

## Актуальные вопросы медико-биологического сопровождения детско-юношеского спорта

Н.В. Рылова<sup>1</sup>, А.А. Биктимирова<sup>1</sup>, А.А. Имамов<sup>1</sup>, А.В. Жолинский<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Казань, Россия;

<sup>2</sup>Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации ФМБА России, г. Москва, Россия

### Topical Questions of Medical and Biological Support of Children's and Youth Sports

N.V. Rylova<sup>1</sup>, A.A. Biktimirova<sup>1</sup>, A.A. Imamov<sup>1</sup>, A.V. Zholinsky<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kazan State Medical University, Kazan, Russia;

<sup>2</sup>Federal Scientific and Clinical Center for Sports Medicine and Rehabilitation, Moscow, Russia

Эффективная система детско-юношеского спорта, отбора и подготовки спортивного резерва для сборных команд страны во многом предопределяет успех спортсменов на международных соревнованиях. Поэтому развитие медико-биологического обеспечения детского спорта является важным разделом спортивной медицины. Доказано, что при построении тренировочного процесса в разном возрасте необходимо учитывать процессы адаптации, а также энергообеспечения детского организма. На основании большого количества исследований можно сделать вывод, что в процессе энергообеспечения важнейшую роль играют митохондрии, а также карнитин — вещество, которое является переносчиком длинноцепочечных жирных кислот в цитозоль, активатором бета-окисления и цикла Кребса. Своевременное выявление факторов, отрицательно сказывающихся и ограничивающих физическую деятельность на макроуровне (перетренированность, несоответствие физических нагрузок возможностям организма) и микроуровне (дефицит карнитина), умение устранять эти факторы и адекватное применение средств коррекции помогают достичь высоких результатов в спорте и сохранить здоровье спортсмена.

**Ключевые слова:** дети, детско-юношеский спорт, физические нагрузки, карнитин, энергообмен, энергообеспечение.

**Для цитирования:** Рылова Н.В., Биктимирова А.А., Имамов А.А., Жолинский А.В. Актуальные вопросы медико-биологического сопровождения детско-юношеского спорта. Рос вестн перинатол и педиатр 2018; 63:(5): 231–236. DOI: 10.21508/1027–4065–2018–63–5–231–236

An effective system of children's and youth sports, selection and preparation of a the reserve for national teams predetermines the success of athletes in international competitions. Therefore, the development of medical and biological support of children's sports is an important part of sports medicine. It is proved that when building a training process for different ages, it is necessary to take into account the adaptation processes, as well as the energy supply of the child's organism. Based on numerous studies, we can conclude that mitochondria play the most important role in the process of energy supply, as well as carnitine, a substance that is a carrier of long chain fatty acids into the cytosol, an activator of beta oxidation and the Krebs cycle. Timely detection of factors adversely affecting and limiting physical activity at the macro level (overtraining, incompatibility of physical activity with the body capabilities) and at the micro level (carnitine deficiency), the ability to eliminate these factors and the adequate use of correction tools help to achieve high results in sports and preserve the health of the athlete.

**Key words:** children, children's and youth sports, physical activity, carnitine, energy metabolism, energy supply.

**For citation:** Rylova N.V., Biktimirova A.A., Imamov A.A., Zholinsky A.V. Topical Questions of Medical and Biological Support of Children's and Youth Sports. Ros Vestn Perinatol i PEDIATR 2018; 63:(5): 231–236 (in Russ). DOI: 10.21508/1027–4065–2018–63–5–231–236

### Медико-биологическое обеспечение детского и юношеского спорта

Сфера физической культуры и спорта всегда находится под пристальным вниманием широкого круга людей, однако в 90-е годы XX века стали на-

© Коллектив авторов, 2018

Адрес для корреспонденции: Рылова Наталья Викторовна — д.м.н., проф. кафедры госпитальной педиатрии с курсом поликлинической педиатрии Казанского государственного медицинского университета, ORCID: 0000-0002-9248-6292

Биктимирова Алина Азатовна — к.м.н., асс. кафедры профилактической медицины и экологии человека Казанского государственного медицинского университета, ORCID: 0000-0002-9635-1301

Имамов Алмас Азгарович — д.м.н., проф., зав. кафедрой профилактической медицины и экологии человека Казанского государственного медицинского университета, ORCID: 0000-0002-1930-0770

