3897,0	57248,9 \pm 4618,3	47030,2 \pm 2989,7
ДП, макс.	297,5 \pm 6,3 ¹	305,5 \pm 6,3 ²	309,9 \pm 9,3 ³	315,2 \pm 6,7 ⁴	236,5 \pm 6,3 ^{1,2,3,4}
ДП, мин.	127,0 \pm 3,1 ¹	127,8 \pm 3,4 ²	121,8 \pm 3,5 ³	126,5 \pm 3,4 ⁴	104,9 \pm 3,0 ^{1,2,3,4}
Прирост, ДДП	170,5 \pm 6,7 ¹	177,7 \pm 5,7 ²	188,1 \pm 9,4 ³	188,7 \pm 7,7 ⁴	131,6 \pm 5,9 ^{1,2,3,4}
КРРМ	0,39 \pm 0,03 ¹	0,40 \pm 0,08	0,46 \pm 0,05 ³	0,46 \pm 0,07 ⁴	0,29 \pm 0,03 ^{1,3,4}
ИЭЗ	0,69 \pm 0,04	0,69 \pm 0,13	0,77 \pm 0,08 ³	0,79 \pm 0,13	0,53 \pm 0,04 ³
ХРС	64,7 \pm 3,1	61,1 \pm 2,8	68,7 \pm 2,9 ³	64,9 \pm 3,0	60,7 \pm 3,6 ³
ИХРС	0,66 \pm 0,05	0,61 \pm 0,04	0,72 \pm 0,04	0,67 \pm 0,05	0,66 \pm 0,06
ИРС	53,7 \pm 2,5 ^{1,7}	61,9 \pm 3,5 ²	61,8 \pm 4,1 ³	64,4 \pm 3,0 ^{4,7}	41,5 \pm 1,9 ^{1,2,3,4}
ИИРС	0,44 \pm 0,02 ^{1,7}	0,51 \pm 0,03 ²	0,50 \pm 0,03 ³	0,52 \pm 0,03 ^{4,7}	0,38 \pm 0,02 ^{1,2,3,4}
ΔСАД/ΔЧСС	0,90 \pm 0,06 ¹	1,09 \pm 0,09 ²	0,93 \pm 0,07	1,03 \pm 0,06 ⁴	0,74 \pm 0,04 ^{1,2,4}
ΔДАД/ΔЧСС	-0,01 \pm 0,05	-0,09 \pm 0,06	0,04 \pm 0,06	-0,08 \pm 0,09	-0,03 \pm 0,04
METS	10,5 \pm 0,2 ^{6,7}	10,1 \pm 0,3 ^{2,9}	9,3 \pm 0,3 ^{3,6}	8,6 \pm 0,2 ^{4,7,9}	11,0 \pm 0,2 ^{2,3,4}

Примечание: достоверность различий, $p<0,05$; ¹ – контрольная группа – 1-я группа; ² – контрольная группа – 2-я группа; ³ – контрольная группа – 3-я группа; ⁴ – контрольная группа – 4-я группа; ⁵ – группы 1-2; ⁶ – группы 1-3; ⁷ – группы 1-4; ⁸ – группы 2-3; ⁹ – группы 2-4; ¹⁰ – группы 3-4.

Таблица 3

Динамика показателей функциональной способности миокарда в пересчете на килограмм массы тела при проведении тредмилметрии в исследуемых группах ($M \pm m$)

Показатели, на кг массы тела	Эссенциальная АГ, n=33 (1)	АГ при ожирении 1-й ст, n=26 (2)	АГ при ожирении 2-й ст, n=32 (3)	Метаболический синдром, n=27 (4)	Группа контроля, n=30
V работы (кгм/с)	758,2±24,7 ^{1,6}	725,7±32,4 ^{2,7}	581,7±42,5 ^{3,6}	541,2±40,3 ^{4,7}	871,3±34,7 ^{1,2,3,4}
ДП, макс.	4,9±0,2 ^{5,6,7}	4,1±0,1 ^{5,8,9}	3,5±0,1 ^{3,6,8,10}	3,0±0,1 ^{4,7,9,10}	4,6±0,2 ^{3,4}
ДП, мин.	2,1±0,1 ^{5,6,7}	1,7±0,05 ^{2,5,8,9}	1,4±0,1 ^{3,8,10}	1,2±0,1 ^{4,7,9,10}	2,0±0,1 ^{2,3,4}
Прирост. АДП	2,8±0,1 ^{5,6,7}	2,4±0,1 ^{5,8,9}	2,1±0,1 ^{8,10}	1,8±0,1 ^{4,7,9,10}	2,6±0,2 ⁴
KPRM	0,007±0,001 ^{6,7}	0,005±0,001	0,005±0,001 ⁶	0,004±0,001 ⁷	0,006±0,001
ИЭЗ	0,012±0,001 ^{6,7}	0,009±0,002	0,009±0,001 ⁶	0,008±0,001 ⁷	0,011±0,001
ХРС	1,08±0,07 ^{6,7}	0,84±0,05 ^{2,9}	0,78±0,04 ^{3,10}	0,62±0,04 ^{4,7,9,10}	1,21±0,10 ^{2,3,4,6,7,9,10}
ИХРС	0,011±0,001 ^{5,6,7}	0,008±0,001 ^{2,5}	0,008±0,0005 ^{3,6}	0,006±0,0005 ^{4,7}	0,013±0,001 ^{2,3,4}
ИРС	0,88±0,04 ^{6,7}	0,83±0,05 ^{8,9}	0,68±0,04 ^{3,6,8}	0,62±0,03 ^{4,7,9}	0,80±0,04 ^{3,4}
ИИРС	0,007±0,0004 ^{6,7}	0,007±0,0004 ^{8,9}	0,01±0,0003 ^{6,8}	0,005±0,0003 ^{4,7,9}	0,007±0,0004 ⁴
ΔСАД/ΔЧСС	0,015±0,001 ^{6,7}	0,015±0,001 ^{8,9}	0,010±0,001 ^{6,8}	0,010±0,001 ^{7,9}	0,014±0,001 ⁴
ΔДАД/ΔЧСС	-0,0002±0,001	-0,001±0,001	0,0003±0,0006	-0,001±0,001 ⁴	-0,001±0,001 ⁴
METS	0,173±0,006 ¹⁻¹⁰	0,138±0,006 ¹⁻¹⁰	0,105±0,005 ¹⁻¹⁰	0,083±0,003 ¹⁻¹⁰	0,214±0,008 ¹⁻¹⁰

Примечание: достоверность различий, $p < 0,05$; ¹ – контрольная группа – 1-я группа; ² – контрольная группа – 2-я группа; ³ – контрольная группа – 3-я группа; ⁴ – контрольная группа – 4-я группа; ⁵ – группы 1-2; ⁶ – группы 1-3; ⁷ – группы 1-4; ⁸ – группы 2-3; ⁹ – группы 2-4; ¹⁰ – группы 3-4.

ни – ожирение 2-й степени, ожирение 2-й степени – метаболический синдром. Эта картина была подтверждена и стала более четкой при расчете на килограмм массы тела (табл. 3).

Неоднозначная картина была получена при вычислении всех выше указанных параметров на килограмм массы тела (табл. 3). Для большинства параметров прослеживалась четкая закономерность: чем выше масса тела (жировая), тем ниже показатели. Однако показатели KPRM, ИИЗ, ИИРС, ΔСАД/ΔЧСС, ΔДАД/ΔЧСС на килограмм массы тела имели малые значения, и статистические отличия пролегли между группами АГ, а не с контролем. Кроме того, при расчете KPRM, ИЭЗ на килограмм массы получено, что чем ниже масса тела, тем более нерационально расходование резервов миокарда и выше индекс энергетических затрат, что не может быть верным.

Наибольший интерес, с нашей точки зрения, представляет вычисление ДП (максимальное, минимальное, прирост), ХРС, ИХРС, ИРС и METS на килограмм массы тела пациента, где прослеживается четкая, статистически значимая зависимость от массы тела.

Выводы

1. Проведение тредмилметрии показано всем подросткам с АГ и избытком массы тела при нормальных или погранично-нормальных показателях исходного артериального давления.
2. Масса тела (жировая) достоверно влияет на артериальное давление, повышая его и снижая физическую работоспособность.
3. Чем выше масса тела, тем более нерациональное расходование резервов миокарда и выше индекс энергетических затрат.
4. Вычисление параметров KPRM и ИЭЗ на килограмм массы тела не является корректным.

Заключение

Тредмилметрия в подростковом возрасте необходима для постановки и уточнения диагноза артериальная гипертензия, определения параметров физической работоспособности, в особенности при повышенной (жировой) массе тела.

Литература

1. Белоконов Н.А., Кубергер М.Б. Болезни сердца и сосудов у детей : руководство для врачей : в 2 т. – М. : Медицина. – 1987. – Т. 1 – С. 118–132.
2. Климов А.Н., Никульчева Н.Г. Обмен липидов и липопротеидов и его нарушения. – 3-е изд. – СПб., 1999. – 505 с.
3. Лопатин Ю.М., Пром А.К. Пробы с физической нагрузкой (велоэргометрия, тредмил-тест) : научно-практические рекомендации. – 2-е изд., дополн. – Волгоград, 2003. – 68 с.
4. Оганов Р.Г., Чазова И.Е., Школьников М.А. Диагностика, лечение и профилактика артериальной гипертензии у детей и подростков (второй пересмотр) [Электронный ресурс] // Cardiosite.ru. – URL: <http://www.cardiosite.ru/articles/article.aspx?articleid=6036> (дата обращения: 07.04.2011).
5. Шальнова С.А., Деев А.Д., Вихирева О.В. Распространенность артериальной гипертензии в России. Информированность, лечение, контроль // Профилактика заболеваний и укрепление здоровья. – 2001. – № 2. – С. 3–7.
6. BMI-for-age (5–19 years) [Электронный ресурс] // Сайт всемирной организации здравоохранения. – URL: http://www.who.int/growthref/who2007_bmi_for_age/en/index.html (дата обращения: 07.04.2011).
7. The Fourth Report on the diagnosis, evaluation and treatment of high blood pressure in children and adolescents. National High Blood Pressure Education Program Working Group on High Blood Pressure in Children and Adolescent // Pediatrics. – 2004. – No. 114, Suppl. – P. 552–576.

Поступила 13.04.2011