

ФЕДЕРАЛЬНОЕ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОЕ АГЕНТСТВО
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ –
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ МЕДИКО-БИОФИЗИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ИМЕНИ А.И. БУРНАЗЯНА»
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-КЛИНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
СПОРТИВНОЙ МЕДИЦИНЫ И РЕАБИЛИТАЦИИ»

А.С. Самойлов, Н.В. Рылова, А.В. Жолинский

АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ДЕТСКОЙ СПОРТИВНОЙ МЕДИЦИНЫ



Москва, 2022 г.

**Федеральное медико-биологическое агентство
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственный научный центр Российской Федерации –
Федеральный медицинский биофизический центр
имени А.И.Бурназяна»**

**Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Федеральный научно-клинический центр
спортивной медицины и реабилитации»**

АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ДЕТСКОЙ СПОРТИВНОЙ МЕДИЦИНЫ

**Москва
2022**

УДК 347.157:796.01
ББК 75.09
С17

Актуальные аспекты детской спортивной медицины / А.С. Самойлов, Н.В. Рылова, А.В. Жолинский. М.: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И.Бурназяна ФМБА России, 2022. 90 с.

АВТОРЫ

А.С. Самойлов – д.м.н., проф.
Н.В. Рылова – д.м.н., проф.
А.В. Жолинский – к.м.н.

Эффективная система детско-юношеского спорта, отбора и подготовки спортивного резерва для сборных команд страны во многом предопределяет успех спортсменов на международных соревнованиях. К сожалению, в детско-юношеском спорте существует ряд проблем, связанных с желанием достичь наивысших результатов в течение короткого времени. Очень раннее начало специализации детей, желание получить быстрый результат нередко приводят к истощению резервов детского организма, росту травматизма, ухудшению состояния юного атлета.

Основная цель медико-биологического обеспечения детско-юношеского спорта – гармоничное развитие ребенка в рамках выбранного вида спорта с учетом его возрастных особенностей. Особое внимание необходимо 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.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	4
Актуальные аспекты спортивной нутрициологии детского возраста	8
Водно-электролитный баланс у юных спортсменов	17
Особенности энергообмена у юных спортсменов	26
Метаболизм карнитина и максимальное потребление кислорода у юных спортсменов	36
Оценка минерального статуса у юных спортсменов	44
Показатели физического развития и состояние здоровья детей, занимающихся спортом	57
Минеральный обмен у детей и подростков, занимающихся спортом	69
Показатели обмена карнитина и аминокислот у подростков-спортсменов	77
Актуальные аспекты изучения состава тела в спорте	82

ПРЕДИСЛОВИЕ

Медицинское обеспечение детско-юношеского спорта - это приоритетное направление развития российской науки, одновременно входящим в три национальных проекта: "Здравоохранение", "Наука" и "Демография". Правительством России утверждена ведомственная целевая программа "Медико-биологическое обеспечение спортивных сборных команд России" на 2019-2024 гг.", в рамках которой запланировано проведение научно-исследовательских работ по детской спортивной медицине. Повышение эффективности работы детско-юношеских спортивных школ и школ олимпийского резерва, играющих ведущую роль в подготовке спортсменов высокого класса, аналогично невозможно без серьезных исследований в области спортивной науки. Важно подчеркнуть, что тренировки в детском возрасте должны расширять резервы организма ребенка и подростка, способствовать увеличению здоровья, что в сочетании с меньшей заболеваемостью будет способствовать в зрелом возрасте повышению работоспособности и результативности.

Проблема биологического созревания детей остается весьма актуальной, поскольку без учета биологического возраста нельзя персонифицировать тренировочный процесс в спортивных школах. Дети и подростки одного календарного возраста могут отличаться на несколько лет, обладая в периоды акселерации большими морфофункциональными возможностями, чем их сверстники — ретарданты. Тенденция отмечать успехи акселератов принципиально неверна, так как ретарданты в более поздние календарные сроки потенциально могут обходить акселератов, добиваясь выдающихся достижений в спортивной деятельности в зрелом возрасте.

Аэробная производительность также имеет возрастные особенности, что необходимо учитывать при построении тренировочного и восстановительного процессов. Физиологические особенности энергообеспечения мышечной деятельности позволяют говорить о лучшей переносимости аэробных нагрузок детьми подросткового возраста. При проведении кардиореспираторного нагрузочного тестирования подростков установлены значимые положительные достоверные корреляционные связи между уровнем абсолютного МПК и общим и свободным карнитином. Полученные данные могут говорить о большей аэробной работоспособности у спортсменов с высоким содержанием свободного карнитина, так как достаточное его количество обеспечивает адекватное течение процессов клеточного энергообмена и, в первую очередь, тканевого дыхания.

Учебно-тренировочный процесс юных спортсменов требует напряженности обменных процессов, а значит увеличения расходов и потребности в микронутриентах: витаминах и минералах. Потеря биоактивных элементов приводит к нарушению гомеостаза - это лимитирует жизненно важные функции организма юного спортсмена. Основой этих нарушений являются дефицит эссенциальных и накопление токсичных минералов. Организм молодого атлета, испытывающий предельные нагрузки, высокочувствителен к дефициту макро- и микроэлементов

Организация рационального питания юных спортсменов связана с обеспечением их потребностей в пищевых веществах и энергии не только для удовлетворения эффективного тренировочного процесса и достижения максимальных спортивных результатов, но и с целью поддержания непрерывного роста и развития ребенка. На протяжении среднего и старшего школьного возраста происходят перемены в обмене веществ и энергии. Величина основного обмена у детей этого возраста в расчете на единицу массы тела или поверхности тела заметно снижается. С окончанием роста массы тела падает относительная потребность организма в белках, положительный азотистый баланс к юношескому возрасту постепенно сменяется азотистым равновесием, характерным для взрослого организма. У подростков еще достаточно высокая потребность в поступлении с пищей жиров, поскольку в период полового созревания жиры используются для пластических процессов формирования состава тела, а холестерин — для синтеза половых стероидных гормонов. Таким образом, качественный и количественный состав пищевого рациона каждой возрастной группы различен.

Однако организация рационального сбалансированного питания детей-спортсменов является весьма непростой задачей. Во-первых, данная группа спортсменов, в силу своего возраста, не в состоянии полноценно понять важнейшую роль правильного, сбалансированного питания, а также оценить качество и целесообразность применения того или иного продукта спортивного питания. Во-вторых, тренировочные и соревновательные графики спортсменов ограничивают возможность адекватного восполнения энергетических затрат и удовлетворения потребности в питательных веществах. Мероприятия по организации рационального питания и нутритивной поддержки спортсменов детского возраста должны включать различные образовательные программы, направленные на информирование самих спортсменов и их родителей о правильном питании и возможностях применения фармаконутриентов, спортивных продуктов. В тоже время необходимо объединение усилий специалистов разных дисциплин (педиатров, физиологов, педагогов, тренеров и др.) для формирования адекватной современным реалиям методологии спортивного питания детей и подростков, занимающихся как профессиональным, так и массовым спортом.

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.

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. 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.

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. 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.

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. При использовании различных средств, воздействующих на механизмы энергообеспечения, необходимо учитывать индивидуальные особенности каждого спортсмена, его спортивные достижения и квалификацию. Изучение механизмов срочной адаптации к интенсивной физической нагрузке является ключевым моментом адаптационного процесса, так как переход от срочного этапа к долгосрочному делает возможным формирование состояния, обеспечивающего увеличение функциональных возможностей организма в условиях максимальных нагрузок.

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. В этом должны быть заинтересованы тренеры, врачи-педиатры, спортивные врачи. Особое внимание необходимо 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.

АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ СПОРТИВНОЙ НУТРИЦИОЛОГИИ ДЕТСКОГО ВОЗРАСТА

Рационально организованное питание укрепляет здоровье, повышает спортивную работоспособность, способствует процессам восстановления и адаптации к физическим нагрузкам, а также профилактике травматизации [1].

Основными принципами спортивного питания являются:

1. Снабжение спортсменов необходимым количеством энергии, соответствующим ее расходу в процессе физических нагрузок.

2. Сбалансированность рациона по основным пищевым веществам (белкам, жирам, углеводам, витаминам и минеральным веществам).

3. Соблюдение принципов сбалансированного (оптимизация качественного и количественного состава пищи) питания применительно к определенным видам спорта и интенсивности нагрузок в зависимости от фазы подготовки к спортивным соревнованиям.

4. Выбор адекватных форм питания (продуктов, пищевых веществ и их комбинаций), обеспечивающих различную ориентацию рационов (белковая, углеводная, белково-углеводная) в зависимости от конкретных задач и направленности тренировок в отдельные периоды подготовки спортсменов.

5. Распределение рациона в течение дня, четко согласованное с режимом и характером тренировок и соревнований.

Организация рационального питания юных спортсменов связана с обеспечением их потребностей в пищевых веществах и энергии не только для удовлетворения эффективного тренировочного процесса и достижения максимальных спортивных результатов, но и с целью поддержания непрерывного роста и развития ребенка [2]. На протяжении среднего и старшего школьного возраста происходят перемены в обмене веществ и энергии. Величина основного обмена у детей этого возраста в расчете на единицу массы тела или поверхности тела заметно снижается.

С окончанием роста массы тела падает относительная потребность организма в белках, положительный азотистый баланс к юношескому возрасту постепенно сменяется азотистым равновесием, характерным для взрослого организма. У подростков еще достаточно высокая потребность в поступлении с пищей жиров, поскольку в период полового созревания жир используется для пластических процессов формирования состава тела, а холестерин — для синтеза половых стероидных гормонов. Таким образом, качественный и количественный состав пищевого рациона каждой возрастной группы различен.

Основными направлениями рационального питания детей спортсменов являются организация адекватного питьевого режима, обеспечение соответствующей калорийности рациона, сбалансированного потребления белков, жиров и углеводов. Также важна дополнительная дотация витаминами и минеральными веществами.

Адекватный водно-солевой режим в период активных физических нагрузок предупреждает потерю микроэлементов, в первую очередь натрия и

калия, поддерживает функциональное состояние сердечно-сосудистой системы, оказывает благотворное влияние на нервно-мышечную регуляцию. Стоит отметить, что в период тренировок потери жидкости могут быть значительными [3].

Результаты исследований сектора биохимии спорта СПбНИИФК, направленных на выявление значений энерготрат по ступеням мощности выполняемой работы для отдельных видов спорта, позволили определить среднесуточные энергетические траты юных спортсменов (табл. 1).

Достаточная калорийность рациона питания обеспечивает эффективную работу мышечной системы, предупреждает раннее наступление усталости, поддерживает спортивную работоспособность на высоком уровне.

Оптимальное поступление углеводов обеспечивает интенсивность работы мышц, предупреждает наступление гипогликемии во время тренировочного процесса, способствует эффективному восстановлению после активной физической деятельности. У спортсменов, потребляющих недостаточное количество углеводов постепенно нарастает хронический дефицит запасов гликогена, что значительно снижает спортивную производительность и выносливость. Обеспечение адекватного углеводного баланса в рационе питания спортсменов имеет определенное значение в таких видах спорта, как гимнастика, фигурное катание, бег на длинные дистанции, которые требуют сохранения стройной формы тела. У спортсменов этих видов спорта при преднамеренном употреблении недостаточного количества углеводов с целью снижения калорийности рациона питания для снижения веса всегда существует риск углеводной недостаточности [4].

Оптимальный белковый баланс в питании юных спортсменов обеспечивает пластические процессы роста и развития организма [5], а также играет важную роль в физической подготовке. Повышенная частота тренировок,

Таблица 1.

Среднесуточные энергетические траты юных спортсменов

Особенности нагрузок	Виды спорта	Пол	Среднесуточные энерготраты (ккал)
Кратковременные, но значительные физические нагрузками	акробатика (спортивная), бадминтон, горнолыжный спорт, гимнастика (спортивная, художественная), конный спорт, легкая атлетика (барьерный бег, метания, прыжки, спринт), парусный спорт, плавание синхронное, прыжки в воду, прыжки на батуте, прыжки на лыжах с трамплина, санный спорт, сноуборд, стрельба (из лука, пулевая, стендовая), теннис настольный, фехтование, фигурное катание, фристайл	М	4080 ± 750
		Ж	3660 ± 860
Большой объем и интенсивность физической нагрузки	бокс, борьба (вольная, греко-римская, дзюдо, самбо), пляжный волейбол, водное поло, гандбол, гребной слалом, легкая атлетика (бег на 400, 1500, 3000 м), спортивные игры (баскетбол, волейбол), софтбол, теннис, тхэквондо, тяжелая атлетика, футбол, хоккей, хоккей на траве, хоккей с мячом	М	4870 ± 910
		Ж	4680 ± 725
Длительные напряженные физические нагрузки	гребля (академическая, на байдарках и каноэ), биатлон, велогонки на шоссе, конькобежный спорт (многоборье), лыжное двоеборье, лыжные гонки, плавание, современное пятиборье, триатлон	М	5610 ± 430
		Ж	5200 ± 570

недостаток белков в питании ведут к преобладанию катаболизма белков над их анаболизмом. Нерациональное питание с дефицитом поступления белка ведет к иммуносупрессии, возрастанию риска травматизации и появлению признаков хронической усталости [6].

Липиды также имеют важное значение в детском питании. Кроме высокой энергетической ценности, жиры, наравне с белками, выполняют роль пластического материала, так как входят в состав всех клеток и тканей организма. Также липиды способствуют лучшему использованию организмом белков, витаминов и минеральных веществ [7]. Питание юных спортсменов с недостаточным содержанием липидов приводит к истощению запасов триглицеридов в организме, что может ограничивать спортивную производительность и приводить к раннему наступлению утомления в процессе тренировок. Кроме того, неадекватное употребление жиров у подростков может снижать уровень тестостерона в крови, что в свою очередь ведет к уменьшению мышечной массы [8].

Особое значение имеет обеспечение организма атлета витаминами и микроэлементами. Витамины и минеральные вещества играют большую роль в регуляции обменных процессов и физиологических функций организма. Витамины являются незаменимыми пищевыми факторами, которые обладают выраженной биологической активностью и в большинстве случаев обеспечивают реализацию каталитических реакций организма. Юные спортсмены часто испытывают поливитаминную недостаточность (характерно выявление дефицита витаминов А, С, группы В, Е, РР) [9]. Минеральные вещества, в свою очередь, обеспечивают правильный рост и развитие костного скелета, зубов, мышечной, нервной ткани, принимают активное участие в процессах кроветворения, выработке различных ферментов и гормонов [10]. Дополнительный прием кальция особенно важен для юных спортсменов. Подросткам необходимо накопление адекватного количества кальция в костях для профилактики развития остеопороза с возрастом. Адекватная дотация микроэлемента железа обеспечивает поддержание системы обеспечения кислородом. Атлеты с дефицитом железа часто жалуются на трудности в обучении, на снижение спортивной производительности и выносливости, а также на необходимость более длительного периода восстановления после тренировок [11]. Также важно отметить, что потребности юных спортсменов в витаминах и минеральных веществах несколько выше относительно детей, не занимающихся активной физической деятельностью.

Таким образом, роль рационального сбалансированного питания в жизни юных спортсменов огромна, однако особенности планов физических нагрузок, плотные графики тренировочного процесса и другой деятельности, пищевые предпочтения и избирательный аппетит детей и подростков приводят к нарушениям режима питания и редкому приему пищи, что способствует поливалентной недостаточности в микро- и макронутриентах [12]. Поэтому в настоящее время возникает необходимость использования в рационе спортсменов, наряду с традиционными натуральными пищевыми

продуктами, продуктов с заданными свойствами (так называемыми функциональными пищевыми продуктами) и биологически активных добавок к пище [13]. Однако научных обоснований и доказательств эффективности и безопасности даже, разрешенных для применения в спортивной практике спортивных добавок в большинстве случаев явно недостаточно или они отсутствуют.

Как показывает отечественный и зарубежный опыт, проблема адекватного питания в детско-юношеском спорте чрезвычайно актуальна. При анализе фактического питания детей-спортсменов выявляется дефицит энергетической ценности рациона питания, дефицит потребления белков, ПНЖК, кальция и избыточное — насыщенных жирных кислот. Также отмечается недостаточная обеспеченность организма витаминами, микроэлементами, такими как железо, магний, цинк. Кроме того, характерным для детей-спортсменов является выявление поливитаминой недостаточности [9].

Рационы питания юных спортсменов часто не соответствует физиологическим потребностям и объему физических нагрузок, что актуализируют необходимость нутритивной поддержки организма юных спортсменов. Использование пищевых добавок и продуктов спортивного питания среди детей-спортсменов широко распространено, однако их выбор (как по количеству, так и качеству) далеко не всегда соответствует реальным потребностям конкретного ребенка-спортсмена. Находят своего потребителя, к сожалению, и не разрешенные для применения в спорте препараты вещества с эргогенными свойствами, которые наряду с такими эффектами, как повышение работоспособности, выносливости, объема мышечной массы, притупление чувства усталости, оказывают и полисистемные негативные побочные эффекты [14].

К сожалению, уровень знаний детей и подростков-спортсменов о правильном питании, продуктах спортивного питания недостаточны для осуществления самостоятельного восполнения организма питательными и энергетическими веществами. Поэтому в организации рационального питания юного спортсмена особенно важна координированная работа самого спортсмена-юниора, который заинтересован не только в достижении максимальных спортивных результатов, но и сохранении состояния здоровья; родителей, роль которых заключается в воспитании правильного пищевого поведения с самого раннего детства и поддержании культуры питания в семье; врача-диетолога и тренера, которые обеспечат соответствие пищевого рациона и режима дня физиологическим потребностям и объему физических нагрузок [15].

Для организации рационального питания юных спортсменов необходимо в первую очередь исследовать образ питания спортсмена, провести тщательный опрос, оценить полный суточный рацион, объем питания, объем потребляемой жидкости, кратность приема пищи, тренировочный процесс и режим дня. Кроме того, необходимо оценить исходный пищевой статус на фоне выявленной пищевой недостаточности фактического питания.

Данные мероприятия включают в себя полное обследование морфологических, физиологических, биохимических и других показателей, которые отражают изменение структуры, функции, резистентности и адаптационных резервов в зависимости от количественной и качественной адекватности питания [16].

О качестве нутритивного статуса можно косвенно судить при проведении первичного осмотра спортсмена. Частые простудные заболевания, отставание в физическом развитии могут указывать на недостаточное потребление белков и микроэлементов [17]. Кроме того, о полноценном и рациональном питании свидетельствуют здоровое состояние кожных покровов, ногтей, видимых слизистых оболочек полости рта, зева, конъюнктивы глаз, лимфатических узлов, щитовидной железы, печени. Патологические изменения в этих органах и областях чаще всего наблюдаются при гиповитаминозах и минеральной недостаточности. Например, фолликулярный гиперкератоз наблюдается при недостаточности незаменимых жирных кислот, витамина А; алопеция, ломкость ногтей — при недостаточности белка и железа; глоссит — при недостаточности никотиновой кислоты, цианокобаламина, рибофлавина и т.д. [18]

В современной спортивной медицине наиболее часто пользуются биоимпедансометрией, которая позволяет оценить композиционный состав тела человека, определить уровень основного обмена, жидкостного обмена, уровень развития мышечной массы, жировой ткани, произвести сегментарный анализ состав тела [19].

Организация рационального питания детей, занимающихся физкультурой и спортом, проводится соответственно возрасту, полу, общему состоянию здоровья ребенка, его физической и иной активности, режиму дня, личным вкусовым предпочтениям, виду спорта, периоду тренировочного процесса, климато-географическим условиям, в котором пребывает юный спортсмен. Она включает в свои рамки задачи адекватного питьевого режима, обеспечения калорийности рациона питания соответствующего энергетическим затратам, сбалансированного потребления белков, жиров и углеводов, а также задачи по профилактике дефицита витаминов и минеральных веществ [12].

При организации питьевого режима важно учитывать вид спорта, которым занимается юный спортсмен, длительность тренировочного процесса, потребность в калориях. Для регидратации при занятиях спортом с коротким периодом активности рекомендуется потребление пресной воды, которая не содержит калорий, но это нежелательно для занятий, длящихся более 60 минут, или для наиболее интенсивных тренировок, продолжительностью до 30 минут. При занятиях спортом с длительным периодом тренировочного процесса рекомендуются спортивные напитки. Очень важно адекватное употребление спортсменами жидкости до, во время и после тренировочного процесса. При недостаточном потреблении воды в тканях образуются застойные явления, накапливаются продукты обменных процессов. Даже дегидратация легкой степени тяжело переносится организмом. Однако

чувство жажды притупляется в период тренировок. При хронической дегидратации, которая часто имеет место в весовых видах спорта, снижается эффективность тренировочного процесса. В тоже время признаем, что вопрос о «водной нагрузке» остается до конца не решенным и даже в спорте высших достижений нет единого мнения как по времени использования жидкости, так и по её качеству на различных этапах учебно-тренировочной и соревновательной деятельности [20]. Очень важно употребление спортсменами жидкости до, во время и после тренировочного процесса. При этом важно учитывать тот факт, что во время тренировки чувство жажды притупляется. При недостаточном водопотреблении в тканях образуются застойные явления, накапливаются продукты обменных процессов, поэтому даже дегидратация легкой степени тяжело переносится организмом [21, 22].

При организации углеводного питания необходимо учитывать, что потребности в углеводах в тренировочный период больше, чем соревновательный. Было отмечено, что потребность в углеводах увеличивается с возрастанием интенсивности упражнений, но постепенно уменьшается с увеличением длительности нагрузки. Спортсменам, физическая нагрузка которых тяжелая и длится более 1 часа, рекомендуется употребление углеводов до физической нагрузки. Употребление углеводов с низким гликемическим индексом до тренировок предупреждает появление чувства голода. Также употребление углеводов до тренировок повышает уровень глюкозы в крови, которая обеспечивает энергией работающие мышцы. Во время и после тренировок рекомендуется потребление продуктов, содержащих углеводы со средним и высоким гликемическим индексом, что способствует восполнению запасов гликогена и обеспечивает эффективный восстановительный период [23]. Для спортсменов удобно употребление углеводов в жидкой или гелевой форме, так как создается возможность быстрого насыщения организма углеводами без длительной задержки большого объема пищи в желудке, что может быть причиной чувства дискомфорта в области эпигастрия в период тренировочного процесса.

При организации адекватного поступления белков необходимо учитывать, что при увеличении интенсивности и длительности нагрузок потребность в белках возрастает за счет включения белков в процесс энергообразования. Достаточная обеспеченность организма спортсмена белками особенно имеет большое значение в период тренировочного процесса и сразу же после тренировок [24]. В отличие от методов восполнения углеводных запасов в питании юных спортсменов, где предпочтительно использование спортивных напитков в период тренировочного процесса, при восполнении запасов белка лучшими источниками протеинов являются естественные продукты питания, нежели протеиновые коктейли и аминокислотные добавки. Кроме того, протеиновые коктейли являются дорогими препаратами, требуют предварительного приготовления и могут отрицательно влиять на состояние здоровья юного спортсмена [25]. При организации адекватного потребления жиров рекомендуется учитывать длительность и интенсивность физических упражнений. Потребность в жирах возрастает при длительных

низкоинтенсивных упражнениях, при этом на содержание жиров в суточном рационе питания спортсменов должно приходиться 26–30 % общей калорийности пищи [26].

Наряду со сбалансированным потреблением с пищей дети-спортсмены нуждаются в повышенном поступлении с пищей витаминов (А, гр.В, РР, С, Е) и минеральных веществ (калия, магния, кальция, фосфора, железа) [6]. Суточные потребности детей-спортсменов в витаминах и минеральных веществах зависят от вида спорта, которым занимается ребенок. Также при организации дополнительного потребления витаминов и микроэлементов рекомендуется учитывать совместимость продуктов по абсорбционным способностям. Например, при приеме препаратов железа не рекомендуется потребление таких продуктов как отруби, цельные зерна, шпинат, орехи, кофе, чай. Также важно отметить, что всасывание железа в кишечнике снижает чрезмерное потребление кальция и магния в рационе питания [27].

Таким образом, актуальные вопросы спортивной нутрициологии детского возраста требуют особого внимания и индивидуального подхода в каждом конкретном случае. Рациональное питание юных спортсменов должно обеспечивать высокие потребности в основных питательных веществах и микронутриентах, полностью компенсировать энергетические затраты, связанные с интенсивным ростом и физической нагрузкой. Кроме того, сбалансированное питание и адекватная нутритивная поддержка детей спортсменов способствуют сохранению здоровья ребенка, оптимизации спортивной работоспособности, поддержанию оптимальных пропорций тела, обеспечивают сохранность мышечной массы тела, уменьшают риск травматизации в период тренировочного процесса, а также способствуют процессу восстановления после тренировки.