420012 Казань, ул. Булгарова, д. 49

Жолинский Андрей Владимирович — к.м.н., директор Федерального научно-клинического центра спортивной медицины и реабилитации ФМБА России, ORCID: 0000-0002-0267-9761

121059 Москва, ул. Б. Дорогомиловская, д. 5

блюждаться негативные тенденции в данной области. Наряду с улучшением социально-экономического положения страны в последнее десятилетие намечилось улучшение основных показателей развития физической культуры и спорта. Была реализована федеральная многолетняя целевая программа «Развитие физической культуры и спорта в Российской Федерации на 2006–2015 годы». По поручению правительства Российской Федерации разработана и успешно применяется Стратегия развития физической культуры и спорта в Российской Федерации на период до 2020 г. (далее — Стратегия) [1].

Успехи спортсменов на самом высоком уровне (Олимпийских играх, чемпионатах мира и других международных стартах) во многом определяются совершенством организации детского и юношеского спорта. Одной из проблем, описанных в Стратегии, является отсутствие эффективной системы детско-юношеского спорта, отбора и подготовки резерва для спортивных сборных команд страны.

Следует, однако, отметить, что в современных условиях наблюдается активный рост популярности детско-юношеского спорта, спорта высших достижений. В связи с этим становится очень актуальным вопрос специализации детей и подростков в спорте, медицинского сопровождения, разработки адекватного тренировочного процесса, соревновательной деятельности и восстановления юного спортсмена [2, 3]. В детско-юношеском спорте общественно значимой целью является специальная подготовка учащихся для реализации ими своих способностей в заранее определенных двигательных действиях в соревновательной форме соответственно возрастным особенностям и последующей углубленной специализированной деятельности в области определенного вида спорта [4].

В связи с вышеизложенным одними из важнейших направлений Стратегии в области совершенствования подготовки спортсменов высокого класса и спортивного резерва являются: разработка перспективных научно-методических и медико-биологических технологий, направленных на совершенствование содержания и структуры тренировочного процесса спортсменов высокого класса; внедрение инновационных технологий подготовки спортсменов, включая медицинское обеспечение; проведение научных исследований и разработок в области теоретико-методических и медико-биологических основ системы подготовки спортивного резерва. Для этого необходимо создание научно-методической базы, повышение эффективности медико-биологического, а также антидопингового обеспечения в сфере физической культуры и спорта [1].

Медико-биологическое обеспечение подготовки юных спортсменов является отдельной специфической частью медицинской науки и практики [3]. Данная область медицины включает определение состояния здоровья и физического развития атлетов, а также диагностику, лечение и профилактику заболеваний и повреждений, связанных с занятиями физкультурой и спортом. Основная цель медико-биологического обеспечения детско-юношеского спорта – гармоничное развитие ребенка в рамках выбранного вида спорта с учетом его возрастных особенностей, функциональных возможностей, физического развития, в том числе полового созревания [5]. В этом должны быть заинтересованы тренеры, врачи-педиатры, спортивные врачи. Особое внимание следует уделять анализу динамики физического развития, особенностям функционирования ведущих систем организма. Врач совместно с тренером должен участвовать в медико-биологическом отборе в конкретные виды спорта, а также в организации тренировочного и восстановительного процессов с учетом специфики выполняемых упражнений. Медико-биологическая подготовка спортсмена является неотъемлемой частью как тренировочного,

так и соревновательного процессов. Поэтому важным разделом спортивной медицины, как клинической дисциплины служит оценка функционального состояния спортсмена – тренированности. Решение этой задачи помогает врачу, тренеру и самому спортсмену наметить наиболее рациональные пути совершенствования спортивного мастерства [6].

К сожалению, в детско-юношеском спорте существует ряд проблем, связанных с желанием достичь наивысших результатов в течение короткого времени. Очень раннее начало специализации детей (в возрасте 4–5 лет начинается отбор детей в таких видах спорта, как гимнастика, фигурное катание), желание тренеров и даже родителей получить быстрый результат нередко приводят к истощению резервов детского организма, росту травматизма среди юных атлетов, ухудшению состояния здоровья ребенка [7]. Попытка достичь успеха любым способом зачастую приводит к тому, что в процессе подготовки юных спортсменов начинают использовать различные фармакологические препараты и другие методы, относящиеся к допингу. Неадекватные нагрузки, которым подвергается ребенок, рост объема и интенсивности тренировок отрицательно сказываются на функциональном состоянии и здоровье спортсменов, задерживают физическое и половое развитие ребенка в силу физиологических особенностей организма [3, 7].

