

Адаптационные возможности сердечно-сосудистой системы у детей с ревматическими заболеваниями и коморбидными состояниями

Н. С. Шевченко^{1,2,A}, Л. Ф. Богмат^{1,2,C,E,F}, Т. А. Головко^{*2,B,C,D}, М. В. Демьяненко^{1,B}

¹ГУ «Институт охраны здоровья детей и подростков НАМН Украины», г. Харьков, ²Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина, Украина

A – концепция и дизайн исследования; B – сбор данных; C – анализ и интерпретация данных; D – написание статьи; E – редактирование статьи; F – окончательное утверждение статьи

Цель работы – изучение функционального состояния сердечно-сосудистой системы и ее адаптационных реакций у детей с ревматическими заболеваниями (РЗ) с учетом развития коморбидных состояний.

Материалы и методы. Обследовали 44 пациента с РЗ, 8 из них с системной красной волчанкой, 36 с ювенильным идиопатическим артритом. Средний возраст исследуемых составил $13,39 \pm 0,82$ года. Для изучения толерантности к минимальной физической нагрузке и ее влияния на состояние сердечно-сосудистой системы (ССС) у детей проводили тест шестиминутной ходьбы (ТШХ). Для оценки функциональной напряженности ССС до и после ТШХ рассчитывали индекс Альговера, коэффициент выносливости по формуле А. Квааса, индекс Робинсона, коэффициент экономичности кровообращения. Для оценки влияния вегетативной нервной системы (ВНС) на показатели деятельности сердечно-сосудистой системы определяли вегетативный индекс Кердо (ВИК). В состоянии покоя определяли также индекс функциональных изменений системы кровообращения, или адаптационный потенциал (АП).

Результаты. У пациентов с РЗ отмечена сниженная толерантность к минимальной физической нагрузке с повышением функциональной напряженности ССС и активацией симпатического отдела ВНС. При анализе функциональной напряженности ССС у детей с РЗ с наличием коморбидной патологии установлены достоверно более высокие значения АП и индекса Альговера, что указывает на формирование нарушений в системе кровообращения на фоне срыва адаптационных механизмов ССС. Показатель ВИК свидетельствует об активации у них симпатического отдела ВНС и об усилении процессов катаболизма, характерного для напряженного функционирования с расходом энергетических резервов организма. При оценке данных показателей у детей без коморбидных состояний отрицательное значение ВИК указывает на активацию парасимпатического отдела ВНС, что свидетельствует о более благоприятном, анаболическом варианте сдвига и более экономном режиме функционирования систем организма.

Выводы. У детей с РЗ отмечено снижение толерантности к минимальной физической нагрузке в тесте шестиминутной ходьбы, о чем свидетельствует процент прироста ЧСС и пройденное расстояние. Также установлена напряженность в деятельности ССС и снижение ее функциональных возможностей, что подтверждается достоверным повышением индекса Робинсона, Альговера и коэффициента выносливости как до проведения ТШХ, так и после него. У детей с РЗ и наличием коморбидной патологии установлены более высокие значения адаптационного потенциала, индекса Альговера и вегетативного индекса Кердо, что свидетельствует о формировании нарушений в системе кровообращения на фоне срыва ее адаптационных возможностей.

Ключевые слова:

сердечно-сосудистая система, дети, ревматические заболевания.

Патология. – 2019. – Т. 16, № 1(45). – С. 99–105

DOI: 10.14739/2310-1237.2019.1.166395

*E-mail: golovko@karazin.ua

Адаптаційні можливості серцево-судинної системи в дітей із ревматичними захворюваннями та коморбідними станами

Н. С. Шевченко, Л. Ф. Богмат, Т. О. Головко, М. В. Дем'яненко

Мета роботи – вивчення функціонального стану серцево-судинної системи та її адаптаційних реакцій у дітей із ревматичними захворюваннями (РЗ), враховуючи розвиток коморбідних станів.

Матеріали та методи. Обстежили 44 пацієнти з РЗ: 8 хворих на системний червоний вовчак, 36 – на ювенільний ідіопатичний артрит. Середній вік обстежених – $13,39 \pm 0,82$ року. Для вивчення толерантності до мінімального фізичного навантаження та її впливу на стан серцево-судинної системи (ССС) у дітей виконали тест шестихвилинної ходьби (ТШХ). Для оцінювання функціональної напруженості ССС до і після ТШХ розраховували індекс Альговера, коефіцієнт витривалості за формулою А. Квааса, індекс Робінсона, коефіцієнт економічності кровообігу. Для оцінювання впливу вегетативної нервової системи (ВНС) на показники діяльності серцево-судинної системи визначали вегетативний індекс Кердо (ВИК). У стані спокою визначили індекс функціональних змін системи кровообігу, або адаптаційний потенціал (АП).

Результати. У пацієнтів із РЗ визначили знижену толерантність до мінімального фізичного навантаження з підвищенням функціональної напруженості ССС та активацією симпатичного відділу ВНС. Аналізуючи функціональну напруженість ССС у дітей із РЗ з наявністю коморбідних станів, виявили вірогідно вищі значення адаптаційного потенціалу та індексу Альговера, що вказує на формування порушень у системі кровообігу на тлі зриву адаптаційних механізмів ССС. Показник ВИК свідчить про активацію у них симпатичного відділу ВНС і про посилення процесів катаболізму, характерного для напруженого функціонування з витрачанням енергетичних резервів організму. Під час оцінювання цих показників у дітей без коморбідних станів негативне значення ВИК вказує на активацію парасимпатичного відділу ВНС, що свідчить про сприятливіший, анаболічний варіант змін та економішій режим функціонування систем організму.

Ключові слова:

серцево-судинна система, діти, ревматичні захворювання.

Патологія. – 2019. – Т. 16, № 1(45). – С. 99–105

Висновки. У дітей із РЗ встановили зниження толерантності до мінімального фізичного навантаження в ТШХ, про що свідчить відсоток збільшення ЧСС і відстань, яку пройшли під час тестування. Також виявили напруженість у діяльності серцево-судинної системи, зниження її функціональних можливостей, що підтверджується вірогідним підвищенням індексу Робінсона, Альговера та коефіцієнта витривалості як до проведення ТШХ, так і після нього. У дітей із РЗ і наявністю коморбідних станів встановили вищі значення адаптаційного потенціалу, індексу Альговера й вегетативного індексу Кердо, що свідчить про формування порушень у системі кровообігу на тлі зриву її адаптаційних можливостей.

Key words:
cardiovascular
system, children,
rheumatic diseases.

Pathologia
2019; 16 (1), 99–105

Adaptive capacity of the cardiovascular system in children with rheumatic diseases and comorbid conditions

Purpose: to study the functional state of the cardiovascular system and its adaptive reactions in children with rheumatic diseases, taking into account the development of comorbid conditions.

Materials and methods. 44 patients with RD were examined, 8 of them with systemic lupus erythematosus, 36 with juvenile idiopathic arthritis. The average age of the children was 13.39 ± 0.82 years. To study tolerance to the minimum physical activity and its influence on the state of the CVS in children, a six-minute walk test (SMWT) was conducted. To assess the functional intensity of the CVS, the following indices were calculated before and after the SMWT: Allgower index, endurance coefficient according to Kvas formula, Robinson index, coefficient of circulatory efficiency. To assess the influence of the vegetative nervous system (VNS) on the CVS activity, Kerdo vegetative index (KVI) was determined. At rest, the functional changes index (FCI) of the circulatory system, or the adaptation potential (AP), was also determined.

Results. In patients with RD, there is a reduced tolerance to minimal physical activity with an increase in the functional tension of the cardiovascular system and activation of the sympathetic division of the autonomic nervous system. When analyzing the functional stress of the cardiovascular system in children with RD and the presence of comorbid pathology, significantly higher values of the adaptation potential and Allgower index were revealed, which indicates the formation of disturbances in the circulatory system against the background of the breakdown of the adaptation mechanisms of the cardiovascular system. The KVI indicates activation of the sympathetic part of the autonomic nervous system in them and an increase in the catabolism processes characteristic for intense functioning with the expenditure of the body's energy reserves. When evaluating these indicators in children without comorbid conditions, the negative KVI value indicates activation of the parasympathetic division of the VNS, which indicates a more favorable, anabolic variant of the shift and more economical mode of functioning of the body systems.

Conclusions. Children with RD showed a decrease in tolerance to the minimum physical load in the SMWT, as evidenced by the percentage increase in heart rate and the distance traveled. Tension in the cardiovascular system's work and a decrease in its functional capabilities were also revealed, as evidenced by a significant increase in the Robinson index, Allgower index and the endurance coefficient both before and after the SMWT. In children with RD and the presence of comorbid pathology, higher values of adaptation potential, Allgower index and Kerdo vegetative index were established, which indicates the formation of disturbances in the circulatory system against the background of the breakdown of its adaptive capabilities.

По данным мировой медицинской статистики, за последние 25–30 лет одна из основных причин смерти больных ревматоидным артритом (РА) – развитие сердечно-сосудистой патологии [4,9].

Доказано, что при ревматических заболеваниях (РЗ) вследствие каскада иммуновоспалительных реакций происходит развитие системного поражения эндотелия сосудов, что является причиной повреждения различных органов и развития метаболических нарушений [1,5].

Функциональная напряженность сердечно-сосудистой системы (ССС) – одна из основных адаптационных реакций организма ребенка к меняющимся условиям внешней среды, росту и половому созреванию. Проблема контроля реакций ССС требует применения доступных, простых и информативных тестов для исключения гипердиагностики сердечно-сосудистых заболеваний и необходимости назначения адекватного лечения.

Цель работы

Изучение функционального состояния сердечно-сосудистой системы и ее адаптационных реакций у детей с ревматическими заболеваниями с учетом развития коморбидных состояний.

Материалы и методы исследования

Обследовали 44 пациента с РЗ, 8 из них с системной красной волчанкой (СКВ), 36 – с ювенильным идиопатическим артритом (ЮИА). Группа с СКВ не была репрезентативной для самостоятельного анализа, а также не отличалась от группы ЮИА по клинико-физиологическим данным, что позволило их объединить при оценке результатов. Средний возраст исследуемых составил $13,39 \pm 0,82$ года. По половой принадлежности в группу вошли 34 (77,3 %) девочки и 10 (22,7 %) мальчиков. Группу контроля составили 32 здоровых сверстника, средний возраст которых составлял $15,78 \pm 0,42$ года; 9 (28,1 %) девочек и 23 (71,9 %) мальчика. Возрастно-половые различия как в основной, так и в группе контроля не установлены. Сравнение результатов между группами проводили без разделения по полу.

Клинические диагнозы установлены в соответствии с критериями, указанными в таких нормативных документах: рекомендации Американской Коллегии ревматологов (ACR) 1997 года, приказ Министерства здравоохранения Украины от 12.10.2006 года № 676 «Об утверждении протоколов оказания медицинской помощи по специальности «Ревматология», диагностические критерии системной красной волчанки

(Systemic Lupus International Collaborating Clinics SLICC, 2012) для диагностики СКВ, приказ Министерства здравоохранения Украины 22.10.2012 №832 «Унифицированный клинический протокол медицинской помощи детям с ювенильным артритом» для постановки диагноза ЮИА.

Диагностика коморбидных состояний включала наличие патологических изменений со стороны сердечно-сосудистой системы, почек, печени, легких, костной ткани, липидного спектра крови и системы коагуляции при длительности основного заболевания более 1 года. Частота коморбидных состояний составила при СКВ 57,9 %, при ЮИА – 60,8 %.

Для изучения толерантности к минимальной физической нагрузке и ее влияния на состояние ССС у детей проводили тест шестиминутной ходьбы (ТШХ). ТШХ проводили в первой половине дня в условиях коридора стационарного отделения. Тест проходил в индивидуальном максимально быстром темпе (избегая появления болевых ощущений, одышки, мышечной усталости или тяжести в ногах, головокружений, слабости), обеспечивающем прохождение пациентом максимальной дистанции в течение 6 минут. Пройденную дистанцию (6MWD) измеряли в метрах. Отслеживали динамику клинического состояния пациента исходно и после пробы, а также регистрировали частоту сердечных сокращений (ЧСС) и артериальное давление (АД); по завершению теста рассчитывали процент прироста ЧСС при минимальной физической нагрузке (% прироста ЧСС). ЧСС подсчитывали в положении сидя в течении 15 секунд с использованием секундомера. АД также измеряли в положении сидя на левой верхней конечности по методу Короткова с использованием аппарата Microlife BP2B10. Исходные измерения проводили после трехминутного отдыха пациента в положении сидя. После пробы подсчет ЧСС и измерение АД проводили на первой восстановительной минуте [8,12].

Для оценки функциональной напряженности сердечно-сосудистой системы до и после ТШХ рассчитывали следующие вегетативные индексы: индекс Альговера, коэффициент выносливости по формуле А. Квааса, индекс Робинсона (или двойное произведение), коэффициент экономичности кровообращения [7,14].

Индекс Альговера (ИА) рассчитывали по формуле: $IA = ЧСС / САД$, где ЧСС – частота сердечных сокращений (количество ударов за минуту), САД – систолическое артериальное давление (мм рт. ст.). Он является главным прогностическим показателем кровообращения и в норме равен 0,5–0,7. Увеличение этого значения указывает на возникновение дефицита кровоснабжения за счет снижения систолического выброса.

Коэффициент выносливости (КВ) рассчитывали по формуле А. Квааса: $KB = ЧСС / САД - ДАД$, где ЧСС – частота сердечных сокращений (количество ударов за минуту), САД – систолическое артериальное давление (мм рт. ст.), ДАД – диастолическое артериальное давление (мм рт. ст.). Увеличение этого показателя свидетельствует об ослаблении,

снижение – об увеличении функциональных возможностей ССС.

Двойное произведение (ДП) определяли по формуле: $ДП = ЧСС \times САД / 100$, где ЧСС – частота сердечных сокращений (количество ударов за минуту), САД – систолическое артериальное давление (мм рт. ст.). Чем больше этот показатель, тем большую работу производит сердечная мышца.

Коэффициент экономичности кровообращения (КЭК) определяли по формуле: $КЭК = (САД - ДАД) \times ЧСС$, где ЧСС – частота сердечных сокращений (количество ударов за минуту), САД – систолическое артериальное давление (мм рт. ст.), ДАД – диастолическое артериальное давление (мм рт. ст.). Он характеризует затраты организма на передвижение крови в сосудистом русле. В норме КЭК = 2600. При повышении функционирования ССС данный показатель увеличивается [2].

Для оценки влияния вегетативной нервной системы (ВНС) на показатели деятельности ССС определяли вегетативный индекс Кердо (ВИК), основанный на сопоставлении величин диастолического артериального давления (ДАД) и частоты сердечных сокращений (ЧСС). Этот индекс рассчитывали по формуле:

$ВИК = (1 - ДАД / ЧСС) \times 100$, где ДАД – диастолическое давление (мм рт. ст.), ЧСС – частота сердечных сокращений (количество ударов за 1 минуту).

При вегетативном равновесии в регуляции сердечно-сосудистой системы ВИК стремится к 0. Значения ВИК с положительным знаком говорит об усилении процессов катаболизма, характерного для напряженного функционирования с расходом энергетических резервов организма. ВИК с отрицательным знаком свидетельствует о более благоприятном, анаболическом варианте сдвига и более экономном режиме функционирования систем организма [3,10].

В состоянии покоя определяли индекс функциональных изменений (ИФИ) системы кровообращения, или адаптационный потенциал (АП). АП рассчитывают без проведения нагрузочных тестов, он позволяет давать предварительную количественную оценку уровня здоровья обследуемых. АП системы кровообращения определяли по формуле:

$$АП = 0,011 \times ЧСС + 0,014 \times САД + 0,008 \times ДАД + 0,009 \times МТ - 0,009 \times Р + 0,014 \times В - 0,27,$$

где ЧСС: частота сердечных сокращений в относительном покое (количество ударов за 1 минуту);

САД: систолическое артериальное давление (мм рт. ст.);

ДАД: диастолическое артериальное давление (мм рт. ст.);

МТ: масса тела (кг);

Р: рост (см);

В: возраст (лет).

Его результаты оценивали так: менее или равно 2,10 – удовлетворительная адаптация, 2,11–3,20 – напряжение механизмов адаптации, 3,21–4,30 – неудовлетворительная адаптация, более 4,31 – срыв механизмов адаптации (по Р. М. Баевскому, 1979) [2].

Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью пакета прикладных программ SPSS17 (лицензия 4a180844250981ae3dae-s/nSPSS17) на IBM PC/Pentium-4. На первом этапе рассчитывали среднюю арифметическую величину и стандартную к ней ошибку для всех показателей. Расхождения между средними в случае нормального распределения показателей оценивали параметрическими (критерий t Стьюдента, углового преобразования Фишера), а при отсутствии нормального распределения непараметрическими (Вилкоксона, Манна–Уитни) методами математической статистики. Для установления корреляционных взаимосвязей между показателями рассчитывали коэффициент парной корреляции и ранговой корреляции.

Результаты

Перед проведением ТШХ у 10 пациентов (22,7 %) основной группы были жалобы на головную боль (2,30 %), боль в суставах (20,45 %) и их сочетание (2,30 %). Но все они согласились на проведение теста, только один остановился на пятой минуте проведения теста из-за усилившейся суставной боли, остальные (97,7 %) прошли тест в полном объеме.

При сравнении уровней ЧСС и АД у детей основной группы и группы контроля до проведения теста и после отмечено, что у пациентов с РЗ достоверно выше показатели как исходной ЧСС, так и после теста, сочетающиеся с более высокими цифрами ДАД. При этом процент прироста ЧСС и пройденное расстояние (6MWD) у пациентов основной группы были достоверно ниже, чем у детей из группы контроля (табл. 1).

При исследовании функциональной напряженности ССС у детей с РЗ установлено достоверное повышение показателей индекса Робинсона, индекса Альговера и коэффициента выносливости как до проведения ТШХ, так и после него, а также повышение коэффициента экономичности кровообращения до проведения теста (табл. 2).

При оценке адаптационного потенциала отмечено достоверное его повышение у детей основной группы за счет отчетливой активации симпатического отдела ВНС с усилением процессов катаболизма. Об этом свидетельствует значительное повышение вегетативного индекса Кердо, подтверждающее напряжение функционирования ВНС со значительным расходом энергетических резервов организма (табл. 2).

На втором этапе пациентов основной группы поделили на две подгруппы: с наличием коморбидных состояний (I подгруппа) – 26 пациентов, без коморбидных состояний (II подгруппа) – 18 детей. По возрасту и полу группы не отличались: средний возраст в первой подгруппе составил $12,61 \pm 0,67$ года (4 мальчика (15,4 %) и 22 девочки (84,6 %)), во второй подгруппе средний возраст равен $12,11 \pm 0,92$ года (6 мальчиков (33,3 %) и 12 девочек (66,7 %)).

При анализе жалоб у одного ребенка из I подгруппы отмечена головная боль, а у 7 – суставная боль перед проведением ТШХ. Во II подгруппе 3 пациента

жаловались на боль в суставах. После ТШХ в I подгруппе у двоих появилась одышка, у одного – боль в суставах. Во II подгруппе у одного пациента появились жалобы на усталость после ходьбы.

Исходный уровень ЧСС у детей II подгруппы был достоверно ниже, чем у детей I подгруппы. Расстояние, пройденное пациентами, как и прирост ЧСС на фоне физической нагрузки достоверно не отличались по выделенным подгруппам (табл. 3).

При анализе функциональной напряженности ССС у детей с РЗ с наличием коморбидной патологии установлены достоверно более высокие значения адаптационного потенциала и индекса Альговера (табл. 3).

Показатель ВИК свидетельствует об активации у них симпатического отдела вегетативной нервной системы и об усилении процессов катаболизма.

При оценке этих показателей у детей без коморбидных состояний отрицательное значение ВИК указывает на активацию парасимпатического отдела ВНС и более благоприятном, анаболическом варианте сдвига (табл. 3).

При проведении корреляционного анализа у детей из группы контроля установлена прямая корреляционная зависимость между уровнем прироста ЧСС и разницей между показателями индекса Альговера до ТШХ и после него ($r = 0,7$; $p < 0,001$), между показателями коэффициента выносливости ($r = 0,6$; $p < 0,001$), показателями индекса Робинсона ($r = 0,7$; $p < 0,001$) и коэффициента экономичности кровообращения ($r = 0,4$; $p < 0,05$). Также установлена прямая корреляционная зависимость между показателями пройденного расстояния и индексом Робинсона ($r = 0,4$; $p < 0,05$) и его разницей до ТШХ и после ($r = 0,4$; $p < 0,05$), а также разницей между показателями коэффициента экономичности кровообращения ($r = 0,4$; $p < 0,05$).

В отличие от них, у детей с РЗ (по группе в целом) между показателями пройденного расстояния и показателями функционирования ССС корреляционные взаимосвязи не установлены, но при этом между уровнем прироста ЧСС и показателем индекса Робинсона после ТШХ установлена прямая корреляционная зависимость ($r = 0,4$; $p < 0,05$), а также прямая корреляционная связь между уровнем прироста ЧСС и показателями индекса Альговера ($r = 0,8$; $p < 0,001$), показателями коэффициента выносливости ($r = 0,5$; $p < 0,001$) и индекса Робинсона ($r = 0,8$; $p < 0,001$), а также показателями коэффициента экономичности кровообращения ($r = 0,6$; $p < 0,05$).

При этом у детей без коморбидных состояний прямая корреляционная зависимость установлена между приростом ЧСС после ТШХ и разницей индекса Альговера ($r = 0,7$; $p < 0,05$), индекса Робинсона ($r = 0,7$; $p < 0,001$) и коэффициента экономичности кровообращения ($r = 0,8$; $p < 0,05$).

У детей с коморбидными состояниями отмечены несколько другие корреляционные взаимосвязи. Так, установлена прямая корреляционная зависимость между приростом ЧСС после ТШХ и разницей между показателями индекса Альговера ($r = 0,8$; $p < 0,001$), коэффициентом выносливости ($r = 0,6$;

Таблица 1. Показатели теста 6-минутной ходьбы у детей с ревматическими заболеваниями в сравнении с группой контроля ($M \pm m$)

Показатель, единицы измерения	Основная группа, n = 44		Группа контроля, n = 32	
	До теста	После теста	До теста	После теста
ЧСС, уд/мин	85,91 ± 1,61***	111,28 ± 2,03***	73,50 ± 2,14	99,44 ± 2,28
САД, мм рт. ст.	112,26 ± 2,29	116,67 ± 2,42	110,59 ± 2,61	114,5 ± 2,93
ДАД, мм рт. ст.	69,79 ± 1,74	69,49 ± 1,89*	66,19 ± 1,43	64,63 ± 1,45
% прироста ЧСС		29,65 ± 2,33*		37,46 ± 3,99
6MWD, м		492,12 ± 11,78*		519,03 ± 8,84

***: $p < 0,001$; *: $p < 0,05$ при сравнении с аналогичными показателями группы контроля.

Таблица 2. Показатели функционирования сердечно-сосудистой системы у детей с ревматическими заболеваниями в сравнении с группой контроля ($M \pm m$)

Показатель	Основная группа, n = 44		Группа контроля, n = 32	
	До теста	После теста	До теста	После теста
Индекс Альговера	0,78 ± 0,02*	0,97 ± 0,03*	0,68 ± 0,02	0,88 ± 0,03
Коэффициент выносливости	2,16 ± 0,08***	2,46 ± 0,08*	1,78 ± 1,11	2,17 ± 0,12
Индекс Робинсона	96,20 ± 2,47***	130,02 ± 3,83***	81,40 ± 3,19	114,28 ± 4,64
Коэффициент экономичности кровообращения	3655,58 ± 136,66*	5259,56 ± 187,69	3286 ± 217,78	5016,88 ± 380,38
Индекс Кердо	+17,17 ± 2,76*		-7,19 ± 3,92	
Адаптационный потенциал	10,16 ± 0,30***		4,63 ± 0,14	

***: $p < 0,001$; *: $p < 0,05$ при сравнении с аналогичными показателями группы контроля.

Таблица 3. Показатели теста 6-минутной ходьбы у детей с ревматическими заболеваниями с коморбидными состояниями и без них ($M \pm m$)

Показатель	Без коморбидных состояний, n = 18		С коморбидными состояниями, n = 26	
	До теста	После теста	До теста	После теста
ЧСС, уд/мин	81,33 ± 2,24	108,78 ± 3,72	89,31 ± 1,97*	114,42 ± 2,55
САД, мм рт.ст.	113,78 ± 4,03	119,28 ± 4,16	111,50 ± 2,63	115,39 ± 2,84
ДАД, мм рт.ст.	72,22 ± 3,26	71,83 ± 3,56	68,50 ± 1,82	68,27 ± 1,98
% прироста ЧСС		32,80 ± 3,62		28,49 ± 3,11
6MWD, м		487,39 ± 19,80		494,71 ± 14,17
Индекс Альговера	0,73 ± 0,04	0,81 ± 0,03*	0,93 ± 0,05	1,01 ± 0,03
Коэффициент выносливости	2,00 ± 0,09	2,34 ± 0,10	2,15 ± 0,09	2,52 ± 0,10
Индекс Робинсона	92,38 ± 3,97	99,39 ± 3,01	129,83 ± 6,51	132,54 ± 5,16
Коэффициент экономичности кровообращения	3372,22 ± 139,23	3852,69 ± 197,45	5178,44 ± 274,27	5398,04 ± 261,86
Индекс Кердо (ВИК)	-9,97 ± 4,57		+21,99 ± 3,04*	
Адаптационный потенциал	2,01 ± 0,09		9,82 ± 0,30***	

***: $p < 0,001$; *: $p < 0,05$ при сравнении пациентов без коморбидных состояний с аналогичными показателями пациентов с коморбидными состояниями.

$p < 0,05$) и показателями индекса Робинсона ($r = 0,7$; $p < 0,001$).

Обсуждение

У пациентов с РЗ кардиоваскулярные заболевания – лидирующая причина смерти, при этом смертность от сердечно-сосудистых заболеваний на 50 % выше, чем среди населения в целом [15].

Известно, что ССС у этих пациентов вовлекается в патологический процесс вследствие системного воспаления, приводящего к сосудистому воспалению. Нарушение баланса между про- и противовоспалительными факторами приводит к формированию эндотелиальной дисфункции с последующим развитием сердечно-сосудистых заболеваний и их осложнений. Однако долгосрочный риск сердечно-сосудистых заболеваний у пациентов с РЗ не ясен и четких указаний по его оценке нет [13,16].

Начальные этапы вовлечения ССС у пациентов с РЗ не сопровождаются клинически значимыми изменениями. Тем не менее, изменения реологических

свойств крови, ее компонентов, пристеночного тока, токсическое влияние проводимой терапии может быть причиной нарушения функциональной способности миокарда, вследствие чего развивается субклиническая сердечная недостаточность [16].

Как известно, одной из первых систем нейрогуморальной регуляции активируется симпатoadrenalовая система, вследствие чего отмечается тахикардия. Простой и широкодоступный метод исследования состояния вегетативной нервной системы – индекс Кердо, который при ее равновесии стремится к 0. При активации симпатического отдела ВНС этот показатель приобретает положительное значение и указывает на напряжение функционирования ССС с расходом энергетических резервов организма. В научной литературе описано применение индекса Кердо у пациентов с ортопедической патологией, с патологией ЖКТ [6,7]. У этих пациентов индекс имеет положительное значение, что свидетельствует об активации симпатического отдела ВНС.

Одно из ранних проявлений сердечной недостаточности на доклиническом этапе – снижение толе-

рантности организма к минимальным физическим нагрузкам и напряженность ССС с нарушением ее адаптационных возможностей.

В настоящее время для изучения толерантности организма к физическим нагрузкам широко используется тест шестиминутной ходьбы. Он нашел применение как у здоровых людей, так и у пациентов с различными сердечно-сосудистыми заболеваниями. У больных с кардиальной патологией в результате снижения функциональной способности миокарда отмечается уменьшение пройденного расстояния на фоне выраженной тахикардии [8, 11].

Для оценки функциональной напряженности ССС используют такие показатели, как индекс Альговера, коэффициент выносливости, индекс Робинсона, коэффициент экономичности кровообращения. Но в настоящее время чаще всего их используют для исследования ССС у взрослых с различными хроническими заболеваниями и у пациентов пожилого возраста с ортопедической патологией (остеоартроз). У них отмечено повышение значений этих индексов и коэффициентов, что указывает на напряженность ССС. У детей эти показатели описаны при патологии зрения и хронических заболеваниях ЖКТ [2, 7].

В проведенном исследовании у детей с РЗ по результатам ТШХ отмечен достоверно меньший процент прироста ЧСС и пройденное расстояние, что указывает на снижение толерантности у них к минимальной физической нагрузке.

Изменения показателей индекса Альговера, коэффициента выносливости, индекса Робинсона и коэффициента экономичности кровообращения как до проведения ТШХ, так и после него дают основания предположить, что у пациентов с РЗ отмечается напряженность в деятельности ССС и ослабление ее функциональных возможностей. Положительное значение индекса Кердо у детей с РЗ свидетельствует об активации симпатического отдела ВНС, усилении процессов катаболизма в организме на фоне напряженного функционирования ВНС, но при этом достоверно высокий показатель адаптационного потенциала указывает на срыв механизмов адаптации у этих пациентов.

Таким образом, у пациентов с РЗ отмечено снижение толерантности к минимальной физической нагрузке, что сопровождается напряжением функционирования ССС, активацией симпатического отдела ВНС и значительным расходом энергетических резервов организма. Особенно это выражено у детей с коморбидной патологией. Эти изменения необходимо учитывать при наблюдении пациентов с РЗ.

Выводы

1. У детей с ревматическими заболеваниями отмечено снижение толерантности к минимальной физической нагрузке в тесте шестиминутной ходьбы, о чем свидетельствует процент прироста частоты сердечных сокращений и пройденное расстояние.

2. У пациентов с ревматическими заболеваниями установлена напряженность в деятельности сердечно-сосудистой системы и снижение ее функциональ-

ных возможностей, что подтверждается достоверным повышением индекса Робинсона, Альговера и коэффициента выносливости как до проведения теста шестиминутной ходьбы, так и после него.

3. У детей с ревматическими заболеваниями и наличием коморбидной патологии установлены более высокие значения адаптационного потенциала, индекса Альговера и вегетативного индекса Кердо, что свидетельствует о формировании нарушений в системе кровообращения на фоне срыва ее адаптационных возможностей.

Перспективы дальнейших исследований. Изучение адаптационных возможностей сердечно-сосудистой системы у детей с ревматическими заболеваниями с учетом морфофункциональных параметров сердца.

Финансирование

Исследование выполнено в рамках научной работы ГУ «Институт охраны здоровья детей и подростков Национальной академии медицинских наук Украины», номер госрегистрации НАМН 88/16 0118U003186.

Конфликт интересов: отсутствует.

Conflicts of interest: authors have no conflict of interest to declare.

Надійшла до редакції / Received: 26.11.2018

Після доопрацювання / Revised: 07.03.2019

Прийнято до друку / Accepted: 11.03.2019

Сведения об авторах:

Шевченко Н. С., д-р мед. наук, зав. каф. педиатрии № 2, Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина; ведущий научный сотрудник отдела кардиоревматологии, ГУ «Институт охраны здоровья детей и подростков НАМН Украины», г. Харьков.

ORCID ID: 0000-0003-4407-6050

Богмат Л. Ф., д-р мед. наук, зав. отделом кардиоревматологии, ГУ «Институт охраны здоровья детей и подростков НАМН Украины», г. Харьков; профессор каф. педиатрии, Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина, Украина.

Головко Т. А., канд. мед. наук, доцент каф. педиатрии № 2, Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина, Украина.

ORCID ID: 0000-0003-3815-7874

Демьяненко М. В., врач-педиатр высшей категории, зав. клиническим отделением кардиоревматологии, ГУ «Институт охраны здоровья детей и подростков НАМН Украины», г. Харьков.

Відомості про авторів:

Шевченко Н. С., д-р мед. наук, зав. каф. педіатрії №2, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна; провідний науковий співробітник відділу кардіоревматології, ДУ «Інститут охорони здоров'я дітей та підлітків НАМН України», м. Харків.

Богмат Л. Ф., д-р мед. наук, зав. відділу кардіоревматології, ДУ «Інститут охорони здоров'я дітей та підлітків НАМН України», м. Харків; професор каф. педіатрії, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, Україна.

Головко Т. О., канд. мед. наук, доцент каф. педіатрії №2, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, Україна.

Дем'яненко М. В., лікар-педіатр вищої категорії, зав. клінічного відділення кардіоревматології, ДУ «Інститут охорони здоров'я дітей та підлітків НАМН України», м. Харків.

Information about authors:

Shevchenko N. S., MD, PhD, DSc, Head of Pediatric Department № 2, V. N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine; Leading Researcher of the Cardiorheumatology Department, State Institution "Institute for Children and Adolescents Health Care of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kharkiv.

Bohmat L. F., MD, PhD, DSc, Professor, Head of the Cardiorheumatology Department, State Institution "Institute for Children and Adolescents Health Care of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine"; Professor of the Department of Pediatrics, Kharkiv, V. N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine.

Holovko T. O., MD, PhD, Associate Professor of the Pediatric Department №2, V. N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine.

Demianenko M. V., MD, Pediatrician of the Highest Category, Head of the Clinical Department, Department of Cardiorheumatology, State Institution "Institute for Children and Adolescents Health Care of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kharkiv.

Список литературы

- Богмат Л.Ф. Коморбідність при ревматичних захворюваннях у підлітків. Огляд літератури та власні спостереження / Л.Ф. Богмат, Н.С. Шевченко, М.В. Дем'яненко // Современная педиатрия. – 2015. – №2. – С. 56–60.
- Павлова Т.В. Изучение реакции сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку у школьников в возрасте 11–14 лет с патологией зрения / Т.В. Павлова, Н.Б. Пилькевич, В.В. Дычко // Медицинский вестник Юга России. – 2017. – Т. 8. – №1. – С. 70–74.
- Androshchuk O.I. Correlation of vegetative tone indicator with Kerdo index and heart rate variability [Electronic resource] / O.I. Androshchuk, V.A. Zavhorodnia // Вісник Черкаського університету. – 2018. – №1. – Режим доступу: <https://doi.org/10.31651/2076-5835-2018-1-1-3-6>.
- Comorbidity Profile among Patients with Rheumatoid Arthritis and the Impact on Prescriptions Trend / J. Al-Bishri, S.M. Attar, Nawal Bassuni, et al. // Clin Med Insights Arthritis Musculoskelet Disord. – 2013. – Vol. 6. – P. 11–18.
- Comorbidity with Rheumatic Diseases in Children with Familial Mediterranean Fever [Electronic resource] / E. Fedorov, S. Salugina, N. Kuzmina, et al. // BMJ Publishing Group Limited. – 2015. – Vol. 74. – Suppl 2. – P. 1224.1–1224. – Режим доступу: <http://dx.doi.org/10.1136/annrheumdis-2015-eular.5031>.
- Марценюк В.П. Інформативне значення індексу Кердо для визначення рівня порушень вегетативно регуляції при остеохондрозі шийного відділу хребта / В.П. Марценюк, Д.В. Вакулєнко, Л.О. Вакулєнко // Медична інформатика та інженерія. – 2013. – №1. – С. 42–47.
- Miheeva T.N. To the question of vegetative background in children with chronic gastroduodenal pathology / T.N. Miheeva, N.A. Popelyuk, M.V. Popelyuk // Клінічна та експериментальна патологія. – 2017. – Vol. 16. – Issue 2. – P. 44–48.
- Post-exercise heart-rate recovery correlates to resting heart-rate variability in healthy men / G.E. Molina, K.E. Fontana, L.G. Porto, L.G. Junqueira // Official Journal of the Clinical Autonomic Research Society. – 2016. – Vol. 26. – Issue 6. – P. 415–421.
- Prevalence of comorbidities in rheumatoid arthritis and evaluation of their monitoring: results of an international, cross-sectional study (COMORA) [Electronic resource] / M. Dougados, M. Soubrier, A. Antunez, et al. // Ann Rheum Dis. – 2014. – Vol. 73. – Issue 1. – P. 62–8.
- Синдром вегетативної дисфункції у дітей і підлітків / Л.С. Чутко, Т.Л. Корнишина, С.Ю. Сурушкіна і др. // Журнал неврології і психіатрії імені С.С. Корсакова. – 2018. – Т. 118. – №1. – С. 43–49.
- Chun-An C. Six-Minute Walking Test: Normal Reference Values for Taiwanese Children and Adolescents / C. Chun-An, C. Chin-Hao, L. Ming-Tai // Acta Cardiologica Sinica The official journal of Taiwan Society of Cardiology. – 2015. – №31. – Issue 3. – P. 193–201.
- Watanabe F.T. Six-minute walk test in children and adolescents with renal diseases: tolerance, reproducibility and comparison with healthy subjects / F.T. Watanabe, V.H. Koch, R.C. Juliani // Clinics. – 2016. – Vol. 71. – Issue 1. – P. 22–27.
- Smith E.M. Adding to complexity: comorbidity in paediatric rheumatic disease / E.M. Smith, H.E. Foster, M.W. Beresford // Rheumatology (Oxford). – 2013. – Vol. 52. – Issue 1. – P. 22–33.
- Tsybaliuk Yu.V. Influence of Gymnastics on Physical Fitness and Adaptive Capabilities of Cardiovascular System of 7–8 Years Old Boys / Yu.V. Tsybaliuk, V.I. Miroshnichenko // Physical training and Sport. Medical and biological aspects of training athletes. – 2018. – Issue 3. – P. 231–236.
- Sokka T. Comorbidities of rheumatic disease [Electronic resource] / T. Sokka, K. Puolakka, C. Turesson // Oxford Medicine Online. – 2018. – Режим доступу: http://doi.org/10.1093/med/9780199642489.003.0032_update_001.
- Subclinical heart failure in juvenile idiopathic arthritis: a consequence of chronic inflammation and subclinical atherosclerosis / H.S. Ahmad, G. Othman, S.E. Farrag, et al. // Egyptian rheumatology and rehabilitation. – 2016. – Vol. 43. – Issue 2. – P. 78–83.

References

- Bohmat L. F., Shevchenko, N. S., & Demianenko, M. V. (2015). Komorbidnist pry revmatychnykh zakhvoriuvanniakh u pidlitkiv. Ohliad literatury ta vlasni sposterezhenia [Comorbidity in rheumatic diseases in adolescents. Review of literature and own observations]. *Sovremennaya pediatria*, 2(66), 56–61. [in Ukrainian]. doi: 10.15574/SP.2015.65.56
- Pavlova, T. V., Pilkevich, N. B., & Dychko, V. V. (2017). Izuchenie reakcii serdechno-sosudistoj sistemy na fizicheskuyu nagruzku u shkol'nikov v vozraste 11–14 let s patologiej zreniya [Study of the reaction of cardiovascular system on physical activity in schoolpupils aged 11–14 years with vision pathology]. *Medicinskij vestnik Yuga Rossii*, 8(1), 70–74. [in Russian].
- Androshchuk, O. I., Zavhorodnia, V. A. (2018). Correlation of vegetative tone indicator with Kerdo index and heart rate variability. *Visnyk Cherkaskoho universytetu*, 4. doi: 10.31651/2076-5835-2018-1-1-3-6
- Al-Bishri, J., Attar, S. M., Bassuni, N., Al-Nofaiey, Y., Qutbuddeen, H., Al-Harhi, S., & Subahi, S. (2013). Comorbidity Profile among Patients with Rheumatoid Arthritis and the Impact on Prescriptions Trend. *Clin Med Insights Arthritis Musculoskelet Disord*, 6, 11–18. doi: 10.4137/CMAMD.S11481
- Fedorov E., Salugina S., Kuzmina N., Rodionovskaya, S., & Nikishina, I. (2015). Comorbidity with Rheumatic Diseases in Children with Familial Mediterranean Fever. *BMJ Publishing Group Limited*, 74(Suppl 2), 1224.1–1224. doi: 10.1136/annrheumdis-2015-eular.5031
- Martsenyuk, V., Vakulenko, D., & Vakulenko, L. (2013). Informatyvne znachennia indeksu Kerdo dlia vyznachennia rivnia porushen vehetatyvno rehuliatii pry osteokhondrozi shynoho viddiluu khrebtu [Kerdo informative index to determine the level of autonomic regulation at osteochondrosis of the cervical Spine]. *Medychna informatyka ta inzheneriya*, 1, 42–47. doi: <https://doi.org/10.11603/mie.1996-1960.2013.1.418>
- Miheeva, T. N., Popelyuk, N. A., & Popelyuk, M. V. (2017). To the question of vegetative background in children with chronic gastroduodenal pathology. *Klinichna ta eksperymentalna patolohiia*, 16(2), 44–48. doi: 10.24061/1727-4338.XVI.2.60.2017.10
- Molina, G. E., Fontana, K. E., Porto L. G., & Junqueira, L. F. (2016). Post-exercise heart-rate recovery correlates to resting heart-rate variability in healthy men. *Official Journal of the Clinical Autonomic Research Society*, 26(6), 415–421. doi: 10.1007/s10286-016-0378-2
- Dougados, M., Soubrier, M., Antunez, A., Balint, P., Balsa, A., Buch, M. H., et al. (2014). Prevalence of comorbidities in rheumatoid arthritis and evaluation of their monitoring: results of an international, cross-sectional study (COMORA). *Ann Rheum Dis*, 73(1), 62–8. doi: 10.1136/annrheumdis-2013-204223
- Chutko, L. S., Kornishina, T. L., Surushkina, S. Yu., Yakovenko, E. A., Anisimova, T. I., & Volov, M. B. (2018). Sindrom vegetativnoy disfunkcii u detej i podrostkov [Syndrome of autonomic dysfunction in children and adolescents]. *Zhurnal nevrologii i psikiatrii imeni S. S. Korsakova*, 118(1), 43–49. [in Russian].
- Chen, C. A., Chang, C. H., Lin, M. T., Hua, Y. C., Fang, W. Q., Wu, M. H., et al. (2015). Six-Minute Walking Test: Normal Reference Values for Taiwanese Children and Adolescents. *Acta Cardiologica Sinica The official journal of Taiwan Society of Cardiology*, 31(3), 193–201. doi: 10.6515/ACS20140721D
- Watanabe, F., Koch, V., Juliani, R., & Cunha, M. (2016). Six-minute walk test in children and adolescents with renal diseases: tolerance, reproducibility and comparison with healthy subjects. *Clinics*, 71(1), 22–7. doi: 10.6061/clinics/2016(01)05
- Smith, E. M., Foster H. E., & Beresford, M. W. (2013). Adding to complexity: comorbidity in paediatric rheumatic disease. *Rheumatology*, 52(1), 22–33. doi: 10.1093/rheumatology/kes256
- Tsybaliuk, Yu. V., & Miroshnichenko V. I. (2018). Influence of Gymnastics on Physical Fitness and Adaptive Capabilities of Cardiovascular System of 7–8 Years Old Boys. *Ukrainian Journal of Medicine, Biology and Sport*, 3, 231–236.
- Sokka, T., Puolakka, K., & Turesson, C. (2018). Comorbidities of rheumatic disease *Oxford Medicine Online*. Retrieved from http://doi.org/10.1093/med/9780199642489.003.0032_update_001
- Ahmad, H. S., Othman, G., Farrag, S. E., El-Hafez, A. A., Monir, A. A. (2016). Subclinical heart failure in juvenile idiopathic arthritis: a consequence of chronic inflammation and subclinical atherosclerosis. *Egyptian rheumatology and rehabilitation*, 43(2), 78–83.