Однако организация рационального сбалансированного питания детей-спортсменов является весьма непростой задачей. Во-первых, данная группа спортсменов, в силу своего возраста, не в состоянии полноценно осознать важнейшую роль правильного, сбалансированного питания, а также оценить качество и целесообразность применения того или иного продукта спортивного питания. Во-вторых, тренировочные и соревновательные графики спортсменов ограничивают возможность адекватного восполнения энергетических затрат и удовлетворения потребности в питательных веществах. Поэтому, мероприятия по организации рационального питания и нутритивной поддержки спортсменов детского возраста должны включать разного рода образовательные программы направленные на информирование о правильном питании и возможностях применения спортивных продуктов самих спортсменов-юниоров и их родителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Rawson E.S., Miles M.P., Larson-Meyer D.E. Dietary Supplements for Health, Adaptation, and Recovery in Athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 2018; 28(2): 188–199. DOI:10.1123/ijnsnem.2017-0340
2. Solomon M.L., Briskin S.M., Sabatina N., Steinhoff J.E. The Pediatric Endurance Athlete. *Current Sports Medicine Reports* 2017; 16(6): 428–434. DOI:10.1249/jsr.0000000000000428

3. Belval L.N., Hosokawa Y., Casa D.J., Adams W.M., Armstrong L.E., Baker L.B. et al. Practical Hydration Solutions for Sports. *Nutrients* 2019; 11(7): 1550. DOI:10.3390/nu11071550
4. Pilis K., Stec K., Pilis A., Mroczek A., Michalski C., Pilis W. Body composition and nutrition of female athletes. *Rocz Panstw Zakl Hig* 2019; 70(3): 243-251. DOI:10.32394/rpzh.2019.0074
5. Richter M., Baerlocher K., Bauer J.M., Elmadfa I., Heseker H., Leschik-Bonnet E. et al. Revised Reference Values for the Intake of Protein. *Ann Nutr Metab* 2019; 74(3): 242-250. DOI:10.1159/000499374
6. Desbrow B., Burd N.A., Tarnopolsky M., Moore D.R., Elliott-Sale K.J. Nutrition for Special Populations: Young, Female, and Masters Athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*; 29(2): 220-227. DOI:10.1123/ijnsnem.2018-0269
7. Segatto, M., Pallottini, V. (2020). Facts about Fats: New Insights into the Role of Lipids in Metabolism, Disease and Therapy. *Int J Mol Sci* 2020; 21(18): 6651. DOI:10.3390/ijms21186651
8. Fantus R.J., Halpern J.A., Chang C., Keeter M.K., Bennett N.E., Helfand B. et al. The Association between Popular Diets and Serum Testosterone among Men in the United States. *J Urol* 2020; 203(2): 398-404. DOI:10.1097/JU.0000000000000482
9. Al-Jawaldeh A., Taktouk M., Nasreddine L. Food Consumption Patterns and Nutrient Intakes of Children and Adolescents in the Eastern Mediterranean Region: A Call for Policy Action. *Nutrients* 2020; 12(11): 3345. DOI:10.3390/nu12113345
10. Reid I.R. Vitamin D Effect on Bone Mineral Density and Fractures. *Endocrinology and Metabolism Clinics of North America* 2017; 46(4): 935-945. DOI:10.1016/j.ecl.2017.07.005
11. Sim M., Garvican-Lewis L.A., Cox G.R., Govus A., McKay A.K.A., Stellingwerff T. et al. Iron considerations for the athlete: a narrative review. *European Journal of Applied Physiology* 2019; 119(7): 1463-1478. DOI:10.1007/s00421-019-04157-y
12. Noll M., de Mendonça C.R., de Souza Rosa L.P., Silveira E.A. Determinants of eating patterns and nutrient intake among adolescent athletes: a systematic review. *Nutr J* 2017; 16(1): 46. DOI:10.1186/s12937-017-0267-0
13. Панченко М.Н., Андрияненко А.О., Майдан В.А. Нутритивная поддержка высококвалифицированных спортсменов на этапах подготовки, в период соревнований и восстановления. *Известия Российской Военно-медицинской академии* 2020; 39(52): 182- 183. [Panchenko M.N., Andriyanenko A.O., Maidan V.A. Nutritional support for highly qualified athletes at the stages of preparation, during the period of competition and recovery. *Izvestiya rossiyskoy voyenno-meditsinskoy akademii* 2020; 39 (52): 182-183. (In Russ.)]
14. Балькова Л.А., Ивянский С.А., Самошкина Е.С., Чигинева К.Н., Варлашина К.А., Плешков С.А. Стимуляторы работоспособности в спортивной медицине: многообразие выбора и влияния на здоровье. *Педиатрия (Прил. к журн. Consilium Medicum)* 2017; 4: 78-83. [Balykova L.A., Ivyanskiy S.A., Samoshkina E.S., Chigineva K.N., Varlashina K.A., Pleshkov S.A. The banned drugs in sport and cardiovascular system. *Pediatrics (Suppl. Consilium Medicum)*. 2017; 4: 78-83. (In Russ.)]
15. Gatterer K., Gumpenberger M., Overbye M., Streicher B., Schobersberger W., Blank C. An evaluation of prevention initiatives by 53 national anti-doping organizations: Achievements and limitations. *J Sport Health Sci* 2020; 9(3): 228-239. DOI:10.1016/j.jshs.2019.12.002
16. Bielec G., Goździewicz A. Nutritional habits of 11-12-year-old swimmers against non-athlete peers - a pilot study. *Pediatr Endocrinol Diabetes Metab* 2018; 24(2): 72-81. DOI:10.18544/PEDM-24.02.0105
17. Hew-Butler T. Exercise-Associated Hyponatremia // *Front Horm Res.* – 2019. – Vol. 52. – P. 178-189. DOI: 10.1159/000493247
18. Barley O.R., Chapman D.W., Abbiss C.R. Weight Loss Strategies in Combat Sports and Concerning Habits in Mixed Martial Arts // *Int J Sports Physiol Perform.* – 2018. – Vol. 13(7). – P. 933-939. DOI: 10.1123/ijsp.2017-0715

19. Денисова Н.Н., Погожева А.В., Кешабянц Э.Э., Баева В.С. Питание и водно-питьевой режим циклических видов спорта // Спортивная медицина: наука и практика. - 2018. - Т.8, №2. - С. 37-46. DOI: 10.17238 / ISSN2223-2524.2018.2.37.
20. Armstrong L.E. Rehydration during Endurance Exercise: Challenges, Research, Options, Methods // Nutrients. – 2021. – Vol. 13(3). - P. 887. DOI: 10.3390/nu13030887
21. Jay O., Morris N.B. Does cold water or ice slurry ingestion during exercise elicit a net body cooling effect in the heat? // Sports Medicine. – 2018. – Vol. 48(Suppl. 1). – P. 17–29. DOI: 10.1007/s40279-017-0842-8
22. Orrù S., Imperlini E., Nigro E., Alfieri A., et al. Role of Functional Beverages on Sport Performance and Recovery // Nutrients. – 2018. – Vol. 10(10). - P 1470. DOI: 10.3390/nu10101470
23. Sutehall S., Muniz-Pardos B., Bosch A.N., Di Gianfrancesco A., et al. Sports Drinks on the Edge of a New Era // Current Sports Medicine Reports. – 2018. – Vol. 17(4). – P. 112–116. DOI: 10.1249/jsr.00000000000000475
24. Fan P.W., Burns S.F., Lee J.K.W. Efficacy of Ingesting an Oral Rehydration Solution after Exercise on Fluid Balance and Endurance Performance // Nutrients. – 2020. – Vol. 12(12). – P. 3826. DOI: 10.3390/nu12123826

ВОДНО-ЭЛЕКТРОЛИТНЫЙ БАЛАНС У ЮНЫХ СПОРТСМЕНОВ

Поддержание адекватного водно-электролитного баланса обеспечивает непрерывность процессов терморегуляции, кровообращения и детоксикации. Жидкая среда необходима для протекания большинства биохимических реакций организма [1]. Вода составляет 50–70% от общей массы тела человека и разделена на внутриклеточную (65%) и внеклеточную (35%) части. При этом содержание воды в детском организме больше, чем во взрослом, и может достигать 75 – 80 % [2]. Состояние водного баланса обычно эффективно поддерживается в течение дня посредством поведенческого и биологического контроля. Однако во время выполнения физических упражнений поддержание организмом оптимального жидкостного баланса значительно затруднено. Поэтому при занятиях спортом довольно часто возникает обезвоживание, которое может привести к снижению результативности тренировки и развитию тепловой болезни, особенно в жарких условиях окружающей среды. Проблема дегидратации особенно актуальна для детей, так как систематическое обезвоживание оказывает негативное влияние на рост и развитие организма и создает риски для дальнейшей спортивной карьеры юного спортсмена. Было исследовано, что частые и значительные (> 4% от массы тела) потери жидкости во время тренировок могут способствовать снижению количества рецепторов к гормону роста и приводить к задержке развития ребенка [3]. Также существуют тревожные данные, которые свидетельствуют о недостаточном потреблении детьми жидкости не только во время занятий спортом, но и в повседневной жизни [4]. Исходя из вышесказанного, крайне важно рассмотреть современные методы контроля гидратации, факторы риска обезвоживания, эффективные и безопасные методы коррекции нарушений водно-электролитного баланса.

Методы оценки водного баланса

Оценка водного баланса различными методами может использоваться как для определения текущего состояния гидратации спортсмена, так и для динамического наблюдения и определения потребности в жидкости (например, во время тренировок). Хотя существуют различные способы оценки гидратации, нельзя выделить единый метод, который может служить критерием для оценки состояния водного баланса во всех условиях (повседневная активность, физические упражнения, экстремальные нагрузки и т.д.). Естественной реакцией организма на снижение количества воды является чувство жажды, которое является эффективной мерой оценки водного баланса в покое. Однако во время физических упражнений, особенно продолжительных (> 1 часа) и в жарких условиях, чувство жажды часто не соответствует реальной потере жидкости и не может с уверенностью использоваться в качестве индикатора дегидратации [5]. К наиболее часто используемым методам оценки изменений водного баланса в клинических условиях относят определение осмоляльности плазмы, измерение объема, осмоляльности и удельного веса мочи [6]. Использование этих методов в полевых условиях часто нецелесообразно из-за сложности проведения,

инвазивности (в случае забора образцов крови) и необходимости использования дополнительного оборудования. В таких условиях для контроля гидратации наиболее оптимально использовать измерение массы тела до и после тренировки.

Сравнение массы тела до и после физической нагрузки поможет юному спортсмену и его тренеру понять, насколько эффективна стратегия гидратации во время тренировки, а также поможет определить объем жидкости, необходимый для регидратации [7]. Тщательное наблюдение за изменениями массы тела во время физических нагрузок обеспечивает достаточно точную оценку дефицита воды в организме, поскольку во время непродолжительной тренировки потеря жидкости с потом и потребление жидкости извне являются основными факторами, влияющими на изменения массы тела спортсмена. Во время выполнения физических упражнений главная цель - не допускать потери массы тела более 2%. Важно отметить, что при физических нагрузках большой продолжительности (дольше 2-3 часов) в организме происходит значительное увеличение количества воды, образовавшейся в результате метаболических процессов (преимущественно за счет окисления липидов), что может исказить результаты интервального измерения массы тела и приводить к неправильной оценке гидратации спортсмена [8]. В целом можно утверждать, что чем больше интервал между измерениями массы тела, тем меньше эти измерения отражают колебания гидратации организма. Это обусловлено тем, что на массу тела влияют многие факторы: время дня, потребление пищи и жидкости, состав пота, потеря воды через дыхательные пути, скорость использования энергетических субстратов и т. д.

Важным дополнением к измерению массы тела в процессе оценки гидратации спортсмена является исследование мочи. Концентрация и цвет мочи обратно пропорциональны её объему. Используя данный факт можно косвенно оценить состояние водного баланса юного спортсмена. При этом на диурез влияют потребление жидкости, диета (например, потребление соли), болезни (диабет или заболевание почек), что нужно обязательно учитывать при интерпретации результатов [9]. Методы оценки гидратации включают в себя определение удельного веса, осмоляльности, цвета и объема мочи. Определение удельного веса мочи выполняется с помощью прибора рефрактометра и является быстрым и неинвазивным методом определения состояния водного баланса. Получение при исследовании значения более чем 1 020 г/л позволяет предположить ту или иную степень дегидратации. Данному пороговому значению плотности мочи соответствует значение осмоляльности 700 ммоль/кг [5]. Субъективное определение цвета мочи и ее количества также может помочь для диагностики дегидратации. Выделение мочи светлого цвета в нормальном объеме свидетельствует об адекватном потреблении жидкости и минимальном риске дегидратации, в то время как выделение мочи темного насыщенного цвета в небольших количествах свидетельствует о возможно недостаточном потреблении воды. Для оценки цвета мочи рекомендуется использовать шкалу

Армстронга, имеющую 8 цветовых значений, при этом значения 5 и более свидетельствуют о значимой для организма потере жидкости [10].

При анализе водного баланса с помощью исследования мочи важно помнить, что употребление гипотонических жидкостей приводит к увеличению диуреза до ликвидации дегидратации. Также результаты анализа мочи слабо коррелирует с реальным состоянием водно-электролитного баланса при его быстрых изменениях - остром обезвоживании или активной регидратации [11]. Отсюда можно заключить, что исследование мочи оправдано проводить для ежедневного контроля водного баланса в целях выявления хронической дегидратации. При этом наиболее информативно исследование утренней порции мочи. Признаками, позволяющими предположить недостаточное потребление жидкости в течение дня и развитие хронической дегидратации, являются: снижение утренней массы тела более чем на 1,1% (по сравнению с базальным значением, измеренном в состоянии эугидратации), темный цвет утренней мочи (> 5 по шкале Армстронга) или повышение удельного веса более чем 1 020 г/л, чувство жажды в первой половине дня. Выявление 2 из 3 признаков позволяет предположить состояние хронической дегидратации у юного спортсмена и диктует необходимость повысить потребление жидкости и электролитов в течение дня [12].

Помимо оценки интенсивности чувства жажды, измерения веса и исследования характеристик мочи существуют и другие перспективные способы мониторинга водного баланса. К ним относятся: исследование электролитов слюны и слезной жидкости, биоимпедансный анализ состава тела, двух-энергетическая рентгеновская абсорбциометрия и т.д. Однако на данном этапе наиболее оптимально использовать измерение массы тела для контроля водных потерь во время тренировки и дополнительное исследование мочи для контроля гидратации в течение дня.

Факторы риска дегидратации

Потеря жидкости во время занятий спортом в значительной степени связана с потоотделением. Данный процесс является жизненно важным для поддержания температуры тела на оптимальном уровне даже во время выполнения физических упражнений в прохладную погоду. Скорость потоотделения варьируется в пределах и в первую очередь зависит от выработки тепла, которое образуется вследствие протекания метаболических процессов. Также на количество потерь жидкости с потом влияют такие факторы, как состояние окружающей среды (температура, влажность, атмосферное давление), одежда, акклиматизация, тренированность и масса тела юного спортсмена [13].

Интенсивность и продолжительность упражнений являются основными факторами, определяющими скорость метаболических процессов и как следствие выработку тепла и интенсивность потоотделения. Можно утверждать, что продолжительные физические нагрузки несут в себе большую опасность развития дегидратации, чем короткие нагрузки с максимальным и субмаксимальным напряжением (гимнастика, бейсбол). Это связано с тем, что продолжительная физическая активность требует активного восстановления

гидратации организма непосредственно во время тренировки или соревнования, что часто бывает затруднительным в силу ряда причин. При этом монотонные циклические нагрузки (бег на длинные дистанции, велоспорт) позволяют с большой точностью оценить водные потери юного спортсмена и адекватно построить схему потребления жидкости во время занятия, что значительно снижает риск развития дегидратации. Большую опасность несут продолжительные физические нагрузки с нерегулярным ритмом интенсивности (футбол, регби). Во время таких нагрузок довольно сложно оценить потери жидкости с потом в реальном времени, а игровая составляющая часто нивелирует ощущение жажды спортсмена и ослабляет самоконтроль [7]. При выполнении интенсивных упражнений ($> 70\%$ МПК) снижается кровоток в сосудах, кровоснабжающих органы желудочно-кишечного тракта, что приводит к замедлению моторики желудка, ощущению дискомфорта и снижению абсорбции жидкости [14].

К факторам окружающей среды, влияющим на скорость потоотделения, относятся: температура воздуха, уровень солнечного излучения, ветреность, высота над уровнем моря и т.д. Наиболее неблагоприятными условиями для выполнения физических упражнений является жаркая, безветренная, солнечная и влажная погода. В этих условиях многократно возрастает скорость выделения пота и, как следствие, увеличивается риск дегидратации. Кроме того возрастает вероятность появления таких симптомов как одышка, тошнота и рвота, головокружение, слабость, что свидетельствует о развитии тепловой болезни [15]. Важным дополнительным фактором развития дегидратации в жаркой среде является наличие специальной одежды или экипировки, которая создает барьер между телом и окружающей средой и дополнительно увеличивает потери жидкости с потом. При этом наиболее неблагоприятно ношение одежды из синтетических материалов [7]. Важно отметить, что при тренировках в холодной среде потери жидкости с потом также могут быть очень значительными, особенно учитывая факт наличия теплой одежды, затрудняющей отвод тепла с поверхности тела. Также при низких температурах происходит увеличение потерь воды при дыхании и усиление диуреза вследствие вазоконстрикции поверхностных сосудов. При этом даже несмотря на значительное нарушение водного баланса во время выполнения физических упражнений на холоде, юный спортсмен может не испытывать жажды, что диктует необходимость тщательного контроля гидратации в этих условиях [16].

Помимо внешних факторов существуют и индивидуальные характеристики спортсмена, влияющие на риск развития дегидратации. К наиболее значимым факторам этого рода относятся масса тела и индивидуальная чувствительность организма к потере жидкости. Было исследовано, что чем больше масса тела спортсмена, тем большее количество пота он выделяет в единицу времени при прочих равных условиях и тем большее количество жидкости необходимо потреблять во время тренировки [7]. Также среди спортсменов часто встречается несоответствие чувства жажды и реального состояния водного баланса. Данная особенность может приводить как к

дегидратации, так и к гипергидратации. Последнее состояние в свою очередь является частой причиной гипонатриемии — опасного нарушения водно-электролитного баланса, которое может вызвать отек мозга и некардиогенный отек легких и в конечном счете привести к летальному исходу [17].

Важно отметить, что риск развития нарушения водного баланса также зависит от вида спорта и структуры тренировки или соревнования. Например, продолжительный или быстрый бег препятствует потреблению адекватного количества жидкости из-за часто возникающего чувства дискомфорта, вызванного значительными колебаниями тела в процессе движения. Напротив, при занятиях велосипедным или лыжным спортом более плавные движения не способствуют возникновению неприятных ощущений после потребления жидкости. Виды спорта, предполагающие деление на весовые категории (бокс, борьба и другие единоборства) или требующие сохранения стройного телосложения (художественная гимнастика), также являются факторами риска развития дегидратации из-за намеренного отказа от адекватного потребления жидкости [18]. В детском возрасте такие манипуляции могут оказать значительное влияние на рост и развитие юного спортсмена, поэтому у данного контингента необходимо осуществлять строгий контроль за гидратацией, особенно в дни взвешивания.

Исходя из вышеописанных факторов риска можно выделить наиболее опасные виды спорта, при занятиях которыми необходимо особенно тщательно контролировать уровень гидратации юных спортсменов. К ним относятся: футбол, регби, хоккей, лакросс, теннис, продолжительный бег и триатлон.

Профилактика дегидратации

Основная цель стратегии по поддержанию водного баланса - обеспечить максимальную безопасность и производительность во время физической активности. Крайне важно начинать тренировку в состоянии эугидратации. Перед началом физической нагрузки юный спортсмен не должен испытывать жажду или усталость, значения массы тела, цвета мочи и частоты мочеиспускания должны подтверждать отсутствие нарушения водного баланса. Для дополнительного насыщения организма водой рекомендуется за 2 — 3 часа до тренировки выпивать 500 мл жидкости [19]. Возможно начинать занятие в легком состоянии гипергидратации, но только в тех случаях, когда планируется продолжительная физическая активность в неблагоприятных условиях окружающей среды с ограниченным доступом к питьевой воде. В рутинной практике данный метод применять не рекомендуется [16].

В процессе физической активности основная цель — не допускать увеличения массы тела и избегать ее снижения более чем на 2% на протяжении всего периода тренировки. Для поддержания оптимального водного баланса юному спортсмену необходимо во время физических нагрузок употреблять достаточное количество воды. Существует несколько стратегий гидратации в период тренировки: потребление воды, ориентируясь на чувство жажды спортсмена, составление индивидуального плана гидратации,

полный отказ от жидкости и максимально возможное ее потребление [20]. Последние два метода не рекомендуется применять, так как при их использовании многократно повышается риск серьезных нарушений водно-электролитного баланса. Наиболее эффективная стратегия это составление индивидуального плана потребления жидкости. Использование данного метода позволяет учесть многочисленные индивидуальные характеристики спортсмена (скорость потоотделения в различных условиях, масса тела, корреляция чувства жажды и степени дегидратации) и составить наиболее оптимальный режим гидратации во время физической нагрузки. Стоит заметить, что для составления индивидуального плана гидратации необходимо осуществлять долговременное наблюдение за спортсменом в течение многочисленных тренировочных циклов в различных условиях и при выполнении нагрузок различной интенсивности. Использовать составленный питьевой режим в соревновательный период возможно только при доказанной эффективности в тренировочный период. Данная стратегия требует больших временных затрат и персонализированного подхода к каждому спортсмену, что часто бывает весьма затруднительным. Было выявлено, что в среднем для поддержания оптимального уровня гидратации во время аэробной нагрузки невысокой интенсивности требуется потреблять 150-300 мл жидкости каждые 15-20 минут [19]. При этом необходимо избегать чрезмерного потребления воды (более 700-800 мл в час) для снижения риска развития гипергидратации и гипонатриемии [20]. При появлении таких симптомов, как тошнота и ощущение вздутия, следует уменьшить количество потребляемой воды. Так как температура окружающего воздуха оказывает колоссальное воздействие на скорость потоотделения, возможно использовать также методы коррекции данного фактора. При тренировках в жаркое время рекомендуется использовать полотенца, пропитанные холодной водой, жилеты со льдом и другие средства. При крайне высокой температуре окружающей среды следует рассмотреть проведение тренировки в помещении с кондиционером либо перенести занятие на утреннее или вечернее время. Не рекомендуется потребление юными спортсменами ледяной кашицы, так как данный метод охлаждения не имеет преимуществ по сравнению с потреблением прохладной воды и несет в себе определенные риски для здоровья [21].

Большого внимания заслуживает состав жидкости для регидратации. При непродолжительных нагрузках длительностью менее 1 часа вполне достаточно употребление обычной питьевой воды. Однако при более долгой активности, особенно в неблагоприятных условиях, может потребоваться дополнительная дотация углеводов и электролитов, преимущественно натрия. Концентрация углеводов в жидкости должна составлять от 3% до 8%, а общее их потребление во время физической активности не должно превышать 60 г/час [22]. Углеводы входят в состав большинства спортивных напитков, так как являются наиболее легкоусвояемым источником энергии. Их потребление во время физической нагрузки способствует уменьшению чувства голода и улучшению самочувствия. Углеводы предотвращают истощение гликогена в мышечной

ткани и поэтому способствуют улучшению спортивных результатов при аэробных и силовых нагрузках. Наиболее оптимально применение спортивных напитков, содержащих мальтодекстрин и фруктозу в соотношении 1:1. Такой состав обладает достаточной энергетической ценностью и невысокой осмоляльностью, что обуславливает высокую скорость всасывания в желудочно-кишечном тракте [23]. Также возможно использование напитков, содержащих только глюкозу или смесь глюкозы и фруктозы. Стоит отметить, что прохладные жидкости, содержащие углеводы и электролиты, обладают более высокими органолептическими свойствами чем простая вода, что стимулирует спортсмена к более частому потреблению данных напитков. Юным спортсменам не рекомендуется потреблять спортивные напитки, содержащие кофеин и глицерол. Прием глицерола способствует накоплению жидкости в организме и таким образом возможно помогает избежать чрезмерной потери жидкости во время тренировки. Однако было исследовано, что потребление глицерола в составе спортивных напитков не способствует стабильному увеличению спортивных результатов и вызывает побочные эффекты (головная боль, тошнота и т.д.) [16].

После интенсивных тренировок крайне важно восполнить потери жидкости. Нормализация водно-электролитного баланса непосредственно после тренировки способствует более эффективному и быстрому восстановлению организма, снижает утомляемость и улучшает самочувствие. В восстановительный период необходимо осуществлять потребление жидкости в объеме, превосходящем ее потери в период тренировки или соревнования. При этом количество потребляемой воды может составлять до 150% от выявленной потери жидкости. Данная тактика обусловлена значительным увеличением диуреза при потреблении большого количества воды за ограниченное время и продолжающимися потерями жидкости и электролитов с потом после прекращения физической нагрузки [24]. В данной ситуации увеличение количества мочи не свидетельствует о восстановлении водно-электролитного баланса. В восстановительный период для регидратации возможно использование спортивных напитков, содержащих полиненасыщенные жирные кислоты (докозагексаеновая, эйкозапентаеновая и т.д.) или белки и аминокислоты. Омега-3-полиненасыщенные кислоты снижают уровень оксидативного стресса и подавляют выработку провоспалительных цитокинов, что способствует более эффективному восстановлению после тренировки. Белки и аминокислоты являются строительным материалом для мускулатуры организма, и их потребление после физической нагрузки позволяет сохранить баланс между синтезом мышечных белков и их разрушением [22].

Таким образом, поддержание водного баланса до, во время и после выполнения физических нагрузок крайне важно для нормального функционирования организма юного спортсмена. Состояние эугидратации на всех этапах тренировочного процесса способствует снижению уровня усталости, улучшению спортивных результатов, снижению риска перегрева в неблагоприятных условиях окружающей среды. Существует множество

способов оценки водно-электролитного баланса, однако наибольшее распространение получили такие методы, как измерение массы тела, исследование различных характеристик мочи (цвет, количество, осмоляльность, удельный вес) и субъективная оценка чувства жажды. Использование этих методов в совокупности позволяет с высокой точностью оценить адекватность восполнения потерь жидкости спортсменом и сформировать индивидуальный план регидратации. Для предварительной оценки потерь воды во время занятий необходимо учитывать факторы риска развития дегидратации. К ним относятся: высокая влажность и температура воздуха, наличие экипировки, большая масса тела спортсмена, интенсивные или продолжительные нагрузки, низкая чувствительность организма к потере жидкости, занятие игровыми видами спорта. Во время тренировки или соревнования нельзя допускать снижения массы тела более чем на 2 %. В среднем для поддержания оптимального уровня гидратации во время аэробной нагрузки следует потреблять 150-300 мл жидкости каждые 15-20 минут. Необходимо избегать чрезмерного потребления воды (более 700-800 мл в час), так как в этом случае возрастает риск развития гипергидратации и гипонатриемии. При непродолжительных тренировках (до 1 часа) для регидратации рекомендуется использовать обычную питьевую воду. В случае более продолжительных физических нагрузок может потребоваться дополнительное потребление электролитов и углеводов. Для восполнения дефицита жидкости после тренировки возможно потребление спортивных напитков, содержащих аминокислоты или полиненасыщенные жирные кислоты. При этом объем потребляемой жидкости может составлять до 150 % от количества потерь воды во время нагрузки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Perrier E.T. Hydration for Health: So What? Ten Advances in Recent Hydration History // *Annals of Nutrition and Metabolism*. – 2019. – Vol. 74(3). – P. 4–10. DOI: 10.1159/000500343
2. Liska D., Mah E., Brisbois T., Barrios P., et al. Narrative Review of Hydration and Selected Health Outcomes in the General Population // *Nutrients*. – 2019. – Vol. 11(1). – P. 70. DOI: 10.3390/nu11010070
3. Zubac D., Cular D., Marusic U. Reliability of Urinary Dehydration Markers in Elite Youth Boxers // *International Journal of Sports Physiology and Performance*. – 2018. – Vol. 13(3). – P. 374–381. DOI: 10.1123/ijsp.2016-0621
4. Suh H., Kavouras S. A. Water intake and hydration state in children // *European Journal of Nutrition*. – 2019. – Vol. 58(2). – P. 475-496. DOI: 10.1007/s00394-018-1869-9
5. Kenefick R. W. Drinking Strategies: Planned Drinking Versus Drinking to Thirst // *Sports Medicine*. – 2018. – Vol. 48(S1). – P. 31–37. DOI: 10.1007/s40279-017-0844-6
6. Barley O.R., Chapman D.W., Abbiss C.R. Reviewing the current methods of assessing hydration in athletes // *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. – 2020. – Vol. 17(1). P. 52. DOI: 10.1186/s12970-020-00381-6
7. Belval L.N., Hosokawa Y., Casa D.J., Adams W. M., et al. Practical Hydration Solutions for Sports // *Nutrients*. – 2019. – Vol. 11(7). – P. 1550. DOI: 10.3390/nu11071550
8. Cheuvront S.N., Kenefick R.W. CORP: Improving the status quo for measuring whole body sweat losses // *J Appl Physiol*. – 2017. – Vol. 123(3). – P. 632–636. DOI: 10.1152/jappphysiol.00433.2017

9. Zubac D., Reale R., Karnincic H., Sivric A., et al. Urine specific gravity as an indicator of dehydration in Olympic combat sport athletes; considerations for research and practice // *Eur J Sport Sci.* – 2018. – Vol. 18(7). – P. 920–929. DOI: 10.1080/17461391.2018.1468483
10. Armstrong L.E., Maresh C.M., Castellani J.W., Bergeron M.F., et al. Urinary indices of hydration status // *Int J Sport Nutr* – 1994. – Vol. 4. – P. 265–279.
11. Barley O.R., Chapman D.W., Blazevich A.J., Abbiss C.R. Acute dehydration impairs endurance without modulating neuromuscular function // *Front Physiol.* – 2018. – Vol. 9. – P. 1562. DOI: 10.3389/fphys.2018.01562
12. Casa D.J., Cheuvront S.N., Galloway S.D., Shirreffs S.M. Fluid Needs for Training, Competition, and Recovery in Track-and-Field Athletes // *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* – 2019. – Vol. 29(2). P. 175-180. DOI: 10.1123/ijnsnem.2018-0374
13. Baker L.B. Sweating Rate and Sweat Sodium Concentration in Athletes: A Review of Methodology and Intra/Interindividual Variability // *Sports Medicine.* – 2017. – Vol. 47(S1). – P. 111–128. DOI: 10.1007/s40279-017-0691-5
14. Smith K.A., Pugh J.N., Duca F.A., Close G.L. et al. Gastrointestinal pathophysiology during endurance exercise: endocrine, microbiome, and nutritional influences // *Eur J Appl Physiol.* – 2021. Advance online publication. DOI: 10.1007/s00421-021-04737-x
15. Asmara I.G.Y. Diagnosis and Management of Heatstroke // *Acta Med Indones.* – 2020. – Vol. 52(1). – P. 90-97.
16. McDermott B.P., Anderson S.A., Armstrong L.E., Casa D.J., et al. National Athletic Trainers' Association Position Statement: Fluid Replacement for the Physically Active // *Journal of Athletic Training.* – 2017. – Vol. 52(9). – P. 877–895. DOI: 10.4085/1062-6050-52.9.02
17. Hew-Butler T. Exercise-Associated Hyponatremia // *Front Horm Res.* – 2019. – Vol. 52. – P. 178-189. DOI: 10.1159/000493247
18. Barley O.R., Chapman D.W., Abbiss C.R. Weight Loss Strategies in Combat Sports and Concerning Habits in Mixed Martial Arts // *Int J Sports Physiol Perform.* – 2018. – Vol. 13(7). – P. 933–939. DOI: 10.1123/ijsp.2017-0715
19. Денисова Н.Н., Погожева А.В., Кешабянц Э.Э., Баева В.С. Питание и водно-питьевой режим циклических видов спорта // *Спортивная медицина: наука и практика.* – 2018. – Т.8, №2. – С. 37-46. DOI: 10.17238 / ISSN2223-2524.2018.2.37.
20. Armstrong L.E. Rehydration during Endurance Exercise: Challenges, Research, Options, Methods // *Nutrients.* – 2021. – Vol. 13(3). – P. 887. DOI: 10.3390/nu13030887
21. Jay O., Morris N.B. Does cold water or ice slurry ingestion during exercise elicit a net body cooling effect in the heat? // *Sports Medicine.* – 2018. – Vol. 48(Suppl. 1). – P. 17–29. DOI: 10.1007/s40279-017-0842-8
22. Orr S., Imperlini E., Nigro E., Alfieri A., et al. Role of Functional Beverages on Sport Performance and Recovery // *Nutrients.* – 2018. – Vol. 10(10). – P 1470. DOI: 10.3390/nu10101470
23. Sutehall S., Muniz-Pardos B., Bosch A.N., Di Gianfrancesco A., et al. Sports Drinks on the Edge of a New Era // *Current Sports Medicine Reports.* – 2018. – Vol. 17(4). – P. 112–116. DOI: 10.1249/jsr.0000000000000475
24. Fan P.W., Burns S.F., Lee J.K.W. Efficacy of Ingesting an Oral Rehydration Solution after Exercise on Fluid Balance and Endurance Performance // *Nutrients.* – 2020. – Vol. 12(12). – P. 3826. DOI: 10.3390/nu12123826

ОСОБЕННОСТИ ЭНЕРГООБМЕНА У ЮНЫХ СПОРТСМЕНОВ

В последнее десятилетие в медицине в целом стало активно развиваться так называемое «метаболическое направление», посвященное анализу обменных процессов различных уровней, в том числе и нарушений клеточного энергообмена, как основы или фона для многих патологических процессов. Особенно активно, почти революционно, формируются представления о роли нарушений клеточной энергетики в течении самых разнообразных патологических процессов [1].

Энергообмен в клетках осуществляется за счет универсальных клеточных органелл — митохондрий. В связи с этим появилось понятие «митохондриальные болезни» [2]. Митохондрии - органеллы энергообеспечения, в которых также происходят основные метаболические процессы клетки [3]. Количество их в клетке составляет от 50 до 1000 и более. От остальных клеточных органелл митохондрии отличает наличие хорошо изученной собственной митохондриальной ДНК, что определяет способность митохондрий к авторепродукции. Примечательно, что митохондриальная ДНК кодирует 13 из 83 полипептидов, представленных в дыхательной цепи [4]. В специализированных клетках митохондрии сосредоточены в тех участках, где имеется наибольшая потребность в энергии. Например, в мышечных клетках большие количества митохондрий сосредоточены вдоль рабочих элементов — сократительных фибрилл. В клетках, функции которых сопряжены с особо высокими энергозатратами, митохондрии образуют множественные контакты, объединяясь в сеть, или кластеры (например, кардиомиоциты и симпласты скелетной мышечной ткани).

В клетке митохондрии выполняют функцию дыхания. Установлено, что некоторые компоненты дыхательной цепи (коэнзим Q, цитохромоксидаза) наряду с переносом электронов по цепи осуществляют также перенос протонов из матрикса митохондрий в межмембранное пространство, в результате чего образуется протонный градиент. В процессе обратного тока протонов внутрь митохондриального матрикса происходит утилизация освобождаемой в дыхательной цепи энергии путем фосфорилирования АДФ в АТФ и другие макроэргические фосфаты, создается запас энергии биологического окисления. Помимо транспорта электронов, окислительного фосфорилирования, митохондрии обеспечивают еще один процесс с вовлечением окислительно-восстановительных реакций - β -окисление жирных кислот. Свободные жирные кислоты трансформируются в ацетил-СоА и затем образуют эфиры с карнитином. Карнитин-ацетил-СоА переносится через митохондриальную мембрану, ацетил-СоА высвобождается и участвует в β -окислении [5].

В условиях дефицита кислорода в клетках происходит накопление промежуточных продуктов обмена свободных жирных кислот — ацилкарнитина, ацил-КоА, НАД $\cdot$ Н, угнетается пируватдегидрогеназа, соответственно, устраняется возможность утилизации пирувата, в результате чего он практически полностью превращается в лактат. Лактат накапливается в цитозоле вместе с Н $^{+}$, что приводит к снижению внутриклеточного рН и нарушению

функции клетки. Помимо этого, промежуточные продукты обмена свободных жирных кислот угнетают адениннуклеотидтранслоказу митохондрий и затрудняют перенос макроэргических фосфатов через их мембрану, содействуя снижению энергодефицита и дальнейшей активации гликолиза. Выраженность этих процессов увеличивается по мере возрастания тяжести ишемии, что способствует возникновению тяжелого ацидоза, который сочетается с развитием вначале функциональных нарушений, а затем и с гибелью клеток миокарда вследствие повреждения клеточных мембран [6]. Изменение метаболизма жирных кислот в условиях гипоксии характеризуется нарушением бета-окисления жирных кислот, что сопряжено со снижением уровня карнитина. Происходит внутриклеточная аккумуляция жирных кислот, ацилкарнитинов, ацил-КоА. Повышенная концентрация ацил-КоА подавляет транспорт адениннуклеотидов в митохондриях, уменьшает активность ацил-КоА-синтетазы [7].

Многими исследователями установлено значение карнитина для процессов биологического окисления и поддержания митохондриальных функций в организме человека. Также в митохондриях происходит регуляция внутриклеточного распределения кальция, образование стероидов, регуляция апоптоза. В митохондриях интегрированы пути метаболизма белков, жиров и углеводов, осуществляются основные энергетические процессы. В связи с этим изменения митохондрий способны вызвать сложную цепь патологических процессов на уровне клетки и всего организма в целом [8].

Митохондрии играют немаловажную роль в таких процессах как: старение и гибель клетки, развитие некоторых заболеваний и патологических процессов и физиологическая адаптация организма к упражнениям на выносливость [4]. Оценка тканевой адаптации к функциональной недостаточности органов и систем основана на выявлении увеличения абсолютного числа митохондрий в клетках соответствующих тканей с помощью цитохимических, гистохимических и электронно-микроскопических методов [1].

Нет сомнений в том, что нарушения биоэнергетических систем клетки играют первостепенную роль в реализации повреждающих эффектов различных факторов. Митохондриальная дисфункция приводит к недостаточности энергообеспечения клеток, нарушению многих других важных обменных процессов, дальнейшему развитию клеточного повреждения, вплоть до гибели клетки [1]. Поэтому от состояния митохондрий зависит энергетическое состояние организма в целом. В последние годы традиционные представления о митохондриях, как о статичных клетках, стало сменяться теорией ремоделирования. Так, уже оговаривалось, что при определенных условиях митохондрии способны образовывать конгломераты или претерпевать процесс деления, сохраняя общую наружную мембрану [4].

Большинство заболеваний, в основе которых лежит митохондриальная недостаточность, представляет собой наследственную патологию. К ним относятся наследственная атрофия зрительных нервов Лебера, синдром NARP (нейропатия, атаксия, пигментный ретинит), синдром MERRF (миоклонус эпилепсия с «рваными» красными волокнами в скелетных

мышцах), синдром MELAS (митохондриальная энцефаломиопатия, лактатацидоз, инсультоподобные эпизоды) и многие другие [1]. Однако интенсивное изучение признаков болезней клеточной энергетики свидетельствует о том, что распространенность состояний, связанных с митохондриальной недостаточностью, не ограничивается наследственными синдромами, вызываемыми мутациями генов, непосредственно ответственных за митохондриальные белки [9,10]. В патогенезе полисистемной митохондриальной недостаточности много неясного, что определяется значительным полиморфизмом клинических проявлений. Клинический полиморфизм настолько характерен для феномена митохондриальной недостаточности, что сам по себе может служить диагностическим критерием — для большинства митохондриальных болезней характерно сочетание признаков поражения центральной (энцефалопатии) и периферической (полиневропатии, нарушения со стороны органов чувств) нервной систем, а также скелетной (миопатии) и сердечной (кардиопатии, нарушения проводимости) мышечной тканей. Именно это сочетание является первым (и, необходимо отметить, очень значимым) указанием на возможность ведущей роли митохондриальной недостаточности в патогенезе того или синдрома или нозологической формы [1,9].

Митохондриальное заболевание может дебютировать с любого симптома в любом возрасте [10]. Класс состояний, характеризующихся митохондриальной недостаточностью, отнюдь не ограничивается «первичными» нарушениями генов митохондриальных белков. В некоторых случаях этот механизм будет являться вторичным звеном патогенеза, например, для синдрома хронической усталости [1,2]. Причинами "вторичного" угнетения митохондриальной активности могут являться, в том числе и токсические агенты (продукты перекисного окисления липидов и др.) [1]. Без сомнения, чрезмерная активация перекисного окисления липидов является универсальным механизмом повреждения клеточных мембран, в том числе и при интенсивной физической нагрузке - спортивным стрессе [11].

На сегодняшний день широко используется понятие «энергодефицитный диатез». «Энергодефицитный диатез» — это скрытая форма относительной индивидуальной недостаточности цитоэнергетического статуса организма. Считается, что это состояние достаточно широко распространено и откладывает свой отпечаток на течение различных болезней и требует специфической «энерготропной» коррекции. Для пациентов с энергодефицитным диатезом характерно своеобразие индивидуального течения многих болезней, когда обычное лечение недостаточно эффективно [1,2,12]. В широком смысле диатезы определяют как аномалии конституции, характеризующиеся предрасположенностью к некоторым болезням и определенному типу неадекватных реакций на обычные раздражители. Учение о диатезах продолжает формироваться. По мере развития медицинской науки конкретизировались представления о механизмах той или иной предрасположенности, что привело к выделению вместо отдельных диатезов заболеваний, относящихся к ферментопатиям, мембранопатиям, иммунодефицитным состояниям, эмбриопатиям, фетопатиям [13].

Помимо вклада в теоретическую патологию и медицинскую систематику, одним из главных достижений медицинской «митохондриологии» и метаболического направления в целом явилось создание эффективного диагностического инструментария (клинические, биохимические, морфологические и молекулярно-генетические критерии митохондриальной недостаточности), позволившего оценивать полисистемность нарушения клеточного энергообмена [1]. Нельзя забывать, что митохондриальные болезни могут дебютировать в любом возрасте. Параклинические методы, генетическое исследование позволяет поставить диагноз на ранних сроках, а также диагностировать митохондриальную патологию даже при бессимптомном ее течении [10,14].

Таким образом, все нарушения энергообмена можно подразделить на три категории:

1. Энергодефицитный диатез.
2. Вторичные нарушения при разных заболеваниях.
3. Первичные митохондриальные нарушения.

Метаболическое направление и митохондриальная патология достаточно хорошо изучены в педиатрическом аспекте. Так как митохондриальные нарушения могут проявляться практически во всех системах организма, они представляют интерес для медицинских специалистов самых различных областей. Однако приоритетной задачей на сегодняшний день является развитие профилактического направления.

В настоящее время в связи с возрождением детского и юношеского спорта в России, ранней спортивной специализацией, широким использованием интенсивных тренировочных нагрузок, а вместе с тем — с накоплением знаний о влиянии генетических детерминант и внешних факторов на состояние здоровья атлетов, проблемы спортивной патологии в юном возрасте стали звучать более актуально [11]. В условиях развития детско-юношеского спорта необходимо особо тщательно подходить к вопросу системности и адекватности тренировочного процесса, психосоматического благополучия юных спортсменов. Необходимо особо отметить, что общественная и/или эмоциональная жизнь подростка оказывает огромное влияние на его физическое здоровье и, наоборот, при наличии у него хронических заболеваний возможны серьезные психосоциальные проблемы и тревоги [15].

Период роста и формирования организма, как никакой другой, нуждается в строго индивидуальном подходе тренера и врача к тренирующимся. Это объясняется большими различиями в темпах и продолжительности отдельных этапов роста и созревания, сопровождающихся различиями в состоянии здоровья юных спортсменов, их функциональных и психологических особенностей, переносимости нагрузок, быстроты восстановления и двигательной одаренности и др. стандартный подход в подборе нагрузок, их объема и интенсивности, способа общения с подопечными, режима труда, тренировки и отдыха, методов восстановления и т.д. не только снижает эффективность тренировки, но и может привести к перетренированности, нервным срывам, потере интереса к тренировке и, в конце концов, к уходу ребенка из спорта [16]. Также остро стоит проблема

повышения физической работоспособности и ускорения протекания восстановительных процессов после значительных физических напряжений, вопрос энергетического обеспечения и поддержания процесса мышечной деятельности [17].

К сожалению, проблема митохондриальной патологии применительно к спортивной медицине изучена недостаточно. В связи с этим необходимо расширить представления о роли митохондрий в физиологических и адаптационных регуляциях, о возможностях коррекции энергодефицитных состояний, о схемах применения энерготропной терапии.

Многочисленные клинические исследования, проведенные в последние годы, свидетельствуют о том, что относительная недостаточность энергетического фона может наблюдаться и у практически здоровых лиц. Это особенно актуально для спортсменов, так как в ответ на интенсивные физические нагрузки развивается тканевая гипоксия и ишемия. При этом скрытые нарушения клеточной энергетики могут быстро декомпенсироваться, приводя к снижению активности ферментов митохондриальной дыхательной цепи, вследствие чего возникает широкий спектр метаболических функциональных нарушений [18]. Развитие митохондриального направления дает возможность изучить влияние нарушений клеточного энергообмена на механизмы адаптации у спортсменов. Необходимо отметить, что адаптационный синдром является одним из основных звеньев в патогенезе патологического процесса, формирующегося при действии стрессовых факторов [8].

В зависимости от типа и характера выполняемой физической (мышечной) работы

различают следующие типы выносливости:

1. статическую и динамическую выносливость, т. е. способность длительно

выполнять соответственно статическую или динамическую работу;

2. локальную и глобальную выносливость, т. е. способность длительно осуществлять соответственно локальную работу (с участием небольшого числа мышц) или глобальную работу (при участии больших мышечных групп - более половины мышечной массы);

3. силовую выносливость, т. е. способность многократно повторять упражнения,

требующие проявления большой мышечной силы;

4. анаэробную и аэробную выносливость, т. е. способность длительно выполнять

глобальную работу с преимущественно анаэробным или аэробным типом энергообеспечения.

В спортивной физиологии выделяют понятие выносливость и определяют её как способность длительно выполнять глобальную мышечную работу преимущественно или исключительно аэробного характера [19]. Одним из свойств, характерных для механизма адаптации и роста выносливости к аэробным нагрузкам, является большее потребление кислорода скелетными мышцами - возрастание максимального потребления кислорода

(МПК). МПК — это максимально возможная скорость потребления кислорода в единицу времени при выполнении физической нагрузки, выражается в л/мин или в мл/мин/кг [20]. Аэробная и анаэробная производительность зависит от уровня тренированности, пола, возраста, массы тела и даже от композиционного состава тела [21]. Возрастная низкая эффективность и экономичность кислородных режимов детского организма также отражается на адаптации юного спортсмена к физическим нагрузкам. Так, наибольший годовой прирост аэробной производительности отмечается у мальчиков 13-14 лет (МПК на 28%, кислородный пульс на 24%), максимальный прирост абсолютной величины МПК наблюдается с 15 до 16 лет; у девочек наибольший прирост — в 12-13 лет (МПК на 17%, кислородный пульс на 18%). Максимальные абсолютные величины аэробной производительности у мальчиков достигаются к 18 годам, у девочек — к 15 [22]. Это позволяет нам говорить о лучшей переносимости детьми подросткового возраста аэробных нагрузок. Максимальный прирост анаэробной работоспособности приходится на возраст 15 лет, что совпадает с увеличением количества гликолитических волокон в мышцах. Так, в многочисленных исследованиях было доказано, что наиболее интенсивные перестройки энергетического потенциала и скорости ростовых процессов различных типов мышечных волокон происходят в пубертатный период и окончательный вариант типоспецифичности мышечного волокна устанавливается только после полового созревания [22]. В последнее время количество исследований, посвященных возрастным преобразованиям энергообеспечения мышечной системы, значительно увеличивается. Все эти работы указывают на то, что в период от 7 до 17 лет происходит интенсивное развитие энергетики скелетных мышц и функциональных механизмов, на которых базируется энергетическое обеспечение и, которые являются, в то же время, основой проявления, совершенствования и целенаправленного развития двигательных качеств детей и подростков [23].

Уровень МПК также зависит от максимальных возможностей двух функциональных систем:

- 1) кислородтранспортной системы, абсорбирующей кислород из окружающего воздуха и транспортирующей его к работающим мышцам и другим активным органам и тканям тела;
- 2) системы утилизации кислорода, т. е. мышечной системы, экстрагирующей и утилизирующей доставляемый кровью кислород.

У спортсменов, имеющих высокие показатели МПК, обе эти системы обладают большими функциональными возможностями [18]. Во многих исследованиях наблюдалась тесная связь между переносимостью аэробных нагрузок в течение длительного времени и активностью окислительных ферментов митохондрий. В настоящее время для определения характеристик митохондриальных функций используются клинические, биохимические (оценка уровней пирувата и лактата, антиоксидантной активности, продуктов перекисного окисления липидов крови) и молекулярно-генетические методы (выявление мутаций митохондриальной ДНК и ядерных мутаций,

приводящих к нарушению синтеза митохондриальных белков). Однако одно из ведущих мест в современной диагностике митохондриальных нарушений занимают морфологические методы: гистохимическое изучение активности митохондриальных ферментов и распределения таких субстратов как липиды, гликоген, соли кальция в биоптатах скелетных мышц, в гладкомышечных элементах различных органов, полученных при операционном вмешательстве, цитохимическое морфометрическое изучение активности ферментов митохондрий в различных форменных элементах крови [24].

Активность митохондриальных ферментов (сукцинатдегидрогеназы, -СДГ, α -глицерофосфатдегидрогеназы - α -ГФДГ, лактатдегидрогеназы - ЛДГ) в мышечных волокнах является достаточно надежным показателем окислительного потенциала [25,26]. СДГ — основной энергетический фермент, катализирует окисление янтарной кислоты, позволяет с высокой степенью достоверности судить о функциональной активности всего митохондриального аппарата. Локализуется на внутренней мембране митохондрий. -ГФДГ — фермент, отражающий работу глицерофосфатного челночного механизма по транспорту электрон-эквивалентов из цитоплазмы в митохондрии, а также обмен фосфолипидов. ЛДГ — фермент, катализирующий обратимое восстановление пирувиноградной кислоты до молочной в процессе гликолиза. Доступными и информативными для динамической оценки интенсивности аэробных окислительных процессов в организме оказались цитохимические тесты на активность этих ферментов лимфоцитов периферической крови (количественный цитохимический метод, модифицированный Нарциссовым, 1969). После ряда исследований получены данные о достоверной корреляции функциональной активности митохондрий лимфоцитов, отражающие полисистемную митохондриальную недостаточность с тестом на "рванные" красные волокна в биоптатах скелетных мышц [5].

Имеются данные, что ферментный статус лимфоцитов отражает состояние ферментного статуса клеток мозга, миокарда, печени, почек, селезенки, тимуса, мышц, слизистой оболочки желудка и кишечника [27]. Поэтому для исследования митохондриальной активности всех тканей организма возможно применение практически неинвазивной методики — цитохимического анализа активности митохондриальных ферментов, предложенного Нарциссовым Р.П. (1969-1993 гг.). Доказательством адекватности применения морфометрического анализа лимфоцитов при митохондриальных дисфункциях является установленная корреляция функциональной активности митохондрий лимфоцитов с тестом RRF в биоптатах мышц [1]. Увеличение абсолютного числа этих органелл, в частности феномен - «рваных красных волокон» (RRF) в скелетных мышцах, является проявлением компенсаторных способностей организма, позволяющих справиться с тем или иным функциональным дефектом [1].

По сравнению с исследованием биоптата, определение ферментативной активности в лимфоцитах является неинвазивной методикой, что значительно облегчает ее применение в педиатрической и спортивной практике.

Анализ гистохимических, гистологических показателей биоптатов скелетной мышцы, а также цитохимических характеристик ферментов биоэнергетического обмена лимфоцитов периферической крови показывает, что процесс пролиферации митохондрий является неспецифическим механизмом тканевой адаптации к функциональной недостаточности органов и систем [1,9].

Окислительная способность мышц определяется количеством митохондрий и окислительных ферментов в них, окислительный метаболизм в конечном счете зависит от их адекватного снабжения кислородом. В состоянии покоя потребности организма в АТФ относительно невелики, поэтому потребность в кислороде также минимальна. Однако с увеличением интенсивности нагрузки возрастает и потребность в энергии [25]. Для спортсменов, задействованных в тех видах спорта, которые требуют наибольшей мышечной работы и энергетических затрат, очень важным и информативным является показатель уровня, динамики лактата и пирувата до и после физической нагрузки. Содержание лактата и пирувата в биологических средах служит косвенным критерием энергетического гомеостаза, своего рода показателем направленности гликолитических превращений углеводов. Баланс указанных веществ определяет критерий соотношения (КС) — лактат/пируват — в биологических средах, а повышение показателя расценивается как свидетельство преобладания анаэробного гликолиза над аэробным [28].

В связи с этим целесообразно говорить о таком понятии, как порог лактата. Порог лактата - момент начала аккумуляции лактата в крови во время физической нагрузки, увеличивающейся интенсивности сверх уровней, характерных для состояния покоя. Многие специалисты считают порог лактата надежным показателем потенциальных возможностей спортсмена выполнять физические нагрузки, требующие проявления выносливости. Увеличение интенсивности физической нагрузки приводит к более быстрой аккумуляции лактата. Согласно определению, порог лактата должен отражать взаимодействие между аэробной и анаэробной энергетическими системами. По мнению некоторых исследователей, порог лактата отражает значительный сдвиг в сторону анаэробного гликолиза, вследствие которого образуется лактат. Поэтому значительное повышение уровня лактата крови при увеличении усилия называют анаэробным порогом или порогом анаэробного обмена (ПАНО) [25].

Наиболее важными для спортсменов являются процессы обратного превращения лактата в пируват. Это происходит с помощью фермента лактат-дегидрогеназы сердечного типа (ЛДГ-с), в состав которого входит витамин В1 (тиамин). В свою очередь пируват превращается ацетил-коэнзим с помощью фермента пируват-дегидрогеназы (ПДГ). В состав этого фермента входит витамин РР. При недостатке ферментов спортсмены могут выполнять длительные упражнения только на уровне аэробного порога, и кратковременную работу на уровне анаэробного порога, при использовании жиров как источника энергообеспечения [1,29].

При выполнении спортсменами упражнений преимущественно аэробного характера скорость потребления кислорода становится тем выше, чем

больше мощность выполняемой нагрузки (скорость перемещения). Поэтому в видах спорта, требующих проявления большой выносливости, спортсмены должны обладать большими аэробными

возможностями: 1) высокой максимальной скоростью потребления кислорода, т. е. большой аэробной "мощностью", и 2) способностью длительно поддерживать высокую скорость потребления кислорода (большой аэробной "емкостью") [19]. Существует множество видов тренировок, тренирующих лактатную систему. Основная их цель — совершенствование способности спортсмена выполнять упражнение при высоких концентрациях лактата. Такие виды тренировок относятся к интенсивным и являются анаэробными и лактатными. Тренировка кислородной системы, в свою очередь, основывается на тренировках на выносливость. Это нагрузки, выполняющиеся с субмаксимальной мощностью в течение относительно длительного времени. Во время тренировок на выносливость (аэробных тренировок) накопление молочной кислоты не происходит. Существует три вида тренировок, направленных на развитие выносливости: интенсивная аэробная тренировка, промежуточная аэробная тренировка и экстенсивная аэробная тренировка. К аэробным нагрузкам также относят восстановительную тренировку [20].

В заключении, можно отметить, что в настоящее время педиатрические аспекты спортивной патологии стали звучать более актуально. Развитие метаболического направления в профилактической медицине дает возможность изучить влияние нарушений клеточного энергообмена на механизмы адаптации, в том числе и у юных спортсменов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Сухоруков В.С.* Очерки митохондриальной патологии //Медпрактика-М, Москва 2011.
2. *Царегородцев А.Д., Сухоруков В.С.* Митохондриальная медицина — проблемы и задачи// Российский вестник перинатологии и педиатрии 2012 №4-2: С. 5-14.
3. Luft R. The development of mitochondrial Medicine // Proc. Natl. Acad. USA. 1994; 91: pp. 8731—8738.
4. Nir Eynon, María Morán, Ruth Birk, etc The champions' mitochondria: is it genetically determined? A review on mitochondrial DNA and elite athletic performance //Physiological Genomics. 2011; 43: pp789-798.
5. *Ершова С.А.* Дисфункция митохондрий при нефропатиях у детей (Обзор литературы)// Нефрология и диализ Т. 5, 2003 г., №4, С.344-352.
6. *Житникова Л.М.* Триметазидин в метаболической терапии сердечно-сосудистых заболеваний //Русский медицинский журнал №14. Кардиология, июнь, 2012.
7. *Леонтьева И.В., Николаева Е.А., Алимина Е.Г., и др.* Клиническое значение оценки показателей карнитинового обмена при кардиомиопатиях у детей //Практика педиатра, октябрь 2012, с. 74-79.
8. *Шабельникова Е.И.* Морфофункциональные характеристики митохондрий лимфоцитов у детей при различных формах недостаточности клеточного энергообмена // Автореф. дис., канд. мед. наук. М.: 2005
9. *Леонтьева И.В., Сухоруков В.С., Ключников С.О.* Митохондриальная дисфункция при кардиомиопатиях у детей.// Лекции по педиатрии. Кардиология. Том 4, М.-2004 — стр 399-413

10. Richard H. Haas Mitochondrial Disease: A Practical Approach for Primary Care Physicians //Pediatrics. 2007; 6: pp 1326-1333.
11. Балыкова Л.А., Ивянский С.А., Макаров Л.М., и др. Перспективы метаболической терапии в детской спортивной кардиологии //Педиатрия. 2009; том 88 №5: С.7-13
12. Ключников С.О. Перспективы применения L-карнитина в педиатрии// «Consilium Medicum Педиатрия» №2, 2007, С.116-119.
13. Вельтищев Ю.Е. Наследственное предрасположение к болезням, диатезы и пограничные состояния у детей // Педиатрия. 1984. № 12. С. 3-9.
14. Tudor Rasanu, Teofil Mehedinti, Anca Hancu, et al. Mitochondrial myopathies: current diagnosis (ii) // Romanian journal of neurology – volume x, no. 1, 2011.
15. Ключников С.О., Ильяшенко Д.А., Ключников М.С. Эффективность Карнитона и Кудесана у подростков. Клинико-функциональное и психологическое исследование //«Практика педиатра», 2009.
16. Граевская Н.Д., Долматова Т.И. Спортивная медицина //М.-2008, С.269.
17. Яценко Л.Г., Высочин Ю.В., Денисенко Ю.П. Физиологические механизмы срочной адаптации и экстренного повышения физической работоспособности //Вестник спортивной науки. 2006; 2: С. 3-6.
18. Рычкова Т. И., Остроухова И. П., Яцков С. А. и др. Методы коррекции функциональных изменений сердечно-сосудистой системы препаратом L-карнитина у детей и подростков с сочетанной патологией //Лечащий врач. 2010; №8:
19. Коц Я.М. – Спортивная физиология. Учебник для институтов физической культуры// М.: Физкультура и спорт, 1986. — 240 с.
20. Янсен, П. ЧСС, лактат и тренировки на выносливость: Пер. с англ. / П. Янсен. – Мурманск: Тулома, 2006. – 160 с.
21. Claude Bouchard, Ping An, Treva Rice, et al. Familial aggregation of V̇O₂ max response to exercise training: results from the HERITAGE Family Study Journal of Applied Physiology. 1999; 3: pp1003-1008
22. Гольдберг Н.Д., Дондуковская Р.Р. Питание юных спортсменов //Советский спорт, 2009.
23. Тамбовцева Р.В. Автореф. дисертации д.б.н. Возрастные и типологические особенности энергетики мышечной деятельности. М., 2003. - 50 с.
24. Меркурьева А.В., Сухоруков В.С., Смирнов А.В. и др. Комплексная гистологическая диагностика полисистемной митохондриальной недостаточности// Вестник РУДН, серия Медицина. 2003 № 5 (24) С.50-53
25. Уилмор Дж.Х., Костил Д.Л. Физиология спорта и двигательной активности// Киев, 1997 С 94, 99
26. Wolf N.I., Smeitink A.M. Mitochondrial disorders: proposal for consensus diagnostic criteria in infants and children //Neurology 2002; 59: pp 1402—1405.
27. Шищенко В.М., Крепей В.В., Петричук С.В., и др. Новые возможности цитохимического анализа в оценке состояния здоровья ребенка и прогнозе его развития // Педиатрия.1998; 4: С. 96-101.
28. Рылова Н.В., Малиновская Ю.В., Хафизова Г.Н. Показатели энергетического обмена у детей с патологией органов пищеварения // Казанский медицинский журнал, 2008 Том: 89 №2 С. 195-196 .
29. Заборова В.А. Энергообеспечение и питание в спорте //М. - 2011.-107.

МЕТАБОЛИЗМ КАРНИТИНА И МАКСИМАЛЬНОЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ КИСЛОРОДА У ЮНЫХ СПОРТСМЕНОВ

Профилактическое направление в медицине выходит на первый план при медико-биологическом обеспечении спорта высших достижений, а также детско-юношеского спорта. Учитывая возрастные, половые особенности в становлении системы энергообеспечения у детей, существенное психологическое давление на юных атлетов, раннее начало занятий спортом, необходимо особенно важным становится вопрос об интенсивности физических нагрузок у детей в рамках сохранения их здоровья. [1, 2].

Установлено, что при воздействии интенсивной физической нагрузки процессы клеточного метаболизма претерпевают определенные изменения. В результате дефицита кислорода в клетках в процессе цикла трикарбоновых кислот происходит накопление промежуточных продуктов обмена свободных жирных кислот. Текущие процессы ведут к нарушению функции клетки, и, зачастую, к ее гибели. Выраженность этих процессов увеличивается по мере возрастания степени гипоксии тканей. Поэтому для профилактики ухудшения состояния здоровья и снижения работоспособности у детей необходим всесторонний подход к изучению энергообеспечения физической деятельности. В детской практике в диагностике различных состояний особенно важно использование малоинвазивных и эффективных методов исследования процессов, происходящих под воздействием физической деятельности. Благодаря развитию профилактического и метаболического направления в медицине появилась возможность создания надежного диагностического инструментария, позволяющего оценивать нарушения клеточной энергетики [3, 4]. В числе этих методов важную роль играет оценка показателей обмена карнитина.

Цель исследования: оценка физической работоспособности детей, занимающихся разными видами спорта, с помощью особенностей показателей обмена карнитина.

Материалы и методы исследования. При проведении исследования критериями включения в него явились: возраст от 12 лет до 17 лет 11 месяцев, I-II группы здоровья. Всего под наблюдением находился 131 ребенок в возрасте от 12 лет до 17 лет 11 месяцев. Среди них 94 ребенка, интенсивно занимающихся спортом (интенсивная физическая нагрузка не менее 12 часов в неделю - 3 и более раз в неделю в течение последних 6 или более месяцев). Основная группа была разделена на 2 подгруппы в зависимости от типа физической нагрузки. Таким образом, в первую подгруппу вошли 46 детей – представителей циклических видов спорта (плавание), а во вторую – 48 представителей игровых видов спорта (хоккей на траве). Остальные 37 детей составили группу контроля, не занимающиеся интенсивной физической нагрузкой (занятия физической культурой 2 раза в неделю в рамках школьного расписания). В результате статистической обработки подтвердилась нормальность распределения сравниваемых совокупностей как по возрасту, так и по полу. Данные о возрасте исследуемых детей приведены в таблице 1.

Таблица 1
Table 1

Распределение детей исследуемой и контрольной групп по полу
Distribution of children of the studied and control groups by gender

Группа / Вид нагрузки	Мальчики		Девочки	
	n	M±m, лет	n	M±m, лет
Игровые виды спорта	29	16,1±0,3	19	16,2±0,3
Циклические виды спорта	31	15,8±0,3	15	16,1±0,4
Контрольная группа	17	16,0	20	15,0
ИТОГО:	77	16,0±0,1	54	16,0±0,2

Определение уровня свободного и связанного карнитина методом тандемной хромато-масс-спектрометрии проводилось на базе лаборатории молекулярной и биохимической диагностики НИКИ Педиатрии ГБОУ ВПО РНИМУ им. Пирогова Минздрава России, г. Москва (заведующий лабораторией — д.м.н., профессор Сухоруков В.С.). Биоимпедансметрия, кардиореспираторное нагрузочное тестирование прямым методом проводилось на базе кафедры медико-биологических дисциплин ФГБОУ ВПО «Поволжская государственная академия физической культуры, спорта и туризма», г. Казань. Статистический анализ проводился с использованием программы IBM SPSS Statistics. Полученные данные приводятся в таблицах в виде $M \pm m$, где M — средняя величина, m — средняя ошибка средней величины.

Результаты проведенных исследований

В рамках общеклинического исследования нами была изучена структура жалоб и перенесенных заболеваний в исследуемой группе. Все дети, занимающиеся спортом, на момент обследования активных жалоб не предъявляли. Субъективные симптомы утомления и перенапряжения не отмечал никто из исследуемых. Некоторые спортсмены, однако, отмечали болезненность в суставах. Среди мальчиков, занимающихся хоккеем на траве, 55,2% отметили, что испытывают болезненность в коленных суставах после тренировок и игр. Аналогичный ответ дали 42,1% девочек, играющих в хоккей на траве. Среди представителей плавания болезненности в суставах отмечено не было. При анализе диспансерных карт и результатов Эхо-КС у 17,2% мальчиков и 15,8% девочек, играющих в хоккей, был выявлен пролапс митрального клапана с незначительной регургитацией, что не является противопоказанием к занятиям спортом. Среди представителей плавания у 33,3% девочек были выявлены эктопические хорды левого желудочка. По результатам исследования все дети были отнесены к I-II группе здоровья, допущены к тренировочным занятиям и соревновательному процессу.

Результаты исследования состояния карнитинового обмена

Основными характеристиками карнитинового обмена являются уровень общего карнитина, содержание свободного (C0) и связанного карнитина (AK), а также индекс их соотношения AK/C0. Для трех групп исследуемых детей было также проведено сравнение уровня общего карнитина, а также изучено процентное соотношение содержания свободного и связанного

карнитина. В результате статистического анализа данных, среднее содержание общего карнитина в группе детей, занимающихся игровыми видами спорта составило $45,9 \pm 1,6$ мкмоль/л, в группе представителей циклических видов – $52,6 \pm 1,1$ мкмоль/л, в контрольной группе – $46,3 \pm 1,0$ мкмоль/л. Содержание общего карнитина имело статистически значимые различия при сравнении всех трех групп между собой ($F = 8,3; p < 0,001$). Парные сравнения показателей при помощи критерия Тьюки выявили существенно более высокий уровень общего карнитина в группе детей, занимающихся циклическими видами спорта, при сравнении как с группой детей, занимающихся игровыми видами спорта ($p < 0,01$), так и контрольной группой ($p < 0,01$). Сопоставление долей свободного и связанного карнитина в исследуемых группах представлено на рисунке 1.

В соответствии с полученными данными, нами было установлено, что среднее процентное содержание свободного карнитина в структуре общего карнитина у представителей игровых видов спорта статистически значимо ниже, чем у представителей циклических видов спорта и в группе контроля ($F = 5,2; p < 0,01$).

Далее показатели обмена карнитина были проанализированы нами в исследуемых группах с учетом половых различий независимо от вида физической нагрузки (таблица 2).

Проведенный анализ выявил статистически значимые различия между мальчиками и девочками по содержанию общего карнитина ($p < 0,001$) свободного карнитина ($p < 0,01$) и содержанию связанного карнитина ($p < 0,001$). Более высокий уровень показателей карнитинового обмена отмечался у мальчиков. Различия сравниваемых групп по средней величине индекса АК/С0 оказались статистически незначимыми.

Результаты сравнения показателей карнитинового обмена (свободного и связанного карнитина, их соотношения) в зависимости от вида спорта представлены в таблице 3.

Вначале было проведено сравнение показателей карнитинового обмена среди детей одного пола в зависимости от вида физической нагрузки. Так, содержание свободного карнитина у девочек, занимающихся плаванием было статистически значимо выше, чем у хоккеисток ($p < 0,001$) и у девочек

Таблица 2
Table 2

Сравнение показателей карнитинового обмена в исследуемых группах в зависимости от пола
Comparison of indicators of carnitine metabolism in the studied groups depending on gender

Показатель карнитинового обмена	Пол исследуемых		t	p
	Мужской	Женский		
Общий карнитин, мкмоль/л	$51,66 \pm 1,17$	$44,6 \pm 0,90$	4,8	$< 0,001$
Свободный карнитин (С0), мкмоль/л	$34,5 \pm 0,8$	$30,7 \pm 0,8$	3,2	$< 0,01$
Связанный карнитин (АК), мкмоль/л	$17,2 \pm 0,6$	$13,9 \pm 0,4$	4,5	$< 0,001$
Индекс АК/С0	$0,51 \pm 0,02$	$0,46 \pm 0,01$	1,9	$> 0,05$

Таблица 3.
Table 3.

Содержание свободного и связанного карнитина, значение индекса АК/С0
The content of free and bound carnitine, the value of the index AK / C0

		Свободный карнитин (С0), мкмоль/л	Связанный карнитин (АК), мкмоль/л	АК/С0
Игровые виды спорта, N=48	Мальчики, N=29	31,8±1,4	18,4±0,9	0,59±0,02
	Девочки, N=19	27,0±1,0	12,27±0,5	0,46±0,02
Циклические виды спорта, N=46	Мальчики, N=31	36,3±1,1	17,4±0,8	0,49±0,03
	Девочки, N=15	36,3±1,3	14,0±0,9	0,4±0,04
Группа контроля, N=37	Мальчики, N=17	40,6±2,5	11,1±0,9	0,27±0,01
	Девочки, N=20	29,9±0,8	15,5±0,4	0,52±0,01

контрольной группы ($p < 0,001$). Этот же показатель у хоккеисток достоверно ниже, чем у девочек контрольной группы при $p < 0,05$. Статистически значимые различия содержания связанного карнитина отмечены только при сравнении девочек-хоккеисток и девочек контрольной группы, причем в последней он был существенно выше ($p < 0,001$). Наиболее высокие значения индекса АК/С0 наблюдались у девочек контрольной группы, имеющей статистически значимые различия как с хоккеистками ($p < 0,01$), так и с пловчихами ($p < 0,01$). У мальчиков-хоккеистов содержание свободного карнитина было существенно ниже, чем у пловцов ($p < 0,05$) и мальчиков контрольной группы ($p < 0,01$). Соотношение связанный карнитин/свободный карнитин оказалось статистически значимо ниже в контрольной группе, по сравнению с мальчиками-пловцами и хоккеистами ($p < 0,001$). Нами были установлены существенные различия между показателями АК/С0, измеренными в сравниваемых группах ($F = 4,9$; $p < 0,01$). Парные сравнения значений индекса позволили обнаружить статистически значимые различия уровня АК/С0 при сравнении хоккеистов как с пловцами ($p < 0,05$), так и с группой контроля ($p < 0,05$). Таким образом, у девочек, занимающихся циклическими видами спорта (плаванием) высокое содержание свободного карнитина говорит о более эффективной клеточной энергетике по сравнению с представительницами других групп.

Проведенный анализ выявил статистически значимые различия между мальчиками и девочками по содержанию свободного карнитина ($p < 0,01$) и содержанию связанного карнитина ($p < 0,001$). Более высокий уровень показателей карнитинового обмена отмечался у мальчиков. Различия сравниваемых групп по средней величине индекса АК/С0 оказались статистически незначимыми. При сравнении уровня связанного карнитина во всех трех группах статистически значимых различий выявлено не было ($F = 1,7$; $p > 0,05$). Различия показателей карнитинового обмена были проанализированы в зависимости от возраста. Однако статистически значимых различий в содержании свободного и связанного карнитина в разные возрастные периоды выявлено не было.

Выявленные различия в содержании свободного карнитина и соотношения АК/С0 указывают на состоянии более эффективной клеточной энергетике именно у мальчиков - представителей аэробных нагрузок, так как

высокое содержание свободного карнитина обеспечивает перенос большого количества жирных кислот через митохондриальную мембрану.

Изучение показателей аэробной работоспособности у спортсменов

С целью оценки состояния аэробной работоспособности у спортсменов нами была проведена оценка показателя МПК в зависимости от пола и вида физической нагрузки. Полученные данные представлены в таблице 4.

Согласно полученным результатам, различия как абсолютного, так и относительного показателя МПК между сравниваемыми группами были статистически значимыми ($p < 0,001$). При сравнении абсолютного показателя МПК между группами, было выявлено, что у представителей циклических видов спорта уровень МПК выше, чем у детей, занимающихся спортивными играми и группы контроля при $p < 0,001$. При изучении относительного показателя МПК, рассчитанного в зависимости от массы тела, были также установлены аналогичные показатели ($p < 0,001$).

Полученные данные объясняются спецификой выполняемой нагрузки, а также гендерными различиями в исследуемых группах. Известно, что становление системы энергообеспечения проходит в разные возрастные периоды в зависимости от пола. Так, абсолютные показатели МПК у мальчиков достигают своих максимальных величин при наступлении возраста 15 лет [5-7]. Таким образом, наивысший уровень как абсолютного, так и относительного МПК отмечается у мальчиков, занимающихся циклическими видами спорта, что говорит о необходимости более эффективной клеточной энергетики при аэробных нагрузках, а также подтверждает различия становления системы энергообеспечения у мальчиков и девочек.

В ходе сопоставления уровней абсолютного и относительного МПК и состояния карнитинового обмена у юных спортсменов были выявлены значимые достоверные корреляционные связи между изучаемыми показателями.

Так, зависимость абсолютного МПК от содержания свободного карнитина описывается уравнением регрессии, полученным в ходе статистической обработки имеющихся данных (1).

$$Y_{\text{МПК}}(a) = 1,01 + 0,05 \cdot X_{\text{C0}}, \quad (1)$$

где $Y_{\text{МПК}}(a)$ – абсолютное МПК (л/мин), X_{C0} – содержание свободного карнитина (мкмоль/л).

Коэффициент корреляции, характеризующий данную связь, составил 0,46, что по шкале Чеддока соответствует умеренной тесноте связи между показателями. Вклад уровня свободного карнитина в дисперсию показателя

Таблица 4
Table 4

Сравнение абсолютного МПК (л/мин) и относительного МПК (мл/кг/мин) в зависимости от вида физической нагрузки и пола

Comparison of absolute BMD (l / min) and relative BMD (ml / kg / min) depending on the type of physical activity and gender

Вид спорта	Абсолютное МПК		Относительное МПК	
	Мальчики	Девочки	Мальчики	Девочки
Игровые виды спорта	н/д	2,17±0,07	н/д	38,4±1,0
Циклические виды спорта	4,06±0,14	2,57±0,03	60,4±1,3	44,9±1,9
Контрольная группа	2,68±0,08	н/д*	40,0±2,8	н/д*

Примечание: * не диагностировано

абсолютного МПК составляет 20,9%. Уровень статистической значимости выявленной корреляционной связи соответствует $p < 0,01$.

Нами также была оценена взаимосвязь относительного показателя МПК и содержания свободного карнитина, которая описывалась следующим уравнением регрессии, полученным в ходе статистической обработки имеющихся данных (2).

$$Y_{\text{МПК}}(o) = 27,44 + 0,52 \cdot X_{\text{C0}}, \quad (2)$$

где $Y_{\text{МПК}}(o)$ – относительное МПК (мл/мин/кг), X_{C0} – содержание свободного карнитина (мкмоль/л).

Коэффициент корреляции, характеризующий данную связь, составил 0,36, что по шкале Чеддока соответствует умеренной тесноте связи между показателями. Вклад уровня свободного карнитина в дисперсию показателя относительного МПК составляет 12,6%. Уровень статистической значимости выявленной корреляционной связи соответствует $p < 0,05$.

Результаты изучения содержания жировой массы тела юных спортсменов.

В группе исследуемых детей было проведено сравнение средних величин массы тела и процентного содержания жировой массы. Процентное содержание жировой массы тела оказалось наиболее низким у мальчиков, занимающихся игровыми видами спорта. Достоверных различий в содержании жировой массы тела среди мальчиков, занимающихся интенсивными физическими нагрузками, однако, выявлено не было ($t=1,58$). У мальчиков контрольной группы, содержание жировой массы тела достоверно выше по сравнению с представителями циклических и игровых видов спорта. Среди девочек, процентное содержание жировой массы тела оказалось достоверно ниже у девочек, занимающихся циклическими видами спорта ($t=4,12$, $p < 0.001$). Полученные результаты представлены в таблице 5.

С целью комплексной оценки влияния изученных факторов на величину относительного МПК нами был использован метод множественной линейной регрессии. В результате отбора наиболее значимых переменных была получена следующая регрессионная модель (3).

$$Y_{\text{МПК}}(o) = 43,389 - 1,003 \cdot X_{\text{ЖМТ}} + 0,592 \cdot X_{\text{C0}}, \quad (3)$$

Таблица 5.

Table 5.

Средние значения массы тела и содержания жировой массы

Average values of body weight and fat mass

Вид спорта	Масса тела		% жировой массы тела	
	Мальчики	Девочки	Мальчики	Девочки
Игровые виды спорта	67,7±2,51	56,66±1,37	7,83±0,72	17,53±0,64
Циклические виды спорта	65,93±1,39	57,66±1,71	9,6±0,87	22,24±1,0
Контрольная группа	69,43±5,75	н/д*	23,6±2,41	н/д*

Примечание: * не диагностировано

где УМПК(о) — относительное МПК (мл/мин/кг), ХЖМТ — процентное содержание жира в организме (%), ХС0 — содержание свободного карнитина (мкмоль/л).

Значения коэффициентов регрессии свидетельствуют о наличии прямой взаимосвязи относительного МПК с содержанием свободного карнитина (0,592) и обратной взаимосвязи с жировой массой тела (-1,003).

Коэффициент корреляции, характеризующий связь относительного МПК с жировой массой тела и содержанием свободного карнитина, составил 0,61, что по шкале Чеддока соответствует заметной тесноте связи между показателями. Полученная модель (5) определяет дисперсию показателя относительного МПК, которая составляет 36,8%. Уровень статистической значимости выявленной корреляционной связи составил $p < 0,01$.

В ходе исследования также намечены значимые положительные достоверные корреляционные связи между уровнем абсолютного МПК и общим ($r = 0,55$, $p < 0,001$) и свободным карнитином ($r = 0,60$, $p < 0,001$). Полученные данные могут говорить о большей аэробной работоспособности у спортсменов с высоким содержанием свободного карнитина, так как достаточное его количество обеспечивает адекватное течение процессов клеточного энергообмена. При медицинском обеспечении детско-юношеского спорта особенно важно изучение вопроса о физиологии здорового ребенка, так как основной задачей врача-педиатра, а также спортивного врача становится сохранение здоровья детей, занимающихся интенсивными физическими нагрузками. Таким образом, изучение состояния карнитинового обмена для выявления особенностей клеточного энергообмена у детей становится актуальной задачей. Таким образом, изучая состояние карнитинового обмена и композиционного состава тела, появляется возможность прогнозирования состояния физической работоспособности детей, что определяет меры профилактики ухудшения состояния здоровья при интенсивных физических нагрузках.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рылова Н.В., Биктимирова А.А., Имамов А.А., Жолинский А.В. Актуальные вопросы медико-биологического сопровождения детско-юношеского спорта. Российский вестник перинатологии и педиатрии 2018; 63:(5): 231–236. DOI: 10.21508/1027–4065–2018–63–5–231–236. [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]
2. Kreider R., Wilborn C., Taylor L., Campbell B., Almada A., Collins R., Cooke M., Earnest C., Greenwood M., Kalman D., Kerkick C., Kleiner S., Leutholz B., Lopez H., Lowery L., Mendel R., Smith A., Spano M., Wildman R., Willoughby D., Ziegenfuss T., Antonio J. ISSN exercise & sport nutrition review: research & recommendations. J. Intern. Society Sports Nutrition 2010; 7: 7–11. DOI: 10.1186/1550-2783-7-7.
3. 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.)]

4. 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
5. 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
6. Биктимирова А.А., Рылова Н.В., Золкина Н.В., Сухоруков В.С. Особенности карнитинового обмена у юных спортсменов. *Российский вестник перинатологии и педиатрии* 2015; 2: (60): 105–108. [Biktimirova A.A., Rylova N.V., Zolkina I.V., Kulagina T.E., Sukhorukov V.S. Carnitine metabolic features in young athletes. *Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics* 2015;60 (2):105-107 (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. *Practical Medicine* 2014; 3(79):50-53 (In Russ.)]

ОЦЕНКА МИНЕРАЛЬНОГО СТАТУСА У ЮНЫХ СПОРТСМЕНОВ

По данным отечественных ученых, дисмакро- и микроэлементозы встречаются у подавляющего большинства населения различных регионов России. Но несмотря на наличие широкомасштабных исследований дисбаланса минералов, проблема их высокой распространенности остается актуальной и до настоящего времени недостаточно изученной [1-4]. Имеется ограниченное количество сведений о взаимосвязях содержания минералов и показателями деятельности спортсменов. В частности, нет полного представления о том, как реализуется в организме взаимодействие макро- и микроэлементов между собой, и как это взаимодействие отражается на тренировочной и соревновательной деятельности.

Большинство исследований, в которых обсуждалась роль минералов при высокоинтенсивных занятиях спортом, касались взрослых атлетов. В то же время дисэлементозы среди юных спортсменов остаются наименее изученными, хотя и чрезвычайно распространенными состояниями. Известно, что организм атлета, испытывающий предельные физические и психоэмоциональные нагрузки, высокочувствителен к дефициту макро- и микроэлементов. Нарушение обмена минералов является одним из факторов, способных привести к широкому спектру расстройств в состоянии здоровья спортсмена.

В практике главной задачей при исследовании взаимосвязи между содержанием макро- и микроэлементов и состоянием здоровья, является выбор чувствительных методов анализа и информативных биосубстратов. В настоящее время с целью получения высокоточного результата используются многоэлементные методы атомно-эмиссионной спектрометрии и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной аргонной плазмой. В связи с развитием профилактического направления в медицине все больший интерес привлекают исследования таких биологических субстратов, как волосы и слюна, т. к. неинвазивность, информативность, доступность забора материала представляют хорошие перспективы для осуществления массового контроля за состоянием здоровья атлетов.

Представления о макро- и микроэлементозах

Учение о микроэлементах и микроэлементозах заложено в 20-е годы XX столетия выдающимся русским ученым-биохимиком В.И. Вернадским. С 1920 по 1932 годы он опубликовал работы, показавшие связь между химическим составом живых организмов и химией земной коры. В дальнейшем вопрос углубленно разработан А.П. Виноградовым (сформулировал понятие о биогеохимических провинциях), В.В. Ковальским, Г.А. Бабенко, А.П. Авцыным, А.А. Жаворонковым (создали учение о микроэлементозах), В.Л. Сусликовым и др. [3-7]. С начала 1980-х годов интерес к проблеме микроэлементозов в России стал ослабевать, а за рубежом именно в это время начинается новый расцвет микроэлементологии.

Несмотря на длительную историю изучения химических элементов, на современном этапе остаётся немало вопросов. Так, до сих пор нет единой

и совершенной классификации биоэлементов. Традиционно все минеральные вещества делят на три группы по содержанию их в организме человека: макроэлементы, концентрация которых в организме превышает 0,01%, микроэлементы (концентрация от 0,00001% до 0,01%) и ультрамикроэлементы (концентрация ниже 0,000001%). В основе другой классификации лежат представления о физиологической роли химических элементов в организме. Согласно ей, химические элементы делятся на «эссенциальные» (жизненно необходимые), «условно—эссенциальные» и токсичные. В основе следующей классификации лежит «тропность» элементов к определенным органам и тканям. Согласно данной схеме элементы предложено делить на три группы: локализующиеся в костной ткани, локализующиеся в ретикулоэндотелиальной системе, и элементы, не обладающие тканевой специфичностью.

В последнее время обращают на себя внимание новые классификации биоэлементов. Так, Полянская И.С. (2014) предлагает перейти на единую международную классификацию биоэлементов с учетом действительного значения латинских приставок (макро-, милли-, микро-, нано- элементов) по среднему содержанию в крови или в женском молоке (содержание элементов в этой биологической среде в разных районах мира различается мало, в силу гомеостатических механизмов) [8].

Актуальной остаётся задача достоверной оценки минерального дисбаланса у человека (при многих болезнях и в условиях физиологической нормы). Трудности в решении этой проблемы связаны с отсутствием достоверных и обоснованных критериев элементного дисбаланса, особенно на его латентной (доклинической) стадии. Широко используемая в настоящее время количественная оценка минерального состава биосубстратов проявляет себя как валидный показатель нарушенного элементного гомеостаза лишь при крайних формах гипо- и гиперэлементозов, клиническая диагностика которых вполне доступна. Распознавание латентных форм элементозов (абсолютное большинство всех нарушений элементного гомеостаза) с помощью прямого измерения уровня минералов в биосубстратах является затруднительным [9].

Главной задачей при исследовании взаимосвязи между содержанием макро — и микроэлементов и состоянием здоровья человека является выбор чувствительных методов анализа и информативных биосубстратов. С этой целью исследователями используются самые разнообразные инструментальные методы, в том числе молекулярно—абсорбционный, спектральный, электрохимический, хроматографический, радиохимический, атомно—абсорбционный. В последние годы все большее распространение получают многоэлементные методы: рентгенофлуоресцентный и нейтронно—активационный, а также методы атомно—эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой.

Наиболее информативными маркерами воздействия химических элементов на ранней стадии клинической диагностики микроэлементозов

принято считать те ткани и органы, которые депонируют и накапливают элементы. Так, цельная кровь, сыворотка крови, слюна, моча, ликвор, спинномозговая жидкость и другие являются информативными биосредами для диагностики состояния здоровья человека. Твердые ткани (волосы, ногти, зубы) представляют элементный статус, сформировавшийся на протяжении длительного времени, и также пригодны для исследований на больших группах населения. На современном этапе анализ элементов в отдельно взятой биологической среде организма представляется односторонним и необъективным, перспективными являются исследования, показывающие взаимоотношения между содержанием биоэлементов в различных субстратах [10]. Одни методы, например, определение элементов в крови и моче, уже давно используются специалистами различных медико-биологических направлений, другие, такие как определение микроэлементов в волосах, костной ткани, только сейчас входят во врачебную практику [10,11].

Волосы являются отличным материалом для исследования макро- и микроэлементов. Концентрация химических элементов в волосах наиболее полно отражает их тканевое содержание и хорошо коррелирует с элементным профилем внутренней среды организма, не зависит от суточной ритмики физиологических процессов и временных особенностей рациона. В исследованиях отечественных ученых показано, что химический состав волос — интегральный показатель, который подвержен более выраженным изменениям, чем цельная кровь, что определяет ценность данного биосубстрата, в том числе и на стадии донозологической диагностики [11].

Состав слюны, в отличие от сыворотки крови, стал предметом изучения только в последние десятилетия. Смешанная слюна — это биологическая жидкость, в состав которой входят белки, ферменты, гормоны, липиды, углеводы и минеральные компоненты из слюнных желёз, сыворотки крови и тканей полости рта. Слюнные железы тонко реагируют на любые изменения в состоянии внутренних органов и систем организма, будь это патологический процесс или физиологическое состояние. Сбор и анализ слюны — один из новых и нетравматичных методов исследования в медицине, имеет хорошие перспективы для осуществления неинвазивных способов контроля за состоянием здоровья населения [12]. Доступность протоков и особенности регуляции слюноотделения создают удобства для исследования секрета желез в диагностических целях и не требуют специальных условий для сбора материала, что удобно при массовых обследованиях.

В настоящее время не вызывает сомнений значительная роль макро- и микроэлементов в многообразных функциях организма в целом и каждой клетки в отдельности. Микронутриенты проявляют убиквитарные функции, т.е. участвуют во всех биохимических процессах и оказывают влияние на нормальное функционирование всего организма. Причины дефицита микронутриентов многочисленны: недостаточное поступление в связи с низким содержанием элементов в продуктах питания, нарушение усвоения, увеличение потребности и др.

Нерациональное питание — наиболее распространенная причина недостатка минеральных веществ. В рационах детей и подростков снижено количество таких продуктов как мясо, молоко, рыба, яйца, растительное масло, фрукты и овощи, а употребление рафинированных продуктов и продуктов низкого качества, содержащих большое количество углеводов (хлебобулочная продукция, картофель, сладости), постоянно увеличивается. Всё это создает дефицит эссенциальных алиментарных факторов, снижает защитные силы организма, приводит к ухудшению показателей здоровья и антропометрических характеристик у детей, препятствует усвоению необходимых макро— и микроэлементов.

Широко распространенной формой недостаточности микроэлементов является субнормальная обеспеченность микронутриентами, которая встречается среди практически здоровых детей разного возраста. Основные её причины - нарушения в питании беременных и кормящих матерей, нерациональное вскармливание детей первого года жизни, широкое использование в питании рафинированных продуктов, потеря микронутриентов при длительном хранении и кулинарной обработке. Субнормальная обеспеченность микронутриентами длительно протекает латентно и не сопровождается выраженными симптомами, но значительно снижает устойчивость детей к действию различных инфекций, их физическую и умственную работоспособность, замедляет сроки выздоровления больных [13-15].

Химический состав биологических объектов зависит и от биогеохимических особенностей региона. Известно, что на поверхности Земли обнаруживаются области с повышенным или пониженным содержанием определенных химических элементов. Так как совершенно нерастворимых в воде веществ нет, теоретически каждый химический элемент, содержащийся в земной коре, должен находиться в тех или иных количествах в природных водах. Качество природных вод является важным фактором здоровья населения. Химический состав воды является уникальным для конкретной местности, а микроэлементный статус человека зависит от содержания минералов в питьевой воде. Неблагоприятный состав питьевой воды является одним из ведущих факторов возникновения заболеваний у взрослых и детей. Влияние длительного употребления питьевой воды некачественного микроэлементного состава также негативно отражается на минеральном статусе человека.

В настоящее время большое значение приобретают техногенные дисэлементозы. Антропогенное загрязнение окружающей среды связано с микроэлементами из группы тяжелых металлов и радиоактивными изотопами. Производственная деятельность способствует появлению в окружающей среде отдельных районов с аномальным содержанием химических элементов. Формируются техногенные геохимические ландшафты, а при накоплении радиоактивных элементов — радиогеохимические провинции. Исследования, проведенные рядом авторов, позволили во многом связать состояние здоровья населения с состоянием окружающей среды данной местности [16,17]. Изменение микроэлементного состава тканей человека

соответствует элементному составу техногенных геохимических аномалий в местах проживания.

Заболевания внутренних органов могут значительно нарушить обмен минеральных веществ в организме. Хронические гастриты, гастродуодениты, энтериты, патология билиарного тракта способны приводить к дисбалансу железа, меди, цинка, селена и других минералов [18]. При хронических заболеваниях почек (хронический пиелонефрит, хронический гломерулонефрит) увеличивается потеря минеральных веществ с мочой. Элементный дисбаланс у детей с дисметаболической нефропатией характеризуется изменениями концентраций бора, магния, селена, натрия. Анализ данных литературы свидетельствует о наличии различных изменений содержания химических элементов и у больных с заболеваниями сердечно-сосудистой системы.

Отклонения в содержании химических элементов в организме человека могут быть вызваны различными факторами: внешними (экология, профессия, питание) или внутренними (заболевания, генетические особенности и др.). Нарушение обмена макро- и микроэлементов является одним из факторов, способных привести к широкому спектру расстройств в состоянии здоровья детей и подростков.

На сегодняшний день имеется ограниченное количество работ о взаимосвязях содержания минералов и показателями деятельности юных спортсменов. В частности, нет полного представления о том, как реализуется в организме взаимодействие макро- и микроэлементов между собой, и как это взаимодействие отражается на тренировочной и соревновательной деятельности.

Значение макро- и микроэлементов в метаболизме юных спортсменов

Современное развитие спорта высших достижений целиком и полностью опирается на детско-юношеский спорт. К занятиям физической культурой привлечено более 3 миллионов детей, подростков, юношей и девушек, из них 63,3 тысячи — высококвалифицированные спортсмены. С каждым десятилетием большой спорт молодеет. Главная задача медицинского наблюдения за юными спортсменами заключается в комплексном подходе, направленном на изучение адаптации организма к физическим нагрузкам.

Учебно—тренировочные занятия юных спортсменов требуют напряженности обменных процессов, увеличения расходов и потребности в энергии, витаминах и минералах. Дефицит биоактивных элементов приводит к нарушению гомеостаза - это лимитирует жизненно важные функции организма. Основой этих нарушений являются потеря эссенциальных и накопление токсичных минералов. Организм молодого атлета, испытывающий предельные нагрузки, высокочувствителен к дефициту макро- и микроэлементов.

Дисэлементозы у юных спортсменов - наименее изученные состояния, хотя и чрезвычайно распространенные. Они интенсивно изучаются на протяжении нескольких лет специалистами различных направлений в России и за рубежом, но интерес к проблемам данного состояния не ослабевает.

Среди элементов, которые входят в состав человеческого тела, кальций занимает 5-е место после четырех главных элементов — углерода, кислорода, водорода и азота. Это один из важнейших для организма макроэлементов. Кальций, с одной стороны, выполняет важную пластическую функцию, образуя прочные соединения с белками, фосфолипидами и органическими кислотами, а с другой — влияет на протекающие в организме физиологические и биохимические процессы. Он принимает участие в регуляции проницаемости клеточных мембран, механизме мышечного сокращения, секреции и действии гормонов, контролирует ряд ферментных процессов, участвует в свертывании крови.

Большую роль кальций играет в построении костной ткани. Он поступает в организм с продуктами питания и питьевой водой, но попадающие с пищей соединения практически нерастворимы в воде, поэтому кальций относится к трудноусвояемым элементам. В плазме кальций представлен двумя фракциями: диффундирующей (комплексы кальция с белками — примерно 1/3 общего количества) и не диффундирующей (ионизированный кальций и его комплексы с кислотами). Комплексы кальция с белками служат своего рода депо.

Изменение концентрации ионизированного кальция имеет весьма тяжелые последствия. Её падение приводит к нарушению минерализации костной ткани, рахиту и остеомалации, снижению и утрате мышечного тонуса, повышенной возбудимости двигательных нейронов и тетаническим судорогам. Комплекс ионизированного кальция с белком кальмодулином оказывает влияние не только на активность большого числа ферментов и транспорт ионов, но и на функционирование многих структурных элементов в клетке. В первую очередь это актин-миозиновый комплекс гладких мышц, а в других клетках — микрофиламенты, которые влияют на подвижность, изменение формы клеток, высвобождение секреторных гранул, процесс эндцитоза. Не менее значима роль ионизированного кальция как медиатора действия гормонов — вазопрессина, адренокортикотропного гормона, ангиотензина II, серотонина, гонадолиберина, лютеинизирующего гормона.

В клетках концентрация кальция незначительна. В основном этот кальций связан с белками и фосфолипидами клеточных мембран и мембран органелл. Во внеклеточной жидкости концентрация кальция выше. Градиент концентрации ионов кальция по разные стороны от мембраны поддерживается с помощью кальциевого насоса. В костях кальций представлен фосфатами, карбонатами, солями органических кислот. Минеральные компоненты костной ткани находятся в состоянии химического равновесия с ионами кальция и фосфата сыворотки крови.

При недостаточном поступлении макроэлемента в период роста организм не способен достичь генетически запрограммированной пиковой костной массы. У взрослого человека за 1 сутки из костной ткани выводится до 700 мг кальция и столько же откладывается вновь. Следовательно, костная ткань, помимо опорной функции, играет роль депо

кальция и фосфора, откуда организм извлекает их при недостатке поступления с пищей. Постоянно происходящие процессы резорбции и образования новой костной ткани регулируются разными факторами. К ним в первую очередь относят кальцийрегулирующие гормоны: паратгормон, кальцитонин, активный метаболит витамина D3—кальцитриол.

На метаболизм кальция в организме большое влияние оказывают пищевые продукты. Так, богатым источником элемента являются молоко и молочные продукты, поэтому они должны содержаться в рационе юных спортсменов в достаточном количестве. Усвояемость кальция зависит от его соотношения с ингредиентами пищи, в основном с жирами, магнием и фосфором. На всасывание макроэлемента отрицательно влияет избыток магния и калия в пище, которые конкурируют с ним за желчные кислоты.

Большое значение для динамики концентрации Ca^{2+} имеет секреция кортизола. Так, у спортсменов с высоким содержанием кортизола в крови часто отмечается потеря кальция. Повышенное его потребление наблюдается при росте костной ткани у подростков и у спортсменов при интенсивных физических нагрузках. В юношеском возрасте при интенсивном росте организма дефицит Ca^{2+} проявляется мышечными болями и судорогами, особенно после интенсивных физических нагрузок. Все это ограничивает занятия спортом. Характер изменений в содержании Ca^{2+} отражает функциональное состояние организма спортсменов, и поэтому эти данные можно использовать как дополнительные диагностические критерии, позволяющие судить об интенсивности минерального обмена, а также о возможности своевременного выявления предпатологических состояний.

Магний является важнейшим внутриклеточным компонентом. В организме взрослого человека содержится 140 грамм магния, причем 2/3 от этого количества приходится на костную ткань. До 80—90% внутриклеточного магния находится в митохондриях. В крови человека около 50 % магния находится в связанном состоянии, а остальная часть в ионизированном. Главное депо магния находится в костях и мышцах. Магний участвует в обменных процессах, тесно взаимодействуя с калием, натрием, кальцием, является активатором для множества ферментативных реакций. Нормальный уровень магния в организме необходим для обеспечения «энергетики» жизненно важных процессов, регуляции нервно—мышечной проводимости, тонуса гладкой мускулатуры, стимуляции образования белков. Магний участвует в регуляции состояния клеточной мембраны и трансмембранном переносе ионов кальция и натрия, самостоятельно участвует во многих метаболических реакциях по образованию, накоплению, переносу и утилизации энергии, свободных радикалов и продуктов их окисления. Поэтому микроэлемент в первую очередь определяет нормальную работу нервной системы, функцией которой является управление деятельностью организма, координирование протекающих в нем процессов, установление взаимосвязей организма с внешней средой, формирование адекватных приспособительных реакций и стрессоустойчивости.

Дефицит макроэлемента проявляется разнообразными клиническими симптомами и синдромами, которые можно сгруппировать по нарушениям основных функций магния. Первая группа заболеваний связана с нарушением электрической возбудимости клетки. При дефиците ионов Mg^{2+} нарушается их обмен на мембране клеток, электрическая возбудимость клеток повышается, и клетка становится перевозбудимой: сверхвозбудимость нервных клеток проявляется тем, что человек становится эмоциональным, плаксивым, раздражительным, тревожным, подавленным, плохо спит.

Повышение возбудимости кардиомиоцитов может привести к тахикардии и эктопическим аритмиям. При повышении возбудимости клеток скелетной мускулатуры у больного появляются судороги, мышечные подергивания, тики, дрожь, боли в икроножных и шейных мышцах. Гипервозбудимость клеток гладкой мускулатуры сосудов сопровождается повышенным артериальным давлением и головной болью.

Вторая группа заболеваний обусловлена участием магния в ферментах по обслуживанию энергетических реакций. Поэтому недостаток элемента сопровождается повышенной утомляемостью (умственной и физической) при обычных нагрузках, неадекватным теплообменом (быстрая истощаемость энергоресурсов, зябкость).

Третья группа нарушений функций магния связана с его структурообразующей ролью в медиаторном обмене. Во-первых, магний образует участки в структуре ряда рецепторов к ацетилхолину, норадреналину и дофамину. Во-вторых, магний необходим для нормального обмена нейромедиаторов (тирозина, дофамина, норадреналина, серотонина, гамма-аминомасляной кислоты). Эта группа причин вызывает депрессии, нарушение координации движений, внимания, памяти, настроения.

Ионы магния входят в состав основного вещества соединительной ткани, участвуют в активации синтеза коллагена фибробластами и укладке коллагеновых волокон в четвертичную структуру. Магниева недостаточность обуславливает хаотичное расположение волокон коллагена, что является основным морфологическим признаком дисплазии соединительной ткани. Спортсмены довольно часто подвержены дефициту магния, что связано с усиленными продолжительными нагрузками, сопровождающимися потерей магния мышечными клетками в результате повреждений мышечных волокон, стрессами, значительным выведением магния с потом [19,20].

Диагностировать дефицит магния не просто как по клиническим признакам, что связано с полисимптомностью проявлений, обусловленных участием микроэлемента в регуляции многих физиологических процессов человеческого организма, так и по анализу крови, который дает неполную информацию о содержании макроэлемента. При дефиците он может высвобождаться из депо костей, что предотвращает первоначальное снижение концентрации магния в сыворотке крови и, следовательно, нормомагниемия не исключает возможного его дефицита. При обнаружении гипомagneзмии диагноз «дефицита магния» неоспорим. Однако в этом случае, как правило, уже исчерпаны возможности компенсации и недостаточность микроэлемента более

выражена. У людей, чья жизнь и работа связаны с физическими или эмоциональными стрессами (например, спортсмены), может отмечаться скрытый дефицит магния, который связан с недостаточным восполнением магниевых потерь, нерациональным питанием, повышенной потребностью в этом элементе из-за интенсивной и продолжительной физической нагрузки, стрессов и значительных потерь магния с потом.

Калий и магний — два элемента, необходимые для нормальной жизнедеятельности всех клеток организма человека. Процессы обмена калия и магния в организме настолько связаны, что при снижении уровня магния в крови усиливается выведение из организма калия, и на фоне дефицита магния восстановить нормальный уровень калия в крови оказывается весьма сложно. Калий является основным внутриклеточным катионом. Его концентрация в клетках на порядок выше, чем вне клеток. Главной функцией калия является формирование трансмембранного потенциала и распространение изменения потенциала по клеточной мембране путем обмена с ионами натрия по градиенту концентраций. Вместе с натрием и хлором, калий является постоянным составным элементом всех клеток и тканей. В организме эти элементы содержатся в определенном соотношении и обеспечивают постоянство внутренней среды. В виде катиона калий участвует в поддержании гомеостаза (ионное равновесие, осмотическое давление в жидкостях организма). Калий вызывает расширение сосудов внутренних органов и сужение периферических сосудов, замедляет ритм сердечных сокращений и, действуя аналогично блуждающему нерву, участвует в регулировании деятельности сердца. Рацион современного человека богат натрием, входящим в состав поваренной соли, что способствует перегрузке организма натрием и дефициту калия. Этот электролитный дисбаланс является важным звеном в процессе развития сердечно-сосудистых заболеваний.

Стойкая гипокалиемия ассоциирована со значительным ухудшением сердечно-сосудистого прогноза, обусловленным появлением эктопических очагов в желудочках сердца, и удлинением интервала Q—T, считающимися факторами риска внезапной смерти. Обмен калия обусловлен его поступлением извне и выведением почками с мочой. Скорость и объем выделения калия определяются рядом факторов и механизмов и зависят как от уровня самого калия в крови, так и от влияния внутренних регуляторных молекул, например, гормонов альдостерона и вазопрессина. Высокое внутриклеточное содержание калия обеспечивается работой так называемого натрий-калиевого насоса — особой белковой структуры, расположенной в клеточной мембране, для функционирования которой требуется энергия молекул аденозинтрифосфатная и присутствие ионов магния. Натрий-калиевый насос начинает усиленно работать при повышении уровня калия в крови, под действием альдостерона, «гормонов стресса» катехоламинов (адреналина и норадреналина) и инсулина.

Причины гипокалиемии разнообразны. Одна из них обусловлена перемещением калия из плазмы крови и внеклеточного пространства внутрь

клеток. Клинически гипокалиемия проявляется миопатическим синдромом — мышечными болями, слабостью, при выраженном снижении сывроточного уровня калия возможен рабдомиолиз, иногда фатальный. Характерны снижение интенсивности перистальтики кишечника, запоры. Возможно развитие периферической полинейропатии, признаком которой служат парестезии. Снижаются адаптационные возможности организма. Пониженное содержание калия проявляется нарушением клеточного метаболизма, приводящим к аритмии, снижению работоспособности, мышечной слабости. Увеличение концентрации данного катиона, выявленное в экспериментах, связано с разрушением мышечных клеток — результатом тяжелой физической нагрузки, приводящим к его накоплению в плазме крови (феномен трансминерализации). Своевременное и полноценное восстановление уровней калия и магния в крови, а также полноценный отдых позволят уменьшить негативное влияние последствий стресса и подготовить организм спортсмена к новым нагрузкам.

Важная роль железа для человека установлена еще в 18 веке. Биологическая ценность данного элемента для нормального функционирования организма спортсмена определяется многогранностью его функций и незаменимостью другими металлами в сложных биохимических процессах: дыхании, кроветворении, иммунобиологических и окислительно-восстановительных реакциях. Железо является незаменимой составной частью гемоглобина и миогемоглобина и входит в состав более 100 ферментов, контролирующих: обмен холестерина, синтез ДНК, качество иммунного ответа на вирусную или бактериальную инфекцию, энергетический обмен клеток, реакции образования свободных радикалов в тканях организма. Как правило, поступающей пищи достаточно, чтобы перекрывать потребность организма в железе, но в некоторых случаях необходимо дополнительное поступление этого элемента.

В организме железо содержится в нескольких формах. Клеточное железо составляет значительную часть от общего количества, участвует во внутреннем обмене и входит в состав гемосодержащих соединений (гемоглобина, миоглобина, ферментов, например, цитохромов, каталаз, пероксидазы), негемовых ферментов, металлопротеидов. К внеклеточному железу относят свободное железо плазмы и железосвязывающие сывроточные белки (трансферрин, лактоферрин), участвующие в транспорте железа. Железо запасов находится в организме в виде двух белковых соединений — ферритина и гемосидерина — с преимущественным отложением в печени, селезенке и мышцах и включается в обмен при недостаточности клеточного железа. Источником железа в организме являются пищевое железо, всосавшееся в кишечнике, и железо из разрушаемых в процессе обновления клеток эритроцитов. Различают гемовое (содержащее протопорфирин) и негемовое железо. Обе формы усваиваются на уровне эпителиоцитов двенадцатиперстной кишки и проксимального отдела тощей. В желудке возможна абсорбция только негемового железа, на долю которого приходится не более 20%. В эпителиоцитах гемовое железо распадается на

ионизированное железо, окись углерода и билирубин, причем усвоение его не связано с кислотно-пептической активностью желудочного сока. Негемовое железо, получаемое из пищи, первоначально образует легко-растворимые соединения с компонентами пищи и желудочного сока, что благоприятствует его усвоению. Ускоренное усвоение железа происходит под влиянием янтарной, аскорбиновой, пировиноградной, лимонной кислот, а также фруктозы, сорбита, метионина и цистеина. Напротив, фосфаты, а также сок поджелудочной железы, содержащий ингибиторы всасывания железа, ухудшают его абсорбцию. Транспорт железа осуществляется белком трансферрином, который переносит железо в костный мозг, в места клеточных запасов железа (паренхиматозные органы, мышцы) и во все клетки организма для синтеза ферментов.

Цинк можно обнаружить во всех органах и тканях, он является кофактором большой группы ферментов, участвующих в белковом и других видах обмена, поэтому он необходим для нормального протекания многих биохимических процессов. Этот элемент требуется для синтеза белков, в т.ч. коллагена, и формирования костей. Цинк принимает участие в процессах деления и дифференцировки клеток, формировании Т-клеточного иммунитета, функционировании десятков ферментов, антиоксидантного фермента супероксиддисмутазы, полового гормона дигидрокортикостерона. Цинк играет важнейшую роль в процессах регенерации кожи, роста волос и ногтей, секреции сальных желез. Способствует всасыванию витамина Е и поддержанию нормальной концентрации этого витамина в крови. Цинк входит в состав инсулина, участвует в кроветворении, укрепляет иммунную систему организма и обладает детоксицирующим действием - способствует удалению из организма двуокиси углерода.

Основные проявления дефицита цинка характеризуются раздражительностью, утомляемостью, потерей памяти. Происходит снижение остроты зрения, потеря вкусовых ощущений. Возможно уменьшение массы тела, исхудание, чешуйчатые высыпания на коже, угри. Часто отмечается снижение уровня инсулина, снижение Т-клеточного иммунитета, снижение сопротивляемости инфекциям, анемия, ускоренное старение.

Получены данные, свидетельствующие о том, что у профессиональных спортсменов за соревновательный период происходит существенное снижение содержания Zn [21]. Цинк является эссенциальным элементом, и наибольший интерес представляет его участие в регуляции биосинтеза белка. Интенсивность белкового обмена в организме профессиональных спортсменов активируется постоянными интенсивными физическими нагрузками, которые стимулируют как процессы гипертрофии мышечной ткани, так и скорость ресинтеза функциональных белков. В связи с этим понятен исходно низкий уровень содержания Zn в крови и моче профессиональных спортсменов, а также еще большее снижение его содержания в течение соревновательного периода.

Хром — является постоянной составной частью клеток всех органов и тканей. Хром участвует в регуляции синтеза жиров и обмена углеводов, способствует

превращению избыточного количества углеводов в жиры [22]. Входит в состав низкомолекулярного органического комплекса — фактора толерантности к глюкозе, обеспечивающего поддержание нормального уровня глюкозы в крови. Вместе с инсулином действует как регулятор уровня сахара в крови, обеспечивает нормальную активность инсулина. Способствует структурной целостности молекул нуклеиновых кислот, участвует в регуляции работы сердечной мышцы и функционировании кровеносных сосудов. Хром способствует выведению из организма токсинов, солей тяжелых металлов, радионуклидов. Пониженное содержание хрома обычно наблюдается при стрессовых воздействиях и интенсивных физических нагрузках.

В природе он встречается в двух основных соединениях. Трёхвалентный хром — биологически активный, содержится в пищевых продуктах, необходим для нормальной жизнедеятельности организма, и шестивалентный — является продуктом промышленных отходов и обладает канцерогенным и токсическим действиями. Для спортсменов важно то, что хром необходим при длительных аэробных нагрузках, когда роль углеводов и жиров в энергообеспечении организма существенно возрастает. Различные виды стресса, белковое голодание, инфекции, физическая нагрузка приводят к снижению концентрации этого элемента в крови и его интенсивному выделению. Несбалансированная диета может приводить к снижению спортивной работоспособности, повышению травматизма и другим неблагоприятным последствиям.

Важнейшей особенностью функционирования химических элементов в организме является их взаимодействие друг с другом. Часто это проявляется в виде синергических или антагонических эффектов. Эти взаимодействия определяют сложный характер клинических проявлений, возникающих вследствие нарушений химических элементов. Феномен антагонизма во многом играет защитную роль. Он проявляется в смягчении ионами эссенциальных химических элементов токсического действия тяжёлых металлов.

В настоящее время в практике главнейшей задачей при исследовании взаимосвязи между содержанием макро- и микроэлементов и состоянием здоровья, является выбор чувствительных методов анализа и информативных биосубстратов [23]. В связи с развитием профилактического направления в медицине все больший интерес привлекают исследования элементов в волосах и слюне, т. к. неинвазивность, информативность, доступность забора материала представляют хорошие перспективы для осуществления массового контроля за состоянием здоровья спортсменов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Демидов В.А. Обоснование необходимости учета региональных биогеохимических особенностей при проведении мероприятий по восстановлению здоровья населения / В.А. Демидов, В. Ю. Детков, Е. В. Сальникова // Вестник восстановительной медицины. — 2011. — № 5. — С.2–5. (Demidov V.A. The substantiation of the necessity to take into account regional biogeochemical features in carrying out measures to restore public health / V.A. Demidov, V. Yu. Detkov, E. V. Salnikova // Vestnik vosstanovitel'noj mediciny. — 2011. — № 5. — С.2–5. (in Russ))
2. Ситдигов Ф.Г. Показатели микроэлементного статуса детей, проживающих в сельской местности / Ф.Г. Ситдигов, Н.В. Святова, Е.С. Егоров // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. — 2011. — № 7. — С.15–17. (Sitdikov F.G. Indicators of the microelement status of children living in rural areas / FG Sitdikov, NV Svyatova, ES Egerev // Byulleten'

- ehksperimental'noj biologii i mediciny. — 2011. — № 7. — С. 15–17. (in Russ))
3. Скальный А. В. Биоэлементы в медицине / А. В. Скальный, И. А. Рудаков. — Москва : ОНИКС 21 век, 2004. — 272 с. (in Russ))
4. Скальный А. В. Питание в спорте : макро- и микроэлементы / А. В. Скальный. — Москва : Городец, 2005. — 144 с. (in Russ))
5. Микроэлементозы человека / А. П. Авцын [и др.]. — Москва : Медицина, 1991. — 496 с. (in Russ))
6. Носкова Г. Н. Основные этапы учения о микроэлементах и микроэлементозах в России / Г. Н. Носкова, В. И. Чернов, А. Н. Мержа // Экологические системы и приборы. — 2010. — № 1. — С. 2–8. (in Russ))
7. Омарова, З. М. Микроэлементозы у детей с заболеваниями желудочно-кишечного тракта / З. М. Омарова, Э. А. Юрьева, Н. Н. Новикова // Российский вестник перинатологии и педиатрии. — 2012. — Т. 57, № 1. — С. 39–44. (in Russ))
8. Полянская И. С. Новая классификация биоэлементов в биоэлементологии / И. С. Полянская // Молочнохозяйственный вестник. — 2014. — № 1. — С. 34–42. (in Russ))
9. Рылова Н. В. Изучение взаимосвязи показателей макро- и микроэлементного состава слюны у детей и подростков, занимающихся спортом / Рылова Н. В., Серeda А. П., Самойлов А. С. и др. // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 4. С. 73. (in Russ))
10. Радыш, И. И. Особенности элементного состава волос у борцов греко-римского стиля / И. И. Радыш, И. И. Дулепова // Вестник РУДН. Серия «Медицина». — 2006. — № 1 (33). — С. 28–33. (in Russ))
11. Reference values of elements in human hair : a systematic review // M. Mikulewicz [et al.] // Environ Toxicol Pharmacol. — 2013. — N 36 (3). — P. 86–1077.
12. Комарова, Л. Г. Саливология / Л. Г. Комарова, О. П. Алексеева. — Нижний Новгород, 2006. — 180 с. (in Russ))
13. Okreglicka, K. Health effects of changes in the structure of dietary macronutrients intake in western societies / K. Okreglicka // Rocz Panstw Zakl Hig. — 2015. — N 66 (2). — P. 97–105.
14. Trends in food consumption of university students / A. De Piero, N. Bassett, A. Rossi [et al.] // Nutr Hosp. — 2015. — N 31 (4). — P. 31–1824.
15. Косенко, И. М. Витаминно-минеральная коррекция у детей : доводы «за» и «против» / И. М. Косенко // Вопросы современной педиатрии. — 2010. — Т. 9, № 4. — С. 132–137. (in Russ))
16. Metals and metalloids in hair samples of children living near the abandoned mine sites of Sulcis-Iglesiente (Sardinia, Italy) / D. Varrica, E. Tamburo, N. Milia [et al.] // Environ Res. — 2014. — N 134. — P. 74–366.
17. Trace elements in children suffering from idiopathic nephrotic syndrome / S. Tulpar, Z. Gunduz, U. Sahin [et al.] // Eurasian J Med. — 2014. — N 46 (3). — P. 91.
18. Trends in food consumption of university students / A. De Piero, N. Bassett, A. Rossi [et al.] // Nutr Hosp. — 2015. — N 31 (4). — P. 31–1824.
19. Magnesium intake is associated with strength performance in elite basketball, handball and volleyball players / D. A. Santos, C. N. Matias, C. P. Monteiro [et al.] // Magnes Res. — 2011. — N 24 (4). — P. 9–215.
20. Магний и оротовая кислота в профилактике и лечении мышечных судорог / О. Громова [и др.] // Врач. — 2010. — № 8. — С. 31–33. (in Russ))
21. Effects of exercise and zinc supplementation on cytokine release in young wrestlers / E. Kara, M. Ozal, M. Gunay [et al.] // Biol Trace Elem Res. — 2011. — N 143 (3). — P. 1435–40.
22. The role of Chromium III in the organism and its possible use in diabetes and obesity treatment / S. Lewicki [et al.] // Ann Agric Environ Med. — 2014. — N 21 (2). — P. 331–5.
23. Троегубова Н. А. / Особенности содержания биоэлементов в слюне и волосах юных спортсменов/ Троегубова Н. А., Рылова Н. В., Гильмутдинов Р. Р. и др. // Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2016. Т. 61. № 2. С. 84–88.

ПОКАЗАТЕЛИ ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ И СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ ДЕТЕЙ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ СПОРТОМ

Детский организм отличается от взрослого бурным ростом и развитием, активным процессом формирования органов и систем. Регулярные тренировки в детском возрасте повышают функциональные и адаптационные резервы организма, способствуют укреплению здоровья, повышению физической и умственной работоспособности. Однако спорт, особенно детский, характеризуется повышенным травматизмом и возникновением предпатологических или патологических состояний вследствие физического и психического перенапряжения, переутомления, снижения адаптационных резервов [1,2].

Медицинское обслуживание детей в общеобразовательных и спортивных школах имеет существенные отличия. Так, в общеобразовательной школе медицинской деятельностью осуществляется под руководством детской городской поликлиники, ее цель — контроль за состоянием здоровья обучающихся, оказание первой помощи. Основные сведения о состоянии здоровья учащихся медицинские работники получают в результате ежегодных осмотров детей.

Медицинское обеспечение в ДЮСШ строится следующим образом: при поступлении в ДЮСШ учащиеся предоставляют письменное разрешение (справку) врача-педиатра поликлиники по месту жительства. Медработник при зачислении детей в группы начальной подготовки руководствуется перечнем противопоказаний занятиям спортом в ДЮСШ. Главная особенность медицинского наблюдения за юными спортсменами заключается в комплексном подходе, направленном на изучение адаптации организма к физическим нагрузкам, соответствие функциональных возможностей нагрузок, применяемых в ходе учебно-тренировочного процесса. С этой целью совместно с тренером-преподавателем на учебно-тренировочных занятиях проводятся медико-педагогические наблюдения. Проводится контроль за соблюдением мер профилактики спортивного травматизма. Осуществляется медицинское наблюдение на учебно-тренировочных занятиях. Наблюдения ведутся за непосредственным воздействием физических нагрузок на организм юных спортсменов и за процессом восстановления после нагрузок.

Материал и методы исследования:

Контрольную группу (0) составили 28 школьников (20 девочек, средний возраст $14,4 \pm 0,37$ лет, 8 мальчиков, средний возраст $14,75 \pm 0,61$ лет), не занимающихся спортом профессионально. Уроки физической культуры два раза в неделю, без посещения дополнительных спортивных секций.

Первая группа исследования - 35 юных спортсменов (25 мальчиков, средний возраст $15,12 \pm 0,2$ лет и 10 девочек, средний возраст $14,55 \pm 0,5$ лет) «Детско-юношеская спортивная школа плавания. Звание мастер спорта имеют 2 юных спортсмена, кандидатов в мастера спорта - 5 человек, первый взрослый разряд присужден 11 подросткам, остальные имеют второй взрослый разряд. Тренировки круглогодичные, 2 раза в день по 1,5–2 часа 6 дней в неделю.

Плавание относится к циклическим видам спорта и требует преимущественно проявления выносливости, поскольку предполагает многократное повторение стереотипных циклов движений. Этот вид деятельности вызывает расходование большого количества энергии.

Вторую группу исследования составили 47 подростков (29 мальчиков, средний возраст $15,78 \pm 0,2$ лет, 18 девочек, средний возраст $15,68 \pm 0,25$), учеников специализированной детско-юношеской спортивной школы олимпийского резерва по хоккею на траве. Мастеров спорта в группе 9 человек, кандидатов в мастера спорта — 16 человек, первый взрослый разряд присвоен 15 юным спортсменам, остальные имеют второй взрослый и юношеские спортивные разряды. Тренировки проходят 1 раз в день по 2–3 часа 6 дней в неделю. Согласно «Олимпийской классификации видов спорта» хоккей на траве относится к игровым видам спорта. Характеризуется постоянным чередованием интенсивной мышечной деятельности и отдыха (в моменты, когда спортсмены не задействованы непосредственно в игровых эпизодах). При этом помимо выносливости, большое значение имеют координация движений и психическая устойчивость.

Третья группа — 20 юных спортсменов (10 мальчиков, средний возраст $14,5 \pm 0,58$ лет, 10 девочек, средний возраст $14,8 \pm 0,5$ лет), воспитанников специализированной детско-юношеской спортивной школы олимпийского резерва по фехтованию. Звание кандидат в мастера спорта имеют 4 детей, первый взрослый разряд — 7 человек, второй взрослый — 7, остальным присвоены юношеские разряды. Тренировки проходят 1 раз в день по 2–2,5 часа 6 дней в неделю. Фехтование относится к единоборствам, это один из древнейших видов спорта. Цель единоборства — действуя в рамках оговоренных правил, проводить приемы, которые могут причинить сопернику максимальный физический ущерб, либо поставить соперника в невыгодное положение, а также защититься от аналогичных приемов. Этот вид спорта связан с повышенным травматизмом, он требует моментальной реакции, психологической устойчивости и физической выдержки.

Распределение детей и подростков в группах исследования по возрасту и полу было примерно одинаковым (табл. 1, 2). Юные спортсмены различались по видам спорта; стажу занятий, спортивная квалификация были сопоставимы.

Данные таблиц 1 и 2 свидетельствуют: средние показатели роста и веса мальчиков в группах юных спортсменов циклических и игровых видов спорта достоверно выше этих показателей в группе контроля. В рамках изучаемого вопроса следует отметить, что фенотипические признаки организма формируются под влиянием наследственной природы человека и, несомненно, зависят от генов, регулирующих размеры тела. Однако существует представление, что около 60% случаев нарушения физического развития связаны с воздействием различных факторов окружающей среды. Основой физического развития обычно служат три соматометрических признака: длина, масса тела, окружность грудной клетки.

В настоящее время наиболее оптимальным способом оценки физического развития считается сопоставление фактических данных со значениями

Таблица 1.

Общая характеристика обследованных девочек (M±m)

Группа	N	Стаж занятий	Возраст	Длина тела (см)	Масса Тела (кг)	ИМТ (кг/см ²)
0	20	-	14,4±0,3	158,6±1,4	52,5±1,5	20,78±0,3
1	10	6,85±0,4	14,5±0,5	165,35±1,1	57,67±2,5	20,21±0,3
2	18	6,25±0,59	15,6±0,2	163,9±1,7	56,4±1,4	20,97±0,4
3	10	6,4±0,56	14,8±0,5	162,8±1,7	56,0±1,6	21,0±0,4

Примечание: где N – количество детей

Таблица 2.

Общая характеристика обследованных мальчиков (M±m)

Группа	N	Стаж занятий	Возраст	Длина тела (см)	Масса Тела (кг)	ИМТ (кг/см ²)
0	8	-	14,75±0,61	165,5±0,6	57,18±3,66	20,55±0,79
1	25	7,88±0,32	15,12±0,2	176,61±1,03*	65,36±1,44*	20,76±0,35
2	29	7±0,41	15,78±0,2	175,13±1,17*	67,87±2,51*	22,04±0,69
3	10	6,4±0,47	14,5±0,58	167,55±3,27	58,09±3,07	20,61±0,77

Примечание: где N – количество детей; * - различия между группами достоверны при p < 0,05

центильных таблиц, предложенных профессором И.М. Воронцовым. Наряду с этим широко используют шкалу Стюарт, в которой предусмотрено выделение границ 3, 10, 25, 50, 75, 90 центилей распределения. При этом за норму принимают значения, свойственные половине здоровых детей данного пола и возраста, в интервалах 25–50–75 центилей. Для более простых, скрининговых обследований предложено относить к вариантам нормы характеристики, свойственные 80% популяции и находящиеся в интервале от 25-го до 75-го центиля.

По оценке длины тела, соответственно возрасту в область «средних показателей», свойственных 80% здоровых сверстников, попадают 57,15% спортсменов циклических, 72,4% спортсменов игровых видов спорта и 80% спортсменов единоборств. Они имеют характерное для данной возрастно-половой группы распределение изучаемого признака. Однако 42,85% детей циклических, 27,6% игровых видов спорта и 20% детей, занимающихся единоборством, имеют показатели «выше средних», характерные лишь для 10% здоровых детей. Длина тела является основным показателем физического развития человека, она не сразу меняется под влиянием различных условий внешней среды, а изменения данного показателя свидетельствуют о более длительном благополучии или неблагополучии в состоянии детского организма. Сдвиги величин роста имеют большое самостоятельное значение. С ростом длины тела увеличиваются масса и окружность грудной клетки.

Из представленных в таблице данных при оценке массы тела соответственно возрасту, выявлено, что 77,15% пловцов, 78,9% хоккеистов и 85%

Таблица 3.

**Распределение группы юных спортсменов по физическому развитию
в центильных интервалах (Длина тела/возраст) (%)**

Центильный интервал	Эталон %	Плавание (1)	Хоккей на траве (2)	Фехтование (3)
1	3	0	0	0
2	7	0	0	0
3	15	0	8,5	5
4	25	2,85	27,8	25
5	25	20	21,2	45
6	15	34,3	14,9	5
7	7	34,3	12,7	10
8	3	8,55	14,9	10

спортсменов по фехтованию имеют средние значения по изучаемому признаку, характерные для 80% здоровых детей. Показатели «выше средних» установлены для 20% спортсменов во второй и 21,25% третьей группах исследования. Масса тела в отличие от длины является весьма лабильным показателем, легко меняющимся в зависимости от режима, условий качества жизни, от общего состояния организма и ряда других факторов. Поэтому масса является показателем текущего состояния и зависит от длины тела.

При оценке массы тела относительно длины «средние показатели», свойственные 80% здоровых сверстников, определены для 82,85% юных спортсменов циклических, 63,7% игровых видов спорта, 65% детей и подростков, занимающихся единоборствами. В 14,3% случаев (1 группа), 36,3% (2 группа),

Таблица 4.

Распределение группы юных спортсменов по физическому развитию в центильных интервалах (Масса тела/возраст) (%)

Центильный интервал	Эталон %	Плавание (1)	Хоккей на траве (2)	Фехтование (3)
1	3	0	0	0
2	7	2,85	0	5
3	15	0	4,25	0
4	25	5,75	27,65	25
5	25	31,4	25,5	30
6	15	40	21,5	30
7	7	20	17	10
8	3	0	4,25	0

Таблица 5.

**Распределение группы юных спортсменов по физическому развитию
в центильных интервалах (Масса тела/длина тела) (%)**

Центильный интервал	Эталон %	Плавание (1)	Хоккей на траве (2)	Фехтование (3)
1	3	0	0	0
2	7	2,85	0	0
3	15	0	0	0
4	25	22,85	12,7	5
5	25	40	34	35
6	15	20	17	25
7	7	8,5	19,3	35
8	3	5,8	17	0

Таблица 6.

Показатели гармоничности развития юных спортсменов

Гармоничность развития	Показатель, %		
	Плавание (1)	Хоккей на траве (2)	Фехтование (3)
Гармоничное	91,43	85,1	90
Умеренно дисгармоничное	8,57	14,9	10
Резко дисгармоничное	0	0	0

35% (3 группа) масса тела относительно длины выходит за рамки средних значений в сторону увеличения, характерные лишь для 10% здоровых детей.

Таким образом, по параметрам физического развития юные спортсмены имеют показатели выше средних значений. В исследованиях зарубежных авторов получены аналогичные результаты, так Grabara M. (Польша, 2015) при исследовании антропометрических характеристик выявил достоверное увеличение длины и массы тела в группах юных спортсменов 14-16 лет в сравнении с подростками, не занимающимися спортом [3].

Для более полной характеристики и сопоставления отдельных антропометрических показателей мы использовали оценку гармоничности физического развития. Она определялась по максимальной разности между номерами коридоров центильной шкалы после оценки показателей роста, массы тела (по возрасту) и окружности груди.

Все спортсмены имели гармоничное или умеренно дисгармоничное развитие.

После измерения антропометрических данных подросткам исследуемых групп был проведен анализ состава тела на приборе TANITA BC – 543, так как использование роста-весовых индексов не даёт надёжной информации о составе тела на индивидуальном уровне. Метод биоэлектрического импеданса, основанный на изучении сопротивления различных тканей организма электрическому току, позволяет оценить процентное и абсолютное содержание мышечной и жировой ткани в организме.

Состав тела в спорте рассматривается как один из факторов, определяющих результативность спортивной деятельности. Первостепенное значение имеет вычисление жировой массы, которая выполняет функции метаболически активного органа, достаточный её уровень играет существенную роль в поддержании общего здоровья. Знание о композиционном составе тела используют при определении спортивной работоспособности [4,5].

В результате исследования выявлено, процент жира в организме мальчиков и девочек группы контроля достоверно выше, чем у юных спортсменов. В то же время уровень мышечной массы мальчиков, не занимающихся спортом, ниже этого показателя группы атлетов.

Реакция системы крови на физическую нагрузку предполагает существование поэтапного включения различных механизмов, обеспечивающих адаптацию к повышенному кислородному запросу. Известно, что физическая нагрузка вызывает вначале гемоконцентрацию за счет выброса в кровоток

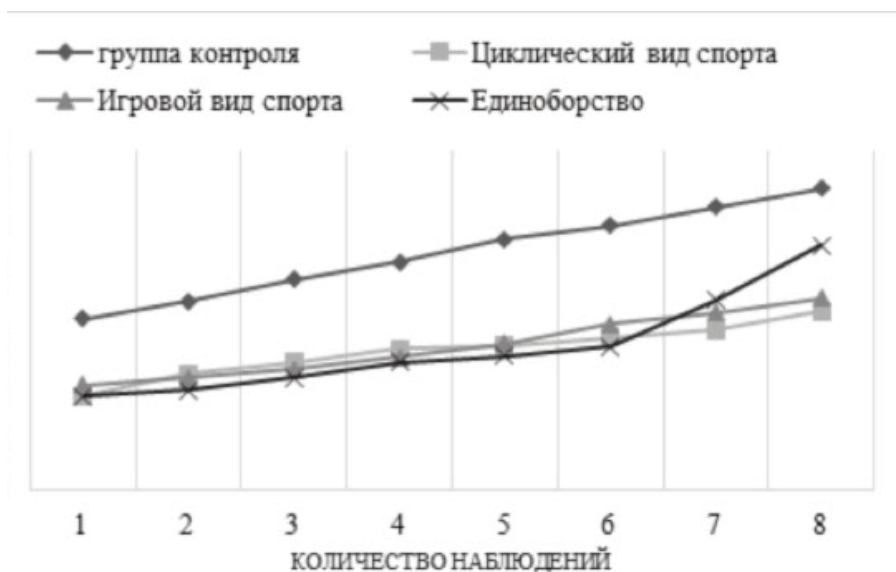


Рис. 1. Процентное содержание жира (мальчики)

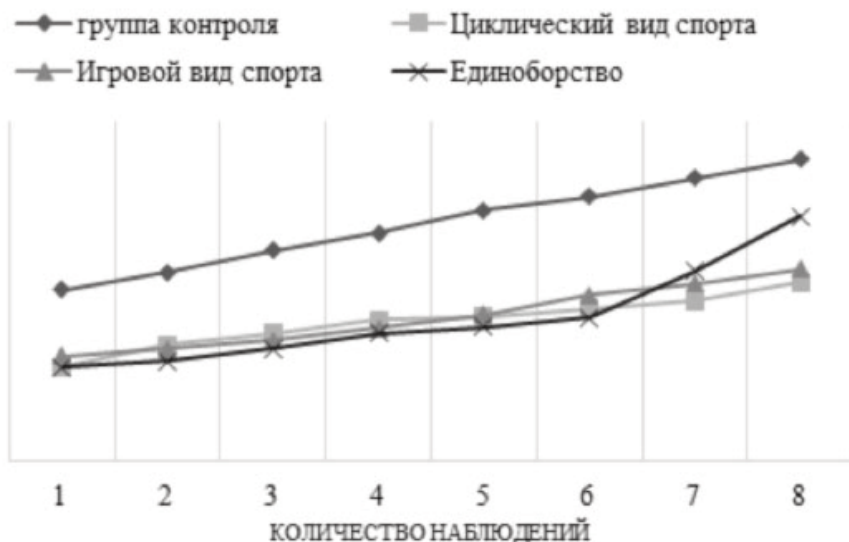


Рис. 2. Процентное содержание жира (девочки)

Таблица 7.

Данные анализа состава тела мальчиков ($M \pm m$)

Показатель	Контрольная группа (0)	Плавание (1)	Хоккей на траве (2)	Фехтование (3)
Процент жира (%)	12,58±0,85	8,68±0,77*	7,82±0,72*	7,12±0,81*
Мышечная масса (кг)	46,12±1,5	57,33±1,31*	58,86±1,8*	51,31±2,8*

(Примечание: * - различия между группами достоверны при $p < 0,05$)

Таблица 8.

Данные анализа состава тела девочек ($M \pm m$)

Показатель	Контрольная группа (0)	Плавание (1)	Хоккей на траве (2)	Фехтование (3)
Процент жира (%)	26,7±0,34	21,31±1,58*	19,1±0,76*	21,66±1,21*
Мышечная масса (кг)	39,3±4,6	42,59±1,3	46,6±3,21	43,24±1,2

(Примечание: * - различия между группами достоверны при $p < 0,05$)

депонированных эритроцитов, а при продолжении и завершении нагрузки – гемодилюцию из-за повышенного разрушения эритроцитов. Увеличение

деструкции эритроцитов под воздействием физической нагрузки объясняют адаптивной реакцией, обеспечивающей гипертрофию мышц и образование новых клеток красной крови. С позиции теории адаптации, усиленное разрушение эритроцитов перед активацией анаболических процессов является стереотипной приспособительной реакцией системы крови в ответ на действие экстремальных факторов, так как активация эритропоэза связана не только с повышением общих катаболических процессов, но и с эритродиализом, а также образующимися при этом продуктами распада эритроцитов. Реакция системы крови носит приспособительный характер.

Данные, полученные в результате исследования, находятся в пределах возрастной нормы. Однако в группах юных спортсменов общее количество эритроцитов и гемоглобина в крови достоверно выше, чем в контрольной группе. Клетки «красной крови» – самые важные компоненты системы транспорта кислорода. В условиях интенсивной физической нагрузки они играют значимую роль в обеспечении кислородного запроса тканей.

В последнее время на всех соревнованиях международных спортивных организаций помимо допинга контроля осуществляется контроль за концентрацией гемоглобина, количеством ретикулоцитов. Введение такого надзора является ответной мерой на использование искусственных способов повышения работоспособности спортсменов. Один из них называется кровяным допингом и заключается в аутогемотрансфузии. Опасность для здоровья спортсмена состоит в том, что после переливания концентрация эритроцитов возрастает и увеличивается вязкость крови, что не только повышает нагрузку на сердце, но и, что более опасно, грозит внутрисосудистым свертыванием крови и тромбозом кровеносных сосудов.

Юным спортсменам было проведено исследование функции внешнего дыхания.

В результате затрудненного вдоха (давление воды на грудную клетку) и выдоха в воду плавание способствует развитию аппарата внешнего дыхания и увеличению жизненной емкости легких (ЖЕЛ). Пловцы имеют самую

Таблица 9.

Показатели общего анализа крови детей и подростков ($M \pm m$)

Показатель	Контрольная группа (0)	Плавание (1)	Хоккей на траве (2)	Фехтование (3)
Лейкоциты (*109)	5,07±0,28	6,58±0,35	6,38±0,21	6,3±0,34
Тромбоциты(*109)	225,6±11,2	227,7±10,8	233,3±10,5	247±10,79
Эритроциты(*1012)	3,96±0,13	4,86±0,12*	5,04±0,07*	4,51±0,15*
Гемоглобин (г/л)	125,7±3,6	155,6±3*	153±3,81*	140±2,08*
СОЭ (мм/ч)	3,5±0,6	4,5±0,4	2,8±0,53	4,11±0,75

Примечание: * - различия между группами достоверны при $p < 0,05$

большую жизненную емкость легких по сравнению с представителями других видов спорта.

Синусовая брадикардия у юных спортсменов по данным ЭКГ исследования составляет в среднем $55 \pm 0,27$ уд/мин и встречается в 30% случаев в группе циклических видов спорта и спортсменов из группы единоборств, в 23% случаев - в группе спортивных игр.

В процессе занятий физической культурой и спортом происходит урежение выработки импульсов в синусовом узле, приводящее к синусовой брадикардии. Такая степень брадикардии у спортсменов отражает оптимальный уровень нейровегетативной регуляции деятельности сердца в покое и прежде всего повышение тонуса блуждающего нерва. Для возникновения брадикардии существенное значение имеет также свойственное спортсменам ограничение в покое симпатической нервной активности. При синусовой брадикардии сердце имеет относительно большую диастолу, что создает наилучшие условия для его отдыха. Кроме того, редкая ЧСС оказывает благоприятное влияние на миокард, поскольку уменьшается величина его работы и снижается потребность мышечных клеток в кислороде. Все эти процессы следует рассматривать как проявление экономизации деятельности сердца спортсмена в покое. По данным S. Sharma et al. на этапах совершенствования высшего спортивного мастерства за счет усиления вагусных влияний на ритм сердца в покое брадикардия менее 60 уд/мин проявляется более чем у 80% спортсменов [6].

В нашем исследовании признаки ранней реполяризации желудочков выявлены у 24% пловцов, 7% юных спортсменов по хоккею на траве и 20% детей, занимающихся фехтованием. По мнению профессора Балыковой Л.А. динамика процессов реполяризации миокарда может быть важным диагностическим показателем, позволяющим своевременно выявить лиц, требующих дальнейшего углубленного обследования с целью исключения состояний, угрожаемых внезапной сердечной смертью [7].

Юным спортсменам помимо стандартной ЭКГ была проведена ЭКГ-проба с физической нагрузкой (20 приседаний, 15 секунд бега в максимальном темпе) — у всех детей и подростков реакция сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку была по нормотоническому типу, восстановление полное и своевременное.

По данным ЭХО-КГ у 40% детей, занимающихся циклическими, у 25% - игровыми видами спорта и у 30% детей из группы единоборств выявлены эктопические хорды левого желудочка.

Таблица 10.

Показатели жизненной ёмкости легких (ЖЁЛ) в группах юных спортсменов ($M \pm m$)

ЖЁЛ	Плавание (1)	Хоккей на траве (2)	Фехтование (3)
	4395 $\pm$ 215	3992 $\pm$ 246	3240 $\pm$ 301

Большинство школьников из контрольной группы и юные спортсмены циклических видов спорта имели первую группу здоровья, в то время как среди атлетов единоборств и спортивных игр преобладала вторая группа здоровья. На рисунках 3-6 отображена структура фоновых состояний в каждой из исследуемых групп.

Так, у школьников контрольной группы, в 21% случаев встречались нарушения зрения, среди которых преобладала миопия слабой степени обоих глаз.

Среди юных пловцов нарушения зрения также лидируют в структуре фоновых состояний, и составляют 28%. Сколиоз в этой группе исследования не выявлен ни у одного подростка.

В группе юных спортсменов по хоккею на траве на первое место в структуре фоновых состояний выходит плоскостопие. Возможно, это обусловлено тем, что в данном виде спорта стопа регулярно сжата специальной обувью, испытывает сильные мышечные напряжения. При этом спортсмены долго находятся в вертикальном положении с огромной нагрузкой на стопы, выполняют много резких движений.

Из фоновых состояний на изменения со стороны опорно-двигательного аппарата у фехтовальщиков приходится 50%. Скорее всего эта патология обусловлена выбранным видом спорта. В результате перенапряжения мышц руки, при выполнении стереотипных движений на протяжении длительного времени, происходит ассиметричное распределение нагрузки на позвоночник.

Таким образом, в результате проведенных исследований, данных диспансеризации, ретроспективного анализа выявлены достоверные различия в характеристиках исследуемых групп детей и подростков, а также наличие фоновых состояний индивидуальных для каждого вида спорта.



Рис. 3. Структура фоновых состояний в контрольной группе



Рис. 4. Структура фоновых состояний в группе циклических видов спорта

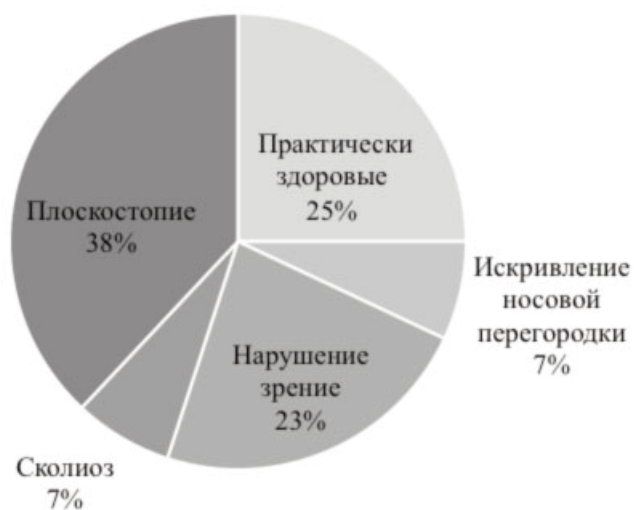


Рис. 5. Структура фоновых состояний в группе игровых видов спорта

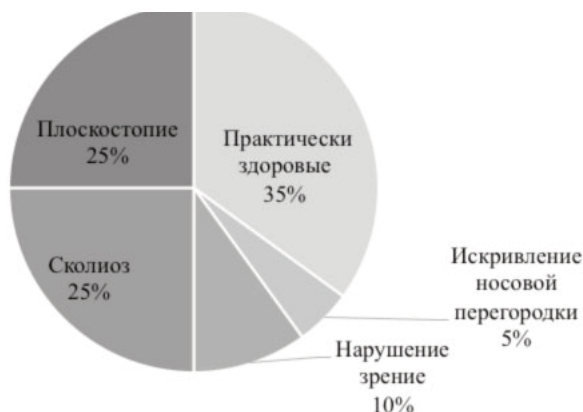


Рис. 6. Структура фоновых состояний в группе единоборств

ЛИТЕРАТУРА

1. Троегубова, Н. А. Метаболизм макро – и микроэлементов у юных спортсменов / Н. А. Троегубова, Н. В. Рылова, Р. Р. Гильмутдинов // Практическая медицина. – 2015. – № 3-1 (88). С. 69-72.
2. Троегубова, Н. А. Микронутриенты в питании спортсменов / Н. А. Троегубова, Н. В. Рылова, А. С. Самойлов // Практическая медицина. – 2014. – № 1 (77). – С. 46-49.
3. Grabara, M. Comparison of posture among adolescent male volleyball players and non-athletes / M. Grabara // Biol. Sport. – 2015. – N 32 (1). – P. 79-85
4. Anthropometric characteristics and nutritional profile of young amateur swimmers / S. Martínez, B. N. Pasquarelli, D. Romaguera [et al.] // J Strength Cond Res. – 2011. – N 25 (4). – P. 33–1126.
5. Абрамова, Т. Ф. Морфологические критерии – показатели пригодности, общей физической подготовленности и контроля текущей и долговременной адаптации к тренировочным нагрузкам : метод. рекомендации / Т. Ф. Абрамова, Т. М. Никитина, Н. И. Кочеткова. – Москва : ФГУ ЦСП, ФГУ «Всерос. науч.-исслед. ин-т физ. культуры и спорта», 2010. – 104 с.
6. Electrocardiographic changes in 1000 highly trained junior elite athletes / S. Sharma, G. Whyte, P. Elliott, M. Padula [et al.] // Br. J. Sports. Med. – 1999. – Vol. 33. – P. 319–324.
7. Балькова, Л. А. Подходы к диагностике и коррекции патологических изменений сердца у юных спортсменов с использованием препаратов метаболического действия / Л. А. Балькова, И. А. Маркелова // Практическая медицина. – 2010. – № 5. – С. 66–72.

МИНЕРАЛЬНЫЙ ОБМЕН У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ СПОРТОМ

При изучении взаимосвязи между содержанием макро-, микроэлементов и состоянием здоровья детей, важным фактором является выбор чувствительных методов анализа. В настоящее время с целью получения высокоточных результатов используются многоэлементные методы атомно-эмиссионной спектрометрии и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной аргонной плазмой [1-3]. В связи с развитием профилактического направления в медицине все больший интерес привлекают исследования таких биологических субстратов, как волосы и слюна, т. к. неинвазивность, информативность, доступность забора материала представляют хорошие перспективы для осуществления массового контроля за состоянием здоровья детей и подростков [4-7].

Материалы и методы

Под наблюдением находились 130 детей и подростков в возрасте от 12 до 17 лет 11 месяцев. Среди них 102 ребенка с интенсивным уровнем физических нагрузок (интенсивная физическая нагрузка не менее 12 часов в неделю - 3 и более раз в неделю в течение последних 6 или более месяцев). Основная группа была разделена на 3 подгруппы в зависимости от типа физической нагрузки. Таким образом, в первую подгруппу (1) вошли 35 детей — представителей циклических видов спорта (плавание), во вторую (2) — 47 представителей игровых видов спорта (хоккей на траве), а в третью (3) — 20 юных спортсменов, занимающихся единоборствами (фехтование). Юные спортсмены различались по видам спорта, стаж занятий и спортивная квалификация были сопоставимы. Остальные 28 детей составили группу контроля (0), не занимающиеся интенсивной физической нагрузкой (занятия физической культурой 2 раза в неделю в рамках школьного расписания, без посещения дополнительных спортивных секций).

В работе применялся традиционный комплекс клинических и лабораторно-инструментальных исследований: анализ анамнестических данных, опрос с использованием специально разработанной нами анкеты, общеклинический осмотр, измерение артериального давления, динамометрия, антропометрия (измерение массы и длины тела, окружности грудной клетки, определение индекса массы тела (ИМТ), анализ состава тела анализатором TANITA, общий анализ крови, общий анализ мочи, стандартная электрокардиография, эхокардиография, ЭКГ-пробы с физической нагрузкой, исследование функции внешнего дыхания, ультразвуковое исследование органов брюшной полости.

Исследование содержания элементов кальция, калия, магния, железа, цинка, хрома и селена в слюне и волосах детей и подростков проводили методами атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой на аппарате Optima 2000 DV, PerkinElmer / США (магний, калий, кальций и железо) и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой на приборе Elan 9000, PerkinElmer Sciex / США (хром, цинк, селен).

Определение уровня макро- и микроэлементов происходило на базе Федерального государственного унитарного предприятия «Центральный научно—исследовательский институт геологии нерудных полезных ископаемых» Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации.

Статистическая обработка полученных данных

Для статистической обработки результатов использованы программы: «Microsoft Office Excel 2007» и «IBM SPSS Statistics 20». Материалы исследования были подвергнуты статистической обработке с использованием методов параметрического и непараметрического анализа в соответствии с результатами проверки сравниваемых совокупностей на нормальность распределения. Методами вариационной статистики рассчитывали: среднее значение (M), ошибку средней величины (m). Достоверность различий средних сравниваемых величин (p) определяли по коэффициенту Стьюдента (t). Различия показателей считались статистически значимыми при уровне значимости $p < 0,05$.

Для оценки связи между исследуемыми параметрами, имеющими количественное выражение, использовался метод линейной регрессии. В качестве показателя тесноты связи использовался линейный коэффициент корреляции Пирсона R . С целью сравнения вариационных рядов применялся однофакторный дисперсионный анализ, позволяющий ответить на вопрос, оказал ли фактор существенное влияние на разброс выборочных средних или разброс является следствием случайностей, вызванных небольшими объемами выборок. В качестве статистического критерия использовался критерий Фишера (F). В случае обнаружения статистически значимых различий между группами дополнительно проводилось парное сравнение совокупностей при помощи апостериорного критерия Тьюки. Полученные данные приводятся в таблицах в виде $M \pm m$, где M —средняя величина, m — средняя ошибка средней величины.

Клиническая характеристика. По данным антропометрии выявлено, что средние показатели роста и веса мальчиков в группах юных спортсменов циклических и игровых видов спорта достоверно выше этих показателей в группе контроля. Полученные результаты представлены в таблицах 1 и 2.

Методом биоэлектрического импеданса на приборе TANITA BC – 543 проведен анализ состава тела и установлено, что процент жира в организме детей группы контроля был выше, чем у юных спортсменов ($p < 0,05$). Так, для мальчиков контрольной группы этот показатель составил $12,58 \pm 0,85\%$, в то время как для пловцов $8,68 \pm 0,77\%$, хоккеистов $7,82 \pm 0,72\%$, фехтовальщиков $7,12 \pm 0,81\%$. Среди девочек были получены схожие результаты: процент жира в группе контроля оказался $26,7 \pm 0,34\%$, в группе девочек, занимающихся плаванием $21,31 \pm 1,58\%$, хоккеисток $19,1 \pm 0,76\%$, фехтовальщиц $21,66 \pm 1,21\%$. В то же время уровень мышечной массы мальчиков, не занимающихся спортом, составил $46,12 \pm 1,5$ кг, что достоверно ниже этого показателя групп юных спортсменов: у пловцов – $57,33 \pm 1,31$ кг, хоккеистов – $58,86 \pm 1,8$ кг, фехтовальщиков – $51,31 \pm 2,8$ кг.

По результатам общего анализа крови выявлено, что у юных спортсменов общее количество эритроцитов и гемоглобина в крови достоверно выше, чем в контрольной группе. У детей и подростков, занимающихся плаванием, уровень эритроцитов (RBC) $4,86 \pm 0,12 \cdot 10^{12}/л$, гемоглобина (HGB) - $155,6 \pm 3$ г/л, в группе хоккея на траве RBC - $5,04 \pm 0,07 \cdot 10^{12}/л$, HGB - $153 \pm 3,81$ г/л, у фехтовальщиков RBC - $4,51 \pm 0,15 \cdot 10^{12}/л$, HGB - $140 \pm 2,08$ г/л, в то время как у школьников группы контроля RBC - $3,96 \pm 0,13 \cdot 10^{12}/л$, HGB - $125,7 \pm 3,6$ г/л ($p < 0,05$).

При исследовании функции внешнего дыхания установлено значительное увеличение жизненной ёмкости легких (ЖЕЛ) в группе детей циклического вида спорта - 4395 ± 215 мл, в сравнении с игровым видом - 3992 ± 246 мл, и единоборством - 3240 ± 301 мл.

Показатели макро- и микроэлементного состава слюны

Установлено, что уровень калия (мкг/г) в слюне юных спортсменов снижен в сравнении с контрольной группой: у мальчиков при занятиях циклическим видом спорта - $783,2 \pm 31,5$, игровым видом спорта - $770,8 \pm 37,1$, единоборством - $547,4 \pm 86,9$, в контрольной группе - $1388,3 \pm 186,5$. У девочек циклического вида спорта - $756,0 \pm 74,7$, игрового вида - $807,7 \pm 42,2$ мкг/г, единоборства - $547,4 \pm 86,9$, в контрольной группе - $1388,3 \pm 186,5$ ($p < 0,05$).

Таблица 1

Table 1

Общая характеристика обследованных девочек General characteristics of the examined girls

Группа	N	Стаж занятий (годы)	Возраст	Рост (см)	Масса Тела (кг)	ИМТ (кг/см ²)
0	20	-	$14,4 \pm 0,3$	$158,6 \pm 1,4$	$52,5 \pm 1,5$	$20,78 \pm 0,3$
1	10	$6,85 \pm 0,4$	$14,5 \pm 0,5$	$165,35 \pm 1,1$	$57,67 \pm 2,5$	$20,21 \pm 0,3$
2	18	$6,25 \pm 0,59$	$15,6 \pm 0,2$	$163,9 \pm 1,7$	$56,4 \pm 1,4$	$20,97 \pm 0,4$
3	10	$6,4 \pm 0,56$	$14,8 \pm 0,5$	$162,8 \pm 1,7$	$56,0 \pm 1,6$	$21,0 \pm 0,4$

Таблица 2

Table 2

Общая характеристика обследованных мальчиков General characteristics of the examined boys

Группа	N	Стаж занятий (годы)	Возраст	Рост (см)	Масса Тела (кг)	ИМТ (кг/см ²)
0	8	-	$14,75 \pm 0,61$	$165,5 \pm 0,6$	$57,18 \pm 3,66$	$20,55 \pm 0,79$
1	25	$7,88 \pm 0,32$	$15,12 \pm 0,2$	$176,61 \pm 1,03^*$	$65,36 \pm 1,44^*$	$20,76 \pm 0,35$
2	29	$7 \pm 0,41$	$15,78 \pm 0,2$	$175,13 \pm 1,17^*$	$67,87 \pm 2,51^*$	$22,04 \pm 0,69$
3	10	$6,4 \pm 0,47$	$14,5 \pm 0,58$	$167,55 \pm 3,27$	$58,09 \pm 3,07$	$20,61 \pm 0,77$

* - статистическая значимость различий с показателями контрольной группы, $p < 0,05$

Кроме того, выявлено, что микроэлементный состав слюны детей и подростков, занимающихся спортом, имел особенности: уровень хрома (нг/г) юных спортсменов выше показателей его у детей контрольной группы: у мальчиков, занимающихся циклическим видом спорта - $21,6 \pm 1,9$, игровым видом - $21,1 \pm 1,1$, единоборством - $16,5 \pm 1,5$, в группе контроля - $2,4 \pm 0,4$. У девочек циклического вида спорта - $17,8 \pm 5,0$, игрового вида - $34,1 \pm 4,5$ мкг/г, единоборства - $14,6 \pm 1,3$, в контрольной группе - $3,3 \pm 0,3$ ($p < 0,05$). Содержание селена (нг/г) повышено у девочек спортсменок: циклический вид спорта - $11,8 \pm 1,8$, игровой вид спорта - $12,2 \pm 1,9$, единоборство - $14,8 \pm 1,2$, в контрольной группе - $5,8 \pm 0,3$ ($p < 0,05$). У мальчиков спортсменов наблюдается тенденция к увеличению Se ($F=2,24$; $p=0,091$).

Выявлены особенности содержания макро- и микроэлементов в зависимости от вида физической нагрузки. У детей, занимающихся фехтованием, установлены более низкие уровни макроэлемента кальция в слюне по сравнению с группой контроля и остальными юными спортсменами. Согласно полученным нами данным, для мальчиков-фехтовальщиков уровень Ca составил $24,8 \pm 2,3$ мкг/г, в то время как у мальчиков контрольной группы Ca - $41,7 \pm 5,6$ мкг/г, пловцов - $37,7 \pm 1,9$ мкг/г, хоккеистов - $36,0 \pm 1,7$ мкг/г ($p < 0,05$). Содержание Ca у девочек-фехтовальщиц - $32,2 \pm 3,4$ мкг/г, что достоверно ниже показателей Ca у девочек группы контроля - $45,6 \pm 2,3$ мкг/г и уровня Ca у хоккеисток - $50,2 \pm 2,4$ мкг/г. Исследования содержания кальция в слюне интересны и перспективны, стабильное содержание этого элемента в крови является жёстко контролируемым показателем. Паратгормон, кальцитонин и витамин D поддерживают концентрацию макроэлемента в очень узком диапазоне, поэтому понижение его концентрации в крови достаточно сложно отследить.

Для юных спортсменов по фехтованию установлены и более низкие концентрации макроэлемента магния в слюне. Для мальчиков этой группы уровень Mg составил $3,3 \pm 0,6$ мкг/г, тогда как у пловцов Mg - $6,9 \pm 0,8$ мкг/г, а у хоккеистов Mg в слюне - $7,4 \pm 0,7$ мкг/г ($p < 0,05$). Показатели Mg для девочек – фехтовальщиц $2,9 \pm 0,7$ мкг/г, пловчих - $6,0 \pm 1,0$ мкг/г, хоккеисток - $4,9 \pm 0,5$ мкг/г.

Дети и подростки, занимающиеся игровым видом спорта, имели достоверно высокие уровни цинка в слюне. Так, среди мальчиков-хоккеистов среднее содержание Zn составило $0,153 \pm 0,049$ мкг/г, в то время как для мальчиков группы контроля, пловцов и фехтовальщиков соответственно: $0,031 \pm 0,007$ мкг/г; $0,063 \pm 0,009$ мкг/г; $0,033 \pm 0,011$ мкг/г. Согласно нашим данным, у девочек-хоккеисток Zn - $0,413 \pm 0,157$ мкг/г, у девочек контрольной группы - $0,033 \pm 0,006$ мкг/г, у девочек, занимающихся плаванием - $0,060 \pm 0,014$ мкг/г, фехтовальщиц - $0,029 \pm 0,009$ мкг/г ($p < 0,05$). Нами не было установлено статистически значимых различий между девочками и мальчиками по содержанию цинка в слюне, независимо от отношения к спорту и вида спортивной нагрузки ($p > 0,05$).

Сводная информация об изменениях содержания макро- и микроэлементов в слюне среди мальчиков и девочек, занимающихся различными видами спорта, по сравнению с контрольной группой, представлена в таблице 3.

Таблица 3
Table 3

Изменения содержания макро- и микроэлементов в слюне
Changes in the content of macro- and microelements in saliva

Элемент	Контроль		Плавание		Хоккей на траве		Фехтование	
	мал.	дев.	мал.	дев.	мал.	дев.	мал.	дев.
Кальций (мкг/г)	41,7	45,6	↓	↓	↓↓	↑	↓↓↓*	↓↓*
Магний (мкг/г)	3,9	3,9	↑	↑↑	↑↑	↑	↓	↓
Калий (мкг/г)	1388,3	1484,3	↓*	↓↓*	↓↓*	↓*	↓↓↓*	↓↓↓*
Железо (мкг/г)	0,04	0,049	↑	↓	↓↓	↑	↓	↓↓
Цинк (мкг/г)	0,031	0,033	↑↑	↑	↑↑↑	↑↑*	↑	↓
Селен (нг/г)	8,1	5,8	↑	↑*	↑↑	↑↑*	↑↑↑	↑↑↑*
Хром (нг/г)	2,4	3,3	↑↑↑*	↑↑*	↑↑*	↑↑↑*	↑*	↑*

↓ –снижение показателя по сравнению с контролем;

↑ –повышение показателя по сравнению с контролем;

* –различия по сравнению с контролем статистически значимы ($p < 0,05$)

Изменения в макроэлементном составе слюны юных спортсменов характеризовались снижением концентраций, в то время как отклонения в микроэлементном составе – повышением уровней изучаемых минералов. Вероятно, это связано с различной проницаемостью гематосаливарного барьера для макро- и микроэлементов в условиях интенсивных физических нагрузок, т.к. известно, что проницаемость его неодинакова и может изменяться под действием различных факторов.

Изучение взаимосвязи показателей макро- и микроэлементного состава слюны от возраста и индекса массы тела

Установлено, что содержание макро- и микроэлементов в слюне имело множественные связи с возрастом исследуемых детей и подростков. Выявлено, что калий коррелировал с возрастом спортсменов, занимающихся фехтованием. Коэффициент корреляции для данной зависимости составил 0,65, что по шкале Чеддока соответствует заметной прямой связи. Коэффициент детерминации R^2 , определяющий долю дисперсии показателя, объясняемой фактором возраста, составил 42,0%. Уровень значимости наблюдаемой корреляционной связи составил 0,043.

По данным корреляционного анализа, микроэлемент цинк находился в связи с возрастом детей, занимающихся хоккеем на траве. Коэффициент корреляции для данной зависимости составил -0,55, что соответствует заметной обратной связи. Коэффициент детерминации R^2 , определяющий

долю дисперсии показателя, объясняемой фактором возраста, составил 30,4%. Уровень значимости наблюдаемой корреляционной связи составил 0,041.

Уровень кальция коррелировал с возрастом юных спортсменов, занимающихся плаванием. Коэффициент корреляции для данной зависимости составил 0,50, что соответствует заметной прямой связи. Коэффициент детерминации R^2 составил 25,1%. Уровень значимости наблюдаемой корреляционной связи 0,011.

Для выявления связи мы использовали метод парной линейной регрессии и получили уравнение:

$$Y_{Ca} = -33,31 + 4,69 \cdot X_{ВОЗ}$$

где Y_{Ca} – содержание кальция в слюне спортсменов (мкг/г), $X_{ВОЗ}$ – возраст исследуемых (полных лет).

Согласно результатам проведенного корреляционного анализа зависимости содержания микро- и макроэлементов, в слюне исследуемых от ИМТ, нами не было отмечено сильных связей между сопоставляемыми параметрами во всех группах. Единственной статистически значимой зависимостью оказалась взаимосвязь уровня хрома и ИМТ у девушек контрольной группы. Коэффициент корреляции для данной зависимости составил -0,46, что соответствует умеренной обратной связи. Коэффициент детерминации R^2 составил 20,8%. Уровень значимости наблюдаемой корреляционной связи 0,043.

Показатели макро- и микроэлементного состава волос

Содержание макро- и микроэлементов в волосах является отображением длительной экспозиции металлов в организме. Концентрация химических элементов в волосах наиболее полно отражает их тканевое содержание и хорошо коррелирует с элементным профилем внутренней среды организма, не зависит от суточной ритмики физиологических процессов и временных особенностей рациона.

Определение макро- и микроэлементов в волосах было проведено среди девочек контрольной группы, занимающихся хоккеем на траве и фехтованием. В результате проведенного однофакторного дисперсионного анализа были установлены статистически значимые различия содержания калия, цинка и селена в волосах исследуемых. Результаты исследования представлены в таблице 4.

Выявлено, что уровень калия был повышен среди юных спортсменок по сравнению с контрольной группой. Наиболее высокие значения показателя отмечались у девочек, занимающихся фехтованием – $106,2 \pm 29,5$ мкг/г, в то время как у группы контроля – всего $30,4 \pm 6,6$ мкг/г. Полученный результат мы рассматриваем как показатель усиленного метаболизма элемента в организме, это говорит о возрастании подвижности К и риске возникновения его дефицита.

Проведенный анализ установил статистически значимое повышение уровня селена в волосах девочек, занимающихся спортом. При сравнении показателя фехтовальщиц ($0,54 \pm 0,02$ мкг/г) с контрольной группой ($0,41 \pm 0,02$ мкг/г) уровень значимости составил 0,008, для девочек, занимающихся хоккеем на траве ($0,48 \pm 0,01$ мкг/г, при $p=0,009$). Повышенная

Таблица 4
Table 4

Среднее содержание макро- и микроэлементов (мкг/г) в волосах девочек, исследуемых в зависимости от занятий спортом

The average content of macro- and micronutrients (µg / g) in the hair of girls studied depending on sports

Элемент	Сравниваемые подгруппы			Р _I	Р _{II}
	Контроль (0)	Хоккей на траве (2)	Фехтование (3)		
Кальций	846,1±109,7	1039,4±61,1	698,0±93,8	0,209	p>0,05
Магний	70,8±8,1	95,4±8,7	73,2±14,0	0,131	p>0,05
Калий	30,4±6,6	95,9±12,1	106,2±29,5	<0,001	p ₀₋₂ =0,003 p ₀₋₃ =0,015
Железо	34,8±4,4	23,2±3,8	22,6±4,2	0,112	p>0,05
Цинк	85,0±6,1	184,4±15,1	135,2±16,2	<0,001	p ₀₋₂ <0,001
Селен	0,41±0,02	0,48±0,01	0,54±0,02	0,001	p ₀₋₂ =0,009 p ₀₋₃ =0,008
Хром	1,40±0,39	0,22±0,07	0,44±0,16	0,118	p>0,05

p_I – статистическая значимость различий при проведении однофакторного дисперсионного анализа, P<0,05; p_{II} – статистическая значимость различий при парном сравнении совокупностей, p<0,05

концентрация в волосах жизненно необходимых химических элементов обычно свидетельствует о выведении их из организма (стадия преддефицита). Помимо общих закономерностей нами были выявлены и групповые особенности в зависимости от вида спорта. Содержание цинка было статистически значимо выше, чем в контрольной группе, среди девочек, занимающихся хоккеем на траве (p<0,001). Таким образом, элементный состав волос юных спортсменок отличался от показателей девочек, не занимающихся спортом.

Изучение взаимосвязи показателей макро- и микроэлементного состава волос от возраста и индекса массы тела

Установлена связь между содержанием кальция и магния в волосах и возрастом девочек, занимающихся фехтованием. Коэффициент корреляции для кальция составил -0,75, что по соответствовует высокой тесноте обратной связи. Коэффициент детерминации R², определяющий долю дисперсии показателя, объясняемой фактором возраста, составил 56,2%. Уровень значимости наблюдаемой корреляционной связи 0,048. Коэффициент корреляции для магния составил -0,69, что соответствует заметной тесноте обратной связи. Коэффициент детерминации R²=47,6%. Уровень значимости наблюдаемой корреляционной связи 0,046.

По результатам проведенного корреляционного анализа зависимости содержания макро- и микроэлементов, в волосах исследуемых от ИМТ, нами выявлена связь между содержанием кальция и ИМТ девочек, занимающихся хоккеем на траве. Коэффициент корреляции для данной

зависимости составил 0,60, что соответствует заметной прямой связи. Коэффициент детерминации $R^2 = 36,0\%$. Уровень значимости наблюдаемой корреляционной связи 0,047.

При анализе зависимости уровня селена в волосах от ИМТ среди девочек, занимающихся фехтованием, коэффициент корреляции составил 0,85, что соответствует высокой тесноте прямой связи. Коэффициент детерминации R^2 , определяющий долю дисперсии показателя, объясняемой фактором ИМТ, составил 72,2%. Уровень значимости наблюдаемой корреляционной связи 0,015.

Установлено, что статистически значимая взаимосвязь отмечалась при сопоставлении содержания в волосах и слюне таких элементов, как калий ($R=-0,72$; $p<0,001$) и селен ($R=0,44$; $p=0,004$). В первом случае корреляционная связь была обратной, теснота ее при оценке по шкале Чеддока являлась высокой. Для селена отмечалась прямая корреляционная связь между содержанием в волосах и слюне умеренной тесноты.

Резюмируя результаты проведенных исследований макро- и микроэлементов в слюне и волосах детей и подростков, нами были выявлены существенные изменения их показателей в зависимости от интенсивности физической нагрузки, а также вида спорта. Наибольшие сдвиги были характерны для биоэлементов калия и селена. Полученные результаты открывают новые перспективы формирования здоровья детей и подростков, занимающихся спортом в будущем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рылова Н.В., Трогубова Н.А., Жолинский А.В., Серeda А.П., Оганнисян М.Г. Оценка минерального статуса у юных спортсменов. Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2017;62(5):175-183. DOI:10.21508/1027-4065-2017-62-5-175-183. [Rylova N.V., Troegubova N.A., Zholinsky A.V., Sereda A.P., Hovhannisyan M.G. Assessment of mineral status in young athletes. Ros Vestn Perinatol i Pediatr 2017;62(5):175-183. (In Russ.)] DOI:10.21508/1027-4065-2017-62-5-175-183
2. Nabatov A.A., Troegubova N.A., Rylova N.V. Sport-and sample-specific features of trace elements in adolescent female field hockey players and fencers. J Trace Elem Med Biol 2017; 43: 33-37. DOI: 10.1016/j.jtemb.2016.11.002
3. Трогубова Н.А., Рылова Н.В., Гильмутдинов Р.Р., Серeda А.П. Особенности содержания биоэлементов в слюне и волосах юных. Российский вестник перинатологии и педиатрии 2016; 61(2):84-88. [Troegubova N.A., Rylova N.V., Gilmutdinov R.R., Sereda A.P. Features of the content of bioelements in the saliva and hair of young people. Ros Vestn Perinatol i Pediatr 2016; 61(2):84-88 (in Russ.)]
4. Рылова Н.В., Биктимирова А.А., Имамов А.А., Жолинский А.В. Актуальные вопросы медико-биологического сопровождения детско-юношеского спорта. Российский вестник перинатологии и педиатрии 2018; 63(5): 231-236. DOI: 10.21508/1027-4065-2018-63-5-231-236. [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]
5. Биктимирова А.А., Рылова Н.В., Золкина Н.В., Сухорукров В.С. Особенности карнитинового обмена у юных спортсменов. Российский вестник перинатологии и педиатрии 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. Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics 2015;60 (2):105-107 (In Russ.)]
6. Okrglicka K. Health effects of changes in the structure of dietary macronutrients intake in western societies. Roczn Panstw Zakl Hig 2015; 66 (2): 97-105.
7. Рылова Н.В., Биктимирова А.А., Жолинский А.В. Обмен карнитина в оценке состояния тканевой энергетики и физической работоспособности юных спортсменов // Спортивная медицина: наука и практика. 2019; 9(1):14-20. [Rylova NV, Biktimirova AA, Zholinsky AV. Carnitine exchange in the assessment of tissue energetics and physical performance of young athletes. Sportivnaya medicina: nauka i praktika. 2019;9(1):14-20. (In Russ.)] doi: 10.17238/ISSN22232524.2019.1.14.

ПОКАЗАТЕЛИ ОБМЕНА КАРНИТИНА И АМИНОКИСЛОТ У ПОДРОСТКОВ-СПОРТСМЕНОВ

Актуальна на сегодняшний день проблема организации рационального питания и фармакологического обеспечения тренировочного процесса с целью предупреждения и лечения негативных последствий спортивного стресса, а также повышения уровня физической работоспособности [1-3].

Одним из важнейших механизмов, определяющим вышеописанные процессы, является продуцирование энергии в клетках. Основной путь ресинтеза АТФ – окислительное фосфорилирование с использованием углеводов и липидов в качестве энергетического субстрата. В последние годы теория ремоделирования стала вытеснять представления о митохондриях, как о статичных субстанциях. Так, при определенных условиях митохондрии способны образовывать конгломераты или претерпевать процесс деления, сохраняя при этом общую наружную мембрану. Несмотря на то, что окислительная способность мышечной ткани определяется количеством митохондрий и уровнем активности окислительных ферментов в них, клеточный метаболизм, в конечном счете, зависит от адекватности снабжения клеток кислородом [4-6]. В результате дефицита O_2 в процессе цикла трикарбоновых кислот происходит накопление промежуточных продуктов обмена свободных жирных кислот – ацилкарнитина, ацил–КоА, угнетается пируватдегидрогеназа, и как следствие, возможность утилизации пирувата устраняется, в результате чего он практически полностью превращается в лактат.

Целесообразность применения L-карнитина в спортивной практике основана тем, что карнитин способен предупреждать накопление избыточного количества ацил–CoA внутри митохондрий с выведением избытка ацильных групп в виде ацил–карнитина. В результате происходит повышение активности пируватдегидрогеназы, что может ускорять процесс окислительной утилизации глюкозы (пирувата) и увеличивать энергопродукцию. Такое действие карнитина вносит вклад в снижение избытка лактата в крови и мышцах, которую рассматривают как главную причину утомляемости. В исследованиях Karlic H., Lohninger A., (2004) продемонстрировано падение уровня свободного карнитина в мышцах при интенсивных физических нагрузках в результате взаимодействия с ацетилCoA [7]. Предполагается, что это может быть одним из механизмов снижения окисления жирных кислот в плазме и триацилглицеролов в мышцах во время интенсивной нагрузки. С другой стороны при физической нагрузке общее количество жирных кислот, поставляемое в мышцы, превышает энергетические потребности и доступность кислорода. Вследствие этого, избыток образуемого ацил–КоА с длинной цепью, может приводить к кратковременному нарушению нормального течения процесса окислительного фосфорилирования и снижению показателя производительности при максимальной нагрузке. Таким образом, с теоретических позиций, применение L-карнитина позволяет уменьшить долю анаэробного лактатного энергообразования и увеличить вклад более эффективной аэробной энергопродукции, повышая активность

дыхательной цепи в мышцах и работоспособность в условиях интенсивных физических нагрузок.

Определение содержания карнитина, а также ацилкарнитинов в крови методом тандемной хромато-масс-спектрометрии дает возможность диагностировать состояние энергетического обмена. Данная методика широко применяется также для исследования так называемого «энергодефицитного диатеза». «Энергодефицитный диатез» — это скрытая форма относительной индивидуальной недостаточности цитоэнергетического статуса организма. Считается, что это состояние достаточно широко распространено и откладывает свой отпечаток на течение различных процессов и требует специфической «энерготропной» коррекции.

Материалы и методы

Обследован 131 ребенок (I-II группы здоровья) в возрасте от 12 лет до 17 лет 11 месяцев. Основная группа — 94 юных спортсмена. Группа контроля — 37 детей, не занимающиеся спортом (занятия только физической культурой 2 раза в неделю в рамках школьного расписания).

По данным статистической обработки подтвердилась нормальность распределения сравниваемых совокупностей как по возрасту, так и по полу.

Данные о возрасте исследуемых детей приведены в таблице 1.

Методы статистической обработки, применяемые для оценки достоверности полученных результатов, проводили при помощи электронных таблиц Microsoft Office Excel 2003. Для описания значений в группах определялись следующие параметры: среднее арифметическое значение, стандартное отклонения (сигма), ошибки среднего значения (m), а также расчёт минимального (мин) и максимального значений (макс) в каждом вариационном ряду. Сравнительный анализ групп основывался на определении достоверности разницы показателей по t -критерию Стьюдента. В случаях, когда распределение хотя бы одной из совокупностей не являлось нормальным, для сравнения использовались методы непараметрического анализа с применением U -критерия Манна-Уитни. Также оценивались корреляционные связи с помощью коэффициента корреляции Спирмена.

Основными характеристиками карнитинового обмена являются свободный и связанный карнитин, а также индекс их соотношения АК/С0. Полученные результаты ($M \pm m$ — средние значения и ошибка средней) представлены в таблице 2.

Таблица 1

Распределение детей изучаемых групп по полу и возрасту

Группа	Мальчики		Девочки	
	n	$M \pm m$, лет	n	$M \pm m$, лет
Основная	60	$15,9 \pm 0,3$	34	$16,1 \pm 0,3$
Контрольная	17	16,0	20	15,0
Всего	77	$16,0 \pm 0,1$	54	$16,0 \pm 0,2$

По результатам обследования двух групп детей установлено, что содержание свободного карнитина достоверно выше у юных спортсменов ($p < 0,05$). Значимые отличия имеются и в индексе АК/С0. Этот показатель достоверно выше среди атлетов ($p < 0,05$), что указывает на более эффективную клеточную энергетику у представителей основной исследуемой группы. Достоверных различий в содержании связанного карнитина обнаружено не было. Полученные данные были проанализированы также с учетом половых различий (таблица 3).

Таблица 2.

Содержание указанных веществ в исследуемых группах

группа признак	Юные спортсмены	Контроль
Свободный карнитин (C0), мкмоль/л	34,61±0,85*	32,7±1,26
Связанный карнитин (АК), мкмоль/л	16,12±0,71	14,34±0,53
АК/С0	0,51±0,02*	0,46±0,02.

Примечание: * - отличия от контрольной группы достоверны при $p < 0,05$;

Таблица 3.

Содержание свободного и связанного карнитина с учетом половых различий

группа признак	Мальчики N = 77	Девочки N = 54
Свободный карнитин (C0), мкмоль/л	34,78±0,88*	30,58±0,76
Связанный карнитин (АК), мкмоль/л	16,18±0,62*	13,93±0,38
АК/С0	0,51±0,02	0,46±0,01

Примечание. *Отличия в содержании свободного и связанного карнитина в группе мальчиков и девочек достоверны при $p < 0,05$.

Показатели связанного карнитина определяется суммарным содержанием ацилкарнитинов. Ацетил-L-карнитин является биологически активной формой L-карнитина. Основной его функцией является транспортировка активированного ацетата непосредственно в матрикс митохондрии для образования ацетил-КоА, участвующего в цикле трикарбоновых кислот. Ацетилкарнитин является субстратом для запуска энергозависимых обменных процессов в митохондриях. В основной группе среднее содержание ацетилкарнитина составило $9,77 \pm 0,53$ мкмоль/л, а в контрольной группе $8,77 \pm 0,46$ мкмоль/л при $p < 0,05$.

Представляется интересным - изучение соотношения связанных карнитин/свободный карнитин. Этот показатель используется для дополнительной характеристики содержания ацилкарнитинов (АК) и свободного карнитина (С0) и отражает эффективность клеточной энергетики: чем ниже данный коэффициент, тем эффективнее энергообмен. Нормальные значения этого показателя — менее 0,7. Величина индекса связанных карнитин/свободный карнитин находится в обратной связи с уровнем свободного карнитина и в прямой — с уровнем связанного карнитина. Увеличение данного соотношения отражает увеличение доли связанных форм карнитина в структуре показателя общего карнитина. Несмотря на то, что показатели во всех группах укладываются в пределы нормы, данный индекс в результате нашего исследования оказался достоверно выше у юных спортсменов в сравнении с контрольной группой ($p < 0,05$).

В ходе изучения особенностей карнитинового обмена у спортсменов и представителей контрольной группы была также определена масса тела и процентное содержание жировой ткани в организме исследуемых. После определения данных параметров у исследуемых была выявлена статистически значимая ($p < 0,01$) отрицательная корреляционная связь между процентным содержанием жировой массы тела и связанным карнитином ($-0,67$), а также соотношением связанных карнитин/свободный карнитин ($-0,61$). Закономерно была обнаружена достоверная статистически значимая положительная корреляционная связь между содержанием связанного карнитина и уровнем некоторых аминокислот, в частности метионина ($0,66$) и фенилаланина ($0,63$).

Аминокислоты как заменимые, так и незаменимые участвуют в энергетическом обмене клетки, в процессе глюконеогенеза. Из аланина, цистеина, глицина образуется пируват. Фенилаланин окисляется в тирозин с участием фермента микросомального окисления, специфической монооксигеназой — фенилаланингидроксилазой. Тирозин, в свою очередь, вступает в многочисленные реакции в различных тканях. В результате этих превращений тирозин не только распадается до конечных продуктов, но и дает промежуточные метаболиты, из которых образуется ряд важных соединений, некоторые из которых являются биологически активными веществами, в частности, фумарат, участвующий в цикле Кребса. Глутаминовая кислота является регулятором окислительно-восстановительных реакций в организме, помимо этого она является субстратом для биосинтеза аминокислоты орнитина путем

ее переаминирования. Орнитин способствует секреции гормона роста, что стимулирует процесс сжигания жировой ткани. Аминокислота глицин также участвует в синтезе креатина, который в свою очередь подвергается фосфорилированию с участием АТФ до образования креатинфосфата. Аминокислоты с разветвленной цепью (валин, лейцин, изолейцин) служат источником энергии в мышечных клетках, препятствует снижению уровня серотонина, а также являются одним из главных источников для синтеза тканей тела.

Исследование уровня незаменимой аминокислоты метионина представило особый интерес за счет своего положительного влияния на липидный обмен (липотропное действия), а также это вещество является субстратом для эндогенного синтеза карнитина. Возрастные нормы данного вещества находятся в пределах от 6 до 37 мкмоль/л. В группе девочек-спортсменок уровень метионина варьировался 4,507 до 10,908 мкмоль/л (у 6 девочек уровень метионина оказался ниже нормальных значений), среднее значение — $6,69 \pm 0,36$ мкмоль/л. У мальчиков-спортсменов максимальное значение метионина достигало 50,30 мкмоль/л, что существенно превышает уровень нормы, а минимальное — 11,33 мкмоль/л. Среднее значение уровня метионина в этой группе — $18,23 \pm 1,31$ мкмоль/л. Таким образом, уровень метионина у мальчиков достоверно выше при $p < 0,01$. В контрольной группе девочек средний уровень метионина составил $12,91 \pm 0,49$ мкмоль/л, а у мальчиков $8,08 \pm 0,86$ мкмоль/л. Достоверность различий в содержании метионина отмечена при $p < 0,001$.

По результатам исследования и их статистической обработки установлен ряд особенностей карнитинового статуса и обмена аминокислот у юных спортсменов. Можно предположить, полученные данные отражают более эффективную клеточную энергетику у детей, занимающихся спортом. Отсутствие интенсивной физической нагрузки не требует от организма ребенка высоких энергетических затрат, что позволяет процессу тканевого дыхания функционировать менее эффективно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рылова Н.В., Биктимирова А.А. Особенности энергообмена у юных спортсменов. Практическая медицина. 2013; 6 (75):30-34
2. Рылова Н.В., Биктимирова А.А., Самойлов А.С., Назаренко А.С. Энерготропные препараты в детской спортивной медицине. Профилактическая и клиническая медицина. 2014; 4 (53):132-141.
3. Биктимирова А.А., Рылова Н.В., Золкина И.В., Кулагина Т.Е., Сухоруков В.С. Особенности карнитинового обмена у юных спортсменов. Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2015; 2(60):105-108.
4. Белоцерковский З.Б. Эргометрические и кардиологические критерии физической работоспособности у спортсменов. — М.: Советский спорт, 2009.
5. Ключников С.О., Ильяшенко Д.А., Ключников М.С. Эффективность Карнитона и Кудесана у подростков. Практика педиатра. 2009; 2:23-27.
6. Царегородцев А.Д., Сухоруков В.С. Митохондриальная медицина — проблемы и задачи. Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2012; 4: 2:5-14.
7. Karlic H, Lohninger A. Supplementation of L-carnitine in athletes: does it make sense? Nutrition. 2004; 7:709-715.

АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ СОСТАВА ТЕЛА В СПОРТЕ

В спортивной практике для мониторинга состава тела и тренировочного режима спортсменов широкое прикладное применение имеет изучение соотношения тканевых компонентов тела. Анализ и динамический контроль жировой, безжировой и мышечной масс тела, общей воды организма позволяет оценить и прогнозировать развитие метаболического синдрома, определить рацион питания и оценить эффективности процедур коррекции и мониторинга состояния спортсменов [4].

Первостепенное значение в спорте имеет вычисление жировой массы, которая выполняет функции метаболически активного органа, достаточный ее уровень играет огромную роль в поддержании общего здоровья [15]. Знание о количестве и распределении тощей массы (костной и мышечной) может быть столь же важным в определении спортивной работоспособности. Снижение доли жировой массы до 5-6%, а скелетно-мышечной массы в соревновательном периоде — до 46%, нежелательно и чаще свидетельствует о переутомлении атлетов [1]. Помимо этого, изменения мышечного и жирового компонентов под воздействием тренировочных нагрузок отражают направленность и выраженность адаптивных сдвигов структурного уровня в организме спортсмена и преимущественный характер энергообеспечения, таким образом, лабильные морфологические показатели человека могут служить маркерами адаптации к напряженной мышечной деятельности [2].

Не менее важное значение в спорте имеет контроль водного баланса спортсменов, так как дегидратация даже легкой степени, тяжело переносится организмом [14, 16]. Активные физические нагрузки сопровождаются потерей, за счет потоотделения, микроэлементов, в первую очередь натрия и калия, что пагубно влияет на функциональное состояние сердечно-сосудистой системы и нервно-мышечной регуляции [9]. Исследованиями доказана необходимость отслеживания показателей общей воды организма, объем внутриклеточной жидкости у элитных спортсменов при коррекции веса тела перед началом соревнований во избежание снижения силы [10, 18].

Исследования компонентов массы тела проводились в самых различных аспектах многими учеными. Известно, что состав тела изменяется под влиянием различного содержания белков, жиров и углеводов в пищевом рационе [5]. Повышение уровня жировой массы наблюдается в случае увеличения доли углеводно-жирового комплекса в диете, при ограничении количества жирной и углеводсодержащей пищи регистрируются обратные изменения состава тела [2]. Применение различных фармпрепаратов также оказывают влияние на компонентный состав тела: использование анаболических препаратов увеличивают мышечную массу, повышают работоспособность, выносливость [12].

Исследования состава тела в возрастном аспекте выявили особенности изменения компонентов массы тела юных спортсменов в различные возрастные периоды. Динамика изменений компонентов массы тела, в первую очередь, отражает, возрастной уровень становления гормональной сферы

и процессы роста и развития под воздействием занятий спортом. Так, дети обоего пола, занимающиеся спортом 1-4 года на возрастном интервале 5 - 9 лет отличаются низкой мышечной массой (43-45%) и средней жировой массой (10-13%). В препубертатный период наблюдается постепенный и небольшой рост мышечной массы и вариации жиросотложения вокруг исходного уровня. Пубертатный период характеризуется более выраженным (особенно у мальчиков) ростом мышечной массы при снижении жировой массы у мальчиков и повышении у девочек. Постпубертатный период в большей мере уже отражает спортивное совершенствование с повышением мышечного и снижением жирового компонентов [2].

Было показано о непосредственной связи показателей состава тела с уровнем физической активности [15, 21]. Интенсивная физическая деятельность вызывает уменьшение жирового компонента, увеличение активной массы тела [2, 12]. Обнаружено значительное улучшение композиционного состава тела, особенно без жировых показателей при 9 и более часовых тренировках в неделю, что является важным для здорового роста и спортивной производительности спортсменов [27].

В исследованиях подтверждена связь величин компонентов массы тела с проявлением различных физических качеств и развитием функциональных систем организма: с показателями силы, скорости и гибкости - отдельными сторонами подготовленности, так и с интегральным показателем - специальной физической работоспособностью и, прямо или косвенно, со спортивным результатом [7, 10]. Показана взаимосвязь развития мышечной массы с уровнем мощности разных систем энергообеспечения мышечной деятельности: аэробной и анаэробной производительностью [20].

Также специфику величин компонентов массы тела определяет видовая и квалификационная принадлежность спортсменов. Спортсмены высших разрядов обладают более высокими величинами мышечной и низкими величинами жировой массы, чем менее квалифицированные спортсмены [11]. Спортсмены, занимающиеся силовыми видами спорта, отличаются максимальными величинами мышечной массы, видами спорта на выносливость - менее высоким содержанием мышечной массы и минимальным содержанием жировой, спортсмены игровых видов спорта характеризуются внутривидовой дифференциацией величин мышечной и жировой масс в соответствии с игровым амплуа [2]. Таким образом, в каждом виде спорта складывается специфическая морфологическая модель спортсменов, соответствие которой является базовым преимуществом для успешности и долголетия в спорте [9]. Несоответствие модели при высокой мотивации спортсмена, требует высокой активности дополнительных компенсаторных механизмов, что в итоге снижает вероятность высоких результатов, долголетия в спорте, более того является фактором риска для состояния здоровья и требует осуществлять наиболее жесткий текущий контроль за процессами адаптации организма спортсмена к тренировочному воздействию [1, 2].

В течение прошлого века были предложены множество методов определения состава тела человека, однако все они имеют свойственные им

недостатки, и в настоящее время не существует универсальных подходящих критериев или «золотого стандарта» методологии определения композиционного состава тела [25].

Все используемые техники разделяются на следующие категории: эталонные методы, лабораторные и полевые [1].

К эталонным методам относятся многокомпонентные модели, компьютерная томография, магниторезонансное исследование. Лабораторные методы это — двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия, денситометрия, гидрометрия, ультразвуковое исследование, 3-хмерное сканирование. Полевые методы — антропометрия, биоимпедансметрия, индексы массы тела [9].

Традиционно используются двух-, трех, четырехкомпонентные модели и пятиуровневая многокомпонентная модели. Однако выполнение измерений параметров, на которых основаны компонентные модели оценки состава тела (плотности тела, содержания воды в организме, минеральной массы тела, общей массы белка в организме, клеточной массы) требует много времени и использование дорогих и специализированных технологий [1].

Примером метода изучения состава тела на основе оценки плотности тела является гидростатическая денситометрия. Для этого проводится измерение веса тела в воде и в обычных условиях. Необходимость полного погружения тела для измерения веса тела снижает возможности применения метода у детей, а также у пожилых и больных людей. Альтернативным методом исследования плотности тела является воздушная плетизмография. В целом, методы гидростатическая денситометрия и воздушная плетизмография имеют технические трудности реализации методов, являются стационарными кроме того имеется проблема ограничения применения на индивидуальном уровне ввиду значительных индивидуальных различий плотности безжировой массы тела. Следовательно, при отсутствии данных о композиции безжировой массы тела эти методы могут служить лишь для характеристики значительных изменений жировой массы [3].

Другая возможность определения состава тела с использованием моделей тела связана с оценкой содержания общей воды в организме. Эталонным методом измерения воды в организме считается метод изотопного разведения с использованием трития, дейтерия [25]. В отличие методов гидростатической денситометрии и воздушной плетизмографии можно использовать в полевых условиях, однако анализ отправляется в лабораторию и исследуется в течение нескольких дней, кроме того другой недостаток связан с воздействием на организм небольшой дозы радиации (в случае трития), и высокой стоимостью обследования в случае с использованием $H^{218}O$. Основным источником погрешности при данном исследовании является предположение о постоянстве относительного содержания воды в безжировой массе тела. Поэтому у индивидуумов с предполагаемыми нарушениями гидратации использовать метод не рекомендуется [1]. Для оценки содержания воды также применяются биоэлектрические методы, один из таких методов имеет название биоимпедансметрия, который является оперативным

и широко используется в полевых условиях, а также в клинической и амбулаторной практике [24, 26].

Определение общей массы белка организма возможно лишь определением содержания азота методом нейтронного активационного анализа, который доступен лишь в нескольких лабораториях мира, поэтому при использовании четырехкомпонентной модели предполагается постоянство соотношения белок организма/минеральная масса тела, но даже при мониторинге краткосрочных изменений жировой массы под действием физической нагрузки или изменения режима питания клеточная и белковая масса тела могут испытывать колебания [1].

Различные модели имеют свою специфику применения [9]. Например, двухкомпонентная модель определения состава тела, ввиду значительной вариации состава и плотности безжировой массы тела мало пригодна для мониторинга изменения состава тела на индивидуальном уровне за исключением предварительной диагностики и оценки эффективности лечения выраженной степени истощения или ожирения и можно использовать для характеристики групповых средних значений. Использование трехкомпонентной модели возможно для характеристики популяций здоровых взрослых людей и подростков, что позволяет несколько улучшить точность оценки % жировой массы тела (ЖМТ). Тогда как у пациентов с нарушенным балансом жидкости в организме или измененной минеральной массы тела трехкомпонентные модели могут приводить к значительным погрешностям определения %ЖМТ [1].

Эталонными методами определения состава тела на тканевом уровне являются магнитно-резонансная и компьютерная томография [9]. Рентгеновская компьютерная томография дает возможность раздельного мониторинга количества подкожного и внутреннего жира, а также массы скелетных мышц и внутренних органов. Магнитно-резонансная томография наряду с компьютерной томографией можно использовать в качестве эталонного метода определения массы скелетной мускулатуры. Преимущество методов заключается в их высокой разрешающей способности и точности. Недостаток связан с высокой стоимостью обследования, использованием радиоактивного источника излучения, отсутствием нормативных критериев, необходимостью стационарного проведения исследования [1].

Наиболее распространенным методом диагностики состава тела является двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия (ДРА) [22]. Первоначально данный метод успешно применялся в медицинской практике для диагностики остеопении и остеопороза. В настоящее время, помимо оценки минеральной плотности, минеральной массы костей ДРА используется для определения жировой и безжировой массы тела [9]. Метод ДРА дает возможность исследовать как периферические так и осевые участки скелета. Встроенное программное обеспечение автоматически корректирует результаты измерений с учетом плотности мягких тканей, является мало инвазивным методом и не требует активного участия пациентов, а также относительно доступен. Сравнение результатов применения ДРА с

нейтронным активационным анализом, гидростатической денситометрией показало возможность достаточно точной оценки ЖМТ и безжировой массы тела (БМТ). На этом основании метод ДРА иногда используется в качестве эталона для проверки прогнозирующих формул на основе индексов массы тела (ИМТ), а также калиперометрии и биоимпедансметрии [1, 3].

Биоимпедансный анализ основан на существенных различиях удельной электропроводности жировой ткани и тощей массы тела. Для этого метода свойственно приемлемая точность, портативность, сравнительно не высокая стоимость оборудования и обследования, комфортность процедуры исследования, удобство автоматической обработки данных [26]. К недостаткам метода относятся отсутствие единой стандартизации оборудования и способов измерений, что затрудняет сопоставление и анализ получаемых результатов. Преимущество отдельных моделей данного метода заключается в возможности одновременной оценки таких клинически значимых параметров, как активная клеточная масса и основной обмен, а также изучение не только интегральных, но и локальных параметров состава тела [17, 24].

Одним из высокоточных методов определения жировой, мышечной и других тканей на сегодняшний день считается ультразвуковой метод исследования состава тела [9]. Портативные ультразвуковые установки создают возможность проведения исследований в полевых условиях [19].

Безусловно, внедрение новых технологий и методов исследования позволяет повысить надежность и оперативность оценки состава тела. Однако, как было отмечено, новые методы дорогостоящие, актуальна необходимость стандартизации их методик для практического применения, а также разработка нормативных показателей.

В спортивной и медицинской практике хорошо зарекомендовали себя антропометрический, калиперометрический методы определения композиционного состава тела [9]. Это наиболее доступные, простые и портативные полевые методы определения состава тела. Однако проведение антропометрического исследования требует высокой квалификации исследователя и точное следование протоколу обследования [1].

Среди полевых методов исследования состава тела определенное место занимают индексы массы тела [9]. К сожалению, использование роста-весовых индексов не даёт надёжной информации о составе тела на индивидуальном уровне [6]. Выявлена низкая информативность этого метода для определения жировой массы у людей атлетического телосложения, деятельность которых связана с физическим трудом или активными физическими тренировками, результатом которых является увеличение мышечной массы [8].

Таким образом, во многом выбор техники определения композиционного состава тела зависит от намеченной цели исследования и от доступности технологии. Очевидно, что при проведении популяционных исследований и в амбулаторной практике спортивной медицины предпочтение отдаётся сравнительно простым, портативным и недорогим методам — антропометрия, калиперометрия, биоимпедансный анализ. В научных и клинических

исследованиях первостепенное значение приобретает требование высокой разрешающей способности метода.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Мартыросов Э.Г.* Технологии и методы определения состава тела человека / Э.Г. Мартыросов, Д.В. Николаев, С.Г. Руднев. -М.: Наука, 2006.-248с.
2. Морфологические критерии — показатели пригодности, общей физической подготовленности и контроля текущей и долговременной адаптации к тренировочным нагрузкам: Метод, рекомендации / ФГУ ЦСП, ФГУ «Всероссийский научно-исследовательский институт физической культуры и спорта»; Сост.: Т.Ф. Абрамова, Т.М. Никитина, Н.И. Кочеткова. -Москва, 2010. -81с.
3. *Николаев Д.В.* Биоимпедансный анализ состава тела человека / Д.В. Николаев, А.В. Смирнов, И.Г. Бобринская, С.Г. Руднев. -М.: Наука, 2009. -392с.
4. *Романов Ю.Н.* Функциональный мониторинг компонентного состава тела, осанки и экспресс-анализа мочи студентов — кикбоксеров на этапе предсоревновательной подготовки мезоцикла. Вестник ЮУрГУ, № 39, 2011.
5. *Рылова Н.В.* Актуальные проблемы питания юных спортсменов / Н.В. Рылова, Г.Н. Хафизова // Практическая медицина. -2012. -№7(62). -С.71-74.
6. Are skinfold-based models accurate and suitable for assessing changes in body composition in highly trained athletes? / A.M. Silva, D.A. Fields, A.L. Quiterio, L.B. Sardinha // J Strength Cond Res. -2009. -№23(6). -P.1688-1696.
7. Body composition and power changes in elite judo athletes / A.M. Silva, D.A. Fields, S.B. Heymsfield, L.B. Sardinha // Int J Sports Med. -2010. -№31(10). -P.737-741.
8. Correlation between body mass index and body composition in elite athletes / Garrido-Chamorro RP, Sirvent-Belando JE, Gonzales-Lorenzo M et.al. // J Sports Med Phys Fitness. -2009. -№49(3). -P.278-284.
9. Current status of body composition assessment in sport. Review and position statement on behalf of the ad hoc research working group on body composition health and performance, under the auspices of the I.O.C. medical commission / T.R. Ackland, T.G.Lohman, J. Sundgot-Borgen et. al. // Sport med. -2012. -№42(3). -P.227-249.
10. Effect of two different weight-loss rates on body composition and strength and power-related performance in elite athletes / Garthe I., Raastad T., Refsnes P.E. et. al. // Int J Sport Nutr Exers Metab. -2011. -№21(2). -P.97-104.
11. Giampietro M. Anthropometric features and body composition of young athletes practicing karate at a high and medium competitive level / M. Giampietro, A. Pujia, I. Bertini I. // Acta Diabetol. -2003. -40 Suppl.1:S.-P.145-148.
12. Hartgens F. Effects of androgenic-anabolic steroids in athletes / F Hartgens, H Kuipers // Sport Med. -2004. -№34. -P. 513-554.
13. Josse A.R. Impact of milk consumption and resistance training on body composition of female athletes / A.R. Josse, S.M. Phillips // Med Sport Sci. -2012. -№59. -P.94-103.
14. Logan-Sprenger H.M. Estimated fluid and sodium balance and drink preferences in elite male junior players during an ice hockey game / H.M. Logan-Sprenger // Applied Physiology, Nutrition and Metabolism. -2011. -V.36. -№01. -P.145-152.
15. Long-term effect of exercise on bone mineral density and body composition in postmenopausal ex-elite athletes: a retrospective study / A. Andreoli, M. Celi, S.L. Volpe et. al. // Eur J Clin Nutr. -2012. -№66(1). -P.69-74.
16. No dehydration in mountain bike ultra-marathons / B. Knechtle, P. Knechtle, T. Rosemann // Senn Clin J Sports Med. -2009. -№19(5). -P.415-420.
17. Ostojic S.M. Estimation of body fat in athletes: skinfolds vs bioelectrical impedance / S.M. Ostojic // J Sports Med Phys Fitness. - 2006. -№46(3). -P.442-446.
18. Palmer M.S. Sweat rate, salt loss, and fluid intake during an intense on-ice practice in elite Canadian male junior hockey players / M.S. Palmer, L.L. Spriet // Appl Physiol Nutr Metab. - 2008. -№33(2). -P.263-271.

19. Pineau J.C. Ultrasound techniques applied to body fat measurement in male and female athletes / J.C. Pineau, J.R. Filliard, M. Bocquest // J Athl Train.-2009.-№44(2).- P.142-147.

20. Relationship between body composition, leg strength, anaerobic power, and on-ice skating performance in division I men's hockey athletes / Potteiger J.A., Smith D.L., Maier M.L., Foster T.S. / J Strength Cond Res.-2010.-№24(7).-P.1755-1762.

21. Rilova N. Body composition analysis in subjects with different pattern of physical activity / Rilova N., Mustafina L., Ahmetov I. // 17th annual congress of the European college of sport science: book of abstracts.-Bruges.-2012.-P.23

22. Sport and training influence bone and body composition in women collegiate athletes / Carbuhn A.F., Fernandez T.E., Bragg A.F. et.al. // J Strength Cond Res.-2010.-№24(7).-P.1710-1717.

23. Sundgot-Borgen J. Elite athletes in aesthetic and Olympic weight-class sports and the challenge of body weight and body compositions / J. Sundgot-Borgen, I. Garthe // J Sports Sci.-2011.-29Suppl 1:s.-P.101-114.

24. The accuracy of hand-to-hand bioelectrical impedance analysis in predicting body composition in college-age female athletes / M.R. Esco, M.S. Olson, H.N. Williford et. al. // J Strength Cond Res.-2011.-№25(4).-P.1040-1045.

25. Total body water measurements in adolescent athletes: a comparison of six field methods with deuterium dilution / A.L. Quiterio, A.M. Silva, C.S. Minderico, E.A. et. al. // J Strength Cond Res.-2009.-№23(4).-P.1225-1237.

26. Ward L.C. Segmental bioelectrical impedance analysis: an update / L.C. Ward // Curr Opin Clin Nutr Metab Care.-2012.-№15(5).-P.424-429.

27. Weekly training hours are associated with molecular and cellular body composition levels in adolescent athletes /A.L. Quiterio, E.A. Carnero, A.M. Silva et. al. // J Sports Med.-2009.-№49(1).-P.54-63.

**Федеральное медико-биологическое агентство
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственный научный центр Российской Федерации –
Федеральный медицинский биофизический центр
имени А.И.Бурназяна»**

**Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Федеральный научно-клинический центр
спортивной медицины и реабилитации»**

АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ДЕТСКОЙ СПОРТИВНОЙ МЕДИЦИНЫ

Компьютерная вёрстка

А.А. Фролова

Сдано в набор 02.03.22.
Подписано в печать 17.02.2022. Бумага Кумилюкс. Формат 60х90¹/₁₆.
Гарнитура NewtonC. Печать офсетная. Усл. печ. л. 5,8. Уч.-изд. л. 5,9.
Тираж 500 экз. Заказ 1002

ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И.Бурназяна ФМБА России
Отпечатано в ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И.Бурназяна ФМБА России
123098, Москва, ул. Живописная, 46