Своевременное выявление факторов, отрицательно сказывающихся и ограничивающих физическую деятельность, умение устранять эти факторы и адекватное применение средств коррекции помогают достичь высоких результатов в спорте и сохранить здоровье спортсмена. Применение различных способов, таких как физическое воздействие, фармакологические средства позволяет повышать работоспособность и способность к быстрому восстановлению ресурсов организма спортсмена после интенсивной физической нагрузки. При использовании различных средств, воздействующих на механизмы энергообеспечения, необходимо учитывать индивидуальные особенности каждого спортсмена, его спортивные достижения и квалификацию. Неправильное использование этих приемов может оказаться малоэффективным или отрицательно повлиять на здоровье спортсмена [6, 8, 9]. Изучение механизмов срочной адаптации к интенсивной физической нагрузке является ключевым моментом адаптационного процесса, так как переход от срочного этапа к долговременному делает возможным формирование состояния, обеспечивающего увеличение функциональных возможностей организма в условиях максимальных нагрузок. Срочный этап адаптации нетренированного организма к физическим нагрузкам реализуется на основе готовых физиологических механизмов. Однако срочная адаптационная реакция организма, включающая разнообразные механизмы

регуляции и призванная поддерживать гомеостаз, оказывается, как правило, несовершенной при выполнении максимальных физических нагрузок [10].

### Энергообеспечение физической нагрузки у юных спортсменов

Вопросы адаптации юных спортсменов к физической нагрузке и другим стрессовым ситуациям, повышения работоспособности и скорейшего восстановления организма после нагрузки привлекают внимание специалистов [10]. Важнейшим механизмом, определяющим эти процессы, является продуцирование энергии в клетках, в первую очередь за счет универсальных органелл — митохондрий [7, 11].

Доказано, что окислительная активность мышечной ткани определяется деятельностью окислительных ферментов, а также количеством митохондрий, которые способны образовывать конгломераты или претерпевать процесс деления. Однако в конечном счете клеточный метаболизм зависит от адекватности снабжения клеток тканями кислородом [7, 11–14]. В результате дефицита кислорода в клетках в процессе цикла трикарбоновых кислот происходит накопление промежуточных продуктов обмена свободных жирных кислот. Основным негативным последствием дефицита кислорода является угнетение пируватдегидрогеназы, вследствие чего пируват практически полностью превращается в лактат. Последний накапливается в цитозоле вместе с  $H^+$ , что приводит к снижению внутриклеточного pH и нарушению функции клетки.

Промежуточные продукты обмена свободных жирных кислот затрудняют перенос макроэргических фосфатов через их мембрану, содействуя снижению энергодефицита и дальнейшей активации гликолиза. Выраженность этих процессов увеличивается по мере возрастания степени дефицита кислорода и способствует возникновению тяжелого ацидоза, что сначала приводит к функциональным нарушениям, повреждению мембран, а в итоге и к гибели клетки [8, 12]. Таким образом, повреждение клеточных структур происходит в следующей последовательности: истощение антиоксидантной системы, повреждение биологических мембран, а далее — формирование энергодефицитного состояния. Для устранения данного состояния, поддержания жизнедеятельности клетки в условиях энергодефицита и поддержания сохранности тканей необходимо такое вещество, как карнитин.

L-карнитин (активный стереоизомер карнитина, обнаруженный в природных источниках) — вещество из группы четвертичных аминов, витаминоподобная аминокислота, синтезирующаяся в организме. Данное вещество является стимулятором окисления жирных кислот в энергетическом центре клетки путем переноса свободных жирных кислот из цитозоля внутрь митохондрии. Суточная потребность организма в карнитине варьирует в широких

