

**Российская академия образования
Институт возрастной физиологии**



НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

№ 1(38) 2014

Выходит с 2001 г.

Периодичность издания - 4 номера в год
Свидетельство о регистрации ПИ № 77-13217 от 29 июля 2002 г.

Главный редактор

Безруких Марьяна Михайловна

Заместитель главного редактора

Сонькин Валентин Дмитриевич

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Догадкина С.Б., к.б.н.

(ответственный секретарь)

Криволапчук И.А., д.б.н.

Адамовская О.Н., к.б.н.

Курганский А.В., к.б.н.

Мачинская Р.И., д.б.н.

Параничева Т.М., к.б.н.

Сельверова Н.Б., д.м.н.

Филиппова Т.А., к.б.н.

Шумейко Н.С., к.б.н.

Безобразова В.Н., к.б.н.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Баранов А.А., д.м.н., акад. РАМН

Безруких М.М., д.б.н., акад. РАО

Фельдштейн Д.И., д.псих.н., акад. РАО

Фарбер Д.А., д.б.н., акад. РАО

Тамбовцева Р.В., д.б.н., проф.

Макеева А.Г., к.пед.н.

Полянская Н.В., к.м.н.

Рублева Л.В., к.б.н.

Рыбаков В.П., д.м.н.

Соколов Е.В., к.б.н.

Криволапчук И.А., д.б.н.

СОСТАВИТЕЛЬ

Догадкина С.Б.

В статьях журнала представлена новая информация, отражающая результаты исследований в области возрастной физиологии, морфологии, биохимии, психофизиологии, антропологии, физического воспитания и культуры здоровья. В журнале публикуются работы, выполненные на животных, и результаты исследования детей.

Для специалистов в области возрастной морфологии, физиологии, психофизиологии, физического воспитания, школьной гигиены и педагогики.

Журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени доктора и кандидата наук (редакция март 2010 года)

ВНИМАНИЕ!!!

Журнал распространяется:

- через каталог «Роспечать» (подписной индекс 48656)
- путем прямой редакционной подписки

Почтовый адрес редакции: 119121 Москва, ул. Погодинская, д. 8, корп. 2, тел./факс (499) 245-04-33; тел. (495) 708-36-83; E-Mail: almanac@mail.ru

Альманах «Новые исследования» - М.: Институт возрастной физиологии, 2014, № 1(38). - 104 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВОЗРАСТНАЯ АНАТОМИЯ И МОРФОЛОГИЯ

ОСОБЕННОСТИ АНСАМБЛЕВОЙ ОРГАНИЗАЦИИ В КОРЕ БОЛЬШОГО МОЗГА У ДЕТЕЙ ОТ 4 ДО 7 ЛЕТ Васильева В.А., Шумейко Н.С.	5
ДИНАМИКА ПОЛОВОГО ДИМОРФИЗМА РАЗМЕРОВ ТЕЛА У ДЕТЕЙ ОТ РОЖДЕНИЯ ДО 7 ЛЕТ Горбачева А.К., Федотова Т. К.	11
ТЕНДЕНЦИИ ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ МАЛЬЧИКОВ-ПОДРОСТКОВ г. МАГАДАНА ЗА ПОСЛЕДНИЕ 35 ЛЕТ Гречкина Л.И., Карандашева В.О.	23
ОСОБЕННОСТИ ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ДЕТЕЙ 10-11 ЛЕТ Макарова Л.В., Лукьянец Г.Н., Орлов К.В.	31

ВОЗРАСТНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

ЦИРКАДИАННЫЕ РИТМЫ У ДЕТЕЙ ПУБЕРТАТНОГО ВОЗРАСТА: ПОДХОДЫ И ФАКТЫ Орлова Н.И., Пронина Т.С.	40
ОСОБЕННОСТИ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИИ ЛЕГКИХ И БИОМЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЫХАНИЯ У ПОДРОСТКОВ 10-11 ЛЕТ Соколов Е.В.	48
ОСОБЕННОСТИ НЕЙРО-ЭНДОКРИННОЙ РЕГУЛЯЦИИ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ АДАПТАЦИИ К УМСТВЕННОЙ И ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКАМ У ШКОЛЬНИКОВ 9-ЛЕТНЕГО ВОЗРАСТА Шарапов А.Н., Безобразова В.Н., Догадкина С.Б., Кмить Г.В., Рублева Л.В.	57
БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОНТОГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ Тамбовцева Р.В.	68
ОСОБЕННОСТИ СООТВЕТСТВИЯ ТЕЛОСЛОЖЕНИЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕТАБОЛИЗМА СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ У ДЕВОЧЕК ДОПУБЕРТАТНОГО ПЕРИОДА Тамбовцева Р.В.	76
ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ТРЕВОЖНЫХ ДЕТЕЙ В КРИТИЧЕСКИЙ ПЕРИОД АДАПТАЦИИ К ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ Полянская Н.В., Криволапчук И.А., Чернова М.Б., Герасимов М.М.	83

ЗАВИСИМОСТЬ «ДОЗА–ЭФФЕКТ» МЕЖДУ ДВИГАТЕЛЬНОЙ
АКТИВНОСТЬЮ И ОСТРОЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬЮ ДЕТЕЙ
В КРИТИЧЕСКИЙ ПЕРИОД РАЗВИТИЯ

Герасимова А.А., Криволапчук И.А., Полянская Н.В.,
Чернова М.Б., Лобов А.Н., Троянов К.В., Криволапчук И.И. 92

ВОЗРАСТНАЯ АНАТОМИЯ И МОРФОЛОГИЯ ОСОБЕННОСТИ АНСАМБЛЕВОЙ ОРГАНИЗАЦИИ В КОРЕ БОЛЬШОГО МОЗГА У ДЕТЕЙ ОТ 4 ДО 7 ЛЕТ

В.А. Васильева¹, Н.С. Шумейко
ФГНУ Институт возрастной физиологии РАО, Москва

В результате изучения левых полушарий детей от 4 до 7 лет методом компьютерной морфометрии установлены структурные особенности нейронных группировок III слоя полей 4р, 6 и бор двигательной коры, полей 17 и 19 зрительной и поля 37ac задней ассоциативной областей коры большого мозга человека (24 наблюдения). Во всех изученных полях структура микроансамблей имеет различия как по площади профильных полей клеточных группировок, так и по количеству, размерам и композиции нейронов в группировках.

Ключевые слова: возраст, двигательная кора, зрительная кора, задняя ассоциативная область, нейрон, микроансамбли, компьютерная морфометрия

Peculiarities of cortical neuronal ensembles in children aged 4-7 y.o. This study was held with the help of computer morphometry in layer III of 4p, 6, 6ор areas of motor zone, in visual areas 17, 19 and posterior associative zone area 37ac of the cerebral cortex (24 left hemispheres) in children from 4 to 7 years old. The structures of microgroups of the all the studied zones differ in size of specific areas of cell groups and in number, size and composition of neurons.

Key words: age, motor cortex, visual cortex, posterior associative cortex, neuron, micro ensembles, computer morphometry.

В последние десятилетия исследователи уделяют большое внимание пространственной организации мозга человека и нейронных ансамблей [1; 3; 5; 8; 12; 13]. Модульный принцип в организации коры следует считать весьма перспективным и наиболее обоснованным открытием современной неврологии. Нейро-глио-сосудистые ансамбли являются основными единицами коры мозга, благодаря которым обеспечивается высокая разрешающая способность неокортекса осуществлять тонкое распознавание свойств приходящей сигнализации [2; 11]. Однако знания о структуре нейронных ансамблей в двигательной и зрительной областях коры большого мозга человека в детском возрасте очень ограничены и спорны. Изучение с помощью метода компьютерного анализа нейронных группировок в коре большого мозга человека позволяет выявить особенности ансамблевой организации функционально различных областей коры. Задачей нашей работы было изучение возрастных особенностей ансамблевой организации в двигательной, зрительной и задней ассоциативной областях коры большого мозга человека в период от 4 до 7 лет.

Контакты:¹ Васильева В.А. – E-mail: <vavasileva@mail.ru>

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучено 24 левых полушария большого мозга детей от 4 до 7 лет. После фиксации мозга в 12 %-ном формалине на вершине центральной извилины выделяли поля 4р, 6 и бор в соответствии с цитоархитектонической картой Института мозга АМН СССР (1949), поля 17 и 19 – в затылочной области, поле 37ас – в височно-теменно-затылочной подобласти (задняя ассоциативная кора). Парафиновые срезы окрашивали крезильовым фиолетовым по Нисслю и импрегнировали азотнокислым серебром по Гольджи и Петерсу. На препаратах, окрашенных по Нисслю, на установке “Armigistol” (Лабметод) по специальной программе определяли в III³ подслое полей 4р, 6, бор, 19, 37ас и в IVb подслое поля 17 ширину, высоту и площади профильных полей (ППП) клеточных группировок нейронов. Основой для полуавтоматического выделения гнёздных группировок служил принцип близкого взаиморасположения нейронов. В каждой группировке определяли размеры и количество пирамидных нейронов.

Обработка количественных данных проводилась методами вариационной статистики. Доверительный интервал (L) средних арифметических величин (M) рассчитан по таблицам Р.Б. Стрелкова [9] при $P \leq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Двигательная область коры характеризуется чёткой колончатой организацией. Группировки нейронов имеют разнообразные размеры и взаиморасположение в них клеток в разных полях и слоях коры. Форма группировок зависит от пространственного расположения входящих в их состав нейронов, количество которых также варьирует. Как было показано нами ранее, до 3 лет в составе группировок преобладают в основном малые и средние нейроны [6]. После 3 лет нарастает многообразие клеточных группировок и они становятся более разнообразными по точному составу, включают даже единичные крупные нейроны. Так, в III³ подслое поля 4р наблюдаются как гнёздные (из 6-10 клеток), так и лестничные (из 3-6 клеток) группировки. В состав гнездных группировок входят 2-3 малых, 1-2 крупных и средние нейроны. С увеличением размеров нейронов от 5 к 7 годам увеличиваются и размеры группировок, уменьшается плотность расположения нейронов: группировки становятся менее компактными. В поле 6 небольшие гнёздные группировки образованы 4-6 нейронами разного размера, лестничные группировки – 3-5 нейронами. В 5-6 лет группировки образованы преимущественно пирамидными нейронами среднего размера, отдельные более крупные нейроны располагаются на периферии группировок. В поле бор в III³ подслое чаще расположены гнёздные группировки из 6-8 относительно крупных пирамидных нейронов примерно одного размера, но есть и типичные лестничные группировки из 5-6 близких по размерам нейронов. Количество нейронов в группировках по сравнению с детьми 3 лет почти не изменяется.

На препаратах, импрегнированных по Гольджи, в 5-6 лет в III слое всех полей двигательной коры нами отмечается увеличение степени ветвления апикальных дендритов и усложнение системы горизонтальных связей за счет развития боковых и базальных дендритов пирамидных нейронов, на которых оканчиваются внутрикорковые коллатерали аксонов, также усложняющиеся с возрастом [7].

По данным компьютерного анализа в 5 лет в III слое поле бор двигательной коры по высоте и площади профильных полей (ППП) клеточных группировок превосходит поле 4р. К 5 годам в поле 4р значительно увеличиваются ширина (от $41,20 \pm 3,26$ мкм в 3 года до $46,97 \pm 1,40$ мкм в 5 лет) и ППП клеточных группировок (от $2876,77 \pm 135,34$ до $3043,07 \pm 106,62$ мкм²). В поле бор с 3 до 5 лет значительно увеличиваются все показатели: ширина нейронных группировок – от $39,91 \pm 2,24$ мкм в 3 года до $45,89 \pm 1,32$ мкм в 5 лет, высота – от $62,33 \pm 2,38$ до $75,43 \pm 3,12$ мкм, ППП клеточных группировок – от $2443,13 \pm 57,84$ до $3461,09 \pm 130,69$ мкм². В поле 6 с 3 до 6 лет изменения всех параметров менее существенны.

Значимое увеличение всех параметров в III слое полей 4р, 6 и бор происходит к 6 годам жизни ребёнка и продолжается до 7 лет, достигая наибольших величин в полях 4р и 6: в поле 4р – $51,88 \pm 1,18$ мкм; $78,83 \pm 1,71$ мкм и $4089,33 \pm 79,62$ мкм², в поле 6 – $48,70 \pm 0,94$ мкм; $84,04 \pm 1,76$ мкм и $4092,63 \pm 146,40$ мкм². Темпы пророста показателей ширины, высоты и ППП клеточных группировок в период от 4 до 7 лет незначительны (в 1,1 раза), кроме ППП нейронных группировок в поле 4р (в 1,3 раза).

В центральном поле 17 зрительной коры колончатая организация нейронов выявляется в IV, V и VI слоях. В IVc подслое и VI слое определяются вертикальные колонки, в IVa подслое – преимущественно группировки лестничного типа, в IVb подслое – редкие гнездовые группировки. Последние чаще образованы однотипными нейронами, но встречаются и смешанные группировки, в состав которых входят звездчатые и пирамидные нейроны. Звездчатые нейроны расположены преимущественно на периферии группировки. Наиболее значительный рост группировок нейронов в поле 17 отмечается к 1 году (в 1,6 раза) и 3 годам (в 2 раза) [6].

К 4 годам жизни площадь группировок нейронов в IVb подслое поля 17 увеличивается незначительно и составляет $1075,34 \pm 46,65$ мкм². К 5 годам в составе группировок определяется от 3 до 5 клеток. Форма гнездовых группировок становится более разнообразной, часто клетки располагаются в виде розетки по кругу, придавая группировке округлую форму. Количество клеток в группировке от 3 до 6. Площадь группировок нейронов к 5 годам достоверно увеличивается как за счет ширины, так и за счет высоты группировок и составляет $1315,03 \pm 81,69$ мкм². К 6-7 годам не отмечается существенного изменения площади группировок нейронов поля 17, однако, по сравнению с детьми 5 лет более часто в составе смешанных группировок определяются звездчатые нейроны крупных размеров. Звездчатые нейроны обеспечивают тонкий специализированный анализ стимулов. К 7 годам также отмечается увеличение площади пирамидных нейронов. По-видимому, нейроны располагаются в группировках более компактно, поэтому не происходит существенного увеличения их размеров.

В поле 19 затылочной области коры по сравнению с полем 17 колончатая организация нейронов выражена более четко, особенно в III³ подслое. К 4 годам в поле 19 в составе гнездовых группировок определяется от 4 до 8 нейронов. Площадь группировок по сравнению с 3 годами увеличивается и в среднем составляет $3022,39 \pm 127,85$ мкм². К 5 годам увеличивается высота группировок и расстояние между ними ($68,0 \pm 2,4$ мкм). Увеличение расстояния между группировками обусловлено нарастанием сосудистого и волокнистого компонентов в III³ подслое. К 6 годам отмечается достоверное увеличение площади группировок до $3874,39 \pm 201,55$ мкм² в основном за счет их ширины. К 7 годам площадь группиро-

вок нейронов существенно не изменяется, но нарастает их многообразие как по формам (овальные, круглые, усеченные пирамиды), так и по клеточному составу. Отдельные группировки состоят из 10-11 нейронов, включая два крупных нейрона, часто расположенных в центре группировки или в базальном отделе. К 7 годам увеличивается высота группировок.

В поле 37ас задней ассоциативной области коры, осуществляющей анализ и синтез зрительной информации, отмечается значительная варибельность форм группировок. Лестничные группировки, состоящие из нейронов примерно одинакового размера, наиболее выражены в III^1 и III^2 подслоях. В III^3 подслое преобладают вертикальные колонки нейронов, чередующиеся с гнездными группировками.

К 5-6 годам по сравнению с детьми 3 лет не отмечается существенных изменений размеров группировок ($3909,95 \pm 204,18 \text{ мкм}^2$), но нарастает их многообразие и разнородность по клеточному составу, т. е. усиливаются процессы дифференцировки. К 6 годам происходит перераспределение нейронов по площади в сторону больших значений (до 120 мкм^2), однако, преобладают нейроны размером от 50 до 85 мкм^2 . В III^3 подслое преобладают группировки овальной формы, включающие средние и малые пирамидные нейроны, расположенные равномерно по площади группировки. Другой тип группировок представлен 1-2 крупными пирамидными нейронами и 5-6 средними и малыми нейронами. Выявляются также группировки смешанного типа, в состав которых входят 1-2 звездчатых нейрона, занимающих центральное или периферическое положение и окруженных 5-7 пирамидными нейронами. За счет малых нейронов осуществляется более тонкий дифференцировочный процесс внутри группировок.

К 7 годам не отмечается существенного увеличения общей площади группировок ($4055,46 \pm 339,38 \text{ мкм}^2$), хотя нарастает их варибельность (от $3029,40$ до $5857,59 \text{ мкм}^2$). В составе группировок определяется от 6 до 12 нейронов, общая площадь которых составляет в среднем $650,87 \pm 50,11 \text{ мкм}^2$. К 7 годам нарастает содержание волокнистого компонента.

Межнейронные связи в группировках нейронов и между группировками имеют сложную структуру. Одним из существенных факторов объединения пирамидных нейронов в группировки являются вертикально ориентированные пучки апикальных дендритов, предназначенные для синхронной работы вертикально организованного объединения нейронов [4].

Таким образом, полученные данные показали наличие в полях зрительной коры нейронных группировок, имеющих структурные особенности в каждом из полей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные данные показали, что клеточные группировки в III слое различных полей двигательной, зрительной и задней ассоциативной областей коры большого мозга человека характеризуются разным уровнем организации. Сложные структурные преобразования нейронных группировок – одного из основных компонентов нейро-глио-сосудистого ансамбля – в изученных полях в период от 4 до 7 лет происходят различно. Межнейронные взаимодействия внутри вертикального ансамбля обусловлены специализацией различных группировок.

Композиция группировок неидентична в различных полях двигательной коры и в различных слоях каждого из полей. Так, в III³ подслое поля 4р наблюдаются как гнёздные, так и лестничные группировки, состоящие в среднем из 4-5 нейронов, что совпадает с данными Е.М.Сысоевой с соавт. [10]. В поле 6 небольшие гнёздные и лестничные группировки чаще образованы меньшим количеством нейронов. В поле бор вертикальная упорядоченность клеток выражена лучше, чем в полях 4р и 6, а количество нейронов в группировках одинаково. С возрастом значительно увеличивается полиморфизм нейронов, формируются их группировки в составе ансамблей.

Изучение структуры нейронных группировок в III³ подслое полей 4р, 6 и бор двигательной коры большого мозга человека с помощью компьютерного анализа оптических изображений позволило точнее установить пространственные взаимоотношения нейронов в плоскости среза, более четко выявить качественный нейронный состав группировок и определить размеры группировок и составляющих их нейронов по площадям профильных полей. Наиболее значимое увеличение площадей профильных полей нейронных группировок происходит в поле бор к 5-6 годам, в поле 4р – к 6-7 годам, в поле 6 – к 7 годам, в основном за счет увеличения высоты группировок. Темпы прироста количественных показателей незначительны.

В период от 4 до 7 лет в разных полях и слоях зрительной и задней ассоциативной коры количество нейронов в группировках варьирует: в IVb подслое поля 17 в составе группировок определяется от 3 до 6 нейронов (в основном 3-4), а в III слое полей 19 и 37ас – от 4 до 12 нейронов (чаще – 5-9) разных типов и размеров. Площадь профильного поля группировок нейронов в полях 19 и 37ас в 2-3 раза больше, чем в поле 17. Интенсивность роста размеров группировок нейронов наиболее выражена в поле 19. Значительный рост группировок нейронов в поле 17 отмечается к 5 годам, в поле 19 – к 4 и 6 годам, в поле 37ас существенных количественных изменений в этот период не отмечается.

Таким образом, в полях двигательной, зрительной и задней ассоциативной областей коры большого мозга формирование нейронных ансамблей в постнатальном онтогенезе происходит с различной интенсивностью в соответствии с функциональными особенностями каждого из изученных полей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонова А.М. Структурные основы функциональной организации нейроглио-сосудистых ансамблей коры большого мозга: автореф. дис. ... докт. биол. наук. – М., 1985. – 32 с.
2. Бабминдра В.П. Структура и модели нейронных комплексов головного мозга: монография / В.П. Бабминдра, Т.А. Брагина, И.П. Ионов [и др.]. – Л.: Наука, 1988. – 96 с.
3. Батуев А.С. Модули корковых нейронов и их «самосборка» / А.С. Батуев, В.П. Бабминдра, Г.В. Колла // Журнал высш. нервн. деятельности. – 1991. – Т. 41, № 2. – С. 221-230.
4. Батуев А.С., Куликов Г.А. Введение в физиологию сенсорных систем. – Л.: Высшая школа, 1983. – 247 с.

5. Бережная Л.А. Первичные структурные модули дорсальных ядер таламуса и моторной коры человека // Морфология. – 2006. – Т. 129, № 1. – С. 24-29.
6. Васильева В.А., Шумейко Н.С. Особенности ансамблевой организации в коре большого мозга у детей от рождения до 3 лет // Альманах «Новые исследования». – 2013. – №1 (34). – С. 59-63.
7. Новожилова А.П. Структура микроцепей нейронов и её усложнение у различных видов млекопитающих // Сб. науч. трудов НИИ мозга АМН СССР. – 1990. – Вып. 19. – С. 35-36.
8. Семёнова Л.К. Структурные преобразования коры большого мозга человека в постнатальном онтогенезе / Л.К. Семёнова, В.А. Васильева, Т.А. Цехмистренко // Структурно-функциональная организация развивающегося мозга. – Л.: Наука, 1990. – С. 8-44.
9. Стрелков Р.Б. Экспресс-метод статистической обработки экспериментальных и клинических данных. – М.: Изд. П МОЛГМИ, 1986. – 86 с.
10. Сысоева Е.М. Количественные показатели модульной организации слоя III^2 и III^3 поля 4 коры головного мозга у приматов и человека / Е.М. Сысоева, З.Г. Брыксина, Л.А. Бережная // Структурно-функциональные, нейрохимические и иммунохимические закономерности асимметрии и пластичности мозга (Матер. Всеросс. конф. с межд. участием). – М.: Изд-во ИКАР, 2007. – С. 615-618.
11. Чебкасов С.А., Кондратьева Л.А., Корзак В.М. Базовый интегральный модуль неокортекса. Проблема и решение – дополнительный подход. – 2004. – <http://laboratory/ru/articl/biol/ab060r.htm>.
12. Маунткэстл В. (V.V. Mountcastle) Организующий принцип функции мозга – элементарный модуль и распределенная система // Разумный мозг. – М.: Мир, 1981. – С. 15-67.
13. Szentagothai J. The neuron network of the cerebral cortex: functional interpretation // Proc. Roy-Soc. – 1988. – Vol. 201. – P. 219-248.

ДИНАМИКА ПОЛОВОГО ДИМОРФИЗМА РАЗМЕРОВ ТЕЛА У ДЕТЕЙ ОТ РОЖДЕНИЯ ДО 7 ЛЕТ

А.К. Горбачева¹, Т. К. Федотова

НИИ и Музей антропологии МГУ им. М.В. Ломоносова

Рассматривается динамика полового диморфизма размеров тела на возрастном интервале от рождения до 7 лет на материалах московского поперечного обследования детей в 1973-74 годах. В связи с существованием у мальчиков и девочек заметных различий средних квадратических отклонений изучаемых признаков рассмотрение возрастных изменений половых различий по каждому из отдельных признаков осуществлялось с использованием расстояния Кульбака, позволяющим выразить размеры в долях своих средних квадратических отклонений (в "сигмальной мере"), что обеспечивает полную сопоставимость для всех рассматриваемых размеров тела. Величина полового диморфизма размеров тела детей постепенно уменьшается от грудного и раннего возрастов к возрасту первого детства. По большинству скелетно-мышечных размеров мальчики опережают девочек в грудном и раннем возрасте, на интервале 3-7 лет величина показателя близка к нулю. По показателям жировотложения величина полового диморфизма отрицательна на всем интервале от рождения до 7 лет, свидетельствуя о большем развитии жировотложения у девочек уже с рождения.

Ключевые слова: детский возраст, антропометрия, диморфизм размеров тела

Dynamics of sexual dimorphism of body size in children from birth to 7 years old. The paper presents the study of dimorphism of body size from birth to 7 years old. The data used was collected on Moscow children 1973-74. Due to noticeable differences in standard deviation of studied traits between boys and girls, the study of age-related changes of sex differences for each of the individual traits was held using the Kullback distance, which provides full compatibility for all the considered body sizes. Sexual dimorphism in body size gradually decreases from birth to early childhood. By most musculoskeletal indices boys go ahead of girls in infancy and early childhood, during the period of 3-7 years the index is close to zero. Indices of adipopexis are negative at all stages from birth to 7 years old, which means greater development of fat in girls from birth.

Key words: child age, anthropometry, dimorphism of body size.

Изучение полового диморфизма по какому-то набору признаков обычно предполагает получение описания тех их комплексов, которые соответствуют типично мужскому и женскому вариантам. Очевидно, что мужской пол будет отличаться от женского большим развитием скелетного и мышечного компонентов сомы, меньшим развитием жировотложения, относительной широкоплечью и т. д. Однако совсем не так очевиден вопрос о временных характеристиках динамического процесса формирования в течение детства и подросткового периода направления и

Контакты: ¹ Горбачева А.К. – E-mail: <angoria@yandex.ru>

величины половых различий, которые в итоге свойственны взрослым людям. Кроме этого, многие размеры тела, демонстрирующие половой диморфизм, обнаруживают высокие взаимные внутригрупповые корреляции. В связи с этим возникает вопрос о том, какие комплексы соматических свойств соответствуют половым различиям с учетом существования этих связей. Наконец, представляет научный интерес степень взаимной трансгрессии у двух полов внутригрупповой вариабельности различных соматических характеристик, возможность выявления здесь реальных границ, разделяющих распределения признаков у мужского и женского полов и закономерности возрастной динамики этих явлений.

Другой стороной этой проблемы является гипотеза существования самостоятельного направления соматической вариации между двумя полами. Вероятно одно из первых утверждений о возможности выделения непрерывного ряда андрогинекоморфных вариантов телосложения принадлежит П. Матесу [11]. Позже Дж. Таннер [17], В. Шлегель [15; 16] и Д. Церссен [19; 20; 21] предлагали оперировать особой соматотипологической осью (андрогинии, андрогинекотимии, андрогинекоморфии), имеющей непрерывную вариацию, на полюсах которой располагаются типично мужской и типично женский варианты, связанные однако целым рядом промежуточных состояний. В построениях В. Шлегеля расширение бедер, повышение жировотложения у мужчин считались проявлениями гинекоморфии. Напротив, широкоплечесть или сильная мускулатура у женщин оценивались как свойства андроморфии. Также рекомендовалось использовать такие клинические признаки, как объем тестикул, расстояние между буграми седалищной кости и др. В соматотипологии Д. Церссена андро-гинекоморфная ось вариации дополняет традиционный для германской школы конституционалогов ряд вариантов астено-пикноморфии. Правда, Р. Кнуссманн [14] продемонстрировал, что эти две оси не могут считаться независимыми друг от друга, и лептоморфия значительно связана с андроморфией (маскулинностью), а пикноморфия соответствует гинекоморфии (феминности).

В исследованиях В.Е. Дерябина [4; 6] этот вопрос также рассматривался для взрослых мужчин и женщин. Объективное изучение межполовой вариации интегративных показателей телосложения позволило сделать вывод о том, что изменчивость андро-гинекоморфного ряда существенно отличается от внутригрупповой изменчивости других соматических показателей. Если последняя всегда характеризуется унимодальной по форме и непрерывной вариацией, то андрогинекоморфия отличается наличием отчетливой двувёршинности своего распределения. По существу здесь речь идет о двух отдельных и характерных для двух полов унимодальных распределениях с очень небольшой взаимной трансгрессией, что позволяет достаточно надежно и объективно разграничивать мужские и женские варианты телосложения. Поэтому был сделан вывод о том, что андрогинекоморфный ряд является не самостоятельной внутригрупповой закономерностью непрерывной вариации телосложения, а должен считаться, скорее, свойством межгрупповой изменчивости строения тела.

В исследовании московских студентов [8] было, в частности, найдено, что в наибольшей степени половые различия комплекса размеров тела, обнаруживаемые дискриминантным анализом, выявляются в виде определенных их соотношений. Варианту, характерному для мужчин, соответствует значительное увеличение обхвата талии и в меньшей степени окружностей плеча, предплечья и кисти по от-

ношению к обхватам груди, бедер и бедра. Для девушек свойственна обратная комбинация уменьшенных окружностей живота и сегментов верхней конечности по сравнению с обхватами груди, бедер и бедра. Кроме этого, для юношей характерно увеличение массы тела и диаметров груди по отношению к ширине таза, тогда как для девушек наблюдается обратное соотношение значений этих признаков. Для возрастного интервала 16-20 лет общая величина полового диморфизма, оцененная по разным системам признаков, как правило увеличивается, что связано с более сильной выраженностью финальных ростовых процессов у юношей по сравнению с девушками. В наибольшей степени возрастное увеличение общего уровня половых различий характерно для обхватов корпуса и конечностей, зависящих от поперечного развития мускулатуры и жиротложения. Таким образом, величина полового диморфизма размеров тела и свойств телосложения в юношеском периоде может считаться находящейся в динамике становления дефинитивных уровней различий, полностью проявляющихся уже в зрелом возрасте. Естественно ожидать, что начало этих изменений относится к более ранним периодам онтогенеза.

На возрастном интервале 8-17 лет [9] общий вид возрастных изменений нормированной величины полового диморфизма у большинства рассматриваемых размеров тела, зависящих преимущественно от развития костно-мышечного компонента, может быть описан параболой 4-го порядка с тремя точками перегиба соответствующих линий динамики, которые связаны с разновременностью наступления пубертатного ускорения ростовых процессов у двух полов. Первая из этих точек наблюдается в конце второго детства у мальчиков и в начале пубертаса у девочек, когда у многих признаков начинает проявляться эффект "двойного перекреста" ростовых кривых. Второй момент изменения направления динамики проявляется в первой половине подросткового периода, когда начинается устранение этого эффекта, после чего происходит быстрое формирование дефинитивной величины полового диморфизма. Наконец, третья точка перегиба характерна для начала юношеского периода, когда скорость увеличения половых различий начинает уменьшаться по мере приближения к дефинитивным уровням диморфизма. Для жировых складок характерна возрастная динамика половых различий с небольшим их уровнем, наблюдающимся в течение второго детства и в начале подросткового периода, после чего происходит постепенное его увеличение, начиная примерно с возраста 12 лет вплоть до достижения дефинитивных значений в юношеском периоде. Исследование выполнено на материалах четырех обследований московских детей, в том числе двух лонгитудинальных, в 1960-х, 1970-х, 1980-х, 1990-х годах [2; 3; 12; 13]. Практически полное совпадение линий динамики показателя величины полового диморфизма большинства размеров тела за разные годы свидетельствует о синхронности протекания процессов секулярной динамики размеров тела у детей обоего пола. Исключение составляют ширина таза с секулярной динамикой уменьшения величины полового диморфизма за счет тенденции некоторого эпохального сужения таза у девочек; и величина подкожного жиротложения, которая менее синхронно колеблется во времени у мальчиков и девочек. Последнее может быть не в последнюю очередь связано с большим вниманием девочек, особенно подросткового возраста, к ориентации на некоторый меняющийся от десятилетия к десятилетию «социальный стандарт», в том числе фитнес и диеты для формирования сомы.

В настоящем исследовании рассматривается динамика полового диморфизма размеров тела на возрастном интервале от рождения до 7 лет.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В связи с существованием у мальчиков и девочек заметных различий средних квадратических отклонений изучаемых признаков (в качестве примера приведена масса тела, табл. 1) рассмотрены возрастных изменений половых различий по каждому из отдельных признаков осуществлялось с использованием методики расстояния Кульбака [10], которое в одномерном случае сведется к выражению:

$$D = \pm \left[\frac{(X_m - X_f)^2}{2 S_m^2} + \frac{(X_m - X_f)^2}{2 S_f^2} \right]^{1/2}$$

где X_m , S_m , X_f и S_f – значения средних арифметических величин и средних квадратических отклонений для мужского и женского пола соответственно. Знак \pm принимает значение (+) при $X_m > X_f$ или (-) при $X_m < X_f$.

Таблица 1

*Значения основных статистических показателей для массы тела детей
г. Москвы, обследованных в 1973 - 74 гг.*

(N – количество наблюдений, M – средняя арифметическая величина, SD – среднее квадратическое отклонение, V – коэффициент вариации)

Возрастные группы	Мальчики				Девочки			
	N	M	SD	CV	N	M	SD	CV
	Масса тела (кг)							
0 месяцев	42	3.4	0.36	10.8	33	3.3	0.41	12.6
1 месяц	37	4.1	0.68	16.3	34	4.0	0.56	13.8
2 месяца	22	5.2	0.66	12.6	20	4.7	0.64	13.5
3 месяца	25	6.1	0.63	10.3	27	5.6	0.55	9.9
4 месяца	15	7.2	0.81	11.3	21	6.5	1.00	15.4
5 месяцев	26	8.1	1.02	12.5	36	7.2	0.90	12.5
6 месяцев	32	8.4	1.05	12.4	30	7.7	0.94	12.2
7 месяцев	26	8.9	1.02	11.4	30	8.4	0.99	11.8
8 месяцев	32	8.9	0.98	11.0	27	8.8	1.30	14.6
9 месяцев	27	9.3	0.79	8.5	23	8.9	1.04	11.6
10 месяцев	26	9.9	1.16	11.7	22	9.0	1.11	12.4
11 месяцев	26	10.4	1.06	10.2	23	9.6	1.47	15.3

12 месяцев	21	10.2	0.98	9.6	22	9.4	0.98	10.4
13 месяцев	23	10.4	0.93	8.9	20	10.5	1.31	12.4
14 месяцев	22	11.0	1.16	10.6	28	10.3	1.15	11.2
15 месяцев	38	10.9	1.03	9.5	28	10.5	1.35	12.8
16 месяцев	16	11.3	1.05	9.3	22	10.5	1.21	11.6
17 месяцев	19	11.7	1.41	12.1	18	11.0	1.07	9.8
18 месяцев	20	11.9	1.49	12.5	23	11.5	1.56	13.6
19 месяцев	22	11.5	1.18	10.2	25	11.2	1.27	11.3
20 месяцев	24	12.0	1.11	9.3	17	11.5	1.04	9.0
21 месяц	14	12.2	0.98	8.0	26	11.3	1.36	12.1
22 месяца	29	12.4	1.47	11.8	27	12.1	1.32	11.0
23 месяца	29	12.5	1.51	12.1	21	12.3	1.32	10.7
24 месяца	38	13.1	1.65	12.6	33	12.3	1.36	11.0
25 месяцев	19	13.1	1.11	8.5	21	12.4	1.34	10.8
26 месяцев	29	13.6	1.48	10.9	24	12.6	1.34	10.7
27 месяцев	32	13.3	1.74	13.1	21	12.9	1.22	9.4
28 месяцев	24	13.2	1.20	9.1	25	12.7	2.08	16.4
29 месяцев	25	13.6	1.31	9.7	25	12.8	1.29	10.1
30 месяцев	15	13.3	1.65	12.4	15	14.0	2.16	15.4
36 месяцев	250	14.5	1.55	10.6	222	14.3	2.00	14.0
48 месяцев	142	16.9	2.66	15.6	123	17.0	2.60	15.2
60 месяцев	115	19.4	3.05	15.7	126	19.1	2.97	15.6
72 месяца	145	21.0	2.91	13.9	141	21.3	3.33	15.6
84 месяца	113	24.1	3.68	15.3	104	23.7	4.58	19.3

Значения D, найденные для разных признаков, окажутся величинами, выраженными в долях своих средних квадратических отклонений (в "сигмальной мере"), и поэтому будут полностью сопоставимыми для всех рассматриваемых размеров тела независимо от их единиц измерения, абсолютной величины и степени внутригрупповой вариабельности. Следует помнить о том, что случайная величина рассматриваемых нормированных различий при объемах выборок около 100 наблюдений имеет уровень примерно 0,2-0,3 нормированных сигмы.

Для получения линий динамики полового диморфизма по отдельным признакам использовалась серия материалов по дошкольникам из нашей монографии [7]. Материал собран поперечным методом в 1973-74 годах В.М. Кранс с сотрудниками на базе детских садов, яслей и роддомов Москвы по стандартной антропометрической программе, включающей массу тела, длины тела и ноги (высота позвздошно-остистой точки), диаметры плеч и таза, трансверсальный и сагиттальный диаметры груди; объемы шеи, груди, талии, плеча, предплечья, запястья, бедра, голени, лодыжки, жировые складки под лопаткой, на трицепсе, бицепсе, груди, животе, бедре, голени.

Общая численность обследованных более 3 тысяч человек. Массив данных отцифрован Т.К. Федотовой.

Возрастная динамика значений D, полученных для каждой годовой группы мальчиков и девочек и для каждого признака представлена в виде графиков, из которых в настоящую статью вошли четыре (рис. 1 – 4).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На рисунках приведены несглаженные кривые динамики полового диморфизма размеров тела русских детей Москвы от рождения до 7 лет с помесечной динамикой на интервале от рождения до 2,5 лет и с годовой динамикой на интервале от 3 до 7 лет. Напомним, что мальчики рождаются несколько крупнее девочек благодаря хорошо известному факту более интенсивного внутриутробного отбора у первых [18].

График помесечной динамики полового диморфизма массы тела (рис. 1а) московских детей позволяет сделать следующие наблюдения. Предварительно заметим, что для детей грудного и отчасти раннего возраста ауксологами и возрастными физиологами отмечается бурный рост, фактически самый интенсивный за всю историю постнатального онтогенеза [1]. От рождения до года утраивается масса тела и на 50 % и более увеличивается масса. На втором году жизни интенсивность роста снижается, уступая место процессам клеточных дифференцировок, и еще большее уменьшение темпов роста отмечается после 3 лет на фоне изменения пропорций тела.

Возвращаясь к графику – как показывает кривая, рост несинхронный для мальчиков и девочек на этом возрастном интервале. От рождения примерно до двух с половиной лет масса тела мальчиков превышает таковую девочек, в некоторые месяцы различия составляют 0,8-1,0 нормированных сигмы. Примерно в 5 месяцев и в год различия максимальны. Однако за счет высоких темпов прироста и его неравномерности в возрасте 8, 13, 23 месяца девочки почти догоняют мальчиков по интенсивности прибавок массы тела и величина полового диморфизма падает почти до нуля. В 2,5 года девочки обгоняют мальчиков в прибавках массы тела, величина полового диморфизма становится отрицательной уровня -0,4 нормированных сигмы, далее вплоть до 7 лет колеблется вокруг нулевых значений, не превышая 0,1 сигмы, указывая на одинаковые темпы роста детей обоего пола. Для длины тела (рис. 1б) и ширины плеч картина в целом имеет такие же закономерности. Таким образом, к возрасту первого детства мальчики утрачивают лидирующие позиции в величине и темпах прироста соматических размеров.

Для длины ноги сама форма кривой и характер динамики полового диморфизма аналогичны таковой для массы и длины тела с максимальными отрицательными пиками в 13 месяцев (-0,5 сигмы) и в 2,5 года (-0,8 сигмы). Колебания имеют место ближе к нулевым значениям, чем в случае массы и длины тела, т. е. половые различия по длине ноги не так велики, как по габаритным размерам, и для многих возрастов длина ноги у девочек превышает таковую мальчиков (7-8, 11-13, начиная с 27 месяцев вплоть до 7 лет постоянно) (рис. 2а).

Для ширины таза размах колебаний величины полового диморфизма сквозь интервал 0-7 лет меньше, чем для выше упомянутых размеров, укладывается в коридор от 0,7 до -0,5 нормированных сигмы. Исключение составляет возраст 7 месяцев, когда мальчики существенно обгоняют девочек по показателю (2,8 сигмы). В контексте умеренной динамики показателя сквозь весь интервал наблюдений такое большое значение в 7 месяцев может быть следствием случайностей выборки. Девочки в ряде возрастов опережают мальчиков по величине показателя, но достоверные различия отмечаются только в 19 месяцев (-0,5 сигмы) и в 6 лет (-0,4 сигмы) (рис. 2б).

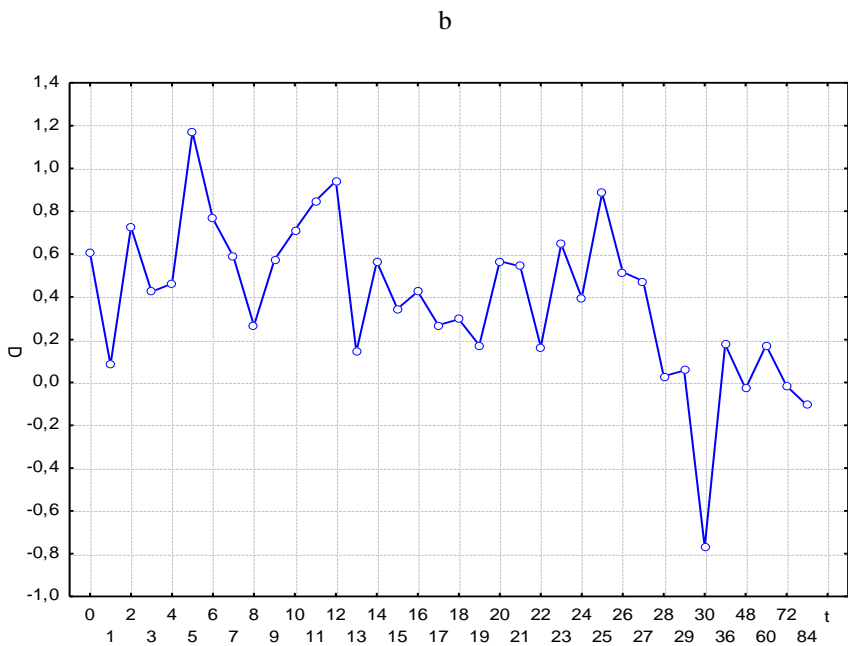
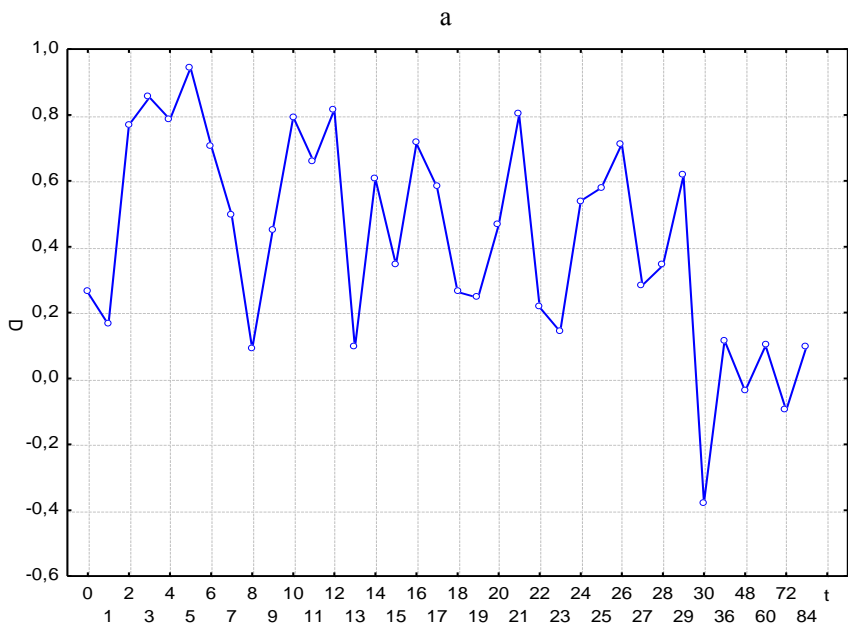
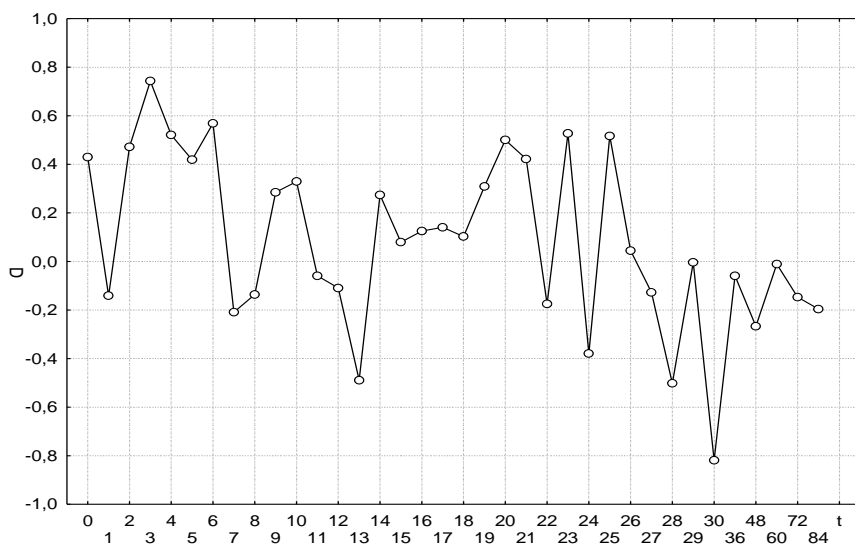


Рисунок 1. Возрастная динамика нормированного уровня половых различий массы (a) и длины тела (b). Серии данных 1973-74 гг; t – возраст, D – расстояние Кульбака.

a



b

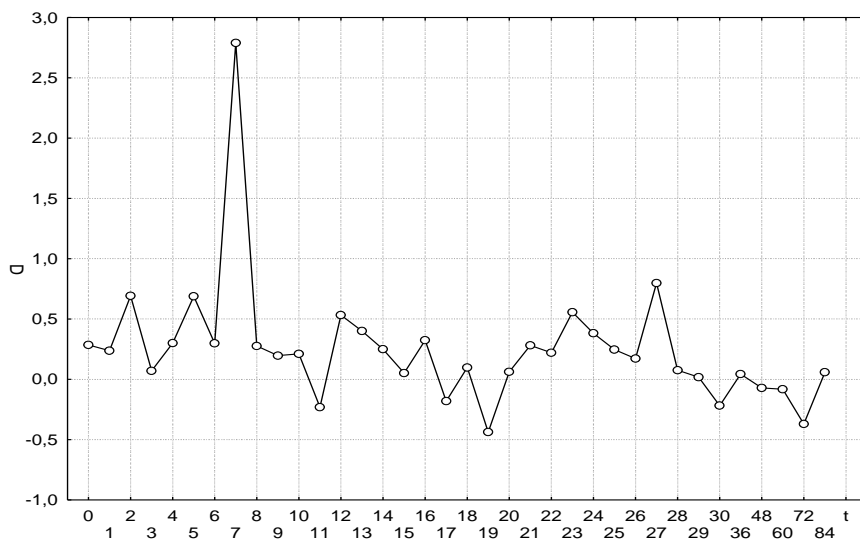


Рисунок 2. Возрастная динамика нормированного уровня половых различий длины ноги (a) и ширины таза (b). Серии данных 1973-74 гг; t – возраст, D – расстояние Кульбака

Трансверзальный и сагиттальный диаметры груди и обхват груди на возрастном интервале от рождения до 3 лет больше у мальчиков и величина полового диморфизма положительная, для ряда возрастов достоверно выше, но на интервале 3-7 лет различия в величине полового диморфизма всех трех показателей недостоверны.

По обхвату талии мальчики примерно в возрасте 4-7 и 14-16 месяцев значительно опережают девочек, начиная с 21 месяца различия недостоверны и величина полового диморфизма колеблется вокруг нуля (рис. 3).

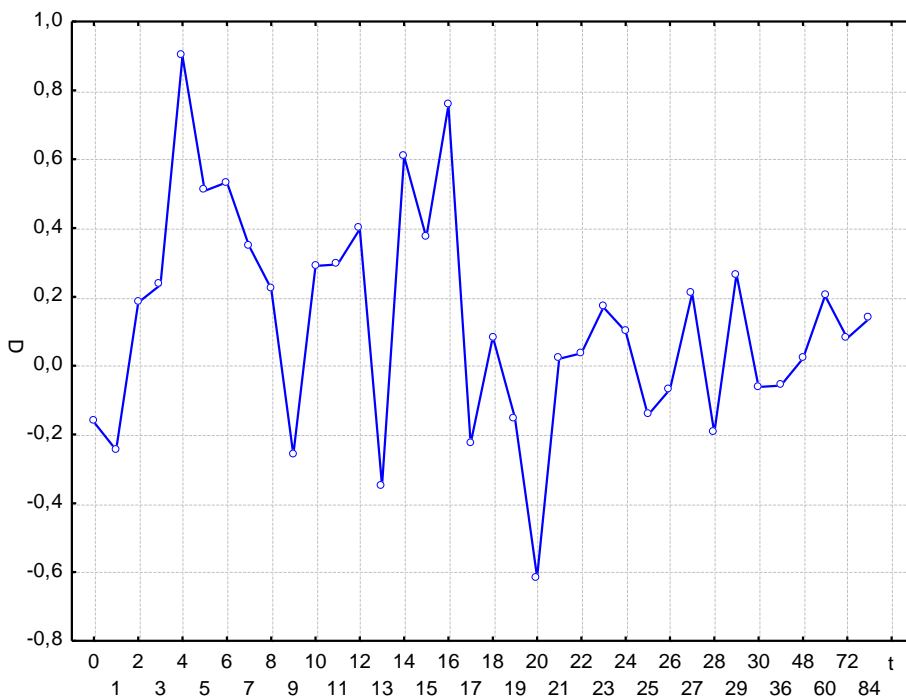


Рисунок 3. Возрастная динамика нормированного уровня половых различий обхвата талии. Серии данных 1973-74 гг; t – возраст, D – расстояние Кульбака

Динамика полового диморфизма жировой складки под лопаткой для большинства возрастных точек обнаруживает отрицательные значения сквозь интервал от 0 до 7 лет и свидетельствует о большем развитии величины подкожного жироположения у девочек уже с рождения (рис 4а). То же самое можно сказать и об остальных жировых складках и обхвате бедра (рис 4б).

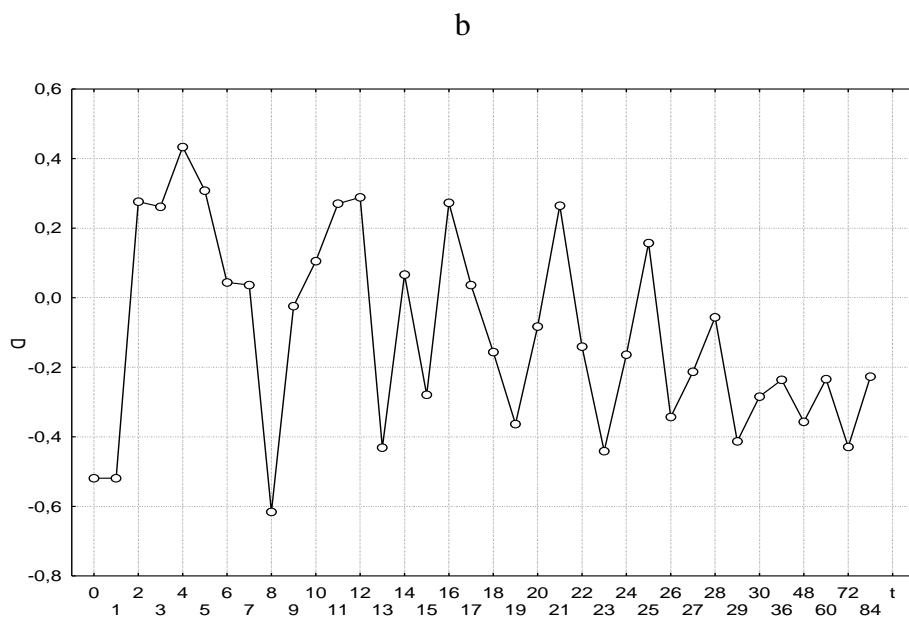
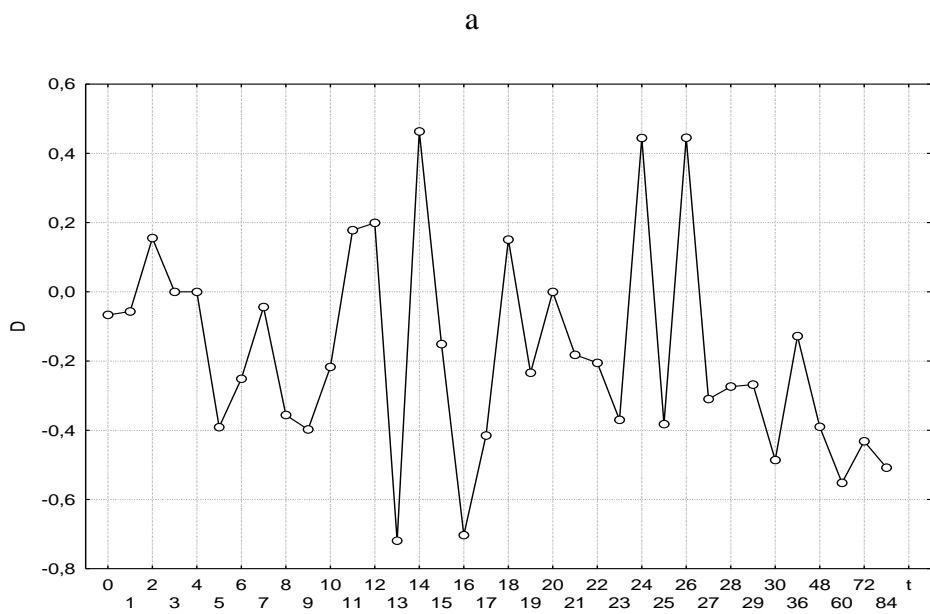


Рисунок 4. Возрастная динамика нормированного уровня половых различий жировой складки под лопаткой (a) и обхвата бедра (b). Серии данных 1973-74 гг; t – возраст, D – расстояние Кульбака

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На возрастном интервале от рождения до 7 лет величина полового диморфизма размеров тела детей постепенно уменьшается от грудного и раннего возрастов к возрасту первого детства.

После рождения вплоть до возраста первого детства по большинству скелетно-мышечных размеров мальчики опережают девочек, на интервале от 3 до 7 лет различия недостоверны и величина показателя близка к нулю. Различия по ширине таза меньше, чем по другим габаритным размерам.

Значения показателей полового диморфизма для признаков, в первую очередь связанных с жиротложением (обхват бедра), и собственно для подкожного жиротложения (жировые складки) свидетельствуют о большем развитии жиротложения у девочек сравнительно с мальчиками от рождения до 7 лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безруких М.М., Сонькин В.Д., Фарбер Д.А. Возрастная физиология (физиология развития ребенка): учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – 3-е изд. – М.: Изд. центр «Академия», 2008. – 416 с.

2. Властовский В.Г., Ужви В.Г., Ямпольская Ю.А. Физическое развитие и некоторые критерии соматической зрелости детей и подростков г. Москвы (продольные наблюдения 1960-1970 гг.) // Материалы по физическому развитию детей и подростков городов и сельских местностей СССР. – М.: Медицина, 1977. – С. 66-91.

3. Година Е.З. Московские дети: основные тенденции роста и развития на рубеже столетий. Часть 1. / Е.З. Година, И.А. Хомякова, Л.В. Задорожная, А.Л. Пурунджан, О.А. Гилярова, В.В. Зубарева, А.В. Степанова, Е.И. Фомина // Вопросы антропологии. – 2003. – вып. 91. – С. 42-60.

4. Дерябин В.Е. Морфологическая типология телосложения мужчин и женщин. Деп. ВИНТИ №9-В 2003. – М., 2003. – 290 с.

5. Дерябин В.Е. Некоторые вопросы применения методик биометрического анализа антропологических данных. Деп. в ВИНТИ №753-В2004. – М., 2004/ – 293 с.

6. Дерябин В.Е. Лекции по общей соматологии человека. – М.: Изд-во Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, 2008. – в 3-х томах.

7. Дерябин В.Е., Кранс В.М. Федотова. Ростовые процессы у детей от рождения до 7 лет: внутригрупповые и межгрупповые аспекты. Деп. ВИНТИ №234-В2005. – М., 2005. – 287 с.

8. Дерябин В.Е., Негашева М.А. Соматология московских студентов. Рук. деп. ВИНТИ No 793-В2005. – М., 2005. – 230 с.

9. Дерябин В.Е., Федотова Т. К., Ямпольская Ю.А. Устойчивость морфологической структуры внутригрупповой изменчивости детей школьного возраста. Деп. ВИНТИ № 50-В2006. – М., 2006. – 303 с.

10. Кульбак С. Теория информации и статистики. – М.: Наука, 1967. – 408 с.

11. Матес П. Конституциональные типы женщин, в частности интерсексуальный тип. – Киев: Наука и просвещение, 1927. – 127 с.

12 Соловьева В.С., Година Е.З., Миклашевская Н.Н. Материалы продольных исследований московских школьников // Вопросы антропологии. – 1976. – Вып. 54. – С. 100-118.

13 Ямпольская Ю.А. Физическое развитие школьников – жителей крупного мегаполиса в последние десятилетия: состояние, тенденции, прогноз, методика скрининг-оценки. автореферат дис. докт. биол. наук. – М., 2000. – 76 с.

14 Knussmann R. Konstitution und Geschlecht // Anthropologischer Anzeiger, 1965, Bd.29. S. 146-162.

15 Schlegel W. Korper und Seele. Eine Konstitutionslehre fur Arzte, Juristen, Padagogen and Theologen. Stuttgart: Ferdinand Enke, 1957.

16 Schlegel W. Die Konstitutionstypen wahrend Schulalter und Pubertat. // Homo. – 1961. – Bd. 12. – P. 16-26.

17 Tanner J.M. Current advances in the study of physique: photogrammetric anthropometry and an androgyny scale // Lancet. – 1951. – V. 1. – P. 574.

18 Wolanski N. Rozwoj biologyczny czlowieka. C.1, 2. – Warszawa: PAN, 1986. – 708 с.

19 Zerssen D. Dimensionen der morphologischen Habitusvariationen und ihre biometrische Erfassung // Zeitschrift fur menschl. Vererbung und Konstitutionslehre. – 1964. – Bd. 37. – S. 611-625.

20 Zerssen D.V. Biometrische Studien uber "Korperbau und Charakter" // Fortschritt fur Neurologie, Psychiatrie und Grenzgebiet. – 1965. – Bd. 33. – S. 455-471.

21 Zerssen D. Habitus und Geschlecht. Eine Korrelationsstatistische Analyse. // Homo. – 1968. – Bd. 19. – S. 1-27.

ТЕНДЕНЦИИ ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ МАЛЬЧИКОВ - ПОДРОСТКОВ г. МАГАДАНА ЗА ПОСЛЕДНИЕ 35 ЛЕТ

Л.И. Гречкина¹, В.О. Карандашева

Научно-исследовательский центр «Арктика» ДВО РАН, г. Магадан

Проведен ретроспективный анализ физического развития мальчиков–подростков 12-16 лет г. Магадана за период 1977 – 2003 – 2012 гг. Показана возрастная динамика основных антропометрических параметров и показателей мышечной силы кистей рук у подростков в сравниваемые периоды и их изменения за 10 и 35 лет. Установлена отчетливая тенденция увеличения основных соматометрических и силовых показателей физического развития современных подростков по сравнению со сверстниками предыдущих лет.

Ключевые слова: антропометрические показатели, физическое развитие, подростки

Tendencies of physical development observed in adolescent boys over the recent 35 years. *The paper presents the retrospective analysis of physical development of 12–16 year-old adolescent boys living in Magadan. The study covered the periods of 1977–2003–2012. There was shown age-related dynamics of basic anthropometric parameters as well as parameters of hand muscular strength during the studied periods and changes that occurred within 10 and 35 years. There was revealed an obvious tendency towards rise of the main somatometric and strength indices of physical development in adolescents (in comparison with their peers studied in earlier periods).*

Keywords: anthropometric parameters, physical development, adolescents.

Исследования состояния здоровья популяции свидетельствуют о наличии региональных особенностей, отражающих влияние на человека климатических, экологических и социальных факторов среды обитания [2]. Одним из важных интегральных показателей здоровья является физическое развитие детей и подростков, особенно чутко реагирующее на воздействие социально-гигиенических и климато-экологических факторов окружающей среды. В научной литературе последних лет широко представлены работы, посвященные особенностям физического развития детей и подростков в различных регионах России. Ряд авторов отмечают снижение уровня и возрастание дисгармоничности физического развития и, как следствие, ухудшение состояния здоровья подрастающего поколения, замедление процессов роста и полового созревания современных детей и подростков, снижение силовых показателей по сравнению с предыдущими поколениями [3; 5; 7–11; 13]. В ряде исследований было показано, что под влиянием новых климатических, экологических и социально-экономических условий происходит формирование новой популяции человека [1; 4; 6].

Интенсивное освоение Северо-Востока России в прошлом веке осуществлялось переселенцами из более комфортных для проживания климато-географических регионов. В настоящее время на Северо-Востоке России намети-

Контакты: ¹ Л.И. Гречкина – E-mail: <ludmila-50@mail.ru>

лась отчетливая тенденция к формированию устойчивой популяции уроженцев из числа пришлых восточных славян. Детский контингент Магаданской области представлен в основном их потомками в первом – третьем поколении, что позволяет отнести их к укорененным жителям этого региона. Природно-климатические условия Северо-Востока, признанные как экстремальные для проживания, оказывают выраженное влияние на формирование организма детей, состояние и развитие его физиологических систем в процессе онтогенеза. Известно, что наиболее чувствительным к действию различных факторов внешней среды является пубертатный период онтогенеза, когда происходит интенсивное морфофункциональное развитие организма человека. Поэтому актуальным является изучение особенностей физического развития детей и подростков, родившихся и проживающих в экстремальных условиях окружающей среды.

Задача наших исследований заключалась в изучении возрастной динамики и проведении сравнительного анализа основных показателей физического развития мальчиков-подростков – укорененных жителей г. Магадана в 1-3 поколениях за период 1977-2012 г.г.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Нами проведено изучение антропометрических параметров мальчиков-подростков г. Магадана в 2001–2003 гг. (450 чел.) и в 2010–2012 гг. (419 чел.). Исследования проводились ежегодно на базе медицинских кабинетов школ г. Магадана в первой половине дня. Обследовались школьники подросткового периода онтогенеза в возрасте 12-16 лет. При этом регистрировались основные антропометрические параметры: длина (ДТ, см), масса тела (МТ, кг) и окружность грудной клетки (ОГК, см) общепринятыми методами [12]. Силовые показатели кистей рук измеряли с помощью ручного динамометра 3х-кратным нажатием каждой рукой с регистрацией максимального значения.

Был проведен ретроспективный анализ физического развития мальчиков–подростков г. Магадана за последние 35 лет. Для сравнения взяты данные, полученные нами в 2001–2003 гг., 2010–2012 гг. и литературные данные по физическому развитию школьников Магадана, обследованных в 70-е годы прошлого столетия [14]. Сравнивали основные соматометрические параметры и показатели мышечной силы кистей рук, изменения этих показателей в течение года внутри возрастных групп и между одновозрастными группами за 10 и 35 лет.

При статистической обработке полученного материала использовались стандартные программы: Microsoft Excel 2003. Вычислялись средние величины показателей (М) и их стандартные ошибки ($\pm m$). Статистическая значимость различий между выборками оценивалась по t-критерию Стьюдента при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В таблице 1 представлены показатели возрастной динамики длины и массы тела мальчиков-подростков, обследованных в разные годы, в качестве усредненных указаны 2003 г. и 2012 г. Сравнительный анализ показал, что в течение 35 лет сохраняется устойчивая тенденция к увеличению длины и массы тела у подростков. Достоверно значимые средневозрастные различия по длине тела выявлены во

всех возрастных группах сравнения 1977 г. и 2012 г. Подростки 2003 года занимают промежуточное положение по этому показателю, при этом они достоверно выше подростков 1977 года в 14 и 16 лет и ниже подростков 2012 года в 13–16 лет.

Таблица 1

Показатели длины и массы тела мальчиков Магадана в
1977, 2003 и 2012 гг., ($M \pm m$)

Возраст лет	Длина тела, см			Масса тела, кг		
	количество обследованных, n			количество обследованных, n		
	1977 г. (1)	2003 г. (2)	2012 г. (3)	1977 г. (1)	2003 г. (2)	2012 г. (3)
12	149,9±0,6 n=146	150,0±0,7 n=110	152,4±0,9 ¹⁻³ n=83	41,6±0,62 n=146	38,8±0,7 ¹⁻² n=110	42,7±1,1 ²⁻³ n=83
13	154,5±0,6 n=134	156,0±0,9 n=109	158,6±0,9 ^{1-3, 2-3} n=84	44,1±0,69 n=134	43,7±0,7 n=109	48,4±1,2 ^{1-3, 2-3} n=84
14	163,2±0,6 n=183	165,7±0,9 ₁₋₂ n=95	167,1±0,9 ¹⁻³ n=94	51,8±0,62 n=183	51,2±0,9 n=95	55,3±1,3 ^{1-3, 2-3} n=94
15	167,4±0,6 n=128	169,3±0,9 n=99	173,0±0,8 ^{1-3, 2-3} n=85	56,7±0,77 n=128	54,7±0,9 n=99	61,4±1,1 ^{1-3, 2-3} n=87
16	171,9±0,6 n=104	176,1±1,1 ¹⁻² n=37	176,8±0,8 ¹⁻³ n=81	60,5±0,79 n=104	61,0±1,4 n=37	65,8±1,2 ^{1-3, 2-3} n=81

Примечание: ^{1, 2, 3} – значимые различия между одновозрастными группами разных лет исследований при $p < 0,05$.

Сравнение средневозрастных показателей массы тела выявило, что современные подростки достоверно превышают по этому параметру во всех возрастных группах как сверстников 1977 года, кроме 12 лет, так и – 2003 года. Школьники 2003 г. уступают по массе тела сверстникам 1977 г. в 12 лет и незначительно – в 13 и 15 лет, хотя и превышают их по длине тела. Масса тела является наиболее лабильным показателем среди соматометрических параметров и в значительной мере зависит от социально-экономических условий.

В таблице 2 представлены показатели возрастной динамики окружности грудной клетки и мышечной силы кистей рук у мальчиков в разные годы исследования. Как видно из представленных данных подростки 2003 г. уступают по ОГК сверстникам 1977 г. в 12 и 14 лет. Современные подростки имеют более низкие показатели ОГК в 12-летнем возрасте, по сравнению со сверстниками 1977 года, но превышают их в 15–16 лет, а в 14–16 лет – сверстников 2003 года.

Таблица 2

Показатели окружности грудной клетки и мышечной силы кистей рук у мальчиков Магадана в 1977, 2003 и 2012 гг., ($M \pm m$)

Возраст лет	Окружность грудной клетки, см			Динамометрия правой кисти (числитель), левой (знаменатель), кг		
	1977 г. (1)	2003 г. (2)	2012 г. (3)	1977 г. (1)	2003 г. (2)	2012 г. (3)
12	73,9±0,5	71,2±0,5 ¹⁻²	71,6±0,7 ¹⁻³	<u>22,21±0,34</u> 20,36±0,32	<u>19,81±0,42</u> ¹⁻² 18,95±0,43 ¹⁻²	<u>19,6±0,63</u> ¹⁻³ 17,21±0,58 ^{1-3, 2-3}
13	75,3±0,5	75,1±0,6	75,8±0,8	<u>25,01±0,48</u> 23,05±0,48	<u>23,85±0,53</u> 22,75±0,55	<u>24,81±0,80</u> 22,53±0,75
14	80,4±0,4	78,4±0,7 ¹⁻²	80,8±1,0 ²⁻³	<u>31,65±0,54</u> 29,18±0,53	<u>30,57±0,81</u> 29,39±0,76	<u>32,09±0,86</u> 29,58±0,87
15	82,7±0,5	81,8±0,7	85,1±0,8 1-3, 2-3	<u>33,77±0,61</u> 30,81±0,59	<u>34,65±0,89</u> 32,08±0,77	<u>37,24±0,87</u> ^{1-3, 2-3} 34,37±0,89 ^{1-3, 2-3}
16	86,1±0,5	85,3±1,0	88,0±0,9 2-3	<u>38,56±0,71</u> 35,36±0,73	<u>40,73±1,87</u> 35,59±1,57	<u>43,30±0,9</u> ¹⁻³ 40,69±0,9 ^{1-3, 2-3}

Примечание: ^{1-2, 1-3, 2-3} – значимые различия между одновозрастными группами разных лет исследований при $p < 0,05$; количество обследованных указано в табл. 1.

К основным параметрам, характеризующим физическое развитие, относятся также силовые показатели кистей рук. Сравнение мальчиков по этому признаку показало, что в раннем пубертате подростки 2003 и 2012 гг. уступают по силовым показателям сверстникам 1977 года. Но современные подростки 15–16 лет имеют более высокие показатели мышечной силы кистей рук, по сравнению со сверстниками как 1977 г., так и 2003 г., что объяснимо, так как они превосходят своих сверстников по тотальным размерам тела.

О динамике физического развития подростков в возрастном аспекте в разные годы можно судить по среднегодовым приростам ДТ, МТ и ОГК (рис. 1). Сравнительный анализ темпов роста подростков разных лет исследования показал, что максимальные приросты всех соматометрических показателей происходят в пубертатный период 13–14 лет, но возрастная динамика приростов различается. Наиболее равномерные среднегодовые приросты ДТ после пубертатного «скачка» характерны для подростков в 1977 г. Динамика роста подростков в 2003 г. отличается неравномерностью среднегодовых приростов в возрастном аспекте, но пубертатные «скачки» ДТ и МТ происходят в один возрастной период 13–14 лет, однако затем после некоторого снижения в 14–15 лет темпы прироста вновь возрастают и значительно превышают в 15–16 лет аналогичные данные 1977 и 2012 гг. При этом ОГК у них увеличивается с возрастом равномерно. Для современных подростков

характерны более высокие темпы приростов всех антропометрических показателей в начале (12–13 лет) и середине (14–15 лет) исследуемого периода онтогенеза и снижение скорости увеличения ДТ и ОГК – в 15–16 лет по сравнению с 1977 и 2003 гг., а МТ – с 2003 г. Максимальные приросты всех 3-х показателей происходят также в период 13-14 лет. В целом, за исследуемый период онтогенеза наиболее высокий прирост длины тела отмечен у подростков в 2003 г. (25,9 см), массы тела и ОГК – в 2012 г. (23,1 кг и 16,6 см, соответственно), в то время как наименьшие приросты всех соматометрических показателей характерны для подростков в 1977 г. (22 см, 19 кг и 12,3 см).

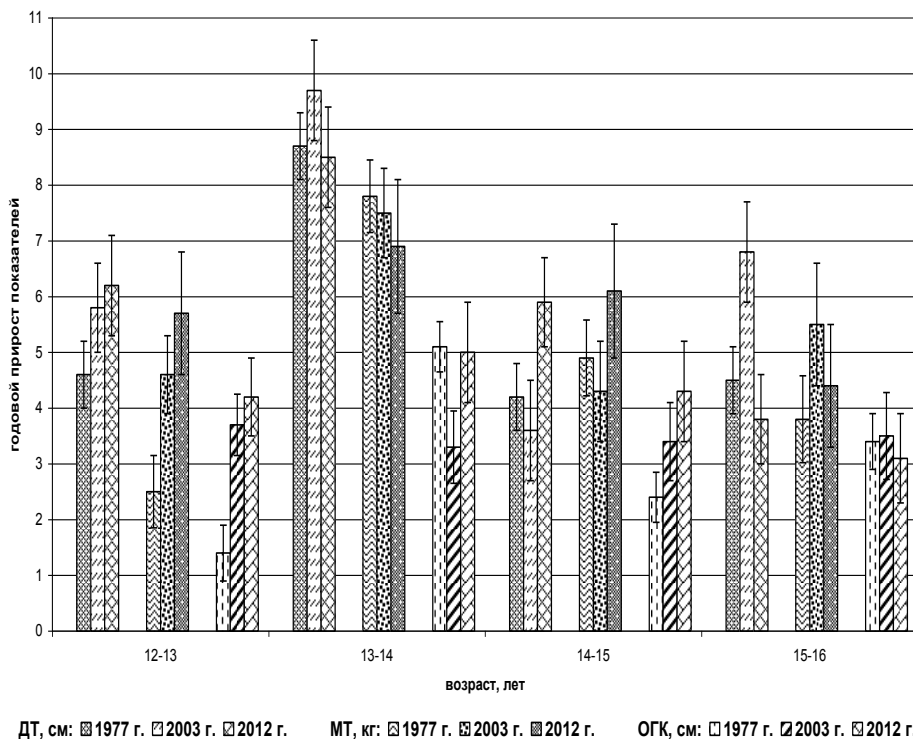


Рис. 1. Динамика абсолютных среднегодовых приростов длины тела (см), массы тела (кг) и окружности грудной клетки (см) у подростков в 1977 г., 2003 г. и 2012 г. ($M \pm m$)

Сравнительный анализ показал (рис. 2), что максимальные годовые приросты показателей мышечной силы рук в сравниваемые годы совпадают с периодом пубертатного «скачка» всех соматометрических параметров (13–14 лет), но наибольшие приросты в каждой возрастной группе характерны для современных подростков.

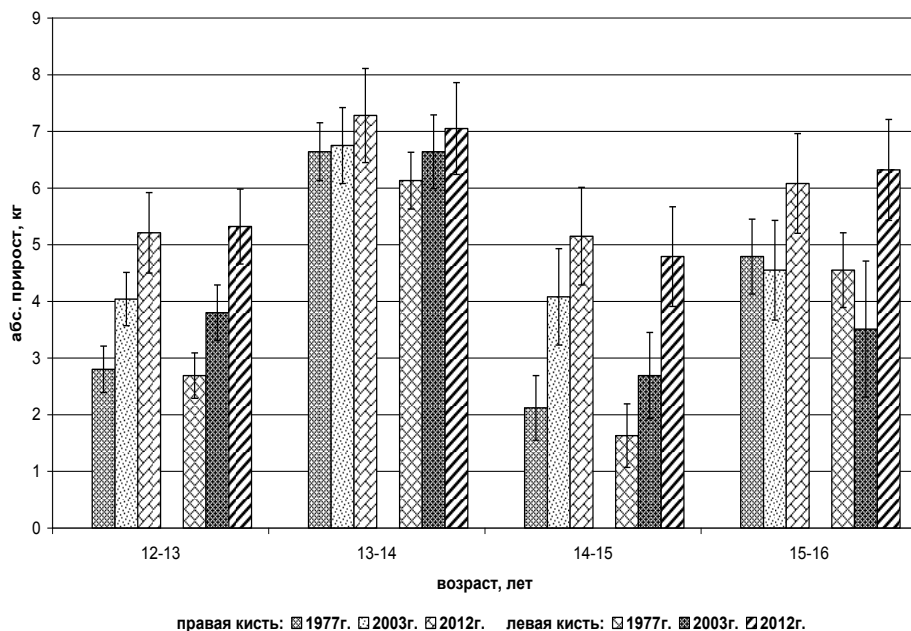


Рис. 2. Динамика абсолютных среднегодовых приростов силовых показателей кистей рук (кг) у подростков в 1977 г., 2003 г. и 2012 г. ($M \pm m$)
 Оси: абсцисс – возраст, лет; ординат – абсолютный прирост показателя, кг

Изменения средневозрастных антропометрических показателей физического развития подростков за последние 10 и 35 лет в абсолютных величинах, представленные в таблице 3.

Таблица 3

Изменение соматометрических показателей и мышечной силы кистей рук у мальчиков Магадана за 10 лет (2003-2012г.г.) и 35 лет (1977-2012 г.г.)

Возраст, лет	ДТ, см		МТ, кг		ОГК, см		Правая рука		Левая рука	
	10 лет	35 лет	10 лет	35 лет	10 лет	35 лет	10 лет	35 лет	10 лет	35 лет
12	+2,2	+2,5	+3,6	+1,1	+0,2	-2,3	-0,21	-2,61	-1,74	-3,15
13	+2,6	+4,1	+4,7	+4,3	+0,7	+0,5	+0,96	-0,2	-0,22	-0,52
14	+1,4	+3,9	+4,1	+3,5	+2,4	+0,4	+1,52	+0,44	+0,19	+0,4
15	+3,7	+5,6	+5,9	+4,7	+3,3	+2,4	+2,59	+3,47	+2,29	+3,56
16	+0,4	+4,5	+4,9	+5,4	+2,7	+1,9	+2,21	+4,38	+4,95	+5,18

Изменения средневозрастных антропометрических показателей физического развития подростков за последние 10 и 35 лет в абсолютных величинах, представленные в таблице 3, отражают их неравномерный и разнонаправленный характер в различных возрастных группах. Однако, в целом, они свидетельствуют об устойчивой тенденции к увеличению с возрастом различий в исследуемых показателях у современных подростков и их сверстников 1977 и 2003 гг.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнительное исследование основных антропометрических и силовых показателей мальчиков-подростков г. Магадана в 1977, 2003 и 2012 гг. выявило некоторые тенденции в физическом развитии современных подростков. По длине тела современные школьники достоверно превышают своих сверстников в 1977 г. во всех возрастных группах, а в 13 и 15 – сверстников 2003 г. По массе тела подростки 2012 г. значительно превышают во всех возрастных группах своих сверстников 2003 г., а в 13-16 лет – 1977 г. По ОГК и силовым показателям кистей рук современные подростки уступают в возрасте 12 лет сверстникам 1977 г. и значительно опережают в 15–16 лет. Наименее изменчивым показателем за 35 лет оказалась окружность грудной клетки. Незначительное увеличение показателей ОГК в различных возрастных группах на фоне существенных прибавок ДТ и МТ свидетельствует о возрастании дисгармоничности телосложения современных подростков. В возрасте 15–16 лет наблюдается наибольшее увеличение всех исследуемых показателей физического развития современных подростков, по сравнению с поколением 70-х годов прошлого века. У современных подростков выявлено смещение интенсивных темпов роста всех соматометрических параметров на более ранний возраст по сравнению с 1977 и 2003 гг., что является одним из характерных признаков акселерации. Наибольшая неравномерность темпов роста характерна для подростков в 2003 г.

Таким образом, проведенное сравнительное исследование показало, что за последние 35 лет наблюдается отчетливая тенденция увеличения основных соматометрических и силовых показателей кистей рук у мальчиков г. Магадана в подростковом периоде онтогенеза, что свидетельствует о продолжающихся акселерационных процессах физического развития. На основании полученных нами данных можно сделать вывод о необходимости продолжения мониторинговых исследований основных соматометрических показателей детей и подростков – представителей новой популяции населения Северо-Востока России с целью разработки региональных нормативов для оценки физического развития.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авцын А.П. Патология человека на Севере / А.П. Авцын, А.А. Жаворонков, А.Г. Марачев и др. – М.: Медицина, 1985. – 416 с.
2. Агаджанян Н.А. Эколого-физиологические и социальные подходы к оценке здоровья // Экспериментальная и прикладная физиология. Социальная физиология: оценка состояния человека / Под ред. К.В. Судакова. – М., 1994. – Т. 4. – С. 6-20.

3. Баранов А.А. Физическое развитие детей и подростков на рубеже тысячелетий / А.А. Баранов, В.Р. Кучма, Н.А. Скоблина. – М.: Издатель Научный центр здоровья детей РАМН, 2008. – 216 с.
4. Казначеев В.П. Проблемы адаптации и конституции человека на Севере // Бюллетень СОАМН СССР. – 1984. – № 1. – С. 95-99.
5. Калюжный Е.А. Характеристика функциональных резервов сельских школьников / Е.А. Калюжный, Ю.Г. Кузьмичев, В.Н. Крылов и др. // Новые исследования. – 2012. – № 4 (33). – С. 99-106.
6. Кривошеков С.Г. Характеристика морфологических особенностей и функционального состояния организма подростков в условиях адаптации к Северу / С.Г. Кривошеков, Н.Н. Гребнева // Физиология человека. – 2000. – Т. 26, № 2. – С. 93-98.
7. Кучма В.Р. Тенденции роста и развития московских школьников старшего подросткового возраста на рубеже тысячелетий / В.Р. Кучма, Л.М. Сухарева, Ю.А. Ямпольская // Гигиена и санитария. – 2009. – № 2. – С. 18-20.
8. Назарова Л.В. Динамика физического развития сельских школьников Нижегородской области (1968-2008 гг.) / Л.В. Назарова, Н.А. Матвеева, Н.Г. Чекалова // Российский педиатрический журнал. – 2010. – № 3. – С. 49-52.
9. Платонова А.Г. Изменения в физическом развитии киевских школьников за десятилетний период (1996-2008 гг.) // Гигиена и санитария. – 2012. – № 2. – С. 69-73.
10. Русакова Н.В. Динамика антропометрических показателей детей и подростков г. Самары (1978-2008 гг.) / Н.В. Русакова, И.И. Березин, И.Г. Кретова и др. // Вестник Сам. ГУ – Естественнонаучная серия. – 2009. – № 8 (74). – С. 200-206.
11. Сизова Е.Н. Сравнение физического развития 17-18-летних девушек в 1996 и 2007 гг. / Е.Н. Сизова, Н.В. Мищенко, С.М. Родыгина и др. // Гигиена и санитария. – 2010. – № 4. – С. 86-89.
12. Ставицкая А.Б. Методика исследования физического развития детей и подростков / А.Б. Ставицкая, Б.М. Арон. – М., 1959. – 195 с.
13. Узунова А.Н. Особенности антропометрических показателей детей старшего школьного возраста г. Челябинск / А.Н. Узунова, О.В. Лопатина, С.В. Неряхина // Педиатрия. – 2004. – № 4. – С. 80-82.
14. Физическое развитие школьников Магадана: метод. рекомендации / Ю.И. Смирнов, В.А. Назарко, Л.М. Лопатинцев и др. – Магадан, 1977. – 79 с.

ОСОБЕННОСТИ ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ДЕТЕЙ 10-11 ЛЕТ

Л.В. Макарова¹, Г.Н. Лукьянец, К.В. Орлов
ФГНУ Институт возрастной физиологии РАО, Москва

Изучалось физическое развитие мальчиков и девочек 10 и 11 лет Московского региона. Выявлено, что показатели физического развития обследованных нами детей близки к показателям современных детей г. Москвы. Эти дети по ряду показателей опережают своих сверстников предыдущих поколений и жителей некоторых субъектов РФ.

Ключевые слова: физическое развитие, дети 10 и 11 лет, избыток массы тела, дефицит массы тела, гармоничное развитие

Peculiarities of physical development in 10-11 year-old children. *The paper presents the study of physical development of boys and girls aged 10-11 years old in Moscow region. It was revealed that indices of physical development of children studied are close to those of children in Moscow. On a number of indices these children are ahead of their peers of previous generations and residents of some other Russian regions.*

Keywords: physical development, 10-11 year-old children, surplus of body weight, deficiency of body weight, harmonious development

Проблема здоровья школьников – одна из самых важных в контексте образовательной реформы. Цифры, которые характеризуют состояние здоровья современных детей, не вселяют оптимизма. Здоровье является интегральным критерием и чувствительным индикатором соответствия условий жизни и обучения возрастным возможностям ребенка. Обстоятельства и время породили не только особые экономические, географические, экологические, климатические, социологические черты сформировавшихся мегаполисов, но они изменили и физиологический и психологический статус выросшего в этих условиях современного ребенка. Именно поэтому проведение мониторинга различных характеристик состояния здоровья школьников является неотъемлемой частью любых научных исследований. На современном этапе эти исследования приобретают особую актуальность в связи с активными преобразованиями, в том числе и социальными, происходящими в России. Кроме того, реформы, проводимые в системе образования, широкое использование в процессе обучения различных педагогических инноваций, в том числе и технических, увеличивают риск влияния факторов школьной среды на здоровье и функциональное состояние организма школьников.

Новое тысячелетие, взявшее курс на уплотнение население, к настоящему времени не приостановило урбанизационных процессов. Напротив, как показало время, эти процессы усиливаются, и вместе с ними продолжают быть актуальными проблемы влияния факторов городской среды, негативно отражающихся на здоровье населения, и, особенно, молодого, выросшего в этом тысячелетии.

Одним из важнейших показателей здоровья ребенка является его физическое развитие. Сам по себе этот показатель может дать представление о статусе ребен-

Контакты:¹ Л.В.Макарова – E-mail: <ludmilavm@mail.ru>

ка. Диагностика отклонений в сроках возрастного развития и степень дисгармоничности морфофункционального созревания позволяет не только констатировать определенные изменения в состоянии здоровья, но, также, определить потенциальный риск возникновения того или иного заболевания.

Проблеме изучения физического развития детей посвящено много исследовательских работ. Между тем, она не теряет своей актуальности и на сегодняшний день. Значимость такого рода исследований продиктована важностью выявления особенностей морфофункционального состояния современного ребенка, поскольку процесс развития его организма динамичен, условия изменчивы, и важно уловить результат взаимодействия условий проживания, показателей роста и развития детей

Целью данного исследования являлось изучение возрастных и половых особенностей физического развития детей 10-11 лет.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Под наблюдением находилось 1278 учащихся 10-11 лет школ г. Москвы. В их числе 695 детей 10 лет (316 мальчиков и 379 девочек) и 583 школьника 11 лет (295 мальчиков и 288 девочек).

Для выявления особенностей физического развития в группах мальчиков и девочек 10-11 лет произведено определение длины, массы тела, уровня физического развития и степень его гармоничности.

Сбор антропометрических данных производился по стандартной методике [3]. Масса тела измерялась с точностью до 100 г. Длина тела замерялась с помощью штангового антропометра с точностью до 0,5 см.

При оценке физического развития детей, как важнейшей характеристики состояния здоровья необходим учет биологического возраста. И это связано не только с тем, что 10-11-летний возраст приближает детей вплотную к пубертатному периоду, но и с тем, что выявление детей с крайними вариантами развития дает возможность установить риск того или иного заболевания, выявить состояние «предболезни». В системе гигиенической донозологической диагностики информативным является использование региональных модифицированных шкал регрессии и комплексной схемы, т. е. методик, использующих региональные нормативы и являющихся методиками комплексной оценки физического развития [15].

Визуальная оценка стадии полового развития производилась по наличию и степени развития вторичных половых признаков у девочек: молочных желез (Ma), лобкового (P), аксилярного (Ax) оволосения и характеру менструальной функции (Me); у мальчиков – лобкового (P), аксилярного (Ax) оволосения. Стадия обозначалась формулой AxP для мальчиков и MaAxPMe для девочек.

При проведении статистического анализа по всем показателям сравнивались статистически между собой группы: 1) возрастные; 2) мальчики с девочками; 3) мальчики с девочками внутри каждой возрастной группы. Значимые на двустороннем уровне $p < 0.05$ различия между группами выделены с помощью подстрочных латинских букв в соответствии со стандартом, разработанным и рекомендуемым Американской Психологической Ассоциацией (APA) [Publication Manual of the American Psychological Association, 6th edition, 2009]. Согласно этому становящемуся популярным стандарту, если два значения не различаются значимо, они

подписаны одной и той же подстрочной буквой, а если различаются, то подписаны разными буквами. Если значение подписано несколькими буквами, то это значит, что оно не отличается значимо от нескольких других значений, которые между собой различаются значимо.

Сравнение средних в таблицах делалось t-критерием Стьюдента. Сравнение процентов в таблицах делалось z-критерием для долей. Использовался также дисперсионный анализ, z-критерий долей, коэффициент корреляции Пирсона (r), коэффициент корреляции Спирмена, регрессия, анализ главных компонент, канонический корреляционный анализ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Средние показатели длины и массы тела детей 10-11 лет представлены в табл. 1. Длина тела детей 11-лет достоверно выше 10-летних (примерно на 6 см у мальчиков и на 7 см у девочек), что согласуется с нормативными данными [13], а также с результатами наших собственных предыдущих исследований [12]. Несмотря на отсутствие статистически значимых различий, следует отметить, что в 10 лет рост девочек в среднем ниже мальчиков, а в 11 лет незначительно, но выше, чем у мальчиков.

Индивидуальная оценка показателей длины тела, проведенная на основании региональных возрастно-половых нормативов (средняя, выше и ниже средней, низкий и высокий рост) представлена в табл. 2. Распределение по нормативным группам примерно соответствует ожидаемому для нормально-распределенного признака. Средние показатели длины тела имеют соответственно 60,6 % и 65,5 % детей 10 и 11 лет, ниже среднего – 16,1 % и 12,3 %, выше среднего – 13,0 % и 13,6 %. Низкий рост отмечен у 6,3 % 10-летних детей и 3,6 % детей 11 лет, высокий – соответственно у 3,9 % и 5,1 %.

Таблица 1

Средние величины длины и массы тела у детей 10 и 11 лет ($M \pm m$)

Показатель	10 лет	11 лет	М	Д	10 лет		11 лет	
					М	Д	М	Д
Длина тела, см	139,7 ±0,3 _а	146,4 ±0,3 _б	142,9 ±0,3 _а	142,6 ±0,3 _а	139,9 ±0,4 _а	139,5 ±0,4 _а	146,0 ±0,4 _а	146,7 ±0,5 _а
Масса тела, кг	36,3 ± 0,4 _а	40,5 ± 0,4 _б	38,6 ± 0,4 _а	37,9 ± 0,4 _а	36,6 ± 0,5 _а	36,2 ± 0,5 _а	40,9 ± 0,5 _а	40,2 ± 0,6 _а
ИМТ, усл. ед.	18,4 ±0,1 _а	18,8 ±0,1 _а	18,8 ±0,1 _а	18,4 ±0,1 _а	18,5 ±0,1 _а	18,4 ±0,1 _а	19,0 ±0,1 _а	18,5 ±0,1 _а
N	663	553	578	638	299	364	279	274

Таблица 2

Распределение детей по длине тела в зависимости от пола и возраста (в %)

Оценка длины тела	10 лет	11 лет	М	Д	10 лет		11 лет	
					М	Д	М	Д
Низкая	6,3 _а	3,6 _б	5,5 _а	4,7 _а	7,0 _а	5,8 _а	3,9 _а	3,3 _а
Ниже средней	16,1 _а	12,3 _а	13,5 _а	15,2 _а	17,1 _а	15,4 _а	9,7 _а	15,0 _а
Средняя	60,6 _а	65,5 _а	63,8 _а	61,9 _а	61,9 _а	59,6 _а	65,9 _а	65,0 _а
Выше средней	13,0 _а	13,6 _а	12,5 _а	13,9 _а	10,7 _а	14,8 _а	14,3 _а	12,8 _а
Высокая	3,9 _а	5,1 _а	4,7 _а	4,2 _а	3,3 _а	4,4 _а	6,1 _а	4,0 _а
N	663	553	578	638	299	364	279	274

Обращает на себя внимание тот факт, что в категорию низкорослых среди 10-летних попало относительно больше детей, чем среди 11-летних, а для категории высокорослых картина противоположная. Это хорошо видно на рис. 1, изображающем зависимость длины тела от возраста, выраженного в тысячах дней.

На рисунке срединная тенденция увеличения длины тела показана кривой LOESS (локальная регрессия наименьших квадратов; ядро Епанечникова, аппроксимация по 25% ближайших точек). Эта кривая близка к прямой линии, т. е. к линейной зависимости. Обнаруживается значимая, хотя несильная связь между длиной тела и наличием патологии ОДА (корреляция Спирмена 0,09, $p < 0,05$): у детей с ростом ниже нормы реже имеет место патология опорно-двигательного аппарата, чем у детей со средним и выше среднего ростом.

Средняя масса тела у 11-летних детей на 4,2 кг больше (различия достоверны, $p < 0,05$), чем у 10-летних (табл. 1). Достоверных различий между мальчиками и девочками по показателям массы тела и ИМТ не отмечалось ни в возрасте 10 лет, ни в возрасте 11 лет.

Общая картина распределения детей по этим показателям несущественно отличается от таковой, выявленной другими исследователями в Московском регионе [1; 6-8; 14; 16; 18], но отличается от некоторых других регионов (в частности, г. Иваново, г. Курска, г. Нарьян-Мар, г. Омска, г. Казани, Новосибирской области и др.) более высокими показателями роста, массы тела и ИМТ [2; 4; 5; 9; 11; 17]. В литературе, мировой и отечественной, неоднократно отмечалось существенное изменение в ходе физического развития по сравнению с предыдущими поколениями школьников. Так, лонгитудинальные исследования физического развития школьников г. Москвы, проведенные сотрудниками НИИ гигиены и охраны здоровья детей и подростков ФБГУ «НЦЗД» РАМН в 1960-е, 1980-е и 2000-е, 2012-е гг., показали у современных школьников достоверное и высоко достоверное увеличение длины тела, окружности грудной клетки по сравнению со сверстниками 1960-х и 1980-х гг. [1; 4; 10].

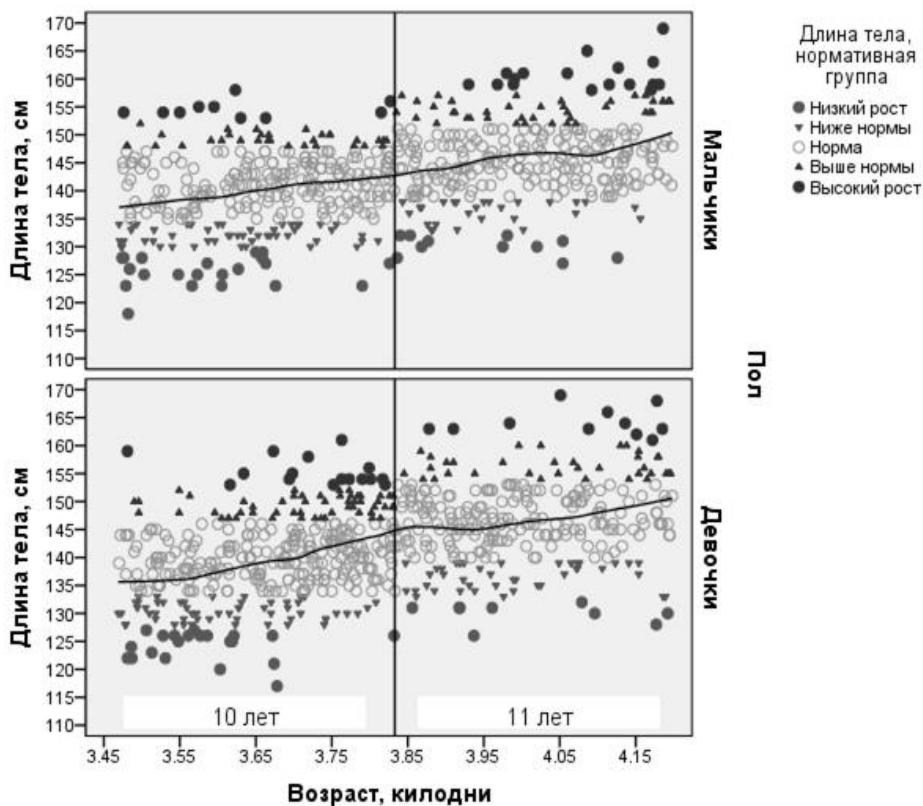


Рис. Длина тела в зависимости от возраста.

Оценка уровня физического развития в соответствии с региональными возрастно-половыми нормативами показала, что 70-73 % детей имеют гармоничное (нормальное) физическое развитие. Дефицит массы тела наблюдается чаще у 11-летних детей (11,2 %) и среди девочек (10,7 %), чем в у 10-летних детей (7,1 %) и среди мальчиков (7,1 %). Избыток же массы – наоборот, чаще отмечался у детей 10 лет (12,2 % против 7,1 % у 11-летних) и среди мальчиков (11,8 % против 8,2 % у девочек) (табл. 3). Характерным явлением для современных школьников, в том числе Московского региона, является увеличение доли детей с избыточной массой тела. Среди обследованных нами детей таких было 11 %. Четверть из них имело диагноз – ожирение. Как правило, дети с ожирением и избыточным весом имели эндокринную патологию. Как известно, в формировании патологии эндокринной системы решающее значение имеет ожирение, выраженность которого в последние годы существенно увеличилась. Наличие избыточной массы тела и ожирение появляются в возрасте от 7 до 10 лет, носят алиментарный характер и, как правило, остаются на всю жизнь.

Ожирение или, напротив, резкая потеря массы тела могут оказывать негативный эффект на половое развитие подростков, замедляя его. Как показали исследования в Московском регионе [9], для девочек с легким ожирением и избыточной массой тела было характерно снижение сроков инициации полового развития и возраста менархе. Умеренное ожирение было ассоциировано с увеличением возраста менархе.

Таблица 3

Распределение детей 10-11 лет по вариантам физического развития (в %)

Оценка длины тела	Группа							
	10 лет	11 лет	М	Д	М 10 лет	Д 10 лет	М 11 лет	Д 11 лет
Дефицит массы	7,1 _а	11,2 _б	7,1 _а	10,7 _б	5,7 _а	8,2 _а	8,6 _а	13,9 _б
Нормальное	70,5 _а	73,1 _а	70,9 _а	72,3 _а	69,2 _а	71,4 _а	72,8 _а	73,4 _а
Избыток массы	12,2 _а	7,1 _б	11,8 _а	8,2 _б	14,7 _а	10,2 _а	8,6 _а	5,5 _а
Низкий рост	6,3 _а	3,6 _б	5,5 _а	4,7 _а	7,1 _а	5,8 _а	3,9 _а	3,3 _а
Высокий рост	3,9 _а	5,1 _а	4,7 _а	4,2 _а	3,3 _а	4,4 _а	6,1 _а	4,0 _а
N	663	553	578	638	299	364	279	274

Оценка полового развития детей проводилась по времени появления и степени выраженности вторичных половых признаков. Исследования показали, что девочки опережают мальчиков в половом развитии. Подмышечное оволосение прогрессирует несколько быстрее, чем лобковое (так, у девочек 11 лет 10,6 % имеют 2-ю, и 30,9 % 1-ю стадию подмышечного оволосения, и, соответственно, 4,3 % и 26,6 % – лобкового). При этом следует отметить, что процесс появления вторичных половых признаков идет индивидуально: у одних он начинается с подмышечного оволосения, у других с лобкового, у третьих одновременно.

Половое развитие у детей 10-11 лет идет с некоторым опережением. Среди мальчиков 10 лет 3,2 % имеют 1-2 стадию лобкового оволосения, 11 лет – 11,6 % имеют 1-2 стадию и 1 мальчик 3-ю стадию полового созревания. Среди девочек 10 лет 1-2 стадию развития грудных желез имеют 53 % и 1 % 3-ю стадию; среди 11-летних соответственно: 59,6 % и 8,5 %. Кроме того, 13,8 % среди них имеют менархе.

Ряд исследований также свидетельствует, что и по степени выраженности половых признаков современные дети, особенно крупных городов, несколько опережают своих сверстников предыдущих поколений. Данная тенденция хорошо выражена у мальчиков 11-13 лет и девочек в 9 лет. Первые признаки полового созревания у современных детей появляются в более ранние сроки: у мальчиков с 10 лет (у 2 % – 1 степень выраженности волосяного покрова в подмышечных впадинах [1; 4].

ВЫВОДЫ

1. Оценка физического развития детей показала, что 70-73 % детей имеют гармоничное (нормальное) физическое развитие. Дефицит массы тела наблюдается чаще у 11-летних детей (11,2 %) и среди девочек (10,7 %), чем в у 10-летних детей (7,1 %) и среди мальчиков (7,1 %). Избыток же массы – наоборот, чаще отмечается у детей 10 лет (12,2 % против 7,1 % у 11 -летних) и среди мальчиков (11,8 % против 8,2 % у девочек).

2. Длина тела детей 11 лет достоверно выше детей 10 лет (примерно на 6 см у мальчиков и на 7 см у девочек). Средние показатели длины тела имеют соответственно 60,6 % и 65,5 % детей 10 и 11 лет, ниже среднего – 16,1 % и 12,3 %, выше среднего – 13,0 % и 13,6 %. Низкий рост отмечен у 6,3 % 10-летних детей и 3,6 % детей 11 лет, высокий – соответственно у 3,9 % и 5,1 %.

3. Девочки опережают мальчиков в половом развитии (по времени появления и степени выраженности вторичных половых признаков), у 13,8 % девочек 11 лет отмечено наличие репул.

4. Показатели физического развития детей 10-11 лет близки к таковым Московского региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранов А.А. Лонгитудинальные исследования физического развития школьников г. Москвы (1960-е, 1980-е, 2000-е гг.) / А.А. Баранов, В.Р. Кучма, Н.А. Скоблина, Л.М. Сухарева, О.Ю. Милушкина, Н.А. Бокарева // Физическое развитие детей и подростков Российской Федерации: Сб. мат-лов (выпуск У1) / Под ред. акад. РАН и РАМН А.А. Баранова, член-корр. РАМН В.Р. Кучмы. – М.: Издательство «ПедиатрЪ», 2013. – С. 33-43.

2. Бомолова Е.С. Региональный мониторинг роста и развития школьников г. Нижнего Новгорода: опыт и перспективы / Е.С. Бомолова, Н.А. Матвеева, Ю.Г. Кузмичев, Т.В. Бадеева, М.В. Ашина, А.В. Леонов, Т.В. Платонова // Физическое развитие детей и подростков Российской Федерации: Сб. мат-лов (выпуск У1) / Под ред. акад. РАН и РАМН А.А. Баранова, член-корр. РАМН В.Р. Кучмы. – М.: Издательство «ПедиатрЪ». 2013. – С. 44-63.

3. Бунак В.В. Антропометрия / В.В. Бунак. – М.: Учпедгиз, 1941. – 367 с.

4. Година Ф.З. Секулярный тренд и региональные особенности его протекания: зачем нужны локальные стандарты / Ф.З. Година, И.А. Хомякова // Физическое развитие детей и подростков Российской Федерации: Сб. мат-лов (выпуск У1) / Под ред. акад. РАН и РАМН А.А. Баранова, член-корр. РАМН В.Р. Кучмы. – М.: Издательство «ПедиатрЪ», 2013. – С. 16-32.

5. Дегтева Г.Н. Физическое развитие детей и подростков в возрасте 7-15 лет г. Нарьян-Мар / Г.Н. Дегтева, А.П. Муратова, Л.А. Зубов, Д.М. Федотов, Я.А. Корнеева // Физическое развитие детей и подростков Российской Федерации: Сб. мат-лов (выпуск У1) / Под ред. акад. РАН и РАМН А.А. Баранова, член-корр. РАМН В.Р. Кучмы. – М.: Издательство «ПедиатрЪ», 2013. – С. 102-104.

6. Дедов И.И. Половое развитие детей: норма и патология / И.И. Дедов, Т.В. Семичева, В.А. Петеркова. – М.: Колор Ит Студио, 2002. – 232 с.

7. Дедов И.И. Ожирение и половое развитие эпидемиологическое исследование детей и подростков Московского региона / И.И. Дедов, Г.А. Мельниченко, Т.В. Чеботникова, В.Р. Кучма, Н.А. Скоблина, С.А. Бутрова, Л.В. Савельева, Е.Н. Андреева, О.Ю. Реброва, Р.М. Есаян // Ожирение и метаболизм. – 2006. – № 3 (8). – С. 14-20.

8. Дедов, И.И. Половое развитие детей и подростков московского региона влияние ожирения / И.И. Дедов, Г.А. Мельниченко, Т.В. Чеботникова, В.Р. Кучма, С.А. Бутрова, Н.А. Скоблина, Л.В. Савельева, О.Ю. Реброва // Русский медицинский журнал. – 2006. – Т. 14, № 26. – С. 1872-1877.

9. Жданова Л.А., Бобошко И.Е., Шишова А.В. Физическое развитие детей и подростков 7-17 лет г.Иваново (Субъект РФ – Ивановская область) / Л.А. Жданова, И.Е. Бобошко, А.В. Шишова // Физическое развитие детей и подростков Российской Федерации: Сб. мат-лов (выпуск У1) / Под ред. акад. РАН и РАМН А.А. Баранова, член-корр. РАМН В.Р. Кучмы. – М.: Издательство «ПедиатрЪ», 2013. – С. 73-75.

10. Кучма В.Р. История изучения физического развития детей и подростков в гигиене (к 50-летию выхода первого сборника материалов по физическому развитию детей и подростков городов и сельских местностей СССР) / В.Р. Кучма, Н.А. Скоблина, О.Ю. Милушкина, Н.А. Бокарева // Физическое развитие детей и подростков Российской Федерации. Сб. мат-лов (выпуск У1) / Под ред. акад. РАН и РАМН А.А. Баранова, член-корр. РАМН В.Р. Кучмы. – М.: Издательство «ПедиатрЪ», 2013. – С. 9-16.

11. Максимова Т.М. Физическое развитие детей и подростков в возрасте 7-15 лет в Российской Федерации и в мире / Т.М. Максимова // Физическое развитие детей и подростков Российской Федерации. Сб. мат-лов (выпуск У1). Под ред. акад. РАН и РАМН А.А. Баранова, член-корр. РАМН В.Р. Кучмы. – М.: Издательство «ПедиатрЪ», 2013. – С. 180-181.

12. Орлов К.В. Длина и масса тела у детей 5-11 лет в г. Москве / К.В. Орлов // Новые исследования. – 2012. – № 2 (31). – С. 84-99.

13. Руководство по медицинскому обеспечению детей в образовательных учреждениях / Ред. В.Р. Кучма. – М.: Изд-во Научного центра здоровья детей РАМН, 2012. – 181 с.

14. Скоблина Н.А. Результаты изучения физического развития московских и киевских школьников / Н.А. Скоблина, А.Г. Платонова // Гігієна населених місць. – 2010. – № 56. – С. 282-287.

15. Скоблина Н.А. Научно-методическое обоснование оценки физического развития детей в системе медицинской профилактики: автореф. дис. ... д-ра мед. наук / Скоблина Наталья Александровна. – М, 2008. – 49 с.

16. Сухарева Л.М. Физическое развитие детей и подростков в возрасте 7-15 лет г. Москвы / Л.М. Сухарева, Н.А. Скоблина, Ю.А. Ямпольская, Н.А. Бокарева, О.Ю. Милушкина, Н.А. Бесстрашная // Физическое развитие детей и подростков Российской Федерации. Сб. мат-лов (выпуск У1) / Под ред. акад. РАН и РАМН А.А. Баранова, член-корр. РАМН В.Р. Кучмы. – М.: Издательство «ПедиатрЪ», 2013. – С. 81-83.

17. Черных И.Л. Физическое развитие детей и подростков в возрасте 2 мес. – 17 лет г. Курска / И.Л. Черных, И.Л. Горяинова, М.Л. Ковальчук, Е.А. Черных // Физическое развитие детей и подростков Российской Федерации: Сб. мат-лов (вы-

пуск У1) / Под ред. акад. РАН и РАМН А.А. Баранова, член-корр. РАМН В.Р. Кучмы. – М.: Издательство «ПедиатрЪ», 2013. – С. 75-80.

18. Шилова О.Ю. Современные тенденции физического развития в юношеском периоде онтогенеза (обзор) / О.Ю. Шилова // Экология человека. – 2011. – № 4. – С. 29-36.

ВОЗРАСТНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

ЦИРКАДИАНЫЕ РИТМЫ У ДЕТЕЙ ПУБЕРТАТНОГО ВОЗРАСТА: ПОДХОДЫ И ФАКТЫ

Н.И. Орлова¹, Т.С. Пронина
ФГНУ Институт возрастной физиологии РАО, Москва

В работе представлены данные по изучению циркадианных ритмов температуры кожи детей 10-11 лет с применением метода «THERMOCHRON iButton». Для исследования особенностей температурной динамики в дневной и ночной периоды цикла «сон–бодрствование» был проведен хронобиологический анализ индивидуальных и групповых показателей температуры кожи с определением основных биоритмологических параметров: мезора, амплитуды и акрофазы.

Ключевые слова: циркадианные ритмы, дети 10-11 лет, температура кожи.

Circadian rhythms in puberty: facts and approaches. The paper presents the results of the study of skin temperature circadian rhythms held on 10-11 year-old children, using the method of «THERMOCHRON iButton». To study the peculiarities of temperature dynamics in the daytime and nighttime periods of the “sleep-wake” cycle there was held a chronobiological analysis of individual and group indexes of skin temperature. Key biorhythmical parameters, such as average level, amplitude and acrophase, were identified.

Keywords: circadian rhythm, 10-11 year-old children, skin temperature.

И.П. Павлов утверждал, что в организме нет ничего более властного, чем ритм, выражающийся в ритмичности и периодичности физиологических процессов. Исследованиями ряда авторов [1; 4; 7] установлено, что многочисленные циклы организма человека, в частности ритмы состояний и функций ЦНС, системы анализаторов и двигательного аппарата коры больших полушарий мозга, температуры тела человека имеют суточную периодичность. Установлено, что человеческий организм представляет собой совокупность взаимосвязанных ритмов, среди которых особое место занимает суточный (циркадианный) – ритм сна и бодрствования, покоя и работоспособности [3; 8] т. е. суточный ритм является адаптивным ритмом.

В исследованиях, проведенных на школьниках 8-14-летнего возраста, В.П. Рыбаков и соавторы [14] установили, что суточный ритм отдельных психофизиологических и вегетативных функций с параметрами, характерными для взрослого организма, созревает в процессе онтогенеза постепенно. При этом становление ритма каждой функции происходит независимо от ритма другой функции и гетерохронно.

Температура тела является одним из интегративных показателей общего состояния организма, в том числе, его энергетического обмена и функционирования нейроэндокринной системы. Не случайно, этот показатель в хронофизиологии

Контакты: ¹ Н.И. Орлова – E-mail: <ninalynx@list.ru>

называют “золотым стандартом”, он просто и объективно определяет состояние организма [5; 13].

В настоящее время в литературе накоплен обширный материал по изучению суточной динамики процесса терморегуляции человека. Однако, исследования ритмов температуры тела в онтогенезе, в основном, касаются сравнения больших возрастных периодов: детского, зрелого и старческого [19; 20; 21].

Однако, температурный гомеостаз, также как и другие физиологические параметры имеет свои существенные особенности на различных этапах онтогенеза [5]. Поскольку детский организм характеризуется незрелостью отдельных структур, гетерохронностью развития, малым опытом социализации ребенка [16], а суточный ритм температуры тела является одним из адаптивных ритмов организма, представляется интересным проследить его формирование на разных этапах онтогенеза.

Целью настоящей работы явилось изучение циркадианных ритмов температуры кожи у мальчиков и девочек 10–11 лет.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

У 20 московских школьников (10 мальчиков и 10 девочек) 10-11-летнего возраста проводили мониторинг температуры кожи методом «ТЕРМОХРОН iButton» [10; 11; 12]. Суть метода заключается в измерении температуры (в градусах С) при помощи специально разработанной таблетки-термометра. В данном исследовании таблетку-термометр прикрепляли на верхнюю часть плеча тестируемых учащихся. Считывание полученных результатов с термометра-таблетки осуществляли через специальное крепежное приспособление к компьютеру и с применением специальной программы для «Термохрона». У каждого испытуемого на протяжении тестируемого времени было зарегистрировано 280-285 измерений (при 10-минутном интервале).

Для исследования особенностей температурной динамики в различные периоды суток, был проведен хронобиологический анализ индивидуальных и групповых показателей температуры кожи в различные периоды цикла «сон–бодрствование». Для этого сутки были условно разбиты на два периода: дневной – с 7 часов утра до 22 часов вечера, включающий время пребывания в школе и дома, и ночной – с 22 часов вечера до 7 часов утра. Полученные данные были обработаны с использованием Microsoft office excel 2007, Statistica версия 6.1. Оценка достоверности различий осуществлялась с использованием t-критерия Стьюдента ($p < 0,05$).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно литературным данным [3; 8; 17] основными параметрами каждого биологического ритма являются период, мезор (средний уровень), амплитуда колебаний и фаза (акрофаза). Динамика мезора проявляется или в его подъеме или в его спаде. Мезор «отражает» так называемую центральную линию, вокруг которой происходят колебания физиологической функции на протяжении суток. Небольшие изменения мезора не связаны с неблагоприятными реакциями организма. Наиболее значимыми показателями суточного ритма являются амплитуда и фаза. Амплитуда циркадианного ритма является наиболее пластичным показателем и

одной из первых изменяется при воздействии различных факторов. Считается, что по величине амплитуды можно судить о продолжительности адаптационного процесса [15; 17].

Полученные данные свидетельствуют о том, что суточный мезор температуры кожи в группе девочек достоверно выше ($p < 0,001$) данного показателя в группе мальчиков в первые сутки, а во вторые, напротив, средний уровень значимо выше ($p < 0,001$) у мальчиков, чем у девочек (табл. 1). Амплитуда колебаний циркадианного ритма температуры кожи у мальчиков существенно выше ($p < 0,001$), чем у девочек, как в первые, так и во вторые сутки. Диапазон ее колебаний весьма значим и составляет в группе девочек $2,8^{\circ}\text{C}$ и $2,3^{\circ}\text{C}$, а в группе мальчиков – $2,6^{\circ}\text{C}$ и $2,5^{\circ}\text{C}$ в первые и вторые сутки соответственно (табл. 2).

Таблица. 1

Средний уровень (мезор) и амплитуда колебаний температуры кожи детей 10–11 лет в течение 2-х суток

Время суток / Число тестов	1 сутки			
	Девочки (M±m)		Мальчики (M±m)	
	мезор	амплитуда	Мезор	амплитуда
День	34,0±0,03 N=633	3,4±0,06 N=633	34,4±0,04 N=732	3,7±0,05 N=732
Ночь	33,6±0,03** N=530	3,6±0,03** N=633	33,4±0,07*** N=530	3,9±0,04* N=732
Сутки	34,4±0,01 N=1163	3,9±0,02 N=1163	34,0±0,03 N=1262	5,0±0,03 N=1262
	2 сутки			
День	34,3±0,03 N=890	3,3±0,03 N=890	34,4±0,04 N=890	3,9±0,03 N=890
Ночь	33,4±0,04*** N=530	3,7±0,03** N=530	33,9±0,07* N=530	4,2±0,04* N=530
Сутки	33,9±0,01 N=1420	4,3±0,02 N=1420	34,2±0,04 N=1420	4,8±0,02 N=1420

Примечание: ¹ В табл. 1 вероятные ошибки разности показателей между дневным и ночным периодами обозначены: * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$; *** – $P < 0,001$.

Сопоставление группового мезора температуры кожи в дневной и ночной периоды наблюдений показало, что у детей обоего пола средний по группе уровень температуры кожи за день достоверно выше ($p < 0,001$) данного показателя за ночь, как в первые, так и во вторые сутки наблюдений (табл. 1). Причина данного факта, по-видимому, заключается в разной степени ритмической активности ЦНС в дневной и ночной периоды.

Полученные данные вполне согласуются с результатами исследований, выполненных на взрослых людях, в которых также отмечается снижение мезора температуры кожи ночью [5].

Таблица 2

Индивидуальные значения амплитуды суточного ритма температуры кожи
у детей 10–11 лет в дневной и ночной периоды

№ испытуемых Число тестов	1 сутки			
	Девочки		Мальчики	
	День	Ночь	День	Ночь
1	2,1 N=67	3,9 N=5,3	3,6 N=70	4,0 N=53
2	2,4 N=71	3,8 N=53	6,1 N=70	2,8 N=53
3	4,3 N=71	4,0 N=53	2,4 N=70	5,3 N=53
4	3,5 N=71	3,5 N=53	3,0 N=70	4,6 N=53
5	2,6 N=71	2,9 N=53	2,5 N=76	3,5 N=53
6	3,1 N=71	4,3 N=53	2,5 N=75	3,8 N=53
7	6,0 N=71	5,0 N=53	3,3 N=75	3,6 N=53
8	5,0 N=72	2,5 N=53	5,6 N=76	4,1 N=53
9	3,1 N=72	3,3 N=53	2,8 N=75	2,9 N=53
10	1,6 N=67	3,0 N=53	5,0 N=75	4,9 N=53
	2 сутки			
1	4,4 N=89	3,5 N=53	3,6 N=89	5,4 N=53
2	1,8 N=89	2,9 N=53	3,4 N=89	3,5 N=53
3	4,4 N=89	4,1 N=53	5,1 N=89	5,1 N=53
4	3,6 N=89	3,6 N=53	3,3 N=89	3,6 N=53
5	2,8 N=89	2,6 N=53	3,9 N=89	3,3 N=53
6	3,1 N=89	3,6 N=53	3,1 N=89	3,3 N=53
7	4,8 N=89	4,4 N=53	3,0 N=89	4,1 N=53
8	2,5 N=89	5,0 N=53	5,7 N=89	5,0 N=53
9	3,0 N=89	4,4 N=53	3,4 N=89	2,9 N=53
10	2,3 N=89	3,1 N=53	4,6 N=89	5,4 N=53

Сравнение по амплитуде колебаний ритма дневного и ночного периодов суток показало, что как у мальчиков, так и у девочек амплитуда температуры кожи ночью значительно выше ($p < 0,05-0,001$), чем днем (табл. 1). Увеличение амплитуды колебаний температуры кожи в ночной период у детей на ранних этапах пубертатного процесса, вероятно, является отражением возрастного суточного дисбаланса и может свидетельствовать о повышенной чувствительности системы терморегуляции к влиянию эндо- и экзогенных факторов в цикле «сон-бодрствование». Кроме того, следует заметить, что высокая амплитуда колебаний температуры в ночной период (равная по величине амплитуде дневного, то есть активного периода) отражает большую активность гипоталамуса в некоторые периоды сна. Показано, что такое повышение температуры связано со стадией быстрого сна, эта стадия несколько раз сменяет стадию медленного сна [18].

В то же время в группе девочек диапазон колебаний амплитуды в большей степени зависит от времени суток, чем в группе мальчиков: у девочек $4,4^{\circ}\text{C}$ днем и $2,5^{\circ}\text{C}$ ночью в первые и 3°C днем и $2,4^{\circ}\text{C}$ ночью – во вторые сутки наблюдений; у мальчиков – $3,6^{\circ}\text{C}$ и $2,7^{\circ}\text{C}$ днем и $2,5^{\circ}\text{C}$ ночью (табл. 2). Полагают, что относительно большая амплитуда обеспечивает большую подвижность ритма и обуславливает более быстрое приспособление организма к разнообразным факторам среды [9].

Таким образом, величина амплитуды, по мнению ряда авторов [8; 15; 17] является одним из критериев адаптивных свойств организма и ее изменение в цикле «сон-бодрствование» необходимо учитывать при составлении режима дня школьника.

Изучение индивидуальных циркадианных ритмов температуры кожи цикла «сон-бодрствование» (рис. 1–2) наряду со сходными чертами выявило и ряд существенных отличий. Так 80 % девочек и 90 % мальчиков имеют пик повышенной температуры в период с 10.30 до 13 часов, а 100 % девочек и 50 % мальчиков – в интервале 16–19 часов, при этом продолжительность периода и время его начала и конца варьируют (рис. 1–2). Поскольку оба эти периода совпадают с пиками умственной работоспособности [2; 8], то положение положительной акрофазы температуры кожи учащихся может служить одним из критериев адаптивного потенциала их организма.

В то же время анализ циркадианного ритма температуры кожи выявил у 40 % девочек и 50 % мальчиков отрицательную акрофазу температуры, во время школьных занятий (рис. 1–2) что согласно литературным данным является одним из критериев низких функциональных возможностей детского организма [6].

Сопоставление значений амплитуды температуры кожи каждого из испытуемых в дневной и ночной периоды цикла «сон-бодрствование» показало, что только в 10 % случаев они практически одинаковы у девочек в течение двух суток, а у мальчиков – в течение одних суток (табл. 2). По данным С.И. Степановой [15] большая изменчивость суточных кривых (большая амплитуда ритма) может служить критерием быстрой приспособляемости организма новым условиям.

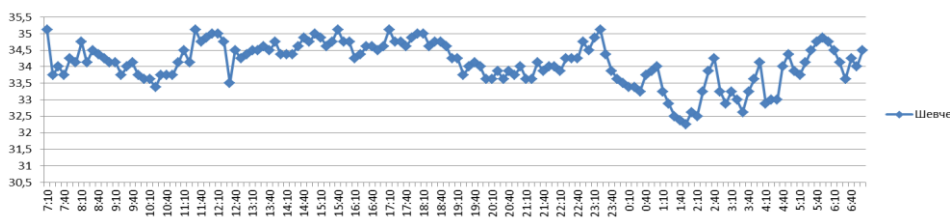
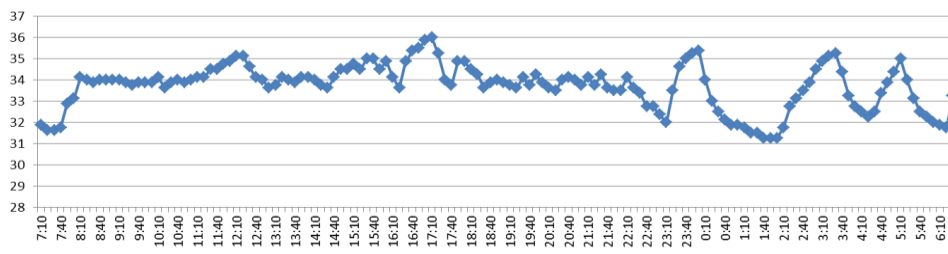


Рис. 1. Образцы суточной динамики температуры кожи у девочек М.(10,5лет) и Ш.(11лет). По оси x – время суток; по оси y – температура в ($^{\circ}\text{C}$).

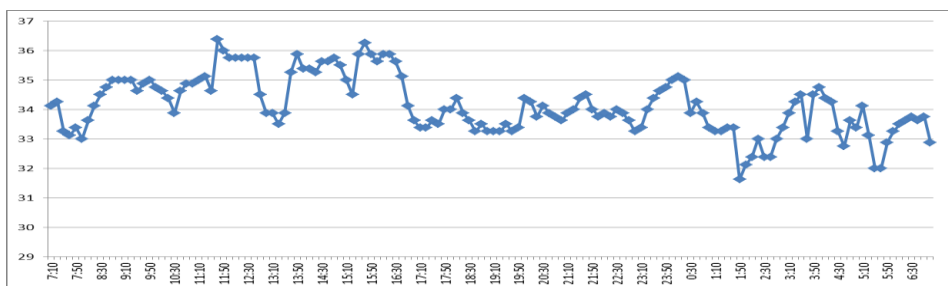
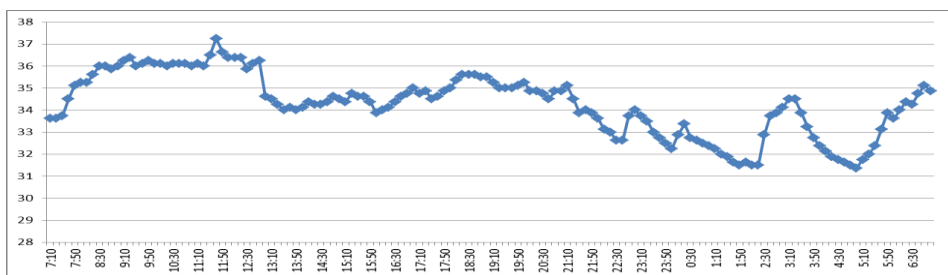


Рис. 2. Образцы суточной динамики температуры кожи у мальчиков Т.(10лет) и К.(11лет). По оси x – время суток; по оси y – температура в ($^{\circ}\text{C}$).

Следовательно, поскольку амплитуда циркадианного ритма является наиболее пластичным показателем и одной из первых изменяется при воздействии различных факторов, то изменение ее величины можно рассматривать как один из показателей адаптивных свойств детского организма, который необходимо учитывать при составлении режима дня ребенка.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что суточная динамика температуры кожи детей 10–11 лет носит ярко выраженный ритмический характер. Сравнение средних по группе величин мезора температуры кожи в дневной и ночной периоды наблюдений показало, что как у мальчиков, так и у девочек групповой уровень за день достоверно выше ($p < 0,001$) данного показателя за ночь в течение двух суток наблюдений.

2. Показано, что суточный мезор температуры кожи в группе девочек достоверно выше ($p < 0,05–0,001$) данного показателя в группе мальчиков в первые сутки, а во вторые, напротив, средний уровень значимо выше ($p < 0,001$) у мальчиков, чем у девочек. Амплитуда колебаний циркадианного ритма температуры кожи у мальчиков существенно выше ($p < 0,001$), чем у девочек, как в первые, так и во вторые сутки.

3. Выявлено, что 80 % девочек и 90 % мальчиков имеют существенное повышение температуры кожи в период с 10.30 до 13 часов, и 100 % девочек и 50 % мальчиков – в интервале 16–19 часов, при этом продолжительность периода и время его начала и конца варьируют.

4. Величина амплитуды и положение положительной акрофазы циркадианного ритма температуры кожи детского организма могут рассматриваться в качестве критериев его адаптивных свойств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агаджанян Н.А., Шабатура Н.Н. Биоритмы, спорт, здоровье. – М.: ФиС, 1989. – 208 с.
2. Антропова М.В. Физическое развитие подростков и их работоспособность. / М.В. Антропова // Физиология развития подростка. – М.: Педагогика, 1988. – С. 158–184.
3. Ашофф Ю. Свободнотекущие и захваченные циркадианные ритмы / Биологические ритмы. – М., 1984. – Т. 1. – С. 54–69.
4. Волкова Л.В. Спектральные характеристики годичных ритмов психофизиологических свойств индивидуальности: Автореф. дис. ... канд. псих. наук. – Уфа, 1998. – 18 с.
5. Губин Д.Г., Губин Г.Д., Куликова С.В. Температура тела человека как проблема хронобиологии. – Циклы. Материалы Третьей международной конференции. – Ставрополь: СевКавГТУ, 2001. – С. 31–39.
6. Доскин В.А., Куинджи Н.Н. Биологические ритмы растущего организма. – М., 1989. – 224 с.
7. Ефимов М.Л. Биологические ритмы и творчество. – Алма-Ата, 1990. – 167 с.
8. Колькюхунь П. Ритмы работоспособности // Биологические ритмы: Т. 1. / Под ред. Ю. Ашоффа. – М.: Мир, 1984. – С. 389–408.

9. Моисеева Н.И. Временная среда и биологические ритмы / Н.И. Моисеева, В.М. Сысуев. – Л.: Наука, 1981. – 128 с.
10. Программа: Thermo Chron. Revisor [Электронный ресурс]. www.elin.ru
11. Пронина Т.С., Рыбаков В.П. Особенности суточной динамики температуры кожи у подростков 13-14 лет, определяемой методом «термохрон» // Новые исследования по возрастной физиологии. – 2006. – № 1. – С. 14-21.
12. Пронина Т.С. Особенности циркадианного ритма температуры кожи у детей 8–9 лет и молодых людей. / Т.С. Пронина, В.П. Рыбаков // Физиол. человека. – 2011 – Т. 37, № 4. – С. 1-7.
13. Путилов А.А. «Совы», «жаворонки» и другие: О наших внутренних часах и их влиянии на здоровье и характер. – Новосибирск, 1997. – 264 с.
14. Рыбаков В.П. Биологические ритмы ребенка / В.П. Рыбаков, Н.И. Орлова, Т.С. Пронина, Ю.Н. Чернышева, И.А. Момот // Физиология развития ребенка: теоретические и прикладные аспекты. – М.: Образование от А до Я, 2000. – С. 287-295.
15. Степанова С.И. Биологические аспекты проблемы адаптации. – М., 1986. – 241 с.
16. Таболин В.А. Проблемы биологических ритмов детского организма / В.А. Таболин, Ю.Е. Вельтищев, Ю.А. Князев, В.Н. Малин // Суточные ритмы биологических процессов. – М., 1072. – С. 71-73.
17. Хильдебрандт Г., Мозер М., Лехофер М. Хронобиология и хрономедицина. Биологические ритмы. Медицинское применение / Под ред. Ф.И. Комарова, С.И. Рапопорт. – М., 2006. – 144 с.
18. Шульговский В.В. Основы нейрофизиологии: Учебное пособие для студентов вузов. – М.: Аспект Пресс, 2005. – 277 с.
19. Griggs SD. Overnight oscillations of rectal temperature / SD Griggs, DM Tappin, RP Ford, MP Wailoo // Arch. Dis. Child. – 1995. – V. 73, № 3. – P. 277.
20. Kenney W.L., Invited review: aging and human temperature regulation / W.L. Kenney, T.A. Munce // J. Appl. Physiol. – 2003. – Dec., V. 95, № 6. – P. 2598.
21. Petrofsky J. The influence of aging and diabetes on heat transfer characteristics of the skin to a rapidly applied heat source / J. Petrofsky, H. Lee, M. Trivedi., A.N.Hudlikar et al // Diabetes Technol. Ther. – 2010. – V. 12, № 12. – P. 1003-1010.

ОСОБЕННОСТИ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИИ ЛЕГКИХ И БИОМЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЫХАНИЯ У ПОДРОСТКОВ 10-11 ЛЕТ

Е.В. Соколов¹

ФГНУ Институт возрастной физиологии РАО, Москва

С целью изучения физического развития, резервных возможностей и адаптационных способностей у детей 10-11 лет, обследованы школьники основной группы здоровья. При исследовании функции внешнего дыхания использованы методы: спирография, фазовый анализ дыхательного цикла, анализ кривой поток-объем (КПО) при помощи спироанализатора "РiД-124Д". Исползованный методический подход позволил установить, что дети с высоким весоростовым индексом Кетле имеют нормальные, соответствующие возрасту значения легочных объемов и емкостей, школьники с низким индексом несколько отстают от своих физически развитых сверстников по показателям проходимости дыхательных путей на всех уровнях. Состояние вегетативной регуляции является определяющим фактором в процессе развития адаптации организма. В условиях преобладания парасимпатического отдела ВНС у детей отмечаются относительно низкий уровень функционирования системы дыхания и большие функциональные резервы системы, обеспечивающих адаптацию к нагрузкам.

Ключевые слова: подростковый возраст, дыхание, вентиляцию легких.

Peculiarities of lungs ventilation and biomechanics of breathing in 10-11 year-old children. Physical development, reserve abilities and adaptation abilities were studied in 10-11 year-old school children of average health group. The following methods to study breathing were used: spirometry, phase analysis of respiratory cycle, analysis of the flow-volume curve using spiro analyser «RiD-124D». This methodological approach revealed that children with high Quetelet index have normal, age-appropriate lung volume and capacity. Pupils with low index are slightly behind their peers in terms of airway patency at all levels. Autonomic regulation is the determining factor in the development of organism adaptation. Under predominance of parasympathetic nervous system, children demonstrate a relatively low level of respiratory system functioning and large functional reserves, ensuring adaptation to work load.

Key words: adolescence, breathing, lungs ventilation.

Глобальные изменения природной среды (урбанизация, естественные и техногенные региональные экономические катастрофы) в течение коротких временных интервалов, рост психоэмоциональной напряженности как неизбежные последствия научно-технического прогресса и социально-экономических преобразований со всей остротой обуславливают необходимость сохранения и укрепления здоровья человека. Особую актуальность проблема сохранения и укрепления здоровья приобретает в отношении наименее защищенной части популяции - детей и подростков. Проблемы сохранения и укрепления здоровья детского населения обостряются с каждым годом, о чем свидетельствуют статистические и клиничко-

Контакты: ¹ Е.В. Соколов – E-mail: <evgesok@mail.ru>

эпидемиологические данные, отражающие прогрессирующее ухудшение соматического и психического здоровья детей дошкольного и школьного возраста в России [2]. В период биологического созревания происходит непрерывное развитие дыхательной системы, ее морфологических структур и функциональных процессов, что обуславливает формирование не только количественных, но и качественных показателей [6; 7; 8]. Функциональная пластичность системы позволяет использовать ее показатели в качестве критериев адаптации к учебным и физическим нагрузкам в школе.

Функциональные показатели дыхательной системы исследовали у школьников младших классов общеобразовательной школы. Для определения возрастно-половых показателей все школьники были распределены на следующие группы: дети в возрасте 10 лет (32 чел.) и в возрасте 11 лет (27 чел.). Обследованные дети не имели острых и хронических заболеваний органов дыхания и были отнесены к I и II группам здоровья.

Для оценки объемных, скоростных и временных параметров использовался аппаратно-программный диагностический комплекс (Рид 124) для исследования функции внешнего дыхания. Проводились исследования: ОД – объем дыхания (л), МОД – минутный объем дыхания (л*мин), ЖЕЛ – жизненная емкость легких (л); ФЖЕЛ – объем форсированного выдоха жизненной емкости легких (л); ФЖЕЛ-ЖЕЛ – показатель, характеризующий проходимость дыхательных путей (л); ИГ – индекс Тиффно (ОФВ₁/ЖЕЛ, в %); ОФВ₁ – объем форсированного выдоха за 1 с (л); МВЛ – максимальная вентиляция легких (л*мин), ПОС – пиковая объемная скорость выдоха (л·с); МОС₂₅ – максимальная объемная скорость потока на уровне выдоха 25 % ФЖЕЛ (л/с); МОС₅₀ – максимальная объемная скорость потока на уровне выдоха 50 % ФЖЕЛ (л/с); МОС₇₅ – максимальная объемная скорость потока на уровне выдоха 75 % ФЖЕЛ (л/с).

В условиях относительного покоя архитектура дыхательного цикла (временные, амплитудные характеристики и расчетные коэффициенты) у большинства обследованных школьников характеризуется высокой вариативностью, что связано с наблюдаемыми индивидуальными особенностями дыхания испытуемых. У школьников 10-11 лет, не было значительных отличий от возрастных стандартов ($M \pm 0,67\sigma$) функциональных показателей системы дыхания. При исследовании возрастной динамики функции внешнего дыхания у детей отмечено некоторое превышение легочных объемов и емкостей: в 11 лет показатели вентиляции (ЧД, ОД, МОД) составляют 109,8 %, 108,1 % и 107,9 % от уровня 10-ми лет соответственно (табл. 1). Отмечены возрастные различия между группами 10 и 11-летних в динамике показателей относительных величин минутного объема дыхания на единицу массы тела (в 10 лет МОД л/мин/кг равен $0,24 \pm 0,02$, в 11 лет – $0,2 \pm 0,02$, разница составляет – 16,7 %).

В результате проведенного исследования выявлено увеличение ЖЕЛ прямо пропорционально возрасту детей (табл. 2, 5): так ЖЕЛ детей 11 лет выше значений показателя у 10-и летних на 21,2 %. ЖЕЛ 10-летних девочек равна $1,18 \pm 0,11$ л, 10-летних мальчиков – $1,41 \pm 0,08$ л, достигая к 11 годам величин $1,68 \pm 0,12$ и $1,62 \pm 0,08$ л соответственно. Для этого показателя половые различия не характерны: значение ЖЕЛ у мальчиков выше по сравнению с девочками только в группе 10-и летних. ФЖЕЛ у девочек 10 лет составляет $1,62 \pm 0,08$ л, достигая к 11 годам значения $2,02 \pm 0,11$ л. У мальчиков ФЖЕЛ также увеличивается с возрастом – с $1,99 \pm 0,16$ у

10-летних, до $2,20 \pm 0,13$ л у 11-летних. Половые различия сохраняются во всех возрастных группах. ФЖЕЛ у детей 11 лет превышает данный показатель 10-летних на 0,26 л (12,26 %). Показатель ФЖЕЛ-ЖЕЛ был отрицательным у 68 % детей 10 лет и у 57 % школьников 11 лет. Это свидетельствует об умеренно выраженных обструктивных изменениях дыхательных путей детей данной возрастной группы. $ОФВ_1$ (табл. 3, 6) зависит главным образом от силы сокращения дыхательной мускулатуры и проходимости воздухоносных путей. С 10 до 11 лет этот показатель увеличивается у девочек на 0,2 л, у мальчиков уменьшается на 0,22 л, что указывает на увеличение силы дыхательных мышц и уменьшение с возрастом бронхиального сопротивления. При сравнении с должными величинами, рассчитанными по формулам Р.Ф. Клемента [5], фактические показатели оказались сниженными до 56-82 %. Согласно градации, разработанной данным автором, такие значения $ОФВ_1$ можно характеризовать как условную норму и легкие нарушения. Фактические величины ИТ у обследованных школьников колебались в пределах 93-86% от должных, что свидетельствует об условной норме проходимости дыхательных путей.

Таблица 1

Показатели статических и динамических объемов легких у мальчиков и девочек 10-11 лет в покое ($M \pm m$)

пол	ЧД	ОД	МОД	МОД/кг	Твд	Твыд	Твд/Твыд
девочки 10 лет	20,24 $\pm 2,47$	0,39 $\pm 0,05$	7,23 $\pm 0,74$	0,21 $\pm 0,02$	1,83 $\pm 0,36$	1,53 $\pm 0,15$	1,16 $\pm 0,15$
мальчики 10 лет	26,51 $\pm 17,19$	0,22 $\pm 0,58$	5,86 $\pm 9,97$	0,2 $\pm 0,22$	1,26 $\pm 0,08$	1,51 $\pm 0,12$	0,85 $\pm 0,04$
девочки 11 лет	26,24 $\pm 1,8$	0,36 $\pm 0,04$	8,95 $\pm 0,82$	0,25 $\pm 0,03$	1,13 $\pm 0,1$	1,31 $\pm 0,11$	0,88 $\pm 0,06$
мальчики 11 лет	23,07 $\pm 2,34$	0,38 $\pm 0,04$	8,1 $\pm 0,57$	0,2 $\pm 0,01$	1,34 $\pm 0,13$	1,59 $\pm 0,15$	0,86 $\pm 0,03$

Таблица 2

Показатели резервных возможностей системы дыхания у девочек и мальчиков 10-11 лет в покое ($M \pm m$)

пол	ЖЕЛ	ЖЕЛ/кг	МВЛ	МВЛ/кг	РД	РД/кг
девочки 10 лет	1,18 $\pm 0,11$	0,03 $\pm 0,00$	33,65 $\pm 2,65$	0,98 $\pm 0,07$	26,42 $\pm 2,60$	0,77 $\pm 0,07$
мальчики 10 лет	1,41 $\pm 0,08$	0,04 $\pm 0,00$	45,44 $\pm 2,31$	1,37 $\pm 0,10$	37,19 $\pm 2,33$	1,12 $\pm 0,09$
девочки 11 лет	1,68 $\pm 0,12$	1,68 $\pm 0,12$	3,47 $\pm 0,2$	3,26 $\pm 0,22$	2,97 $\pm 0,21$	1,7 $\pm 0,21$
мальчики 11 лет	1,17 $\pm 0,14$	42,04 $\pm 4,63$	3,96 $\pm 0,28$	3,64 $\pm 0,28$	2,85 $\pm 0,26$	1,4 $\pm 0,14$

Таблица 3

*Показатели проходимости дыхательных путей
у подростков 10-11 лет в покое ($M \pm m$)*

пол	ОФВ1	Тиффно	ПОС	МОС25	МОС50	МОС75
девочки 10 лет	1,53 $\pm 0,05$	95,00 $\pm 2,03$	3,41 $\pm 0,21$	3,31 $\pm 0,21$	2,55 $\pm 0,10$	1,55 $\pm 0,04$
мальчики 10 лет	1,85 $\pm 0,14$	92,68 $\pm 1,28$	3,58 $\pm 0,33$	3,38 $\pm 0,34$	2,89 $\pm 0,33$	1,63 $\pm 0,16$
девочки 11 лет	1,73 $\pm 0,08$	86 $\pm 4,15$	3,47 $\pm 0,2$	3,26 $\pm 0,22$	2,97 $\pm 0,21$	1,7 $\pm 0,21$
мальчики 11 лет	1,9 $\pm 0,1$	86,66 $\pm 2,17$	3,96 $\pm 0,28$	3,64 $\pm 0,28$	2,85 $\pm 0,26$	1,4 $\pm 0,14$

Максимальные и резервные возможности системы дыхания у 11-и летних детей достоверно выше ($p \leq 0,05$), чем у 10-и летних (МВЛ на 15,9 % и РД на 13,3 % соответственно). О проходимости центральных дыхательных путей можно судить по значениям ПОС, МОС₂₅ (табл. 3, 6). ПОС составляет у девочек 10 лет $3,41 \pm 0,21$ л·с, у мальчиков $3,58 \pm 0,33$ л·с. К 11-летнему возрасту отмечается незначительное увеличение ПОС на 2-10,5 % (в среднем для группы на 3,3 %). Это объясняется тем, что в данный возрастной период процесс удлинения бронхиального дерева преобладает над расширением и это увеличивает сопротивление дыхательных путей и уменьшает их проходимость. МОС₂₅ снижается с 10 до 11 лет у девочек на 0,05 л/с, у мальчиков возрастает на 0,26 л/с. Должные этого показателя превышают фактические величины на 20 %, что можно расценивать как условную норму и очень легкое снижение показателей [5]. МОС₅₀ и МОС₇₅, характеризующие проходимость периферических дыхательных путей, изменяются, подчиняясь тем же закономерностям, что и параметры ПОС и МОС₂₅.

Минутный объем дыхания у мальчиков в 10 лет выше на 14,1 %, а в 11 лет ниже, чем у девочек (90,5%), а экономичность вентиляции (МОД/кг) лучше у мальчиков - показатель «ниже» по абсолютной величине: 95,2 % в 10 лет и 80 % в 11 лет от уровня девочек. Относительная максимальная вентиляция легких (МВЛ на кг) у девочек ниже чем у мальчиков (Табл. 2). Резерв дыхания у них также меньше (26,42 и 35,21 л/мин у девочек в 10 и 11 лет, и 37,19 и 40,21 л/мин у мальчиков соответственно). Ниже и резервные возможности вентиляции (%РД от МВЛ: 78,5 – 74,3 % у девочек и 81,8 – 83,2 % у мальчиков соответственно 10 - 11 лет).

Следует отметить, что для детей 9-12 лет нормой считается величина индекса Кетле 220-360 г/см (у девочек несколько выше, чем у мальчиков). При значительном превышении значений индекса, говорят о различной степени ожирения [3]. Обследованные нами дети 10-11 лет имели относительно нормальные значения весоростового индекса, что связано с особенностями роста в этот возрастной период и низким содержанием в организме жировой ткани.

При распределении обследованных детей на группы по величине весоростовых индексов получили, что в группу с высоким весоростовым индексом попали мальчики и девочки, у которых индекс Кетле был выше 200 г/см. В группу с низ-

ким весоростовым индексом вошли мальчики и девочки, у которых индекс Кетле был ниже 200 г/см.

В таблице 4 представлены данные по показателям биомеханической функции легких в группах детей с высоким и низким весоростовым индексом. Хорошо заметно, что именно в зависимости от степени физического развития (в данном случае, величины весоростового индекса Кетле) распределяются значения объемных скоростей дыхания.

Таблица 4

Параметры биомеханики легких
у детей 10-11 лет с высоким и низким весоростовым индексом ($M \pm m$)

Группа	Возраст лет	ЖЕЛ, л	ОФВ1 л/с	МВЛ, л*мин	ЖП, л/кг	ПОС	МОС25 л/с	МОС50 л/с	МОС75 л/с
Высокий индекс Кетле	10	1,3± 0,07	1,8± 0,11	41,7± 2,4	37,6± 2,6	3,6± 0,2	3,42± 0,2	2,83± 0,2	1,63± 0,1
	11	1,66± 0,1	1,85± 0,1	48,3± 3,5	39,0± 2,5	3,8± 0,2	3,52± 0,2	2,95± 0,2	1,55± 0,1
Низкий индекс Кетле	10	1,27± 0,2	1,47± 0,1	37,8± 3,6	50,5± 8,9	3,0± 0,4	2,95± 0,4	2,35± 0,4	1,42± 0,2
	11	1,55± 0,1	1,71± 0,0	44,7± 0,3	58,6± 5,1	2,8± 0,05	2,4± 0,3	2,53± 0,2	1,67± 0,01

Так, у детей 11 лет с высоким весоростовым индексом величина ФЖЕЛ больше на 22,5 %, ПОС. – на 36,8 %, МОС₅₀ – на 16,7 %, МОС₇₅, ниже чем соответствующие показатели у детей с низким весоростовым индексом. Подобным образом соотносятся и величины объемных скоростей дыхания у детей 10 лет. Значения показателя МОС₇₅ (показатель проходимости мелких бронхов) выше у детей с высоким весоростовым индексом на 14,8 %. В таблице хорошо просматривается также возрастная динамика (от 10 к 11 годам) для обеих групп обследованных детей.

Таким образом, дети физически более развитые, с высоким весоростовым индексом имеют нормальные, соответствующие возрасту значения легочных объемов и емкостей, а также показателей проходимости бронхов крупного и среднего калибра. Дети с низким весоростовым индексом несколько отстают от своих физически развитых сверстников по показателям проходимости дыхательных путей на всех уровнях.

У подавляющей части детей школьного возраста дыхание в условиях относительного покоя испытывает на себе недостаток двигательной активности. При предъявлении даже относительно небольших физических нагрузок (подвижные игры, длительная ходьба и т. п.) такие дети испытывают одышку и сердцебиение, что напрямую связано с системой дыхания. То есть отмечена достаточно тесная зависимость между показателями физического развития детей и внешним дыханием [4]. По сдвигам функциональных показателей в ответ на стандартную тестирующую нагрузку можно судить о развитии аэробной системы энергообеспечения.

Чем меньше сдвиги функциональных показателей после применения стандартной нагрузки, тем экономичней она выполнена, тем более высоко развито аэробное обеспечение.

Таблица 5

Резервные возможности системы дыхания у школьников 10-11 лет ($M \pm m$)

Этап эксперимента	ЖЕЛ	ЖЕЛ/кг	МВЛ	МВЛ/кг	РД	РД/кг	ФЖЕЛ
	л	л/кг	Л*мин	Л*мин/кг	Л*мин	Л*мин/кг	л/с
10 лет							
покой	1,32 $\pm 0,07$	0,039 $\pm 0,003$	41,15 $\pm 2,12$	1,23 $\pm 0,08$	33,27 $\pm 2,06$	0,99 $\pm 0,07$	1,86 $\pm 0,11$
нагрузка	1,42 $\pm 0,11$	0,042 $\pm 0,003$	45,10 $\pm 2,41$	1,34 $\pm 0,09$	35,67 $\pm 2,05$	1,06 $\pm 0,07$	2,01 $\pm 0,17$
11 лет							
покой	1,6 $\pm 0,07$	0,041 $\pm 0,003$	47,7 $\pm 3,07$	1,2 $\pm 0,08$	37,7 $\pm 3,16$	1,0 $\pm 0,07$	2,12 $\pm 0,09$
нагрузка	1,59 $\pm 0,06$	0,041 $\pm 0,002$	48,99 $\pm 3,07$	1,27 $\pm 0,08$	38,55 $\pm 2,89$	0,99 $\pm 0,07$	2,12 $\pm 0,09$

Таблица 6

Биомеханические параметры дыхания у школьников 10-11 лет до и после физической нагрузки ($M \pm m$)

Этап эксперимента	ОФВ1	Тиффно	ПОС	МОС25	МОС50	МОС75
	л/с	%	л/с	л/с	л/с	л/с
10 лет						
покой	1,73 0,10	93,53 1,10	3,52 0,22	3,35 0,23	2,77 0,21	1,60 0,10
нагрузка	1,86 0,15	93,30 1,00	3,68 0,25	3,55 0,24	2,81 0,20	1,65 0,15
11 лет						
покой	1,8 0,07	86,3 2,24	3,7 0,18	3,5 0,18	2,9 0,17	1,5 0,13
нагрузка	1,89 0,07	90,16 1,48	3,75 0,21	3,46 0,20	2,87 0,18	1,63 0,11

Из таблиц 5-6 видно, что показатели биомеханических характеристик и показатели, определяющие в первую очередь состояние бронхиальной проходимости, у обследованных детей после физической нагрузки практически не изменились. Объемные скорости выдоха на уровне крупных, средних и малых бронхов (МОС25-75), ПОС, ОПОС так же остались практически без изменений.

Если тестирование МВЛ в первые 60 секунд восстановительного периода выявляет, что ее величина не изменилась, или повысилась, или снизилась, но не до-

стигает нулевой величины, то выполняемая нагрузка является относительно адекватной. Подобные изменения со стороны респираторной системы мы и наблюдаем у обследуемых 10-11-летних детей. Максимальная вентиляция легких у детей 10 лет после нагрузки увеличилась на 9,5 % относительно уровня покоя, у детей 11 лет – на 2,6 %. То есть реакция на данную нагрузку у них благоприятная, адаптация к ней происходит без дополнительных напряжений со стороны системы внешнего дыхания, без признаков утомления дыхательной мускулатуры.

В процессе улучшения физической подготовленности повышается эффективность работы сердечно-сосудистой системы и системы вентиляции, увеличивается мощность аэробных и анаэробных процессов энергообразования, происходят становление произвольной двигательной функции, оптимизация метаболизма и увеличение силы мышц. В основе возникновения как одномоментных, так и долгосрочных физиологических сдвигов лежит формирование нового уровня функционирования вегетативной нервной системы [1; 10]. Именно поэтому состояние вегетативной регуляции является определяющим фактором в процессе развития адаптации организма к физической нагрузке.

Состояние симпато-парасимпатического баланса АНС во многом определяет адаптационные возможности ребенка. Функции дыхательных путей находятся под нервным контролем: через блуждающий нерв и ацетилхолин оказывается парасимпатическое влияние – стимулируется бронхоспазм и повышается секреция мокроты; симпатические нервы и адреналин вызывают расслабление гладких мышц бронхов и снижение секреции мокроты. Хроническое воспаление дыхательных путей приводит к дисбалансу их симпатической и парасимпатической иннервации [9; 12]. Снижение резервных и адаптивных возможностей организма детей 8-12 лет вследствие ослабления роли симпатических влияний на функционирование различных систем организма наблюдали Е.А. Удовыдченко и О.А. Бутова [11].

Таблица 7

Основные параметры функционального состояния системы дыхания у детей 10-11 лет ($M \pm m$)

Тип регуляции*	ЖЕЛ, л	ФЖЕЛ л/с	ОФВ1 л/с	МВЛ, л*мин	ЖП, л/кг	ПОС	МОС25 л/с	МОС50 л/с	МОС75 л/с
С	2,48± 0,12	2,32± 0,13	1,95± 0,13	50,27± 5,2	40,25± 6,3	4,01± 0,35	3,74± 0,38	3,07± 0,35	1,67± 0,32
Н	2,04± 0,08	2,09± 0,14	1,78± 0,10	49,05± 5,4	38,51± 1,9	3,5± 0,24	3,33± 0,24	2,83± 0,28	1,54± 0,20
В	1,85± 0,16	1,95± 0,17	1,75± 0,13	43,10± 5,1	46,47± 5,4	3,78± 0,38	3,38± 0,39	2,86± 0,24	1,44± 0,12

Примечание: * Тип регуляции - С – симпатотоники; Н – нормотоники; В – ваготоники

В результате предварительно проведенного тестирования методом кардиоинтервалографии были отобраны дети с преобладанием влияния симпатического отдела автономной нервной системы («симпатотоники»), со сбалансированной

автономной регуляцией («нормотоники») и с преобладанием парасимпатического отдела автономной нервной системы («ваготоники»).

В возрасте 10-11 лет у «ваготоников» отмечаются более низкие величины резервных и биомеханических параметров дыхательной системы (табл. 7), а так же некоторое уменьшение величин дыхательного объема по сравнению с «нормотониками» и «симпатотониками». У детей «ваготоников» снижается длительность фазы вдоха и фазы выдоха, что ведет к увеличению частоты дыхательных движений и, не смотря на уменьшение дыхательного объема, минутный объем дыхания (МОД) у этих детей выше.

Физическая нагрузка умеренной мощности дает возможность выявить разные типы реакции системы дыхания у детей 10-11 лет. Часть показателей системы дыхания уменьшается в ответ на нагрузку. Возможно это связано с тем, что большая часть детей с такой реакцией характеризовалась преобладанием симпатического отдела ВНС в регуляции дыхательной системы. Дети 10-11 лет у которых ОД на нагрузку не меняется или значимо возрастают показатели ЖЕЛ. ФЖЕЛ, МВЛ составили группу «ваготоников».

Пройодимость центральных и средних дыхательных путей (ПОС, МОС₂₅₋₅₀) после физической нагрузки снижается у детей «симпатотоников» и «ваготоников» примерно в равной степени: на 2-4 %. Пройодимость малых бронхов после нагрузки увеличивается на 8,7 % у «симпатотоников» и снижается на 2,6 % у «ваготоников».

С учетом того, что некоторые рассмотренные показатели зависят от степени развития такого фактора биомеханики, как растяжимость легких и грудной клетки, а также определяются развитием дыхательной мускулатуры, то можно говорить о двигательной активности детей и об уровне их физического развития. Литературные данные и наши работы свидетельствуют о том, что за последние годы исследования по оценке физического развития, резервных возможностей и адаптационных способностей детей и подростков становятся предметом повышенного внимания физиологов, педиатров, гигиенистов и представителей других медицинских специальностей, как важнейший инструмент первичного контроля за состоянием здоровья детей.

По мере роста и взросления детей происходит становление вегетативного баланса, то есть увеличение влияния парасимпатического звена вегетативной нервной системы (ВНС). Физиологический смысл данного явления заключается в том, что в условиях преобладания парасимпатического отдела ВНС у детей отмечается относительно низкий уровень функционирования системы дыхания и, следовательно, большие функциональные резервы системы, обеспечивающих адаптацию к нагрузкам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка возможностей организма и риск развития заболеваний. – М.: Медицина, 1997.
2. Баранов А.А., Щеплягина Л.А. Физиология роста и развития детей и подростков (теоретические и клинические вопросы) / Под ред. А.А. Баранова, Л.А. Щеплягиной. – М., 2000. – 584 с.

3. Доскин В.А. Морфофункциональные константы детского организма: Справочник / В.А. Доскин, Х. Келлер, Н.М. Мурашенко, Р.В. Тонкова-Ямпольская. – М.: Медицина, 1997. – С. 65-79.
4. Зайцева В.В. Конституция, телосложение, характер / Взгляд физиолога. – 2005. – № 17-18.
5. Клемент Р.Ф., Зильбер Н.А. Методологические особенности показателей кривой поток-объем у лиц моложе 18 лет // Пульмонология. – 1994. – № 2. – С. 17-20.
6. Кузнецова Т. Д. Возрастные особенности дыхания детей и подростков. – М.: Медицина, 1986. – 128 с.
7. Кузнецова Т. Д. Развитие дыхательной функции легких // Физиология развития ребенка. – М., Педагогика, 1983. – С. 115-133.
8. Кузнецова Т. Д., Соколов Е.В. Характеристика дыхательной системы // Физиология подростка. – М.: Педагогика, 1988. – С. 94-107.
9. Макаревич А.Э. Заболевания органов дыхания. – Минск: Высшая школа, 2000. – 363 с.
10. Меерсон Ф.З. Адаптация сердца к большой нагрузке и сердечная недостаточность. – М.: Наука, 1975. – 263 с.
11. Удовыдченко Е.А., Бугова О.А. Адаптивные возможности организма детей второго периода детства // Материалы XIV Международного симпозиума «Эколого-физиологические проблемы адаптации». – М.: РУДН, 2009. – С. 413-415.
12. Чечельницкая С.М., Желтухина Е.Л. Нарушения вегетативной регуляции у детей с бронхиальной астмой подросткового возраста // Укрепление здоровья в школе: Тез. докл. – Казань, 2000. – С. 100.

ОСОБЕННОСТИ НЕЙРО-ЭНДОКРИННОЙ РЕГУЛЯЦИИ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ АДАПТАЦИИ К УМСТВЕННОЙ И ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКАМ У ШКОЛЬНИКОВ 9-ЛЕТНЕГО ВОЗРАСТА

А.Н. Шаронов, В.Н. Безобразова, С.Б. Догадкина¹, Г.В. Кмить, Л.В. Рублева
ФГНУ Институт возрастной физиологии РАО, Москва

Методами спектрального анализа вариабельности ритма сердца, электрокардиографии, поликардиографии и биполярной реоэнцефалографии проведено комплексное исследование адаптации сердечно-сосудистой системы к физической и умственной нагрузкам детей 9 лет. Выявлены группы детей с адекватной, сниженной и неадекватной реакцией ВРС на ортопробу. Неадекватная реакция наиболее часто отмечалась у детей с преобладанием симпатической активности в регуляции СР. Показано, что краткосрочная адаптация к динамической физической нагрузке характеризуется уменьшением длительности сердечного цикла, продолжительности периода напряжения и фазы изометрического сокращения миокарда, продолжительности электрической систолы и предсердно-желудочковой проводимости. Краткосрочная адаптация мозгового кровообращения к умственной нагрузке характеризовалась двумя вариантами – благоприятным и неблагоприятным.

Ключевые слова: адаптация, детский возраст, нейро-эндокринная регуляция.

Neuroendocrine regulation of blood circulation during adaptation to mental and physical work in 9-year-old school children. *Complex study of adaptation of cardiovascular system to physical and mental work in 9-year-old children was held using spectral analysis of heart rate variability, electrocardiography, polycardiography and bipolar rheoencephalography. There were revealed children with adequate, lower and inadequate HRV reaction to orthostatic test. Inadequate reaction was typical for children with dominant sympathetic heart rate regulation. It was shown, that short-term adaptation to dynamic physical work is characterised by reduced length of heart cycle, shorter tension period, shorter phase of myocardial contraction, electrical systole and A-V conduction. Short-term adaptation of brain blood circulation to mental work was either favourable or unfavourable.*

Key words: adaptation, child age, neuroendocrine regulation.

Адаптация организма ребенка к изменяющимся условиям внешней среды является процессом, регулируемым нейрогуморальными механизмами, которые с возрастом претерпевают существенные изменения. Ведущую роль в адаптации организма к воздействию факторов внешней среды играет сердечно-сосудистая система. Функциональное состояние системы кровообращения является своего рода индикатором адаптации к различным видам деятельности.

Между тем, практически отсутствуют данные о комплексных межсистемных исследованиях, включающих оценку ВРС, биоэлектрических функций миокарда,

Контакты: ¹ С.Б. Догадкина – E-mail: <almanac@mail.ru>

состояния сократительной способности сердечной мышцы и кровообращения головного мозга в покое, а также в процессе умственной и физической нагрузок у детей 9-летнего возраста, что подчёркивает новизну и актуальность изучаемой проблемы и явилось задачей нашего исследования.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведено комплексное исследование, включавшее изучение автономной нервной регуляции сердечного ритма, сократительной функции, биоэлектрических характеристик миокарда и церебральной гемодинамики у детей 9 лет.

Обследовано 40 детей 9 лет, отнесенных к I-II группам здоровья, учащихся общеобразовательной школы № 27 г. Москвы. Исследование проводили с письменного согласия родителей в первой половине дня (с 9 до 13 часов) – периоде наибольшей активности физиологических функций.

Изучение автономной нервной регуляции сердечного ритма (СР) проводили методом спектрального анализа variability ритма сердца (ВРС) [7]. Возбудимость и проводимость миокарда изучали с помощью метода электрокардиографии. Регистрация ЭКГ осуществлялась в 12 общепринятых отведениях. Длительность интервалов и зубцов ЭКГ определялась по данным II стандартного отведения. Сократительная функция миокарда изучалась методом поликардиографии. Проводилась синхронная регистрация ЭКГ во II стандартном отведении, фонокардиограммы и каротидной сфигмограммы с помощью прибора Поли-Спектр-12. Анализ поликардиограммы базировался на сопоставлении элементов записанных кривых во времени по методике В.Л. Карпмана [4]. При изучении возбудимости, проводимости и сократительной функции миокарда в качестве функциональной пробы в работе была использована динамическая нагрузка: модифицированная проба Летунова (20 приседаний за 30 секунд). Регистрация всех параметров ЭКГ и ПКГ производилась в исходном состоянии и сразу после нагрузки.

Изучение мозгового кровообращения проводилось методом биполярной реоэнцефалографии [13] посредством компьютерного реографа "Реоспектр" в бифронтальном (F-F) и биокципитальном (ОО) отведениях, отражающих кровообращение лобных и затылочных областей больших полушарий головного мозга. Измерение артериального давления (АД) проводилось по методу Н.С. Короткова. В качестве функциональной пробы использовалась умственная нагрузка – устный счет в течение 10 минут. Регистрация изучаемых параметров проводилась в состоянии покоя и на 10-й минуте выполнения задания.

Экспериментальные данные обработаны общепринятыми методами вариационной статистики. Степень достоверности различий между показателями в исходном состоянии и после нагрузки определялась по критерию Стьюдента. Во всех случаях граничным считался уровень значимости при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенное исследование позволило оценить состояние автономной нервной регуляции у детей 9 лет. Результаты анализа спектральной структуры ВРС в покое и в ответ на ортостатическую пробу представлены в таблице 1.

Таблица 1

Показатели спектрального анализа variability сердечного ритма у детей 9 лет в состоянии покоя и в ответ на ортостатическую пробу ($M \pm m$)

Группы	Период ис-след.	TP, мс ²	VLF, мс ²	LF, мс ²	HF, мс ²	LF п.у.	HF п.у.	LF/HF п.у.	VLF %	LF %	HF %
Общая	покой	4989,8 ±693,5	1183,9 ±235,2	1359,4 ±191,8	2446,4 ±432,0	40,9 ±3,1	59,0 ±3,1	0,836 ±0,114	25,3 ±2,7	29,4 ±2,0	45,5 ±3,5
	орто-стаз	5222,7 ±881,8	1574,3 ±327,7	2069,8# ±409,6	1558,6 ±439,7	60,9# ±2,5	39,0# ±2,5	1,873# ±0,205	32,9# ±2,3	40,5# ±2,0	26,4# ±2,0
М	покой	4068,6 ±748,8	1101,0 ±288,4	1224,4 ±328,6	1743,0 ±601,1	45,3 ±4,6	54,6 ±4,6	1,021 ±0,195	29,6 ±4,4	30,9 ±3,2	40,0 ±4,8
	орто-стаз	4268,0 ±867,9	1390,9 ±263,2	1837,6 ±528,2	999,3# ±187,1	61,8# ±3,9	38,1# ±3,9	1,987# ±0,318	35,2 ±3,2	40,1#± 3,3	24,6# ±2,4
Д	покой	5911,0* ±873,1	1266,7 ±382,3	1494,3 ±205,7	3149,8* ±577,8	36,6 ±3,9	63,4 ±3,9	0,652 ±0,103	21,1 ±2,9	27,8 ±2,6	51,0 ±4,8
	орто-стаз	6177,5 ±1992,8	1757,7 ±610,5	2301,9# ±641,3	2118,0 ±847,6	60,0# ±3,4	39,9# ±3,4	1,759# ±0,267	30,7# ±3,4	41,0# ±2,5	28,1# ±3,4

Примечание: М – мальчики; Д – девочки; * – достоверность различий между показателями у мальчиков и девочек; # – достоверность различий между показателями в покое и во время ортостаза.

В целом у большинства детей 9 лет отмечено хорошее состояние автономной нервной регуляции сердечного ритма (СР). У этих детей ВРС характеризуется хорошо выраженными волнами короткого, длинного и очень длинного периодов. Наибольший вклад в регуляцию СР у детей 9 лет вносит парасимпатическая система (фоновая ваготония покоя). Данный вариант регуляции СР отражает хорошее физическое состояние и стрессоустойчивость организма.

Установлены достоверные половые различия в значениях частотных и временных показателей ВРС (табл. 1). Так, общая плотность мощности частотных колебаний достоверно выше у девочек 9-летнего возраста в сравнении с мальчиками за счет достоверно более высоких величин показателей высокочастотных колебаний ВРС. Показатель отношения низкочастотных колебаний к высокочастотным достоверно ниже у девочек 9 лет, что свидетельствует о преобладании парасимпатических влияний в регуляции сердечного ритма (табл. 1)

Преобладание парасимпатического компонента в структуре ВРС девятилетних девочек согласуется с представлением об адаптационно-трофическом действии блуждающих нервов на сердце и является показателем индивидуальной устойчивости здорового организма к стрессирующим факторам [1; 7].

Таким образом, у всех обследованных детей частотный спектр ВРС характеризовался хорошо выраженными волнами высокой, низкой и очень низкой частот. При этом у большинства обследованных школьников суммарная мощность спек-

тра в диапазоне высоких частот доминировала над величинами мощности спектра в очень низкочастотном диапазоне. Это свидетельствует о преобладании модулирующего симпато-парасимпатического регуляторного влияния над гуморально-метаболическими и центральными эрготропными регуляторными стимулами.

Выявленное преобладание парасимпатических влияний на сердечный ритм и более высокая суммарная активность нейрогуморальных влияний на сердечный ритм у девочек 9 лет также свидетельствуют о большей устойчивости девочек 9 лет к стрессорирующим факторам в сравнении с мальчиками этого же возраста, что совпадает с данными исследований E. Longin et al. [15].

Оценка изменений спектральных характеристик сердечного ритма (табл. 1) показала, что у детей при проведении ортостатической пробы наблюдается разнонаправленная динамика изменения частотных составляющих спектра. Выявлено существенное увеличение мощности очень низкочастотного и низкочастотного компонентов и достоверное снижение мощности высокочастотного компонента спектра сердечного ритма (табл. 1). Следовательно, реакция на ортостаз характеризуется существенным увеличением симпатической и снижением парасимпатической активности АНС. У детей обоего пола выявлен существенный сдвиг автономной нервной регуляции в сторону симпатических влияний. Все это свидетельствует об адекватной реакции АНС на ортостатическое воздействие [3; 7; 17].

Отношение LF/HF, характеризующее симпато-парасимпатический баланс [16; 18], использовано нами при разделении детей на три группы. Дети с LF/HF > 1,0 составили 1-группу (с преобладанием симпатических влияний в регуляции сердечного ритма), дети с LF/HF от 0,5 до 0,9 составили 2 группу (со сбалансированной регуляцией сердечного ритма) и дети с LF/HF < 0,5 составили 3 группу (с преобладанием парасимпатических влияний в регуляции сердечного ритма).

В таблице 2 приведены показатели временного и спектрального анализа ВРС у детей 9 лет с разным типом регуляции сердечного ритма.

Дети 1-й группы (симпатотоники) характеризуются достоверно более низкой общей мощностью спектра в сравнении с детьми 2-ой (нормотоники) и 3-ей (парасимпатотоники) групп за счет более низкой мощности высокочастотного компонента вариабельности ритма сердца (HF). Структура симпатико-парасимпатического воздействия на сердечный ритм симпатотоников характеризуется большим вкладом в регуляцию сердечного ритма центральных эрготропных и симпатических влияний в сравнении с детьми, у которых преобладают парасимпатические влияния. Реакция сердечного ритма на ортостатическую пробу у детей с исходной симпатикотонией характеризуется отсутствием достоверных изменений как низкочастотных так и высокочастотных колебаний, сравнительно более низкими значениями индекса $K_{30:15}$ ($0,085 \pm 0,028$), что свидетельствует о неадекватной реакции на ортопробу и весьма низких адаптационных возможностях у детей данной группы [7].

У детей с номотоническим (2-я группа) и ваготоническим (3-я группа) типами автономной нервной регуляции, напротив, отмечена адекватная реакция сердечного ритма на пробу с ортостазом, которая сопровождалась снижением высокочастотных компонентов, наряду с увеличением спектра низкочастотных колебаний сердечного ритма (табл. 2).

Таблица 2

Показатели спектрального анализа variability сердечного ритма у учащихся 9 лет с разным типом автономной нервной регуляции в покое и во время ортостаза ($M \pm m$)

Группа	Период исследования	TP мс ²	VLF мс ²	LF мс ²	HF мс ²	LF п.п.	HF п.п.	LF/HF п.п.	VLF %	LF %	HF %
1	Покой	2903,8 ±583,2	1036,3 ±380,6	1087,5 ±183,7	780,0 ±146,7	58,1 ±2,3	41,8 ±2,3	1,469 ±0,17	33,0 ±4,4	38,8 ±2,8	29,0 ±2,7
	Орто-стаз	2773,0 ±330,9	993,6 ±233,5	1170,3 ±144,8	609,3 ±81,4	65,2 ±3,5	34,7 ±3,5	2,165 ±0,36	33,8 ±4,4	42,4 ±2,7	23,6 ±3,1
2	Покой	6682,5 ±560,6 *	1773,7 ±522,0	1914,8 ±451,4	2993,7 ±300,2 *	39,6 ±1,8 *	60,3 ±1,8 *	0,669 ±0,05 *	27,3 ±4,9	28,8 ±2,3 *	43,8 ±3,3 *
	Орто-стаз	5265,6 ±602,6	1524,4 ±308,8	2450,0 ±182,7	1291,3 ±314,6 #	62,2 ±3,7 #	37,7 ±3,7 #	1,878 ±0,29 #	31,8 ±3,2 #	42,4 ±3,2 #	25,7±2, 7 #
3	Покой	5117,6 ±557,6 *	662,3 ±91,8 *	985,7 ±195,6 *	3469,5 ±318,0 *	23,4 ±2,4 *	76,5 ±2,4 *	0,316 ±0,04 *	14,9 ±2,1 *	19,6 ±1,8 *	65,4 ±3,5 *
	Орто-стаз	7728,2 ±691,4 #	2278,7 ±549,4 #	2572,7 ±356,4 #	2818,7 ±450,1	53,9 ±5,0 #	46,0 ±5,0 #	1,474 ±0,17 #	33,7 ±4,4 #	35,7 ±4,3 #	30,4 ±4,3 #

Примечание: 1 группа – симпатоники; 2 группа – нормотоники; 3 группа – ваготоники; * – достоверность различий между показателями в группах детей с разным типом АНС # – достоверность различий между показателями в покое и во время ортостаза

Таким образом, состояние симпато-парасимпатического баланса АНС во многом определяет адаптационные возможности ребенка. Дети с преобладанием симпатотонических нервных влияний на ритм сердца характеризуются относительно сниженными адаптационными возможностями организма.

Проведенный анализ ЭКГ показал, что абсолютные значения большинства показателей ЭКГ обследованных детей в целом соответствуют возрастным нормативам, представленным в литературе [8; 10; 11]. Данные о длительности интервалов и амплитуде зубцов ЭКГ представлены в таблицах 3, 4.

Индивидуальный анализ электрокардиограмм 9-летних детей позволил выявить ряд особенностей, характеризующих ЭКГ детей данного возраста в ходе нагрузочной пробы динамического характера.

Под влиянием динамической нагрузки у детей 9 лет наблюдались следующие изменения амплитуды зубцов Т и R (по данным II стандартного отведения): амплитуда зубца Т у мальчиков повышалась в 35 % случаев, снижалась – в 65 % случаев; у девочек – в 11 % случаев повышалась, в 89 % – снижалась; амплитуда зубца R у мальчиков повышалась в 22 % случаев, в 78 % случаев – снижалась; у дево-

чек в 22 % случаев – повышалась, в 78 % случаев – снижалась. В целом по группе в ответ на динамическую нагрузку наблюдается уменьшение амплитуды зубца R во II стандартном отведении и грудных отведениях V5 (достоверно только у мальчиков) и V6 (достоверно у мальчиков и девочек) и достоверное уменьшение зубца T во II стандартном отведении и грудных отведениях V5-V6. Выявленные изменения возбудимости миокарда в ответ на физическую нагрузку обусловлены особенностями морфофункционального созревания сердечной мышцы, а также особенностями регуляторных влияний на миокард со стороны автономной нервной системы в данном возрасте.

Также под влиянием физической нагрузки отмечено достоверное уменьшение длительности сердечного цикла, предсердно-желудочковой проводимости и электрической систолы. Данные изменения в ответ на нагрузку свидетельствует об усилении влияний на миокард со стороны симпатического отдела автономной нервной системы.

Таблица 3

Временные характеристики основных зубцов и интервалов ЭКГ детей 9-летнего возраста в покое и при нагрузке ($M \pm m$)

Пол	Период исслед.	Показатели						
		R-R, с	P-Q, с	QRS, с	QT, с	P, с	Q, с	R, с
М	покой	0,746± 0,0521	0,134± 0,0044	0,094± 0,0014	0,368± 0,0174	0,099± 0,0023	0,016± 0,0029	0,051± 0,0052
	нагрузка	0,689±* 0,0471	0,127±* 0,0033	0,092± 0,0013	0,346±* 0,0175	0,098± 0,0014	0,016± 0,0029	0,046± 0,0046
Д	покой	0,797± 0,0521	0,129± 0,0044	0,092± 0,0014	0,381± 0,0174	0,097± 0,0023	0,016± 0,0029	0,052± 0,0052
	нагрузка	0,728±* 0,0471	0,128± 0,0033	0,091± 0,0013	0,354±* 0,0175	0,098± 0,0014	0,016± 0,0029	0,049± 0,0046

Примечания: параметры указаны по данным II стандартного отведения, * – достоверность различий по сравнению с покоем.

Таблица 4

Амплитудные характеристики основных зубцов ЭКГ детей 9-летнего возраста в покое и при нагрузке ($M \pm m$) (по данным II стандартного отведения)

Пол	Состояние	Показатели				
		P, мм	Q, мм	R, мм	S, мм	T, мм
М	Покой	1,138 ±0,066	-0,376 ±0,062	11,569 ±0,517	-1,069 ±0,185	4,053 ±0,174
	Нагрузка	1,269 ±0,071	-0,392 ±0,062	11,246 ±0,518	-1,338 ±0,190	3,507* ±0,171
Д	Покой	1,102 ±0,066	-0,246 ±0,062	8,661 ±0,517	-1,200 ±0,185	3,884 ±0,174
	Нагрузка	1,284 ±0,071	-0,2692 ±0,062	8,238 ±0,518	-1,530 ±0,190	3,230* ±0,171

Примечания: см. табл. 5.

В исследовании была также изучена частота встречаемости некоторых функциональных изменений ЭКГ у детей 9 лет. У значительной части детей наблюдались различные нарушения хронотропной функции миокарда. Синусовая аритмия отмечалась у 35 % детей обоего пола. Синусовая тахикардия была отмечена 21 % мальчиков и 14 % девочек. Нарушения внутрижелудочковой проводимости регистрировались у 7 % мальчиков и 14 % девочек. Нарушения процессов реполяризации миокарда наблюдались у 12 % детей.

Следовательно, наиболее частыми в данном возрасте являются различные нарушения хронотропной функции миокарда. Высокая распространенность различных функциональных нарушений сердечного ритма является одной из отличительных особенностей хронотропной функции сердца в детском возрасте [5].

Нарушения сердечного ритма могут быть связаны с процессами формирования механизмов вегетативной регуляции сердца. В частности, тахикардия на данном этапе онтогенеза возможно обусловлена положительным хронотропным эффектом со стороны симпатических нервов. Функциональные изменения миокарда, такие как нарушения внутрижелудочковой проводимости, нарушения процессов реполяризации миокарда связаны, вероятно, с морфологическим и функциональным созреванием сердечной мышцы на данном этапе онтогенеза, а также с гетерохронностью процессов роста и развития сердца.

При изучении **реакции сократительной функции миокарда** на физическую динамическую нагрузку у детей 9 лет было отмечено существенное снижение длительности сердечного цикла, продолжительности периода напряжения и фазы изометрического сокращения миокарда (табл. 5).

Таблица 5

Изменение длительности фаз сердечного цикла при физической динамической нагрузке у детей 9 лет (M±m)

ПАРАМЕТРЫ									
Период исслед.	R– R, мс	ФАС, мс	ФИС, мс	T, мс	E, мс	Sm, мс	So, мс	Sэ, мс	Д, мс
Исход. сост– е	769,3± 15,4	47,3± 0,88	31,1± 0,88	78,6± 1,29	241± 4,33	272,5± 4,39	319,5± 4,62	332,4± 4,69	448± 22,6
Конец нагрузки	746,7± 17,6*	46,6± 0,79	27,4± 0,86*	74,0± 1,10*	244,4± 4,6	271,7± 4,43	318,6± 4,81	328,0± 4,44	427,7± 20,1

Примечание: * – достоверность различий показателей между исходным состоянием и нагрузкой.

Помимо этого у детей данного возраста в ответ на физическую динамическую нагрузку отмечено достоверное увеличение внутрисистолического показателя (t=2,47) и снижение индекса напряжения миокарда (t=2,2).

Основным механизмом уменьшения длительности сердечного цикла при физической работе считают сочетанное снижение тонуса блуждающих нервов и увеличение симпатических влияний на сердце.

Отмеченное достоверное снижение длительности сердечного цикла, происходящее за счет уменьшения продолжительности периода напряжения без существенного изменения времени диастолы, свидетельствует о благоприятной реакции сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку, поскольку период расслабления является одним из ведущих факторов саморегуляции сокращения миокарда и восстановления энергетических запасов в мышечных клетках. Выявленное уменьшение продолжительности сердечного цикла без существенного изменения времени диастолы не нарушает процесса восстановления энергетических ресурсов миокарда и обуславливает эффективность последующей систолы [6].

Повышение внутрисистолического показателя и уменьшение индекса напряжения миокарда на физическую динамическую нагрузку свидетельствует об увеличении эффективности сокращения миокарда.

По характеру изменений продолжительности отдельных фаз при различных нагрузках В.Л. Карпманом [4] было выделено пять фазовых синдромов, при этом для физиологии основное значение имеют два из них – синдром гиподинамии и гипердинамии миокарда. В настоящем исследовании при индивидуальном анализе было установлено, что у 23 % детей на физическую динамическую нагрузку отмечался фазовый синдром гипердинамии миокарда, который проявлялся в укорочении фазы изометрического сокращения, снижении времени изгнания крови и механической систолы. У 15 % детей отмечен фазовый синдром гиподинамии миокарда, т. е. удлинение периода напряжения за счет фазы изометрического сокращения, снижение времени изгнания крови и механической систолы, а также увеличение индекса напряжения миокарда. У остальных детей фазовый синдром на нагрузку не определен, изменения показателей структуры сердечного цикла носили разнонаправленный характер.

Предполагается, что гипердинамический синдром перестройки сократительной функции миокарда является результатом повышенной активности симпатического отдела вегетативной нервной системы, а гиподинамический – парасимпатического отдела [6]. Гипердинамический тип реакции является более благоприятным и свидетельствует о хороших функциональных резервах сердца [4].

Для характеристики **функционального состояния мозгового кровообращения** детей 9 лет использована умственная нагрузка.

Умственная нагрузка вызывала у всех испытуемых 9 лет достоверное снижение величин дикротического индекса (табл. 6). Следовательно, у испытуемых 9 лет краткосрочная адаптация мозгового кровообращения к умственной нагрузке характеризовалась существенным снижением тонуса мозговых артерий малого калибра, что можно расценивать, как проявление реакции ауторегуляции мозгового кровотока, направленной на поддержание адекватного кровоснабжения нервной ткани при повышении ее функциональной активности. [9]

Проведенный индивидуальный анализ изменений показателя АЧП при умственной нагрузке позволил разделить детей 9 лет на группы. Группа 1 характеризовалась увеличением АЧП в бифронтальном и биокципитальном отведениях (40 % испытуемых); группа 2А – увеличением АЧП в бифронтальном отведении (11 % испытуемых); группа 2Б – увеличением АЧП в биокципитальном отведении (13 % испытуемых); группа 3 – снижением АЧП в бифронтальном и биокципитальном отведениях (36 % испытуемых).

При устном счете (табл. 6) у испытуемых группы 1 отмечено достоверное уве-

личение АЧП, Аарт, а также снижение а/Т в бифронтальном и биокципитальном отведениях РЭГ. В ответ на нагрузку у испытуемых групп 2А и 2Б наблюдалось достоверное увеличение АЧП и снижение а/Т соответственно в бифронтальном или биокципитальном отведениях. У детей группы 3 при устном счете отмечено уменьшение величин АЧП, Аарт и повышение а/Т во всех отведениях РЭГ.

Таблица 6

Результаты индивидуального анализа показателей кровообращения головного мозга при умственной нагрузке у детей 9 лет ($M \pm m$)

Группа	Период исследования	Показатели							
		АЧП, у.е.		di, %		а/Т, %		А арт, Ом	
		FF ₁	ОО ₁	FF ₁	ОО ₁	FF ₁	ОО ₁	FF ₁	ОО ₁
1	И.С.	3,6± 0,15	3,2± 0,12	64,7± 3,16	63,1± 2,14	25,0± 0,97	25,3± 1,02	0,208± 0,014	0,199± 0,011
	У.Н.	4,4± 0,11*	3,9± 0,12*	52,3± 2,24*	51,4± 2,57*	18,6± 1,35*	20,6± 0,82*	0,220± 0,011*	0,215± 0,012*
2А	И.С.	3,1± 0,17	3,4± 0,16	65,2± 2,16	61,6± 3,11	25,8± 0,82	25,9± 1,79	0,210± 0,010	0,198± 0,014
	У.Н.	4,0± 0,12*	3,0± 0,22	52,4± 2,32*	51,2± 2,11*	20,2± 0,73*	24,2± 1,98	0,208± 0,008	0,197± 0,014
2Б	И.С.	3,4± 0,14	3,1± 0,11	64,6± 2,50	63,5± 2,10	25,1± 0,78	25,5± 0,71	0,211± 0,011	0,194± 0,013
	У.Н.	3,6± 0,18	3,6± 0,14*	52,2± 2,42*	53,2± 2,26*	24,8± 0,69	20,5± 0,74*	0,210± 0,010	0,198± 0,009
3	И.С.	3,6± 0,14	3,3± 0,12	66,1± 1,67	65,4± 2,11	25,3± 0,83	25,6± 0,86	0,214± 0,008	0,209± 0,009
	У.Н.	2,4± 0,17*	2,5± 0,11*	58,0± 1,65*	58,0± 2,15*	26,9± 0,88*	26,8± 1,02*	0,188± 0,008*	0,187± 0,007*

Примечания: И.С. – исходное состояние; У.Н. – умственная нагрузка; * – достоверные различия показателей по сравнению с исходным состоянием ($p < 0,05$); FF₁ – бифронтальное отведение РЭГ; ОО₁ – биокципитальное отведение РЭГ

Таким образом, проведенное исследование показало, что у детей 9 лет умственная нагрузка вызывала 2 варианта реакции мозгового кровообращения. Первый вариант характеризовался существенным увеличением артериального притока, снижением тонуса мозговых артерий крупного и среднего калибра в лобных и затылочных областях головного мозга или же в одной из изученных областей. Выявленные изменения кровообращения головного мозга свидетельствуют о том, что срочная адаптация к умственной нагрузке не сопровождается напряжением механизмов регуляции мозгового кровообращения и носит благоприятный характер [2].

Второй вариант реакции отличался снижением артериального притока, повышением тонуса крупных и средних мозговых артерий в лобных и затылочных областях головного мозга. Необходимо отметить, что у испытуемых этой группы отмечалось достоверное возрастание САД, ДАД и ЧСС, что указывает на значи-

тельные изменения со стороны центральной гемодинамики и согласуется с данными исследований, проведенных у детей дошкольного и младшего школьного возраста при умственной деятельности [2; 12].

Следовательно, отмеченное снижение артериального притока и повышение тонуса церебральных артерий крупного и среднего калибра можно характеризовать как проявление реакции ауторегуляции мозгового кровообращения, обусловленное изменениями параметров центральной гемодинамики [9; 14]. Выявленные изменения указывают на напряженный характер адаптации мозгового кровообращения к умственной нагрузке, обусловленный значительным эмоциональным напряжением испытуемых [2].

ВЫВОДЫ

1. Выявлены половые отличия в структуре variability сердечного ритма у детей 9 лет, проявляющиеся более высокой общей мощностью спектра ВРС и преобладанием высокочастотных влияний на сердечный ритм у девочек в сравнении с мальчиками того же возраста.

2. На основании результатов, полученных в ходе ортостатического воздействия с анализом переходного периода и волновой структуры variability сердечного ритма, выявлены дети с «адекватной» (оптимальные изменения частотных компонентов), «сниженной» и «неадекватной» (избыточная реактивность) реакцией ВРС. У детей с преобладанием симпатической активности в регуляции СР наиболее часто отмечалась неадекватная реакция на ортостаз. У мальчиков 9 лет по сравнению с девочками чаще встречается сниженная реакция на ортопробу. Более высокие адаптационные возможности организма выявлены у девочек, а также у испытуемых детей с преобладанием парасимпатических влияний на СР.

3. Срочная адаптация функции миокарда к физической динамической нагрузке характеризовалась уменьшением продолжительности электрической систолы и предсердно-желудочковой проводимости, снижением амплитуды зубцов Т и R во II стандартном и левых грудных отведениях, а также существенной перестройкой фазовой структуры сердечного цикла. Выявлено снижение длительности сердечного цикла за счет уменьшения продолжительности периода напряжения и составляющей его фазы изометрического сокращения; увеличение внутрисистолического показателя и снижение индекса напряжения миокарда, что свидетельствует о благоприятной реакции сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку. У 23 % детей отмечался фазовый синдром гипердинамии миокарда, у 15 % детей – синдром гиподинамии миокарда.

4. Срочная адаптация мозгового кровообращения к умственной нагрузке у детей 9 лет протекала по двум вариантам. Первый вариант характеризовался существенным увеличением артериального притока, снижением тонуса мозговых артерий в лобных и затылочных областях головного мозга или же в одной из них и не сопровождался напряжением механизмов регуляции мозгового кровообращения. Второй вариант реакции отличался снижением артериального притока и повышением тонуса крупных и средних мозговых артерий в лобных и затылочных областях головного мозга, что указывает на напряженный характер адаптации мозгового кровообращения к умственной нагрузке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баевский Р.М. Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения / Р.М. Баевский, Г.Г. Иванов // <http://koi.Ecg.ru/books>
2. Зиненко Е.С. Срочная адаптация центральной гемодинамики и кровообращения головного мозга детей дошкольного возраста к умственной нагрузке: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 2010. – 19 с.
3. Игишева, Л.Н. Возрастные индивидуально-типологические особенности вариабельности ритма сердца у детей и подростков / Л.Н. Игишева, А.Р. Галеев, Е.А. Анисова // Вестник аритмологии. – 2000. – № 18. – С. 86.
4. Карпман В.Л. Фазовый анализ сердечной деятельности. – М: Медицина, 1965. – 159 с.
5. Кубергер М.Б. Руководство по клинической электрокардиографии детского возраста. – М.: Медицина, 1983. – 368 с.
6. Меерсон Ф.З. Адаптация сердца к большой нагрузке и сердечная недостаточность. – М.: Наука, 1975. – 263 с.
7. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения. – Иваново: Иван. Гос. Мед. академия, 2002. – 290 с.
8. Мурашко Е.В. Стандартная электрокардиография в педиатрической практике // Лечащий врач. – 2005. – № 1. – С. 52-57.
9. Мchedlishvili Г.И. Регуляция мозгового кровообращения. – Тбилиси: «Мецниереба», 1980. – 158 с.
10. Рублева Л.В. Развитие основных функций миокарда детей 7-15 лет, проживающих в различных экологических условиях: дис. ... канд. биол. наук. – М., 1999. – 188 с.
11. Справочник педиатра-кардиоревматолога / Под ред. Р.Э. Мазо. – Минск: Наука и техника, 1982. – 342 с.
12. Шарапов А.Н. Срочная адаптация сердечно-сосудистой системы детей 5-7 лет к умственной нагрузке / А.Н. Шарапов, В.Н. Безобразова, Е.С. Зиненко, Г.В. Кмить // Физиология человека. – 2010. – Т. 36, № 3. – С. 74-81.
13. Яруллин Х.Х. Клиническая реоэнцефалография. – М.: Медицина, 1983. – 217 с.
14. Aaslid R., Lash S.R., Bardy G.H., et al. Dynamic pressure – flow velocity relationships in the human cerebral circulation // Stroke. – 2003. – Vol. 34. – P. 326-341.
15. Longin E. et al. Autonomic nervous system function in infants and adolescents: impact of autonomic tests on heart rate variability // *Pediatr Cardiol.* – 2009. – 30, № 3. – P. 311-24.
16. Pagani M. Power spectral analysis of heart rate and arterial pressure variabilities as a marker of sympatho-vagal interaction in man and conscious dog. // *COT Res.* – 1986. – 59. – P. 178-193.
17. Topcu B Akalin The autonomic nervous system dysregulation in response to orthostatic stress in children with neurocardiogenic syncope // *Cardiol Young.* – 2010. – 20, N 2. – P. 165-72.
18. Ubiria I., Telia A., Abuladze G. Relation between Heart Rate Variability and Peak Expiratory Flow in Healthy Schoolchildren//*Bull. Of the Georgian Academy of Sciences.* – 2003. – 67, № 3. – P. 546-548.

БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОНТОГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Р.В. Тамбовцева¹

РГУФКСМиТ

ФГНУ Институт возрастной физиологии РАО, Москва

В ходе постнатального онтогенеза человека происходят существенные биохимические изменения энергетики мышечной деятельности. Это связано с тем, что клеточные дифференцировки и ростовые процессы опираются на различные по своему характеру метаболические процессы. Каждый возрастной период состоит из фазы дифференцировок с торможением роста и последующей фазы активации ростовых процессов и расширения функциональных возможностей на базе сформированного нового метаболического состояния клеток.

Ключевые слова: *ростовые процессы, клеточные дифференцировки, метаболические состояния, энергетический потенциал, пубертатный период, полуростовой скачок, АТФ, КрФ.*

Biochemical characteristics of ontogenic changes in muscular power supply. *Essential biochemical changes in power supply of muscular activity take place during post-natal ontogeny. It results from the fact that cellular differentiations and growth processes are built upon different metabolic processes. Each age period is characterized by a phase of growth inhibition and subsequent phase of growth activation and expansion of functionality resulting from new metabolic condition of cells.*

Keywords: *growth processes, cellular differentiations, metabolic conditions, energy potential, puberty, semi-growth jump, ATP.*

Известно, что онтогенез – это индивидуальный процесс роста и развития каждого конкретного биологического объекта от рождения до смерти [6]. При этом процессы развития неотделимы от клеточных дифференцировок и создания структур с более высокими функциональными возможностями. Однако в онтогенезе рост и развитие находятся в противоречивых отношениях, так как осуществление ростовых процессов за счет увеличения числа клеток, должно приводить к подавлению клеточных дифференцировок, определяющих усложнение структурной и функциональной организации развивающегося организма [1; 3]. Это связано, прежде всего с тем, что клеточные дифференцировки и ростовые процессы имеют различные метаболические процессы. С одной стороны, это активация под влиянием индукторов определенных участков генома и процессы транскрипции, в результате которых клетка получает новые молекулы и-РНК, поступающие в цитоплазму. С другой стороны – процессы трансляции, в результате которых идет синтез новых белков (процессы роста), которые тормозят транскрипцию в ядре и стабилизируют клеточное состояние, удерживая его от дальнейшей дифференциации. Если рассматривать в качестве примера развитие мышечной ткани, то для мышечных структур характерна многоэтапная дифференцировка [12; 21]. При этом, раз-

Контакты: ¹ Р.В. Тамбовцева – E-mail: <ritta7@mail.ru>

вивающиеся мышечные волокна в ходе гистогенеза во времени подвергаются многократным передифференцировкам, изменяя при этом характер сократительных механизмов и тип энергообеспечения. Данный процесс у млекопитающих и человека завершается только в постпубертатный период [12]. Весь онтогенез оказывается разделенным на периоды, каждый из которых начинается вспышкой дифференцировок, за которой следует фаза активации ростовых процессов [16].

Таким образом, одно из противоречий индивидуального развития между дифференцировочными и ростовыми процессами, в функциональный период онтогенеза разрешается разделением этих процессов во времени, что приводит к появлению периодичности всего онтогенетического периода. При этом каждый период состоит из фазы дифференцировок с торможением роста, последующей фазы активации ростовых процессов и расширения функциональных возможностей на базе сформированного нового качественного состояния клеток [17].

В настоящее время имеется достаточное количество классификаций, разделяющие процесс индивидуального развития человека на отдельные этапы [1; 3]. Общепринятой классификацией является периодизация онтогенеза, обсужденная на 7-й Всесоюзной конференции по проблемам возрастной морфологии, физиологии и биохимии в Институте возрастной физиологии АПН СССР [7]

Каждый этап жизненного цикла человека характеризуется различными метаболическими состояниями, при которых происходит усиление или ослабление биохимических процессов. Принципиальные особенности метаболических процессов, характеризующих растущий детский организм состоят в следующем:

1. Синтез роста, преобладание анаболических процессов над катаболическими, положительный баланс азота при условии рационального вскармливания и питания детей. При этом доминирующая на ранних этапах генная регуляция роста и обменных процессов дополняется в развитии возрастающей ролью нейроэндокринной регуляции.

2. Изменение структуры и функции белков, в том числе белков-ферментов, переключение синтеза функциональных белков с «детского» на «взрослый» тип. Это обеспечивается генами переключения, или Switch-генами.

3. Увеличение с возрастом энергообеспечения организма путем депонирования гликогена и жира в тканях. Наряду с увеличением мышечной массы это сопровождается уменьшением относительного объема внеклеточной жидкости, образующей внутреннюю водную среду организма. При этом обеспечивается абсолютное постоянство ее ионного состава и рН, что К. Бернар определил как главное условие свободной жизни, независимой от внешней среды (гомеостаз).

С момента рождения до 11-12 лет наблюдается быстрое снижение скорости ростовых процессов. Однако в период полуростового скачка происходит значительные изменения интенсивности окислительного метаболизма (табл. 1).

Обращают на себя внимание, прежде всего изменения уровня обмена покоя. До полуростового скачка его величина составляла 1,81 ккал/кг/час [5; 6]. Такое значение намного превышает величины по уравнению Кляйбера [19], исходя из «правила поверхности» для взрослого млекопитающего такой же массы тела (1,36 ккал/кг/час). Очевидно, тканевый окислительный метаболизм у мальчика 4,5 лет находится в состоянии дополнительного возбуждения. Обычно считается, что повышенный уровень окислительного метаболизма определяется наличием дыхания, не сопряженного с фосфорилированием. Наличие такого дыхания в тканях расту-

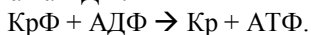
щего организма определяется наличием особых митохондрий, у которых дополнительная проницаемость внутренней мембраны препятствует накоплению электрохимического потенциала, достаточного для запуска АТФ-синтетазы, и энергия биологического окисления переходит прямо в тепло [2; 9; 10]. Активность такого несопряженного дыхания может достигать у мелких животных очень высокого уровня, но это конститутивный инерционный уровень, определяющий активность биологического окисления по «правилу поверхности». Дополнительный «возбужденный» уровень теплопродукции связан с активацией сопряженного дыхания. Известно, что основным регулятором интенсивности окислительных процессов, сопряженных с фосфорилированием, является уровень энергетического потенциала (ЭП) клетки. В самом простом случае величина ЭП определяется отношением внутриклеточных концентраций носителей макроэргических фосфорных связей [АТФ]/[АДФ]. В этом случае интенсивность процессов биологического окисления зависит от величины ЭП (дыхательный контроль). Появляющийся при этом «лишний» АТФ может быть «стравлен» в каком-либо футильном цикле. Чем ниже уровень энергетического потенциала, тем интенсивнее окислительные процессы в митохондриях. Еще большее снижение ЭП может запустить анаэробный гликолиз и затормозить дыхание (пастеровский эффект).

Таблица 1

Возрастные изменения параметра обмена покоя и экскреции креатина (Кр) и креатинина (Крн) у мальчиков 4-6 лет в зависимости от реализации «полуростового скачка» роста (Маслова, 1994)

Показатели	Дети до полуростового скачка	Дети после полуростового скачка
Возраст (лет)	4,6	5,6
Масса тела (кг)	18,3 ± 0,5	19,8 ± 0,7
Обмен покоя (ккал/кг.час)	1,81 ± 0,04	1,63 ± 0,03
Экскреция креатина (ммоль/сутки)	1,45 ± 0,1	0,51 ± 0,1
Экскреция креатинина (ммоль/сутки)	3,3 ± 0,12	2,8 ± 0,06
Соотношение Кр/Крн	0,45 ± 0,05	0,21 ± 0,06

Прямое измерение уровня энергетического потенциала возможно только в биохимическом эксперименте. Косвенно об этом показателе можно судить, например, по параметрам метаболизма креатина. Известно, что одним из основных буферов ЭП является креатинкиназная реакция переноса макроэргической фосфорной связи с креатинфосфата на АДФ:



При этом по закону действующих масс:

$$[\text{АТФ}]/[\text{АДФ}] = K [\text{КрФ}] / [\text{Кр}],$$

где K – константа равновесия, равная в данном случае 25 (реакция сдвинута явно влево и стремится повысить концентрацию АТФ).

Как видим, левая часть равенства представляет собой выражение нашего определения значения энергетического потенциала. Правая часть равенства пока-

зывает, что креатинкиназная реакция будет стремиться поддерживать уровень энергетического потенциала, пока в системе есть КрФ. В то же время известно, что в тканевых условиях неферментативный переход Кр – Крн в 2,6 раза менее интенсивный, чем переход КрФ – Крн + Ф [5]. Таким образом, если у 4х-летних мальчиков увеличена экскреция креатинина и слабая креатининурия, то это можно связать с небольшим содержанием в ткани креатинфосфата и постоянными низкими значениями энергетического потенциала. Мышечные волокна в этом возрасте еще не специализированы по активности энергетических источников и содержат как окислительную систему, так и значительное количество ферментов гликолиза, поэтому при сниженном ЭП всегда существует угроза включения гликолиза, что будет срывать установление стационарных рабочих состояний механизмов аэробного энергообеспечения и существенно ограничивать объем выполняемой работы. Таким образом, высокий возбужденный уровень основного обмена и низкие рабочие возможности оказались тесно связанными друг с другом, так как и то, и другое есть следствие низкого уровня ЭП, на что и указывает высокий уровень креатинурии. После ростового скачка метаболическая ситуация несколько изменяется – интенсивность обмена покоя заметно снижается, отношение Кр/Крн и экскреция креатина также уменьшается, что свидетельствует об увеличении энергетического потенциала, а это может быть связано с возрастанием возможностей осуществления относительно длительной физической активности, что является основной сутью наступления школьной зрелости.

С точки зрения мышечной энергетики, в ростовую фазу этого периода происходит становление и дальнейшее развитие механизмов, обеспечивающих функционирование аэробной энергетики в устойчивом режиме (стационарном состоянии). Так, если у шестилеток емкость аэробного источника – величина коэффициента **К** уравнения Мюллера – составляла 3000 Дж/кг, то в 7 лет уже 5500 Дж/кг, а в 8 лет – 15000 Дж/кг. Относительно высоких значений достигает и уровень анаэробной мощности, составляющей в 8-летнем возрасте 3,5 Вт/кг (у взрослых – около 4 Вт/кг). Однако достигнутый уровень функциональных возможностей мышечной аэробики будет потерян уже в следующем году в связи с началом нового периода развития и активацией в 9-летнем возрасте очередной фазы передифференцировок. Плавное увеличение рабочих возможностей в 7-8-летнем возрасте, сопровождаемое неуклонным ростом активной мышечной массы, в 9 лет прерывается сначала снижением темпов роста мышц, а затем уменьшением работоспособности. Так, величина аэробной емкости снижается с 15000 Дж/кг в 8 лет до 2200 Дж/кг в 9 лет. В 10-летнем возрасте – до 5800 Дж/кг. В то же время, величина анаэробной гликолитической мощности (W_{40}) возрастает с 3,55 Вт/кг в 8 лет до 4,06 Вт/кг в 9 лет. Создается впечатление, что в 9 лет мальчики потеряли значительную часть аэробных возможностей, но гликолитические механизмы полностью сохранились и получили дальнейшее развитие. Это отражается на величине среднего значения показателя степени «а» в уравнении Мюллера. Если в 8 лет величина этого параметра составляла 4,32 (явное преобладание окислительных возможностей, то в 9 лет значение «а» снижается до 3,01, что свидетельствует о преобладании гликолитического механизма энергообеспечения).

Сущность произошедших изменений можно объяснить результатами гистохимических исследований. При выявлении активности сукцинатдегидрогеназы, маркера напряженности окислительных процессов, в 7-8 лет в смешанных мышцах

больше половины мышечных структур (53,1 %) составляют волокна I типа с очень высоким средним значением окислительного потенциала, то в 11-12 лет в смешанных мышцах остается только 35 % волокон I типа [12; 13; 20; 21].

Все эти изменения характеризуют довольно резко выраженную первую дифференцировочную фазу возрастного периода, однако, начиная с 11-летнего возраста усиливаются ростовые процессы [11; 12]. Сопоставление скоростей роста мышц верхних конечностей показывает, что если в фазу торможения роста в 10-летнем возрасте мышечная масса увеличилась только на 0,009 кг на кг исходной массы в год, то в 13-летнем возрасте это увеличение составило 0,271 кг на кг массы мышц в год [13]. Следовательно, скорость нарастания мышечной массы за три года увеличилась в 30 раз. Значительное увеличение мышц сопровождается возрастанием их рабочих возможностей. Так, если в 9 лет аэробная емкость (К) составляла 2205 Дж/кг, то в 13-летнем возрасте она увеличилась до 36000 Дж/кг, то есть показатель выносливости при функционировании аэробного источника энергии увеличился в 16 раз. Значение аэробной мощности (W900) возросло с 1,44 Вт/кг в 9 лет до 2,51 Вт/кг, то есть на 74 %. Величина анаэробно-гликолитической мощности возрастает только на 52 %. Таким образом оказалось, что этот возрастной период (его дифференцировочная фаза) начался с депрессии аэробных механизмов энергообеспечения, но при этом фаза усиленных ростовых процессов проходит на фоне явной активности энергетических возможностей аэробного источника энергии.

В пубертатный период отмечается резкое увеличение скорости ростовых процессов, что обозначается как пубертатный скачок роста. Это связано как с активацией в этот период гипофизарно-гипоталамических процессов регуляции гонадотропной функции и с определенной ролью щитовидной железы. Известно, что активность щитовидной железы в системе возрастных преобразований тесно связана с дифференцировочными процессами. Тироксин – гормон щитовидной железы активизирует тканевое окисление, в первую очередь за счет увеличения числа митохондрий. Завершение начального пубертатного периода сопряжено с заметным увеличением роли окислительного источника энергии [4; 8].

Сложные перестройки ростовых и дифференцировочных процессов в пубертатный период сопровождаются сложными и неоднозначными изменениями строения мышечной ткани. Фаза задержек ростовых процессов в мышцах в 14-летнем возрасте связана с необычайным усилением окислительных возможностей, выражающемся во временном увеличении относительного количества волокон I типа и в активации окислительных ферментов во всех мышечных волокнах, независимо от их типа [10]. Так, относительное количество волокон I типа в четырехглавой мышце бедра от 12 до 14 лет возрастает до 55 % и вновь временно становится преобладающим над другими мышечными волокнами, а активность сукцинатдегидрогеназы в этих волокнах растет с 1,98 до 3,11 баллов. Относительное число гликолитических волокон IIВ, наоборот, снижается с 33 до 26 %, но и в этих волокнах растет окислительный потенциал с 0,81 до 1,38 балла.

В дальнейшем к периоду 16-17 лет, когда достигается дефинитивный уровень развития мышечной ткани, вновь происходит снижение относительного количества волокон I типа до 22 % и рост относительного количества волокон IIВ типа (гликолитические волокна) до 47 %. При этом волокна IIВ типа становятся чисто гликолитическими, так как активность окислительных ферментов в этих волокнах

снижается до 0,03 балла. На 30 % снижается активность СДГ и в окислительных волокнах I типа [10; 14].

Таким образом, биохимические и энергетические процессы в скелетных мышцах в течение онтогенеза претерпевают значительные изменения. Постепенное увеличение работоспособности в ходе онтогенеза связывается с последовательным включением целого ряда биохимических механизмов, увеличивающих возможность длительной работы в стационарных и квазистационарных условиях. Например, при выполнении циклической работы в стационарном режиме в период расслабления мышц происходит полное восстановление энергетического потенциала мышечных волокон и их клеточного и организменного гомеостаза. При работе в квазистационарном режиме восстановление гомеостаза в период расслабления неполное, и накапливающиеся изменения гомеостаза постепенно приводят к утомлению. Имеется целый ряд факторов, обуславливающих возможность длительного функционирования скелетных мышц в квазистационарном режиме. Такие изменения, во-первых, связаны с пространственным разделением энергетических механизмов по разным волокнам, в связи их специализацией. Как известно, для длительного функционирования энергетических механизмов в аэробном режиме необходимо постоянное поддержание высоких значений энергетического потенциала (ЭП). Работа алактатного креатинфосфатного источника напрямую связана со снижением ЭП, вследствие трат креатинфосфата на производство внешней работы. Снижение ЭП приводит, в свою очередь, к активации анаэробного гликолиза, что связано с резкими изменениями внутреннего и внешнего гомеостаза и невозможностью длительной работы в таких режимах. Выделение анаэробно-гликолитических механизмов в специальных волокнах ПВ типа создает предпосылки для устойчивой работы мышечных волокон с аэробным энергообеспечением, функционирующих в условиях высокого ЭП без угрозы срыва в зону активности гликолиза. Во-вторых, возможность работы в зоне высокого энергетического потенциала тесно связана с изменениями активности некоторых митохондриальных ферментов, и в первую очередь АТФ-синтетазы [18]. Такие изменения отчетливо проявляются при адаптации к длительным умеренным нагрузкам и приводят к повышению чувствительности митохондрий и к увеличению концентрации АДФ в цитозоле. В результате, клеточные механизмы управления митохондриальным дыханием начинает функционировать при минимальных изменениях концентрации АДФ и очень небольших изменениях ЭП. В третьих, в высокоспециализированных окислительных волокнах I типа функционируют аэробные механизмы, использующие креатинфосфатный шунт [15]. При этом значительное количество молекул креатинфосфокиназы (КФК) оказывается связанным с митохондриями и с сократительными механизмами. Синтезируемый на внутренней мембране митохондрий АТФ тут же, при выходе на внешнюю поверхность, под влиянием митохондриальной КФК, обменивается макроэргической фосфорной связью с креатином в виде креатинфосфата (КрФ) мигрирует к миофибриллам, где энергия макроэргической связи (с использованием системы АДФ-АТФ) передается для мышечного сокращения. В результате в цитозоль диффундирует не громадная молекула АТФ, а маленький КрФ, что значительно облегчает и ускоряет передачу энергии, а также стабилизирует энергетический потенциал на очень высоком уровне. Все это явно способствует созданию условий для длительной устойчивой работы в условиях, близких к стационарным. В четвертых, важную роль при поддержании воз-

можностей длительного функционирования играют механизмы тканевого гомеостаза. Один из них – использование продуктов метаболизма гликолитических мышечных волокон, таких как молочная кислота, в качестве энергетического субстрата для окислительных мышечных волокон [18]. Этот пример показывает, что далеко не во всех случаях аэробные и анаэробные механизмы энергообеспечения противостоят друг другу, существуют примеры их взаимодействия, которое может увеличить работоспособность мышечной аэробики.

Таким образом, под воздействием целого ряда перестроек биохимической организации системы энергетического обеспечения в последнем завершающем пубертатном периоде, оканчивается ряд последовательных передифференцировок, в результате которых завершается формирование скелетных мышц, организация которых затем поддерживается в относительно неизменном виде довольно длительное время, относящееся к зрелому возрасту.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аршавский И.А. Основы возрастной периодизации // «Возрастная физиология» в серии «Руководство по физиологии». – Л.: Наука, 1975. – С. 5-67.
2. Ахмеров Р.Н. Сравнительно-физиологическая характеристика роли несопряженного дыхания в термогенезе у эндотермных животных: автореф. дис. ... д. б. н. – Минск, 1988. – 29 с.
3. Бунак В.В. Периодизация онтогенеза // Сов. Педагогика. – 1969. – Т. 11, № 2. – С. 105.
4. Колесов Д.В., Сельверова Н.Б. Физиолого-педагогические аспекты полового созревания. – М.: Педагогика, 1978. – 145 с.
5. Корниенко И.А. Энергетический обмен в различные периоды индивидуального развития человека // Физиология человека. – 1983. – Т. 9, № 1. – С. 25-32.
6. Корниенко И.А., Гохблит И.И. Возрастные преобразования энергетического обмена // Физиология развития ребенка. – М.: Педагогика, 1983. – С. 89-114.
5. Маслова Г.М. Оценка состояния энергетического обмена по показателям экскреции креатинина и креатина // Физическая культура индивида: сборник / Под ред. В.Д. Сонькина. – М., 1994. – С. 91-113.
6. Маркосян А.А. Развитие человека и надежность биологической системы // Основы морфологии и физиологии организма детей и подростков. – М.: Медицина, 1969. – С. 5-12.
7. Материалы по физическому развитию детей и подростков городов и сельских местностей СССР. – Вып. III. – М.: Медицина, 1977.
8. Никитин В.Н. Эндокринная система в разные возрастные периоды // Возрастная физиология. Из серии «Руководство по физиологии». – Л.: Наука, 1975. – С. 330-373.
9. Скулачев В.П. Энергетика биологических мембран. – М.: Наука, 1989.
10. Сонькин В.Д., Тамбовцева Р.В. Развитие мышечной энергетике и работоспособности в онтогенезе. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 368 с.
11. Тамбовцева Р.В. Физиологические основы развития двигательных качеств // Новые исследования. – 2011. – № 1. – С. 5-15.

12. Тамбовцева Р.В. Общие и частные закономерности возрастного развития энергообеспечения мышечной деятельности // Новые исследования. – 2011. – № 2. – С. 73-83.
13. Тамбовцева Р.В. Индивидуальные и групповые варианты динамики показателей энергообеспечения мышечной функции у мальчиков младшего школьного возраста // Новые исследования. – 2012. – № 2. – С. 14-28.
14. Тамбовцева Р.В. Развитие процессов адаптации в ходе спортивной тренировки у юных спортсменов // Материалы XXIII международной конференции: «Человек, здоровье, физическая культура и спорт в изменяющемся мире». Коломна, 2013. – С. 389-390.
15. Чарыева А.А. Универсальная энерго-транспортная роль креатинфосфатного механизма и значимость его в энергетике мышечной деятельности // Биохимические критерии развития физических качеств. – М., 1985. – С. 5-14.
16. Шмальгаузен И.И. Организм как целое в индивидуальном и историческом развитии // Избранные труды. – М.: Наука, 1982. – С. 12-219.
17. Шмальгаузен И.И. Рост и дифференцировка // Избранные труды в 2х т. – Киев, 1984. – С. 176-186.
18. Hochachka P.W. Fuels and pathways as designed system for support of muscle work. // J. Exp Biol. – 1985. – Mar. 115: 149-64.
19. Kleiber M. The Fire of Life. – N.Y., 1961. – 93 p.
20. Sonkin V.D., Gutnik B.J., Tambovseva R.V. and Nash D. Ergometric Investigation of Work Capacity Ontogeny: Influence of Exogenic and Endogenic Factors // Advances in Medicine and Biology. – 2010. – V. 1. – P. 129-165.
21. Sonkin V., Tambovtseva R. Energy metabolism in children and adolescents // Energetics. – Chorvatia, 2011. – P. 1-30.

ОСОБЕННОСТИ СООТВЕТСТВИЯ ТЕЛОСЛОЖЕНИЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕТАБОЛИЗМА СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ У ДЕВОЧЕК ДОПУБЕРТАТНОГО ПЕРИОДА

Р.В. Тамбовцева¹

ФГНУ Институт возрастной физиологии РАО, Москва

В возрастном интервале от 7 до 11 лету девочек обнаруживается хорошее соответствие между типом телосложения и организацией энергетического метаболизма скелетных мышц. У испытуемых с высокими показателями эктоморфии характерно доминирование энергетики аэробного типа с высокими значениями уровня аэробной емкости. Девочки дигестивного, торакально-дигестивного и частично мышечного типов, с низкими баллами эктоморфии и высокими значениями эндоморфии характеризуются преобладанием анаэробного типа энергообеспечения. По сравнению с мальчиками, девочки в возрастном интервале от 7 до 11 лет отличаются большей устойчивостью первоначально установленного типа телосложения и значительно более выраженной зависимостью организации энергетики скелетных мышц от соматотипа.

Ключевые слова: соматотип, энергетический метаболизм, типология, аэробный, анаэробный, типологическая устойчивость, лептосомы, эурисомы.

Consistency between body constitution and power metabolism of skeletal muscles in girls of prepuberty. *Between 7 to 11 years old girls demonstrate good consistency between body type and power metabolism of skeletal muscles. Subjects with a high ectomorphy rate are characterized by aerobic type of power supply with high level of aerobic capacity. Girls of digestive, thoracic-digestive and partially muscular types, with low indices of ectomorphy and high indices of endomorphy are characterized by prevalence of anaerobic type of power supply. In comparison with boys, girls aged from 7 to 11 years old show higher stability of originally established type of constitution and considerably more noticeable dependence of skeletal muscles power from body type.*

Keywords: somatotype, power metabolism, typology, aerobic, anaerobic, typological stability, leptosome.

Некоторые ученые считают, что у девочек из-за меньшей мышечной массы, влияние скелетной мускулатуры на характер онтогенетического процесса должно быть, по сравнению с мальчиками, в какой-то мере сглажено [1]. Однако в последнее время появились работы, которые показывают тесную связь между различными морфометрическими показателями и, в особенности мышечной массы, с разными физиологическими параметрами [3; 4; 5; 6; 7; 10; 11]. Имеются данные, что такой показатель энергетического метаболизма, как основной обмен или обмен покоя, может быть связан с особенностями телосложения девочек уже в 7-8-летнем возрасте [2]. Позднее были разработаны методики, позволяющие оценить состояние энергетики скелетных мышц у детей школьного возраста [3; 4]. Поскольку в настоящее время подобные исследования на девочках недостаточны, то

Контакты:¹ Р.В.Тамбовцева – E-mail: <ritta7@mail.ru>

считаем целесообразно изучить онтогенетические изменения метаболизма в связи с соматическими показателями на девочках допубертатного периода в лонгитуде.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В данном лонгитудинальном эксперименте принимали участие здоровые девочки в возрасте от 7 до 11 лет в количестве 507 человек. Исследование было проведено согласно принципам биомедицинской этики. В ходе работы использовали антропометрические, антропоскопические, эргометрические, и статистические методы исследования.

Антропометрические методы. В возрастном интервале от 7 до 11 лет проводились ежегодные антропометрические и антропоскопические исследования, позволяющие рассчитывать весо-ростовой индекс, индекс цефализации, площадь поверхности тела, мышечную, костную и жировую массу. Проводилась экспертная оценка соматотипа по Штефко-Островскому [9].

Эргометрические методы. Для оценки энергетических параметров использовалась разработанная нами эргометрическая методика, основанная на оценке длительности предельной работы на велоэргометре при двух нагрузках – 3 и 5 Вт/кг [3]. Оценка особенностей энергетики скелетных мышц проводилась на основе определения вида кривой зависимости «длительность предельной работы» ($t_{пред}$) от мощности нагрузки (W). Показатели мощности аэробного, анаэробного и смешанного источников оценивали, рассчитывая максимальную мощность при работе длительностью 900 и 40 секунд (W_{900} и W_{40}). W_{40} – это верхняя граница зоны субмаксимальной мощности, W_{900} – зона аэробных механизмов энергообеспечения [4].

Статистические методы. Статистическая обработка результатов исследования проводилась с помощью компьютерной программы EXCEL.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

За несколько лет «продольных» наблюдений за одной и той же группой детей можно видеть, что с возрастом изменяются не только количественные характеристики (рост, масса тела и другие антропометрические показатели). Годовой интервал между соматоскопическими позволяет наблюдать динамику изменений типа телосложений. В то же время, сопоставление результатов показывает, что способность в процессе развития удерживать установившийся ранее тип телосложения, обозначенная нами как соматотипическая устойчивость, у девочек и мальчиков заметно различается. Действительно, если судить о степени соматической устойчивости по числу изменений соматотипа у детей в данном возрастном интервале (отношение общего количества обследований к числу обнаруженных соматических перестроек), то окажется, что у девочек этот показатель выше, чем у мальчиков (табл. 1).

У девочек устойчивость соматотипа в возрастном интервале от 8 до 9 снижается, а затем, с 9 до 11 лет заметно (более чем в 3 раза) возрастает. Снижение соматической устойчивости в интервале 8-9 лет показывает, что на этот возраст приходится основная часть изменений телосложения. Интересно, что у мальчиков аналогичная волна соматотипической неустойчивости с минимальными значениями

ми величины соматической устойчивости приходится на 9-10 лет, то есть проявляется на год позже, чем у девочек.

У мальчиков в это время отмечается заметное снижение темпов роста, особенно, мышечной ткани. То же самое, только на год раньше (в 8-9 лет), наблюдается и у девочек. Однако у них замедление роста мышц выражено слабее. Но при этом у большинства девочек выявляется небольшое увеличение массы жировой ткани. В связи с этим мы использовали в качестве маркера отношение величины мышечной массы к жировой (М/Ж). Наиболее значительно снижение величины М/Ж отмечается у девочек астено-торакального (АТ) и торакального (Т) типов телосложения.

Приведенные в таблице 1 данные показывают, что фаза «неустойчивости», приходящаяся у девочек на 9-летний возраст, может быть определена еще и по величине показателя М/Ж. Возрастная динамика этого показателя лучше всего проявляется при разделении испытуемых на лептосомные и эурисомные группы. Кроме того, и величина самого показателя М/Ж оказалась зависящей от типа телосложения. У дигестивного и мышечного типов значения этого показателя минимальны ($1,15 \pm 0,09$), а у астеноидного – максимальны ($3,17 \pm 0,13$). У девочек торакального и астено-торакального сложения эта величина занимает промежуточное положение ($2,16 \pm 0,26$).

Таблица 1

*Возрастные изменения показателя соматической устойчивости (СУ)
у девочек и мальчиков в возрасте 7-11 лет*

ПОЛ	Возрастные интервалы, лет			
	7-8	8-9	9-10	10-11
Девочки	8,0	3,2	7,0	12,0
Мальчики	3,2	2,3	1,8	2,9

Наши исследования показали, проявляющиеся у девочек уже с 7-летнего (возможно и более раннего) возраста типологические особенности строения тела, оказываются тесно связанными с таким базисным показателем организации функциональных систем организма, как особенности энергетического обеспечения скелетной мускулатуры. Оказалось, что такая взаимосвязь у девочек выражена даже лучше, чем у мальчиков этого возраста. Сказанное может быть проиллюстрировано материалами таблицы 2.

При сопоставлении испытуемых с торакальным, астено-торакальным и астеноидным телосложением по сравнению с девочками дигестивно-мышечного (Д) и мышечного (М) типов мы видим значительные расхождения почти всех параметров мышечной энергетики. У девочек с признаками лептосомии заметно выше значения показателя степени «а» и уже совершенно несопоставимы различия величины емкости аэробного источника энергии. Преобладание активности аэробной энергетики у лептосомов хорошо известно, но столь значительное различие этих показателей при сравнении с испытуемыми с выраженной эурисомией (Д и МД типы) оказалась неожиданным.

Таблица 2

*Возрастные изменения основных параметров
энергетики скелетных мышц у девочек*

Параметры	Возраст, лет				
	7	8	9	10	11
Показатель степени «а»					
Вся выборка (n=507)	3,31±0,42	3,10±0,33	4,12±0,30*	3,35±0,39	3,82±0,18
T+AT (n=200)	4,13±0,22	3,91±0,62	4,31±0,22	3,62±0,85	4,56±0,81
M+Д (n=180)	2,16±0,55	1,93±0,15	2,86±0,15*	2,53±0,72	2,76±0,02
A (n=100)	3,55±0,12*	4,00±0,32	4,35±0,11	3,12±0,36	3,95±0,04
Аэробная емкость «e ^b », кДж/кг					
Вся выборка	16,2±0,64	11,7±0,82	77,6±1,15**	20,5±0,99	50,2±2,38**
T+AT	58,2±1,84	52,4±2,57	121±2,16**	40,7±8,82	113±3,92**
M+Д	2,9±0,25	1,0±0,5	9,3±0,10**	4,5±0,16	8,7±0,42**
A	2,71±0,23	3,17±0,45	12,3±0,65**	1,94±0,16	9,32±0,55**
Анаэробная мощность W ₄₀ , Вт/кг					
Вся выборка	4,61±0,04	4,87±0,32	4,72±0,08	4,72±0,29	4,88±0,22
T+AT	4,56±0,42	4,67±0,37	4,81±0,1	4,87±0,15	4,82±0,29
M+Д	5,03±0,42	5,36±0,16	4,76±0,18	4,86±0,52	5,53±0,22
A	4,61±0,24	4,59±0,12	4,68±0,27	4,22±0,35	4,31±0,34
Аэробная мощность W ₉₀₀ , Вт/кг					
Вся выборка	1,69±0,32	1,60±0,38	2,22±0,18*	1,81±0,29	2,12±0,28*
T+AT	2,12±0,21	2,18±0,19	2,34±0,35	2,05±0,48	2,31±0,42
M+Д	1,16±0,42	1,16±0,55	1,63±0,05*	1,30±0,35	1,93±0,15
A	1,92±0,34	2,29±0,23	2,41±0,05	1,93±0,57	2,42±0,14*

Примечание: Показатели приведены в средних значениях на всю выборку и при расчете на группы с типологическими особенностями

- *Достоверно по сравнению с предыдущей возрастной группой (P<0,05),*
- *** (P<0,001).*

У девочек дигестивного и мышечно-дигестивного типов с низкими значениями показателей эктоморфии и, напротив, с высокими баллами эндоморфии организация энергетики оказалась совершенно иной. О характерном для них превалировании анаэробной энергетики свидетельствуют низкие значения показателя степени «а» в сочетании с совершенно незначительными величинами емкости аэробного источника. Такие различия совершенно отчетливо проявляются уже в 7-летнем возрасте. Так, если у девочек лептосомных типов телосложения в этом возрасте величина аэробной емкости составляла в среднем 58,2 кДж/кг («а» = 4,13), то у испытуемых эурисомных типов – только 2,9 кДж/кг («а»=2,16). Столь значительная разница показывает, что в изучаемом возрастном интервале для организации энергетического метаболизма у девочек используются две различные стратегии. Одна из них используется для относительно «легких» лептосомов с низким содержанием жировой ткани. Естественные виды физических нагрузок (ходьба, бег) у них чаще всего не требует значительных энергетических затрат и могут быть обеспечены относительно маломощным аэробным источником энергии. Развитие

аэробики дает возможность поддержания высокой энергетической емкости, определяющей общую выносливость организма. Для относительно «тяжелого» эуризомного типа уже в младшем школьном возрасте характерен большой относительный вклад жировой и костной массы тела и поэтому даже при обычной двигательной активности аэробного источника энергии явно недостает и приходится дополнительно использовать анаэробно-гликолитические механизмы. В этих случаях работа даже умеренной мощности связана с накоплением лактата, что в значительной степени ограничивает возможности длительного функционирования в стационарных режимах. В то же время у этих девочек отмечается явное увеличение силовых возможностей (анаэробная мощность, как правило, достигает больших значений).

Таким образом, в ряде случаев для понимания конституционально-типологической принадлежности и соответствующего определения траектории дальнейшего развития оценка характера организации энергетики оказывается решающей. У части девочек, отнесенных в 7-летнем возрасте к астеноидному типу, через 1-2 года в период понижения соматической устойчивости увеличивались показатели эндоморфии (содержание жировой ткани увеличивалось) и тип телосложения оценивался уже как астено-торакальный с возможным переходом в чисто торакальный. Энергетика у этих детей исходно имела все признаки аэробного типа.

При оценке возрастных изменений энергетических параметров необходимо отметить также, что у девочек возникшая типологическая организация не только более устойчива, но и в значительно большей степени связана с энергетикой скелетных мышц. По данным таблицы 3 видно, что у девочек группы лептосомов и эурисомов резко различаются, составляя как бы две совершенно дискретные формы. Выше уже отмечалось, что редко встречающиеся промежуточные формы являются, по-видимому, результатом возникших отклонений в ходе индивидуального развития. В то же время у мальчиков, как видно из данных таблицы 3, граница между лептосомами и эурисомами также существует, но она оказалась в значительной степени размытой. Мы полагаем, что у мальчиков это связано с более высокой двигательной активностью и более высокой адаптивностью мышечной системы к характеру внешних влияний. Влияние приспособительных реакций в определении межорганных и межсистемных связей в ходе онтогенеза в это время детально было обсуждено в работе И.И. Шмальгаузена [8]. Создается впечатление, что для девочек вообще характерны более сильные связи (корреляции) между онтогенетическими факторами, определяющими особенности телосложения, и нервно-трофическими механизмами, определяющими развитие волокон различного типа в скелетных мышцах. Возможно также, что у мальчиков в механизмы развития в значительно большей степени вмешиваются функциональные (эргонтические) взаимодействия между развивающимися функциональными системами [8].

Таким образом, для женского организма характерна более «правильная», но менее адаптивная межсистемная морфогенетическая организация.

Результаты этой работы позволяют также отметить, что при исследовании взаимосвязи между развитием мышечной системы и ее влияниями на ход индивидуального развития в первую очередь необходимо обращать внимание не на общее развитие мышечной ткани [1], а на особенности организации энергетики мышц, которая оказалась более тесно связанной с физиологическими показателями и с соматотипом детей в младшем школьном возрасте.

Таблица 3

Средние значения энергетических параметров скелетных мышц у девочек и мальчиков 7-11 лет по группам торакального (Т), астено-торакального (АТ), мышечного (М), дигестивного (Д) и торакально-мышечного (ТМ) телосложения

Телосложение	Параметры мышечной энергетики			
	«а»	Аэробная емкость, кДж/кг	Анаэробная мощность, Вт/кг	Аэробная мощность, Вт/гг
Девочки				
Т+АТ	4,06±0,09	83,1±1,14	4,74±0,04	2,19±0,03
М+Д+ДМ	2,45±0,12**	4,1±0,10**	5,11±0,10*	1,43±0,07*
Мальчики				
Т+АТ	4,00±0,35	74,1±5,10	4,58±0,13	2,20±0,22
МД+Д	3,32±0,41	42,7±0,71*	4,78±0,12	2,04±0,06

Примечание: Различия между лептосомами и эуриосомами статистически достоверны: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$.

ВЫВОДЫ

1. Установленный в ходе первичного обследования девочек 7-летнего возраста соматотип в ходе дальнейшего развития может измениться, но без перехода между группами, характеризующимися лептосомным и эурисомным телосложением. Чаще всего такие перестройки проходят в 8-9-летнем возрасте.

2. В возрастном интервале 9-10 лет у девочек происходит некоторое снижение относительной массы мышц (особенно в лептосомной группе) и увеличение (особенно у эурисомов) количества жировой ткани.

3. У девочек исследованных возрастных групп обнаруживается хорошее соответствие между типом телосложения и организацией энергетического метаболизма скелетных мышц. Так, для лиц с высокими показателями эктоморфии (лептосомный тип сложения) характерно доминирование мышечной энергетики аэробного типа с высокими значениями уровня аэробной емкости и мощности. Девочки дигестивного, дигестивно-мышечного и, частично, мышечного типов с низкими баллами эктоморфии и высокими значениями эндоморфии (эурисомная группа) характеризуются преобладанием анаэробного типа энергообеспечения с высокими значениями анаэробной мощности и низкими показателями аэробной емкости и мощности.

4. По сравнению с мальчиками девочки отличаются значительно большей устойчивостью первоначально установленного типа телосложения и значительно более выраженной зависимостью организации энергетики скелетных мышц от соматотипа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аршавский И.А. Роль энергетических факторов в качестве ведущих закономерностей онтогенеза // Ведущие факторы онтогенеза. – Киев: Наукова Думка, 1972. – С. 43-72.
2. Варпаховская О.Г. О связи энергетического обмена и параметров дыхания с особенностями телосложения девочек // Новые исследования по возрастной физиологии. – 1978. – № 1. – С. 43.
3. Корниенко И.А. Возрастное развитие системных мышц и физической работоспособности / В.Д. Сонькин, Р.В. Тамбовцева, Р.М. Васильева // Физиология развития ребенка (Теоретические и прикладные проблемы) / Институт возрастной физиологии РАО. – М., 2000. – С. 209-238.
4. Корниенко И.А., Сонькин В.Д., Тамбовцева Р.В. Возрастное развитие энергетика мышечной деятельности // Физиология человека. – 2007. – Т. 33, № 6. – С. 94-99.
5. Сонькин В.Д. Физическая работоспособность и энергообеспечение мышечной функции в постнатальном онтогенезе // Физиология человека. – 2007. – Т. 33, № 3. – С. 1-19.
6. Тамбовцева Р.В. Общие и частные закономерности возрастного развития энергообеспечения мышечной деятельности // Новые исследования. – 2011. – № 2. – С. 73-83.
7. Тамбовцева Р.В. Индивидуальные и групповые варианты динамики показателей энергообеспечения мышечной функции у мальчиков младшего школьного возраста // Новые исследования. – 2012. – № 2. – С. 14-27.
8. Шмальгаузен И.И. Рост и дифференцировка // Избранные труды в 2-х томах. – Киев, 1984. – С. 176-186.
9. Штефко В.Г., Островский А.Д. Схемы клинической диагностики конституциональных типов. – М.-Л.: Биомедгиз, 1929. – 79 с.
10. Sonkin V.D., Gutnik B.J., Tambovseva R.V. and Nash D. Ergometric Investigation of Work Capacity Ontogeny. Influence of Exogenic and Endogenic Factors // Advances in Medicine and Biology. – 2010. – V. 1. – P. 129-165.
11. Sonkin V., Tambovtseva R. Energy metabolism in children and adolescents // Bioenergetics / Kevin Clark (ed). – 2012. Chapter 5. pp.

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ТРЕВОЖНЫХ ДЕТЕЙ В КРИТИЧЕСКИЙ ПЕРИОД АДАПТАЦИИ К ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ

*Н.В. Полянская, И.А. Криволапчук¹, М.Б. Чернова, М.М. Герасимов,
ФГНУ Институт возрастной физиологии РАО, Москва*

Установлено, что тревожность как устойчивая индивидуальная характеристика, является важным фактором, определяющим степень напряжения ФС при когнитивной деятельности различной степени сложности. В начальный период адаптации к образовательной среде у детей с высокой и низкой тревожностью относительно устойчивый уровень и периодичность динамики показателей эффективности когнитивной деятельности и вегетативных показателей активации ЦНС устанавливается в разное время. Сопоставление параметров ФС в условиях информационной нагрузки в зависимости от индивидуальных особенностей показало, что в первые недели учебного года тревожные первоклассники испытывают большее напряжение, чем их сверстники, отличающиеся низким уровнем тревожности. Вся совокупность полученных данных свидетельствует о том, что у тревожных детей на начальном этапе систематического обучения в школе реализация напряженной когнитивной деятельности достигается большей физиологической ценой.

Ключевые слова: *тревожность, функциональное состояние, информационная нагрузка, адаптация к обучению, вегетативный баланс, эффективность когнитивной деятельности.*

It is stated that the anxiety as a stable individual characteristics is an important factor determining the anxiety level of FS at cognitive activity of a different complicity. At the initial period of adaptation to the educational environment a relatively stable level and dynamic frequency of effective cognitive activity rate and vegetative indexes of CNS activation are set in different time among the children with high and low anxiety. FS parameters comparison at the informational tension conditions according to the individual peculiarities showed that during the first weeks of an academic year the restless first-graders fell more anxiety than their equals in age varying with low anxiety level. All the total of the received data shows that at the restless children's at the initial stage of systematic education at school the realization of cognitive activity achieves with a bigger physiological price.

Key words: *anxiety, functional state, informational tension, adaptation to education, vegetative balance, effectiveness of a cognitive activity.*

Проблема школьной тревожности, как основы неблагоприятных изменений функционального состояния (ФС) и эмоциональных расстройств у детей разного возраста носит междисциплинарный характер [18]. Она относится не только к сфере детской психиатрии, возрастной и педагогической психологии [9; 10; 17], но и к физиологии и психофизиологии развития [8; 11].

Контакты: ¹ И.А. Криволапчук – E-mail: <I.Krivolapchuk@mail.ru>

В настоящее время накоплен обширный фактический материал об особенностях проявления тревожности в разные периоды онтогенеза [3; 9; 16; 17; 23]. Эти исследования дают ценные сведения для дальнейшего выявления общих закономерностей развития эмоциональной сферы человека [17]. Вместе с тем несмотря на очевидные успехи в рассматриваемой области до настоящего времени недостаточно изучены особенности ФС тревожных школьников при напряженных информационных нагрузках в критические периоды онтогенеза.

Особенно важно исследовать ФС тревожных детей на начальном этапе адаптации к систематическому обучению в школе. Такая постановка вопроса обусловлена тем обстоятельством, что повышенная тревожность, являющаяся ведущим признаком школьной дезадаптации, оказывает отрицательное влияние на здоровье, общий уровень психологического благополучия, учебную деятельность, успеваемость и поведение детей [9; 14; 17]. Она тесно связана с изменениями механизма когнитивной оценки ситуации [18]. Школьники с этим свойством чаще других испытывают стресс и связанное с ним нарушение когнитивной деятельности [8]. Информационные и эмоциональные нагрузки, сложные задания, не соответствующие возрастным и индивидуальным возможностям первоклассников, ситуации «наказания» и публичных выступлений, оценки и критики способствуют развитию у них хронического психологического стресса и повышению тревожности [10]. В контексте вышеизложенного вопрос о специфике ФС тревожных детей на начальном этапе систематического обучения в школе представляет несомненный интерес.

Цель исследования – выявить особенности функционального состояния (ФС) детей 6-8 лет с высоким и низким уровнем личностной тревожности в критический период адаптации к образовательной среде.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании принимали участие первоклассники (n=175), отнесенные по состоянию здоровья к основной медицинской группе. Организация исследования соответствовала требованиям Хельсинской декларации. Оценка ФС проводили на 1-2-ой, 3-4-ой, 5-6-ой, 7-8-ой и 15-16-ой неделях систематического обучения в школе.

Изучение личностных особенностей осуществляли на основе применения анкеты (для родителей и учителей) по выявлению тревожного ребенка, проективного теста школьной тревожности, метода неоконченных предложений [16; 17]. Исследование проводили индивидуально. Для детей, испытывающих трудности при чтении, предложения зачитывали, а ответы записывали в опросном листе. В ходе дальнейшей работы сопоставлялись изменения показателей ФС у детей с высоким (n=62) и низким (n=42) уровнем тревожности.

Информационную нагрузку моделировали с помощью буквенных корректурных таблиц В.Я. Анфимова. Обследование осуществлялось в состоянии покоя и в двух режимах работы: 1) автотемп; 2) максимальный темп при наличии «угрозы наказания». По результатам выполнения корректурной пробы рассчитывали объём работы (А) и коэффициент продуктивности (Q) [13].

Для оценки степени напряженности регуляторных систем использовали математический анализ сердечного ритма [21]. Реализация метода осуществлялась при

помощи автоматизированного комплекса. Определяли стресс-индекс (SI) – интегральный показатель степени преобладания активности центральных механизмов регуляции над автономными [21]. Частота сердечных сокращений (ЧСС) рассчитывалась по 6-секундным отрезкам записи с пересчетом на 1 минуту.

Систолическое (СД) и диастолическое (ДД) давление крови регистрировали с помощью аускультативного метода Н.С.Короткова. Рассчитывали двойное произведение (ДП).

В состоянии покоя у испытуемых с помощью варианта 8-цветового теста М. Люшера определяли уровень стресса (ситуативной тревожности – СТ) [19].

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета статистических программ Statistica 6.0. Значимость различий определялась посредством применения параметрических и непараметрических критериев достоверности оценок.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты свидетельствуют о том, что на 1-2 неделях учебного года у первоклассников независимо от уровня тревожности наблюдалась неустойчивость умственной работоспособности, разнонаправленность изменений скорости и качества когнитивной деятельности, повышенное напряжение системы вегетативной регуляции функций организма как в состоянии относительного покоя, так и при тестовых информационных нагрузках (табл. 1).

Вместе с тем максимальные изменения рассматриваемых показателей были отмечены у тревожных первоклассников. У них, в отличие от школьников с низким и средним уровнем тревожности, наблюдались более значительные изменения ($p < 0.05-0.001$) вегетативных показателей ФС как при спокойном бодрствовании, так и при информационных нагрузках, реализуемых с различной скоростью (см. табл. 1).

В первые 2 недели обучения тревожные дети в состоянии покоя характеризовались более высокими значениями СД, ДД, ЧСС, ДП, SI, СТ по сравнению со школьниками с низким уровнем тревожности ($p < 0.05-0.001$).

Весьма сходные различия обнаружены при выполнении тестовых информационных нагрузок (см. табл. 1). Так, при работе в режиме «автотемп» у тревожных школьников наблюдались более высокие абсолютные значения СД, ДД, ЧСС, ДП, SI ($p < 0.05-0.001$) и более выраженные их сдвиги по отношению к уровню спокойного бодрствования, чем у низкотренированных испытуемых. Аналогичные изменения выявлены и в отношении количественных и качественных показателей интеллектуальной деятельности: тревожные дети отличались тенденцией демонстрировать более высокую скорость (А) и продуктивность (Q) работы в «комфортных» условиях (см. табл.). При работе с максимально возможной скоростью происходило дальнейшее возрастание СД, ДД, ЧСС, ДП, SI ($p < 0.05-0.001$). Одновременно наблюдалась тенденция снижения качественных (Q) показателей работоспособности по сравнению с выполнением тестового задания в режиме «автотемп». Поскольку увеличение уровня активации ЦНС в начале обучения в первом классе характерно для детей с различной выраженностью тревожности, есть основания полагать, что это явление обусловлено процессом адаптации к образовательной среде. Вместе с тем важно подчеркнуть, что у тревожных школьников в этих усло-

виях выявлено более существенное напряжение ($p < 0.001$) системы вегетативной регуляции функций и более выраженное снижение ($p < 0.001$) эффективности когнитивной деятельности (см. табл. 1).

Таблица 1

Физиологические изменения ФС первоклассников с высоким (В) и низким (Н) уровнем тревожности

Состояние покоя	Показатель	Н	В
	СД, мм. рт. ст.		96,1±1,4
ДД, мм. рт. ст.		54,4±1,5	63,1±1,3***
ЧСС, уд/мин		87,7 ±1,5	94,8±1,8**
ДП, отн.ед.		84,9±2,2	97,7±2,5***
SI, отн.ед.		131,7±18,3	201,6±16,9**
Уровень стресса (СТ), баллы		1,7±0,7	3,9±0,8*
Автотемп	СД, мм. рт. ст.	105,9±1,4	110,3±1,6*
	ДД, мм. рт. ст.	60,0±1,3	67,8±1,3***
	ЧСС, уд/мин	89, 1±1,6	96,4±1,7**
	ДП, отн.ед.	94,8±2,1	105,0±2,3**
	SI, отн.ед.	187,4±20,5	279,2±25,4**
	А, кол-во зн.	110,3±8,1	128,5±8,0
	Q, отн. ед.	7,8±0,7	8,2±0,6
Максимальный темп	СД, мм. рт. ст.	106,4±1,3	113,9±1,5***
	ДД, мм. рт. ст.	63,6±1,4	72,5±1,4***
	ЧСС, уд/мин	92,2±1,4	102,0±1,3***
	ДП, отн.ед.	99,5±2,2	116,3±2,3***
	SI, отн.ед.	203,3±26,9	345,6±32,1***
	А, кол-во зн.	129,9±10,7	120,5±10,5
	Q, отн. ед.	6,3±0,7	5,7±0,7

Примечание. *, **, *** – достоверность различий между детьми с высокой (В) и низкой (Н) тревожностью при $p < 0.05$, 0.01 , 0.001 соответственно. Расшифровку аббревиатур см. в разделе «Методика».

Таким образом, в начале обучения дети с высокой тревогой, характеризуются более выраженным изменением вегетативных показателей функционального состояния как в условиях покоя, так и при информационных нагрузках, чем первоклассники с низким ее уровнем.

Динамика рассматриваемых показателей имела одинаковую направленность у детей с разным уровнем тревожности. Наибольшее снижение СД, ДД, ЧСС, ДП, SI приходилось на первые 5-6 недель систематического обучения. В последующем изменения этих показателей были менее существенными. Однако у значительной части тревожных школьников переход физиологических систем организма на новый уровень регулирования в связи с началом систематического обучения затягивался до 7-8 недель, т. е. до конца первой четверти учебного года. Отмеченные различия в уровне ФС в той или иной мере сохранялись на протяжении первых 15-16 недель обучения (рис. 1).

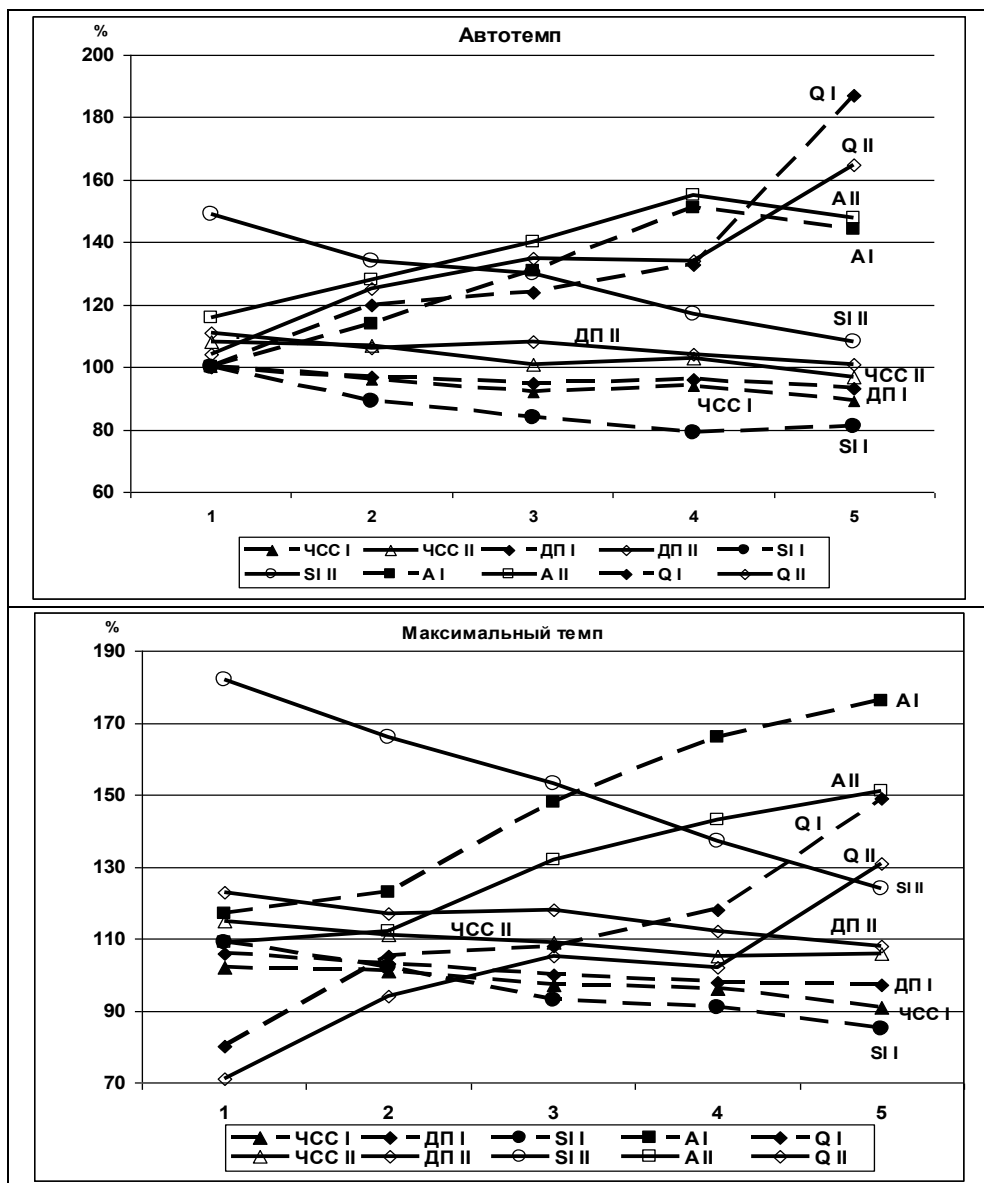


Рисунок 1 – Динамика показателей ФС организма в условиях информационной нагрузки у первоклассников с высокой (II) и низкой (I) тревожностью в процессе адаптации к образовательной среде

Примечание. 1, 2, 3, 4, 5 – 1-2-ая, 3-4-ая, 5-6-ая, 7-8-ая и 15-16-ая недели обучения, соответственно. За 100 % приняты показатели ФС детей с низкой тревожностью, полученные при работе в режиме «автотемп». Расшифровку аббревиатур см. в разделе «Методика».

Анализ динамики показателей продуктивности когнитивной деятельности позволил установить, что в начале обучения наблюдается наиболее низкий уровень ее количественных и качественных параметров. Скорость (А) и качество (Q) когнитивной деятельности наиболее низкими были на протяжении первых 4-х недель обучения. Затем происходил их подъем вплоть до 15-16 недель, т. е. до окончания второй четверти учебного года (см. рис. 1).

На протяжении всего периода наблюдения величины рассматриваемых показателей продуктивности когнитивной деятельности, полученные при выполнении тестовой информационной нагрузки в максимальном темпе, у тревожных школьников были существенно меньше, чем у детей с низким ее уровнем, тогда как при работе с комфортным темпом тревожные дети отличались более высокой скоростью (А) и низким качеством (Q) деятельности (см. рис.).

Полученные сведения согласуются с концепцией о зависимости характера вегетативного реагирования не только от вида информационной нагрузки, но и уровня личностной тревожности субъекта [7; 8; 24]. Поскольку тревожным индивидуумам требуется относительно меньшая сила воздействия, чтобы вызвать выраженную стрессовую реакцию [5; 20], можно полагать, что данная информационная нагрузка является для детей с высокой личностной тревожностью более стрессогенной, чем для низкотревожных [11].

Существование отличий между рассматриваемыми группами детей в отношении уровня неспецифической активации в состоянии покоя, а также наличие у них особенностей вегетативного реагирования на информационную нагрузку, по видимому, указывают на различия в функционировании модулирующих систем мозга. Вероятно, для тревожных первоклассников характерно состояние эрготропной настройки, связанное с гиперактивностью симпатической нервной системы и возбужденным поведением. В свою очередь, баланс активации обоих отделов ВНС определяет меру адаптации их к различным видам информационного стресса [22; 24].

Сравнение качественных параметров умственной работоспособности, полученных при разных режимах деятельности, показало, что коэффициент продуктивности за время работы в максимальном темпе уменьшается в обеих группах, достигая достоверных сдвигов по сравнению с работой в автотемпе только у высокотревожных школьников. В противоположность этому количество просмотренных знаков возрастает. Причем дети с высокой тревожностью при работе в комфортном режиме просматривали большее количество знаков по сравнению со школьниками с низкой тревожностью, а при работе в максимальном темпе, наоборот, - меньшее. Эти данные находятся в соответствии с представлением о том, что лица с высоким уровнем тревожности достигают лучших результатов деятельности при относительно небольшой силе стрессорного воздействия, а индивидуумы с низкой тревожностью – при средней и даже высокой [6; 11; 15; 25].

Анализ результатов исследования ФС детей при информационных нагрузках различной степени сложности, показал, что в первые недели систематического обучения в школе адаптация к образовательной среде носит ярко выраженный фазовый характер. Это заключение согласуется с выводами ранее опубликованных работ, посвященных изучению физиологических и психологических аспектов адаптации первоклассников [2; 4; 10; 12].

Сопоставление показателей интенсивности и продуктивности когнитивной деятельности в зависимости от индивидуальных особенностей позволило установить, что тревожные первоклассники уже в первые недели учебного года испытывают большее напряжение, чем их сверстники, отличающиеся средним и, особенно, низким уровнем тревожности.

Разнонаправленность и интенсивность изменений количественных и качественных показателей когнитивной деятельности наиболее часто приходится на первые дни и недели учебного года и более выражены у тревожных детей, нежели у школьников с низкой тревожностью. Особенно это видно по изменениям коэффициента продуктивности когнитивной деятельности. Еще в первых исследованиях физиологических аспектов приспособления организма учащихся к учебной нагрузке, проводившихся в нашей стране, было показано, что низкий уровень количественных и, особенно, качественных показателей умственной работоспособности и слабо выраженная периодичность в ее дневной и недельной динамике, являются важнейшей особенностью периода адаптации к обучению в школе [1, 2, 10].

Изучение динамики рассматриваемых переменных позволило установить, что у большинства тревожных первоклассников, так же как у детей с низким уровнем тревожности, эффект выраженного снижения функционального напряжения проявлялся, начиная с 5-6 недель.

Таким образом, анализ изменений ФС свидетельствует о том, что приспособление первоклассников к образовательной среде сопровождается выраженным напряжением механизмов адаптации. Это отчетливо проявляется в динамике поведенческих и физиологических показателей ФС в покое и в условиях информационной нагрузки. При этом важно отметить, что напряжение функциональных систем в рассматриваемых экспериментальных ситуациях оказывается наиболее высоким у тревожных школьников.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Тревожность оказывает негативное влияние на адаптацию учащихся первых классов к образовательной среде. Установлено, что информационная нагрузка, реализуемая с оптимальной и максимальной скоростью, стимулировала у тревожных школьников выраженное повышение уровня активации ЦНС. Это свидетельствует о том, что тревожность как устойчивая индивидуальная характеристика, является важным фактором, определяющим степень напряжения ФС при когнитивной деятельности различной степени сложности.

Анализ динамики рассматриваемых показателей в начальный период адаптации к образовательной среде позволил установить, что у первоклассников к концу первой четверти происходили существенные изменения ФС организма, характеризующиеся более экономичным типом реагирования на информационную нагрузку. Вместе с тем необходимо отметить, что в начале обучения у детей с высокой и низкой тревожностью относительно устойчивый уровень и периодичность динамики показателей эффективности когнитивной деятельности и вегетативных показателей активации ЦНС устанавливается в разное время.

Сопоставление параметров ФС в условиях когнитивной деятельности в зависимости от индивидуальных особенностей показало, что в первые недели учебного

года тревожные первоклассники испытывают большее напряжение, чем их сверстники, отличающиеся низким уровнем тревожности. В этот период они характеризуются высоким уровнем неспецифической активации в состоянии покоя, сдвигом вегетативного баланса в сторону относительного преобладания тонуса симпатического отдела ВНС и более выраженной психофизиологической реактивностью в условиях информационных нагрузок и низкой эффективностью когнитивной деятельности.

Вся совокупность полученных данных свидетельствует о том, что у тревожных первоклассников в критический период адаптации к образовательной среде реализация напряженной информационной нагрузки достигается большей физиологической ценой. Работа выполнена при поддержке Российского гуманитарного научного фонда (грант № 14-06-00212а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адаптация организма подростков к учебной нагрузке / Под ред. Д.В. Колесова. – М.: Педагогика, 1987. – 152 с.
2. Адаптация организма учащихся к учебной и физической нагрузкам / Под ред. А.Г.Хрипковой, М.В.Антроповой. – М.: Педагогика, 1982. – 240 с.
3. Астапов В.М. Тревожность у детей. – СПб.: Питер, 2004. – 224 с.
4. Баранцев С.А.. Регуляторное воздействие физической нагрузки на функциональное состояние детей в начальный период адаптации к образовательной среде / С.А. Баранцев, И.А. Криволапчук, М.Б. Чернова, А.А. Герасимова // Новые исследования. – 2012. – № 4. – С. 51-62.
5. Бодров В.А. Психологический стресс: развитие и преодоление. – М.: ПЭР СЭ, 2006. – 528 с.
6. Вяткин Б.А. Управление психическим стрессом в спортивных соревнованиях. – М.: Физкультура и спорт, 1981. – 112 с.
7. Данилова Н.Н. Психофизиологическая диагностика функциональных состояний. – М.: МГУ, 1992. – 192 с.
8. Данилова Н.Н. Психофизиология. – М.: Аспект Пресс, 2008. – 343 с.
9. Костина Л.М. Адаптация первоклассников к школе путем снижения уровня их тревожности // Вопросы психологии. – 2004. – №1. – С. 137-143.
10. Костяк Т.В. Психологическая адаптация первоклассников. – М.: Издательский центр “Академия”, 2008. – 176 с.
11. Криволапчук И.А. Психофизиологические показатели у детей 6–8 лет при информационной нагрузке в зависимости от тревожности как устойчивой индивидуальной характеристики // Физиология человека. – 2006. – Т. 32, № 6. – С. 13-21.
12. Литвиненко Н.В. Адаптация школьников в критические периоды развития к образовательной среде: автореф. дис. ... докт. психол. наук. – Самара, 2009. – 49 с.
13. Методические рекомендации по физиолого-гигиеническому изучению учебной нагрузки учащихся / Под ред. М.В. Антроповой, В.И. Козлова. – М.: АПН СССР, 1984. – 67 с.
14. Микляева А.В., Румянцева П.В. Школьная тревожность: диагностика, профилактика, коррекция. – СПб.: Речь, 2007. – 248 с.

15. Найдиффер Р.М. Психология соревнующегося спортсмена. – М.: Физкультура и спорт, 1979. – 224 с
16. Овчарова Р.В. Практическая психология в начальной школе. – М.: Сфера, 1996. – 240 с.
17. Прихожан А.М. Тревожность у детей и подростков: психологическая природа и возрастная динамика. – М.: Московский психолого-социальный институт; Воронеж: Изд-во НПО «МОДЭК», 2000. – 304 с.
18. Ромицина Е.Е. Методика «Многомерная оценка детской тревожности». – СПб.: Речь, 2006. – 112 с.
19. Собчик Л.Н. