

КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

УДК 616-056.52-616.12

Л.В. Данилюк, А.В. Погодина, Л.В. Рычкова, А.В. Машанская

ПРЕДИКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ГИПЕРТЕНЗИВНОГО ОТВЕТА
НА ФИЗИЧЕСКУЮ НАГРУЗКУ У ПОДРОСТКОВ С ОЖИРЕНИЕМ

ФГБНУ «Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека», Иркутск, Россия

Максимальный тредмил-тест по протоколу Брюса проведён у подростков с избыточным весом и исходно нормальным уровнем артериального давления. Обнаружено, что формирование гипертензивного паттерна реагирования на физическую нагрузку у подростков с ожирением, не страдающих артериальной гипертензией, более свойственно для старших подростков, имеющих донагрузочные уровни систолического артериального давления выше нормальных значений. Нарушение липидного, углеводного обмена, а также степень избытка веса не оказали влияния на формирование данного типа реагирования на физическую нагрузку в этой когорте больных.

Ключевые слова: кардиометаболический риск, тредмил, ожирение, избыточный вес, подростки, проба с физической нагрузкой, артериальное давление

PREDICTORS OF EXAGGERATED BLOOD PRESSURE RESPONSE
TO AEROBIC EXERCISE IN OBESE ADOLESCENTS

L.V. Danilyuk, A.V. Pogodina, L.V. Rychkova, A.V. Mashanskaya

Scientific Centre for Family Health and Human Reproduction Problems, Irkutsk, Russia

Association of blood pressure response during exercise of cardiometabolic risk factors (CMRF) is demonstrated in adults. The objective was to determine predictors of raised exercise blood pressure (BP) response during aerobic exercise in obese adolescents.

The maximal treadmill test using the Bruce protocol was performed in 82 normotensive obese adolescents (12–17 y.o., 43 boys). Adolescents were divided into 2 groups: group 1 ($n = 68$) – children with normal BP response to exercise; group 2 ($n = 14$) – adolescents who had excessive increase in systolic BP (SBP) during exercise. We used logistic regression analysis to examine the associations between cardiometabolic risk factors (CMRF) and SBP response during exercise with adjustment for baseline SBP, sex, age and duration of exercise test period.

We have found exaggerated BP response to exercise in 17.1 % of patients. In adolescents of group 2 baseline SBP was higher than in group 1 ($p = 0.01$). Glucose level and lipid metabolism disturbances, SDS Z-score, baseline SBP levels only by 24.8 % explained the formation of the hyperreactive SBP response to exercise ($\chi^2 = 13.2$; $p = 0.068$). Only baseline SBP was an independent predictor for exaggerated BP response ($p = 0.025$) and age was a significant trend towards influence ($p = 0.054$).

Exaggerated BP response to exercise in normotensive obese adolescents is more common for older adolescents who have baseline SBP levels in the range of elevated normal values. Knowing CMRF as well as the degree of excess weight has no effect on excessive BP rise during exercise.

Key words: cardiometabolic risk, treadmill, obesity, adolescents, exercise tolerance test, blood pressure

Ожирение является одной из актуальных проблем современного здравоохранения. Во многих странах отмечается увеличение числа пациентов с избыточной массой тела как среди взрослого, так и среди детского населения. По данным ВОЗ, в 2014 г. 39 % взрослых людей имели избыточную массу тела и 13 % – ожирение. Ожирением или избыточным весом во всем мире страдали 41 млн детей младше 5 лет [6]. По опубликованным результатам эпидемиологического исследования, проведённого в России, в возрасте 5–15 лет избыточную массу тела имеют 19,9 %, ожирение – 5 % детей [3].

Общепризнанно, что наиболее эффективной стратегией в борьбе с избыточным весом в детском возрасте является многокомпонентный подход, который включает в себя модификацию диеты, физической активности и поведения [4]. Вместе с тем необходимо

помнить, что ожирение и избыточный вес часто сочетаются с артериальной гипертензией (АГ) [1], поэтому до того, как сформировать рекомендации по физической активности для ребенка с ожирением, нужно быть уверенным в том, что выполнение нагрузки будет безопасным, в том числе и в проспективном плане.

Физическая нагрузка (ФН) сопровождается существенной перестройкой кровообращения. В ряде работ было продемонстрировано, что избыточное повышение артериального давления (АД) во время нагрузочного тестирования позволяет предсказывать риск развития сердечно-сосудистых заболеваний, в том числе и АГ, вне зависимости от уровня АД в покое [5, 14, 16]. Гипертонический тип гемодинамической реакции на нагрузку может быть предиктором инфаркта миокарда, цереброваскулярных событий, ишемической болезни сердца [10, 11].

В исследованиях взрослых показана ассоциация уровня АД при ФН с факторами кардиометаболического риска (КМР), такими, как инсулинорезистентность, дислипидемия и ожирение [8], но изучению вклада данных факторов в формирование гемодинамического ответа на ФН у подростков посвящено очень мало работ. Вместе с тем, определение предикторов, которые могут повлиять на реактивность АД при нагрузке в данной возрастной группе, важно для понимания раннего патогенеза кардиоваскулярных и метаболических заболеваний, а также для разработки безопасных программ физической реабилитации.

Цель данного исследования: установить предикторы формирования неблагоприятных гемодинамических паттернов реагирования на аэробную нагрузку у подростков с избыточной массой тела и ожирением.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В исследование было последовательно включено 82 подростка в возрасте от 12 до 17 лет ($14,9 \pm 1,5$ лет) – 43 мальчика и 39 девочек. Критерием включения в исследование было наличие у детей ожирения или избыточной массы тела.

Ни один из пациентов на момент обследования и в течение по меньшей мере двух месяцев до него не получал лекарственных препаратов, которые могли бы влиять на уровень АД и частоту сердечного ритма. Больные с установленным диагнозом АГ в исследование не включались.

Всем детям проводили измерение линейного роста и массы тела с последующим вычислением индекса массы тела (ИМТ). ИМТ был представлен в виде числа стандартных отклонений от среднего (SDS) и оценен с применением соответствующих таблиц, разработанных на основе популяционных исследований (http://www.cdc.gov/growthcharts/percentile_data_files.htm). Согласно рекомендациям ВОЗ, диагностическим критерием избыточной массы тела считали $\text{SDS ИМТ} \geq 1$, ожирения – $\text{SDS ИМТ} \geq 2,0$.

Максимальный нагрузочный тест выполнялся на тредмиле (MedsetMedizintechnik, Germany) с использованием протокола Bruce. Критериями прекращения пробы было достижение частоты сердечных сокращений (ЧСС) 185 уд./мин и более, повышение АД до максимальных цифр, невозможность выполнять нагрузку. Для сравнительной оценки были взяты гемодинамические параметры (ЧСС, систолическое АД (САД), диастолическое АД (ДАД), пульсовое АД (ПАД)), определенные исходно и в конце каждой из трех ступеней нагрузочного протокола. Также оценивали изменение каждого параметра по выполненному объему нагрузки, рассчитанное как разность его величины при максимальной нагрузке и исходного значения.

Критерием эксцессивного повышения САД при выполнении тредмил-теста были значения его на пике нагрузки, превышающие 2 SD от средних значений, определенных в популяционных исследованиях для подростков соответствующего пола при данной ЧСС [17].

Определение концентрации глюкозы в сыворотке крови натощак и после пероральной углеводной нагрузки проводили глюкозооксидазным методом с помощью наборов Новоглюк-К, Новоглюк-М

(Вектор-Бест, Россия). Уровни общего холестерина (ОХС), триглицеридов (ТГ) и холестерина липопротеидов высокой плотности (ХС-ЛПВП) определяли с помощью ферментативного колориметрического метода, используя диагностические наборы фирмы CORMAY (Польша), фотометр BTS-330 («BioSystems S.A.», Испания). Уровень холестерина липопротеидов низкой плотности (ХС-ЛПНП) рассчитывали по формуле Фридвальда. Для определения пороговых уровней липидов и глюкозы применяли критерии, предложенные педиатрической группой IDF (2007 г.).

Все подростки или их законные представители подписали информированное согласие на участие в исследовании. Дизайн исследования был одобрен локальным этическим комитетом.

Для оценки и анализа полученных данных использован пакет прикладных программ IBM SPSS Statistics 21.0 (IBM SPSS, Chicago, IL, USA). Для оценки значимых различий между группами по количественным признакам использовали критерий Манна – Уитни. Межгрупповые различия по качественным признакам оценивали с помощью критерия χ^2 . При $p < 0,05$ все различия рассмотрены как статистически значимые. Табличные данные представлены в виде средних значений и стандартных отклонений (SD).

Для определения предикторов формирования гипертензивного паттерна реагирования САД на ФН применяли метод логистической регрессии с участием следующих независимых переменных: SDS ИМТ, нарушений углеводного и липидного обмена (как бинарных признаков). Все регрессионные модели были скорректированы по исходным значениям САД, полу и возрасту подростков и длительности нагрузочного периода пробы.

РЕЗУЛЬТАТЫ

После проведения нагрузочной пробы все подростки были разделены на две группы. Первая группа включала детей с нормальной реакцией АД на ФН ($n = 68$); вторая – детей с избыточным повышением САД ($n = 14$). По полу и возрасту подростков группы не отличались. Длительность нагрузочного периода при проведении пробы была также сопоставима у подростков обеих групп. Сравнительная характеристика параметров гемодинамики во время нагрузочного тестирования у подростков в сформированных группах представлена в таблице 1.

Можно заметить, что исходные уровни ЧСС, ДАД и ПАД у подростков обеих групп существенно не различались, но заметны различия в уровне САД: во 2-й группе оно оказалось выше, чем у подростков 1-й группы, хотя во всех случаях находилось вне диапазона индивидуальных гипертензивных значений. В дальнейшем по мере увеличения продолжительности и интенсивности нагрузки эти различия не только сохранялись, но и нарастали. Кроме того, уже после завершения первой ступени пробы у подростков с гиперреактивностью САД сформировались значительно более высокие уровни ПАД, по сравнению с таковыми у подростков 1-й группы, и эти различия также имели нарастающий характер. Динамика ДАД в обеих группах была физиологической, характери-

Таблица 1

Параметры гемодинамики в ходе нагрузочного тестирования у подростков в зависимости от ответа САД на аэробную нагрузку

| Параметры | 1-я группа (n = 68) | 2-я группа (n = 14) | p |
|----------------------------|---------------------|---------------------|------------|
| Пол (м / ж) | 35 / 33 | 8 / 6 | НР |
| Возраст | 14,8 ± 1,5 | 15,6 ± 1,3 | НР |
| Длительность нагрузки, мин | 9,4 ± 2,4 | 8,6 ± 2,2 | НР |
| ЧСС исх., уд./мин | 102,4 ± 13 | 101,7 ± 10,6 | НР |
| САД исх., мм рт. ст. | 119,1 ± 11,9* | 128 ± 12,3 | p = 0,01 |
| ДАД исх., мм рт. ст. | 72,9 ± 12,1 | 73 ± 13,4 | НР |
| ПАД исх., мм рт. ст. | 46,1 ± 13,4 | 55 ± 20,2 | НР |
| ЧСС1 | 132,5 ± 17 | 132,9 ± 18,3 | НР |
| САД1 | 137,4 ± 14,8* | 155,4 ± 22,7 | p = 0,001 |
| ДАД1 | 68,5 ± 9,2 | 73,2 ± 18,3 | НР |
| ПАД1 | 68,8 ± 13,7* | 82,2 ± 18,8 | p = 0,01 |
| ЧСС2 | 157,6 ± 16,8 | 159,5 ± 16,3 | НР |
| САД2 | 152,2 ± 17,5* | 171,9 ± 21,7 | p = 0,001 |
| ДАД2 | 66,8 ± 9,2 | 67,3 ± 13,4 | НР |
| ПАД2 | 84,9 ± 19* | 104,6 ± 21,6 | p = 0,003 |
| ЧСС3 | 180,4 ± 12,6 | 178,1 ± 14,2 | НР |
| САД3 | 166,8 ± 20,7* | 203,5 ± 11,7 | p < 0,0001 |
| ДАД3 | 66,7 ± 11,1 | 70 ± 17,1 | НР |
| ПАД3 | 100 ± 21,1 | 133,5 ± 22,5 | p < 0,0001 |

Примечание. 1, 2, 3 – степени протокола Bruce; НР – нет различий.

зуюсь небольшим снижением относительно исходных значений без межгрупповых различий.

Степень изменения гемодинамических параметров относительно исходных значений к моменту окончания нагрузочного периода пробы иллюстрирует рисунок 1: при сопоставимых сдвигах ЧСС и ДАД подростки 2-й группы имели значительно больший прирост систолического и пульсового АД ($p < 0,0001$ и $p = 0,007$ соответственно).

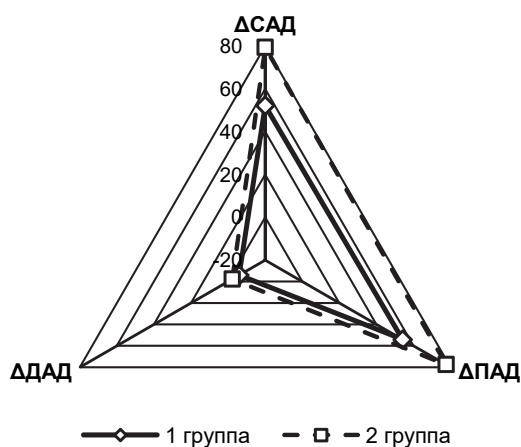


Рис. 1. Степень изменения артериального давления относительно исходного уровня у подростков с избыточной массой тела и ожирением: ΔСАД – разность максимального и исходного САД (мм рт. ст.); ΔДАД – разность максимального и исходного ДАД (мм рт. ст.); ΔПАД – разность максимального и исходного ПАД (мм рт. ст.).

При анализе частоты встречаемости у обследуемых подростков факторов кардиометаболического риска дислипидемия была диагностирована нами у 27,5 % подростков 1-й группы и у 35,7 % подростков 2-й группы, нарушения углеводного обмена в виде нарушения уровня гликемии натощак и/или после углеводной нагрузки – у 14,5 % и 21,4 % подростков соответственно. Статистически значимых межгрупповых различий по частоте этих факторов КМР показано не было. Степень избыточности веса была сопоставимой у подростков обеих групп (табл. 2). Кластеризация трех факторов КМР имела место у 18,8 % подростков в 1-й группе и у 14,3 % – во 2-й группе.

При количественном сравнении биохимических характеристик, отражающих состояние углеводного и липидного обмена, статистически значимых межгрупповых различий не выявлено (табл. 2).

В ходе регрессионного анализа нами не было получено моделей хорошего качества. Мы показали, что наличие нарушений углеводного и липидного обмена, величина SDS ИМТ, донагрузочный уровень САД только на 24,8 % объясняют формирование гиперреактивного паттерна реагирования САД на аэробную нагрузку после учета пола, возраста и длительности нагрузочного периода ($\chi^2 = 13,2$; $p = 0,068$). Причём самостоятельную значимость предиктивную значимость имеет только исходный уровень САД ($p = 0,025$), тенденцию к значимому влиянию – возраст подростков ($p = 0,054$).

Таблица 2

Некоторые характеристики углеводного и липидного обмена у подростков с избыточным весом в зависимости от типа реакции на нагрузку

| Параметры | 1-я группа (n = 68) | 2-я группа (n = 14) |
|---------------------------------------|---------------------|---------------------|
| SDS ИМТ | 1,9 ± 0,5 | 1,9 ± 0,4 |
| ОХС, ммоль/л | 4,4 ± 0,8 | 4,6 ± 0,9 |
| ХС-ЛПВП, ммоль/л | 1,3 ± 0,3 | 1,4 ± 0,5 |
| ХС-ЛПНП, ммоль/л | 2,5 ± 0,7 | 2,7 ± 0,7 |
| ТГ, ммоль/л | 1,2 ± 0,5 | 1,2 ± 0,5 |
| КА | 2,6 ± 1,1 | 2,4 ± 0,7 |
| Глюкоза крови натощак, ммоль/л | 4,9 ± 0,6 | 5,0 ± 0,7 |
| Глюкоза крови после нагрузки, ммоль/л | 6,7 ± 1,3 | 6,2 ± 0,6 |

Примечание. КА – коэффициент атерогенности.

Сочетание трех факторов кардиометаболического риска (ожирение, дислипидемия и нарушения углеводного обмена), традиционно входящих в кластер метаболического синдрома, не оказало существенного влияния на формирование гипертензивного типа реагирования на ФН.

ОБСУЖДЕНИЕ

Наше исследование показало, что большинству подростков с избыточным весом свойственен физиологический ответ АД на аэробную нагрузку. Гиперреактивный паттерн увеличения САД в ходе нагрузочной пробы был диагностирован нами в 17,1 % случаев. Он наблюдался одинаково часто у подростков обоего пола и единственным значимым предиктором его формирования был донагрузочный уровень САД. Этот паттерн характеризовался ранним избыточным подъемом САД с увеличением темпов его прироста по мере увеличения длительности и интенсивности нагрузки (рис. 2).

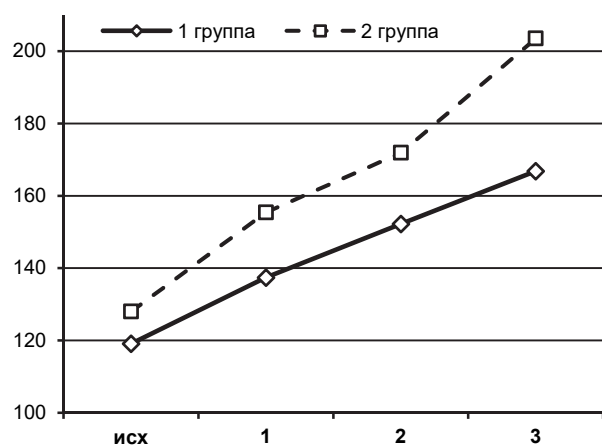


Рис. 2. Динамика уровня САД в ходе нагрузочной пробы у подростков с избыточной массой тела и ожирением: 1, 2, 3 – ступени протокола Брусе.

Наши результаты в целом совпадают с результатами исследований, проведенных в группах взрослых. Так А. Berger et al. в популяционном исследовании с участием 7082 здоровых людей среднего возраста с

нормальным весом и нормальным уровнем АД показали, что у лиц с гиперреактивным ответом САД на ФН его донагрузочный уровень был выше, чем у пациентов с нормальным типом реагирования, но не превышал пороговых значений [5].

Отсутствие связи между формированием гипертензивного паттерна реагирования на ФН и изучаемыми факторами КМР было неожиданной находкой нашего исследования. Тем более, что ранее нами было показано, что подростки с избыточным весом даже при отсутствии ранее диагностированной АГ имеют более высокие уровни САД и ПАД, чем здоровые дети при выполнении равного объема нагрузки [2]. Отсутствие значимых ассоциаций между SDS ИМТ и нагрузочным ответом САД может объясняться, во-первых, тем, что в нашем анализе ответ САД был представлен как бинарный признак, тогда как во всех доступных опубликованных исследованиях с участием детей оценивалось влияние факторов КМР на количественные характеристики гемодинамических параметров в ходе нагрузки, и величина реакции не интерпретировалась и не принималась во внимание. Во-вторых, в наше исследование были включены только подростки с избыточным весом, в то время как все исследования, демонстрирующие наличие значимой связи уровня САД при максимальной нагрузке с избыточной массой тела и ожирением, были выполнены или в выборках здоровых детей и подростков [11, 15], или в ходе сравнительного анализа групп детей с нормальной массой тела и детей с ожирением [7, 8]. То есть во все эти исследования, в отличие от нашего, были включены дети как с избыточным, так и с нормальным весом.

Результаты, сходные с нашими, были получены в исследовании V. Gaudreault et al., которые изучали особенности повышения АД при физической нагрузке у 179 мужчин, имеющих известные факторы КМР (дислипидемию, абдоминальное ожирение), но нормальный уровень АД. Избыточный ответ САД на ФН был установлен в этом исследовании в 47 % случаев, то есть значительно чаще, чем в нашем исследовании, и так же, как и у обследованных нами подростков, он был в наибольшей степени

ассоциирован с его исходным уровнем. Но, в отличие от нашего исследования, предиктивная роль для формирования нагрузочно-индуцированной гипертензии дополнительно была показана для сывороточных уровней ХС-ЛПНП и аполипопротеина В, а также для окружности талии. При этом общая масса жира в организме и масса подкожного жира не влияли на формирование гипертензивного нагрузочного ответа [8].

Возможно, было бы интересным изучить вклад в формирование гипертензивного типа реагирования на ФН у подростков и других характеристик ожирения: окружности талии или толщины кожных складок. Однако данные параметры у наших больных мы не оценивали, а в популяционном исследовании N.C. Moller et al. не было показано сопряженности окружности талии с уровнем САД при ФН у детей и подростков [13]. Кроме того, в этом исследовании так же, как и в нашем, не было обнаружено связи между уровнем САД при ФН и плазменными концентрациями липидов, хотя в исследовании R.E. Kavey et al. такая связь была показана [9]. Но в это исследование были включены дети с выраженным повышением уровня ХС-ЛПНП. Возможно, нарушения липидного спектра крови должны быть серьезными и существовать длительно, чтобы вызвать сосудистые изменения, приводящие к формированию патологического паттерна САД при ФН. С этим предположением согласуются и упомянутые выше результаты исследований взрослых, демонстрирующие наличие связи между повышенными уровнями ЛПНП и гипертензивным ответом САД на ФН [8].

Биологическую основу чрезмерного повышения уровня АД при ФН у взрослых связывают с наличием эндотелиальной дисфункции и повышенной жесткости артериальной стенки. Но в небольшом исследовании M.J. Lambiase et al., в котором изучалась связь эндотелиальной дисфункции, оцениваемой по степени поток-зависимой дилатации плечевой артерии, с динамикой ПАД при нагрузке у здоровых детей с нормальной массой тела было также показано, что худшая поток-зависимая дилатация ассоциирована с бóльшим ПАД при нагрузке [12]. Если соотнести эти данные с полученными нами результатами можно предположить нарушение функции эндотелия в качестве возможной причины большего прироста пульсового и систолического АД при физической нагрузке у детей с ожирением. Необходимы дальнейшие исследования в этом направлении.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Гипертензивный тип реагирования на физическую нагрузку не является редкостью среди подростков с избыточным весом, не страдающих артериальной гипертензией. Более вероятно формирование гипертензивного паттерна у старших подростков, имеющих донагрузочные уровни САД в диапазоне повышенных нормальных значений. Наличие у подростков нарушений липидного, углеводного обмена, а также степень избытка веса не оказали влияния на формирование данного типа реагирования на физическую нагрузку.

ЛИТЕРАТУРА REFERENCES

1. Погодина А.В., Долгих В.В., Рычкова Л.В. Моchevaya kislota i faktory kardiometabolicheskogo riska pri arterial'noy gipertenzii u podrostkov // Кардиология. – 2014. – Т. 54, № 7. – С. 36–42.

Pogodina AV, Dolgikh VV, Rychkova LV (2014). Uric acid and cardiometabolic risk factors in adolescents with arterial hypertension [Mochevaya kislota i faktory kardiometabolicheskogo riska pri arterial'noy gipertenzii u podrostkov]. *Kardiologiya*, 54 (7), 36–42.

2. Погодина А.В., Машанская А.В., Данилюк Л.В., Рычкова Л.В., Мандзяк Т.В., Кравцова О.В. Гемодинамический ответ на субмаксимальную нагрузку у подростков с избыточной массой тела и ожирением // Вопросы практической педиатрии. – 2016. – № 6. – С. 20–25.

Pogodina AV, Mashanskaya AV, Danilyuk LV, Rychkova LV, Mandzyak TV, Kravtsova OV (2016). Hemodynamic response to submaximal exercises in adolescents with overweight and obesity [Gemodinamicheskiy otvet na submaksimal'nuyu nagruzku u podrostkov s izbytochnoy massoy tela i ozhireniem]. *Voprosy prakticheskoy pediatrii*, (6), 20–25.

3. Тутельян В.Л., Батулин А.К., Конь И.Я., Мартинчик А.Н., Углицких А.К., Коростелева М.М., Тоболева М.А., Алешина И.В. Распространенность ожирения и избыточной массы тела среди детского населения РФ: мультицентровое исследование // Педиатрия. – 2014. – № 5. – С. 28–31.

Tutelyan VL, Baturin AK, Kon' IY, Martinchik AN, Uglickikh AK, Korosteleva MM, Toboleva MA, Aleshina IV (2014). Prevalence of obesity and overweight among children population of the Russian Federation: multicenter study [Rasprostranennost' ozhireniya i izbytochnoy massy tela sredi detskogo naseleniya RF: mul'titsentrovoy issledovanie]. *Pediatrics*, (5), 28–31.

4. Физическая активность. – Режим доступа: www.who.int/dietphysicalactivity/pa/ru.

Physical activity [Fizicheskaya aktivnost']. Available at: www.who.int/dietphysicalactivity/pa/ru.

5. Berger A, Grossman E, Katz M, Kivity S, Klempfner R, Segev S, Goldenberg I, Sidi Y, Maor E (2015). Exercise blood pressure and the risk for future hypertension among normotensive middle-aged adults. *J. Am. Heart Assoc.*, 4 (4), e001710. doi: 10.1161/JAHA.114.001710.

6. Double burden of malnutrition. Available at: <http://www.who.int/entity/nutrition/double-burden-malnutrition/en>.

7. Emdin M, Gastaldelli A, Muscelli E, Macerata A, Natali A, Camastra S, Ferrannini E (2001). Hyperinsulinemia and autonomic nervous system dysfunction in obesity: effects of weight loss. *Circulation*, 103 (4), 513–519.

8. Gaudreault V, Després JP, Rhéaume C, Alméras N, Bergeron J, Tremblay A, Poirier P (2013). Exercise-induced hypertension in men with metabolic syndrome: anthropometric, metabolic, and hemodynamic features. *Metab. Syndr. Relat. Disord.*, 11 (1), 7–14.

9. Kavey RE, Kveselis DA, Gaum WE (1997). Exaggerated blood pressure response to exercise in children with increased low-density lipoprotein cholesterol. *Am. Heart J.*, (13), 162–168.

10. Kohl HW 3rd, Nichaman MZ, Frankowski RF, Blair SN (1996). Maximal exercise hemodynamics and risk of mortality in apparently healthy men and women. *Med. Sci. Sports Exerc.*, (28), 601-609.

11. Kurl S, Laukkanen JA, Rauramaa R, Lakka TA, Sivenius J, Salonen JT (2001). Systolic blood pressure response to exercise stress test and risk of stroke. *Stroke*, (32), 2036-2041.

12. Lambiase MJ, Dornb J, Thurston RC, Roemich JN (2014). Flow-mediated dilation and exercise blood pressure in healthy adolescents. *J. Sci. Med. Sport*, (17), 425-429.

13. Møller NC, Grøntved A, Wedderkopp N., Ried-Larsen M, Kristensen PL, Andersen LB, Froberg K et al. (2010). Cardiovascular disease risk factors and blood pressure response during exercise in healthy children and adolescents: The European Youth Heart Study. *J. Appl. Physiol.*, (109), 1125-1132.

14. Nakashima M, Miura K, Kido T, Saeki K, Tamura N, Matsui S, Morikawa Y, Nishijo M, Nakanishi Y, Nakagawa H (2004). Exercise blood pressure in young adults as a predictor of future blood pressure: a 12-year follow-up of medical school graduates. *J. Hum. Hypertens.*, 18 (11), 815-821.

15. Ribeiro MM, Silva AG, Santos NS, Guazzelle I, Matos LN, Trombetta IC, Halpern A, Negrão CE, Villares SM (2005). Diet and exercise training restore blood pressure and vasodilatory responses during physiological maneuvers in obese children. *Circulation*, (111), 1915-1923.

16. Singh JP, Larson MG, Manolio TA, O'Donnell CJ, Lauer M, Evans JC, Levy D (1999). Blood pressure response during treadmill testing as a risk factor for new-onset hypertension. The Framingham Heart Study. *Circulation*, 99 (14), 1831-1836.

17. Wanne OP, Haapoja E (1988). Blood pressure during exercise in healthy children. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*, 58 (1-2), 62-67.

Сведения об авторах Information about the authors

Данилюк Любовь Викторовна – младший научный сотрудник лаборатории педиатрии и кардиоваскулярной патологии ФГБНУ «Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека» (664003, г. Иркутск, ул. Тимирязева, 16; тел.: (3952) 20-76-36)

Danilyuk Lyubov Viktorovna – Junior Research Officer of the Laboratory of Pediatrics and Cardiovascular Pathology of Scientific Centre for Family Health and Human Reproduction Problems (664003, Irkutsk, Timiryazev str., 16; tel.: +7 (3952) 20-76-36)

Погодина Анна Валерьевна – доктор медицинских наук, заведующая лабораторией педиатрии и кардиоваскулярной патологии ФГБНУ «Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека» (e-mail: clinica_zam@inbox.ru)

Pogodina Anna Valeryevna – Doctor of Medical Sciences, Head of the Laboratory of Pediatrics and Cardiovascular Pathology of Scientific Centre for Family Health and Human Reproduction Problems (e-mail: clinica_zam@inbox.ru)

Рычкова Любовь Владимировна – доктор медицинских наук, директор ФГБНУ «Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека»

Rychkova Lyubov Vladimirovna – Doctor of Medical Sciences, Director of Scientific Centre for Family Health and Human Reproduction Problems

Машанская Александра Валерьевна – кандидат медицинских наук, научный сотрудник лаборатории педиатрии и кардиоваскулярной патологии ФГБНУ «Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека»

Mashanskaya Aleksandra Valeryevna – Candidate of Medical Sciences, Research Officer of the Laboratory of Pediatrics and Cardiovascular Pathology of Scientific Centre for Family Health and Human Reproduction Problems