пределах (200–500 мг). Часть ее (25%) покрывается за счет эндогенного синтеза, а 75% — за счет поступлений извне [5, 13, 15, 16]. Основная доля карнитина поступает в организм с пищей (главным образом животного происхождения: молоко, мясо, рыба) в количестве 2–12 мкмоль/сут/кг. Биодоступность экзогенного L-карнитина составляет от 54 до 87% в зависимости от содержания в используемых продуктах. Неабсорбированный L-карнитин разрушается микроорганизмами в толстой кишке [17]. Ежедневный пищевой рацион, включающий в себя полноценное разнообразное питание, т.е. продукты как животного, так и растительного происхождения, обеспечивает около 25% потребности организма в L-карнитине. Нарушение питания, поражение гастродуоденальной системы, сопутствующие заболевания, различные стрессовые ситуации не только ухудшают всасывание, но и ускоряют выведение карнитина из организма. Поэтому при организации питания спортсменов необходимо учитывать белковую, энергетическую ценность продуктов, содержание жиров в рационе. Питание юных спортсменов с низким содержанием жиров истощает запас триглицеридов, что клинически выражается в раннем наступлении утомления в процессе тренировок.

Эндогенный синтез L-карнитина происходит в печени путем трансформации лизина, донатором метильных групп при этом служит метионин. Синтез карнитина снижается при гипотрофии, поражении печени и почек, нарушении физического развития. Источником лизина и метионина являются пищевые продукты, а также собственные белки мышечной ткани. В синтезе L-карнитина принимают участие витамины C, B<sub>3</sub>, B<sub>6</sub>, фолиевая кислота, железо, некоторые ферменты [18], а также незаменимые аминокислоты лизин и метионин. Поэтому наличие корреляции между содержанием карнитина и определенных аминокислот может играть важную роль при изучении работоспособности и восстановительных процессов у спортсменов.

Так, аргинин — условно заменимая аминокислота, которая принимает участие в синтезе креатина и является одним из ключевых метаболитов в процессах азотистого обмена. Имеются данные, что во время интенсивных физических нагрузок, стрессов, травм аргинин перестает синтезироваться и возникает необходимость его поступления извне. В то же время отмечается, что у детей и подростков уровень синтеза аргинина часто недостаточен. Считается, что L-изомер цитруллина способствует выработке организмом аргинина. В спортивном питании L-цитруллин используется для выведения молочной кислоты и аммиака, а также для восстановления запасов АТФ и креатинфосфата после тренировок.

Аминокислота глицин также участвует в синтезе креатина, который в свою очередь подвергается фосфорилированию с участием АТФ до образования креатинфосфата. Незаменимые аминокислоты с разветвленной

углеродной цепью – лейцин, изолейцин, валин, в отличие от других, метаболизируются не в печени, а в мышцах, поэтому считаются основным энергетическим субстратом для мышц. Кроме того, они препятствуют снижению уровня серотонина и служат одним из главных источников для синтеза тканей тела [19]. Таким образом, изучение содержания аминокислот и карнитина в крови позволит прогнозировать состояние работоспособности у юных спортсменов.

В стрессовой для клетки ситуации может возникнуть дефицит карнитина, так как при физических и психоэмоциональных нагрузках его содержание может снижаться в 4–20 раз. Данный факт в первую очередь отражается на внутриклеточном его содержании (концентрация карнитина в плазме становится менее 20 мкмоль/л, а в тканях менее 20% от нормы). В зависимости от причины дефицита карнитина выделяют первичный дефицит, обусловленный дефектом транспорта карнитина в клетки и ткани, который возникает при генетически детерминированном дефекте метаболизма карнитина и имеет аутосомно-рецессивный тип наследования. Ген транспортера карнитина *SLC22A5* экспрессируется в сердце, почках и скелетных мышцах. Вторичная недостаточность карнитина характерна для группы наследственных заболеваний обмена веществ, в том числе для болезней транспорта и окисления жирных кислот, органических ацидезий – наблюдается преобладание потерь карнитина над его поступлением. При этих состояниях происходит активное выведение конъюгатов карнитина с токсичными органическими кислотами через мочу, что обуславливает низкий уровень карнитина в крови и тканях [11, 12]. Симптомы недостаточности карнитина разнообразны и неспецифичны. При этом нарушается работа трех основных систем организма: сердечной мышцы; ЦНС и скелетных мышц [5, 8, 20, 21].

В условиях гипоксии изменяется метаболизм жирных кислот, в том числе митохондриальное бета-окисление, что сопряжено со снижением уровня карнитина. В результате происходит внутриклеточное накопление жирных кислот, ацилкарнитинов, ацил-КоА. Повышенная концентрация последнего подавляет транспорт адениннуклеотидов в митохондриях, уменьшает активность ацил-КоА-синтетазы [22, 23]. Дефицит ферментов, осуществляющих транспорт карнитина и его соединений через митохондриальные мембраны, ведет к нарушению трансмембранного переноса длинноцепочечных жирных кислот в комплексе с карнитином и возникает дефицит ацетил-КоА, что уменьшает активность цикла Кребса [22].

### **Возможности коррекции энергодефицитных состояний**

При уменьшении активности цикла Кребса и возникновении энергодефицитного состояния становится необходимым прием препаратов L-карнитина

для восстановления его уровня при интенсивных нагрузках [24]. При применении препаратов L-карнитина у юных спортсменов увеличивается длительность и интенсивность тренировок, повышается физическая выносливость, занятия становятся более эффективными [2]. Сочетанное применение L-карнитина с препаратами коэнзима Q<sub>10</sub> приводит к активации митохондриального фермента сукцинат-дегидрогеназы, т.е. аэробного компонента энергообмена [9, 25]. В результате комплексного воздействия энерготропных препаратов снижается потребность в дополнительном компоненте образования энергии – анаэробном [26]. При длительной нагрузке в аэробных условиях высвобождаются свободные радикалы, которые негативно влияют на митохондрии, угнетая их деятельность, что сказывается на энергообеспечении всего организма [11]. Представления о роли нарушенной клеточной энергетики в течении самых разнообразных процессов и возможности применения средств коррекции расширяются благодаря развитию метаболического направления в медицине [11, 12, 27].

Так как при физической нагрузке необходимо более интенсивное обеспечение мышечной деятельности энергией, это ведет к истощению ресурсов организма, переутомлению и развитию энергодефицитного состояния. Проявляться переутомление может общим упадком сил, дисфункциями отдельных органов или систем, нервно-психическим стрессом. Симптомы перенапряжения разнообразны и включают в себя висцеральные проявления: дисфункция сердечно-сосудистой системы в виде нарушения реполяризации миокарда; снижение реактивности иммунной системы в виде частых респираторных вирусных инфекций и аллергических реакций; уменьшение массы тела и мышечной массы; учащение травм и повреждений [5, 6, 27]. Несмотря на то что в такой ситуации организм человека может нормально функционировать, а спортсмен может демонстрировать неплохие результаты, в дальнейшем это приводит к негативным последствиям на психофизиологическом или соматическом уровне, а также к ухудшению спортивных показателей [19]. Становится очевидным, что состояние энергодефицита требует коррекции.

При назначении фармакологических средств необходимо соблюдать рекомендации по их употреблению. Следует обращать внимание на потребности органов и систем в соответствии с этапами подготовки спортсмена, возможность скорейшего приобретения качеств, присущих выбранному виду спорта (скорость, сила, выносливость, координация), необходимость получения эффекта суперкомпенсации для достижения максимального соревновательного результата [19]. Назначаемые фармакологические препараты должны повышать физическую работоспособность, психическую устойчивость и способность к быстрому восстановлению ресурсов организма и не выходить за рамки запрещенного

списка, регламентированного Всемирным антидопинговым агентством [2, 11].

Энерготропная терапия — комплекс лечебно-профилактических мероприятий, призванных решить проблемы нарушения внутриклеточных процессов энергообмена. Применение средств энерготропной терапии при различных патологических состояниях (поражение сердечно-сосудистой, дыхательной, нервной систем), инфекционных заболеваниях, в том числе у детей, изучено достаточно подробно. Существует множество примеров успешного, патогенетически обоснованного применения средств коррекции энергодефицитных состояний в клинической практике врача-педиатра. Многими авторами также предпринимаются попытки изучить возможность применения средств метаболической коррекции для повышения адаптационных процессов у юных спортсменов, так как на сегодняшний день приоритетны вопросы оздоровления, формирования здорового образа жизни, привлечения детей и подростков к активным, регулярным занятиям физической культурой и спортом [10]. В отдельную группу вынесены рекомендации по применению энерготропных препаратов для: 1) повышения адаптационного потенциала организма при повышенных нагрузках; 2) реабилитационных мероприятий при различных заболеваниях и повышения компенсаторно-адаптационных возможностей организма.

Энерготропными препаратами называются метаболически активные средства, мишенью которых

служат механизмы энергетического обмена. Они оказывают воздействие на внутриклеточные процессы анаэробного и аэробного окисления [10, 16]. На биохимическом уровне потребность в них возникает при несоответствии уровня потребления тканями кислорода объему его доставки. К таким веществам относятся L-карнитин, коэнзим Q<sub>10</sub>, тиамин, янтарная кислота, никотинамид, рибофлавин, малат, витамины группы А, Е, В, цитруллин и др. [5]. В зависимости от этапов клеточного метаболизма, на которые должно воздействовать вещество, выделяют несколько групп препаратов: переносящие электроны, кофакторы энергообмена, уменьшающие степень лактацидоза, антиоксиданты. Однако данное разделение является условным, так как представленные средства могут выполнять различные функции в метаболизме клетки [18].

В практике наиболее целесообразным считается применение комплексов энерготропных препаратов, которые обладают способностью воздействовать на несколько звеньев клеточного энергообмена. Это объясняется тем, что не всегда удается выявить точечное повреждение митохондриального метаболизма. Наличие эффективного диагностического инструментария, разработка клинических, биохимических, морфологических и молекулярно-генетических критериев митохондриальной недостаточности позволяют оценивать полисистемность нарушения клеточного энергообмена и воздействовать на него [25, 26].

## ЛИТЕРАТУРА (REFERENCES)

1. Распоряжение правительства Российской Федерации об утверждении Стратегии развития физической культуры и спорта в Российской Федерации на период до 2020 года от 7.08.2009 года № N 1101-р. <https://www.minsport.gov.ru/activities/federal-programs/2/26363/> [Order of the government of the Russian Federation about the approval of Strategy of development of physical culture and sport in the Russian Federation for the period till 2020 of 7.08.2009 No. 1101-p. <https://www.minsport.gov.ru/activities/federal-programs/2/26363/> (in Russ)]
2. Биктимирова А.А., Рылова Н.В., Золкина Н.В., Сухоруков В.С. Особенности карнитинового обмена у юных спортсменов. Рос вестн перинатол и педиатр 2015; 60(2): 105–108. [Biktimirova A.A., Rylova N.V., Zolkina I.V., Kulagina T.E., Sukhorukov V.S. Carnitine metabolic features in young athletes. Ros Vestn Perinatol i Pediat (Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics) 2015; 60(2): 105–107. (in Russ)]
3. Спортивная медицина. Национальное руководство. Под ред. С.П. Миронова, Б.А. Поляева, Г.А. Макаровой. М: ГЭОТАР-Медиа 2013; 1184. [Sports Medicine. National leadership. S.P. Mironov, B.A. Polyayeva, G.A. Makarova (eds). Moscow: GEOTAR-Medi, 2013; 1184. (in Russ)]
4. Голов В.А. Детско-юношеский спорт в системе развития физической культуры учащейся молодежи. Успехи современного естествознания 2008; 1: 65–68. [Golov V.A. Youth sport in the system of development of physical culture of students. Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya 2008; 1: 65–68. (in Russ)]
5. Рычкова Т.И., Остроухова И.П., Яцков С.А., Акулова Л.К., Васильева Т.М. Коррекция функциональных изменений сердечно-сосудистой системы препаратом L-карнитина у детей и подростков с сочетанной патологией. Лечащий врач 2010; 8: 104–108. [Rychkova T.I., Ostroukhova I.P., Yatskov S.A., Akulova L.K., Vasilyeva T.M. Correction of functional changes in the cardiovascular system with L-carnitine in children and adolescents with combined pathology. Lechashhij vrach 2010; 8: 104–108. (in Russ)]
6. Творогова Т.М., Захарова И.Н., Коровина Н.А., Тарасова А.А., Хрунова К.М. Коррекция кардиальных изменений при вегетативной дистонии у детей и подростков: акцент на эффективность энерготропной терапии. Consilium Medicum. Педиатрия 2009; 3: 109–114. [Tvorogova T.M., Zakharova I.N., Korovin N.Ah. Tarasova A.A., Khrunova K.M. Correction of cardiac changes in vegetative dystonia in children and adolescents: emphasis on the effectiveness of energy-stimulating therapy. Consilium Medicum. Pediatriya 2009; 3: 109–114. (in Russ)]
7. Биктимирова А.А., Рылова Н.В., Самойлов А.С. Применение кардиореспираторного нагрузочного тестирования в медицине. Практическая медицина 2014; 3(79): 50–53. [Biktimirova A.A., Rylova N.V., Samoilov A.S. Application of cardiorespiratory exercise testing in sports medicine. Prakticheskaya meditsina 2014; 3(79): 50–53. (in Russ)]
8. Житникова Л.М. Триметазидин в метаболической терапии сердечно-сосудистых заболеваний. Русский медицинский журнал 2012; 12: 718–723. [Zhitnikova L.M.

- Trimetazidine in metabolic therapy of cardiovascular diseases. *Russkij meditsinskij zhurnal* 2012; 12: 718–723. (in Russ)]
9. *Ostman B., Sjödin A., Michaëlsson K., Byberg L.* Coenzyme Q10 supplementation and exercise-induced oxidative stress in humans. *Nutrition* 2012; 28 (4): 403–417. DOI: 10.1016/j.nut.2011.07.010.
  10. *Демидов В.А., Хаснутдинов Н.Ш., Мавлиев Ф.А., Мальцев Д.Н.* Половые особенности краткосрочной адаптации сердечно-сосудистой системы на дозированную физическую нагрузку. *Вестник ЮУрГУ – Серия Образование, здравоохранение, физическая культура* 2008; 19: 135–137. [Demidov V.A., Hasnutdinov N.S., Mavliev F.A., Malcev D.N. Gender features of short-term adaptation of the cardiovascular system to dosed physical activity. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo Gosudarstvennogo Universiteta* 2008; 19: 135–137. (in Russ)]
  11. *Сухоруков В.С.* Митохондриальная патология и проблемы патогенеза психических нарушений. *Журнал неврологии и психиатрии им.С.С. Корсакова* 2008; 6: 83–90. [Sukhorukov V.S. The mitochondrial pathology and problems of pathophysiology of mental disorders. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry (Zhurnal nevrologii i psikhiiatrii imeni S.S. Korsakova)* 2008; 6: 83–90. (in Russ)]
  12. *Царегородцев А.Д., Сухоруков В.С.* Митохондриальная медицина – проблемы и задачи. *Рос вестн перинатол и педиат* 2012; 57(4: 2): 5–14. [Tsaregorodtsev A.D., Sukhorukov V.S. Mitochondrial medicine: Problems and tasks. *Ros Vestn Perinatol i Pediat (Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics)* 2012; 57(4: 2): 5–14. (in Russ)]
  13. *Балькова Л.А., Ивьянский С.А., Макаров Л.М., Маркелова И.А., Киселева М.И., Балашов В.П.* Перспективы метаболической терапии в детской спортивной кардиологии. *Педиатрия. Журнал имени Г.Н.Сперанского* 2009; 88(5): 7–13. [Balykova L.A., Ivjanskij S.A., Makarov L.M., Markelova I.A., Kiseleva M.I., Balashov V.P. Prospects of metabolic therapy in children's sports cardiology. *Pediatra. Journal named after G.N.Speransky* 2009; 88(5): 7–13. (in Russ)]
  14. *Eynon N., Moran M., Birk R., Lucia A.* The champions' mitochondria: is it genetically determined? A review on mitochondrial DNA and elite athletic performance. *Physiological Genomics* 2011; 43: 789–798. DOI: 10.1152/physiolgenomics.00029.2011
  15. *Fatouros I.G., Douroudos I., Panagoutsos S., Pasadakis P., Nikolaidis M.G., Chatzinikolaou A., Sovatzidis A. et al.* Effects of L-carnitine on oxidative stress responses in patients with renal disease. *Med Sci Sports Exerc* 2010; 42(10): 1809–1811. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3181dbacab
  16. *Orer G., Guzel N.* The effects of acute L-carnitine supplementation on endurance performance of athletes. *J Strength Cond Res* 2014; 28(2): 514–519. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3182a76790
  17. *Асташкин Е.И., Глезер М.Г.* Роль L-карнитина в энергетическом обмене кардиомиоцитов и лечении заболеваний сердечно-сосудистой системы. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия* 2012; 6(2): 58–65. [Astashkin E.I., Glezer M.G. The role of l-carnitine in the energetic metabolism of cardiomyocytes and treatment of cardio-vascular diseases. *Kardiologiya i serdechno-sosudistaya khirurgiya* 2012; 6(2): 58–65. (in Russ)]
  18. *Яковлева Л.В., Безчаснюк О.М., Улесов О.В., Хомякова Л.Г., Шаповал О.М., Зборовська Т.В.* L-карнитин: свойства, препараты, медицинское применение. *Укр журн клін та лаб мед* 2011; 6(2): 17–24. [Yakovleva L.V., Bezchasnuk O.M., Ulesov A.V., Khomyakova L.G., Shapoval O.N., Zborovskaya T.V. L-carnitine: characteristic, preparations, medicinal using. *Ukr zhurn klin ta lab med* 2011; 6(2): 17–24. (in Russ)]
  19. *Алямовская Г.А., Золкина И.В., Кешишян Е.С.* Вторичная карнитиновая недостаточность у недоношенных детей с массой тела при рождении менее 1500 г. в патогенезе энергетического дефицита на первом–втором году жизни и возможности ее коррекции. *Рос вестн перинатол педиатр* 2012; 4(2): 126–131. [Alyamovskaya G.A., Zolkina I.V., Keshishian E.S. Secondary carnitine deficiency in low birth weight (less than 1500 g) premature infants in the pathogenesis of energy deficiency during their first-second years of life and possibilities of its correction. *Ros Vestn Perinatol i Pediat (Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics)* 2012; 4(2): 126–131. (in Russ)]
  20. *Леонтьева И.В., Алимина Е.Г., Золкина И.А.* Клиническое значение оценки показателей карнитинового обмена при кардиомиопатиях у детей. *Практика педиатра* 2012; 10: 47–52. [Leont'eva I.V., Alimina E.G., Zolkina I.A. Evaluation of carnitine metabolism clinical aspects in children with cardiomyopathy. *Praktika pediatra* 2012; 10: 47–52. (in Russ)]
  21. *Ключников С.О., Ильищенко Д.А., Ключников М.С.* Эффективность Карнитона и Кудесана у подростков. Клинико-функциональное и психологическое исследование. *Практика педиатра* 2009; 2: 23–27. [Kljuchnikov S.O., Il'jashenko D.A., Kljuchnikov M.S. Efficiency of Karniton and Qudesan to adolescents. Clinical- functional and psychological research. *Praktika pediatra* 2009; 2: 23–27. (in Russ)]
  22. *Бокова Т.А.* L-карнитин в комплексной терапии метаболического синдрома у детей. *Вопросы практической педиатрии* 2010; 5(4): 96–98. [Bokova T.A. L-carnitine in a complex therapy of metabolic syndrome in children *Voprosy prakticheskoy pediatrii* 2010; 5(4): 96–98. (in Russ)]
  23. *Камчатнов П.П.* Применение карнитина (Элькар) и его производного ацетилкарнитина (Карнидетин) в клинической практике. *Метод.пособие. Рос. мед. ун-т. Москва* 2010; 20 [Kamchatnov P.R. Application of carnitine (Elkar) and its derivative acetyl-l-carnitine (Carnicetin) in clinical practice. *Manual. Moscow* 2010; 20 (in Russ)]
  24. *Николаева Е.А., Золкина И.В., Харабадзе М.Н.* Коррекция недостаточности карнитина у детей с митохондриальными заболеваниями. *Практика педиатра* 2011; 5: 44–48. [Nikolaeva E.A., Zolkina I.V., Kharabadze N.M. Correction of carnitine deficiency in children with mitochondrial diseases. *Praktika pediatra* 2011; 5: 44–48. (in Russ)]
  25. *Mizuno K., Tanaka M., Nozaki S., Mizuma H., Ataka S., Tahara T., Sugino T. et al.* Antifatigue effects of coenzyme Q<sub>10</sub> during physical fatigue. *Nutrition* 2008; 24(4): 293–299. DOI: 10.1016/j.nut.2007.12.007
  26. *Kreider R., Wilborn C., Taylor L., Campbell B., Almada A., Collins R., Cooke M. et al.* ISSN exercise & sport nutrition review: research & recommendations. *J Intern Soc Sports Nutr* 2010; 7: 7–11. DOI: 10.1186/1550-2783-7-7
  27. *Sharma S., Black S.* Carnitine homeostasis, mitochondrial function, and cardiovascular disease. *Drug Discov Today Dis Mech* 2009; 6: 1–4: e31–e39. DOI: 10.1016/j.ddmec.2009.02.001

Поступила 23.07.18

Received on 2018.07.23

**Конфликт интересов:**

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов и финансовой поддержки, о которых необходимо сообщить.

**Conflict of interest:**

The authors of this article confirmed the lack of conflict of interest and financial support, which should be reported.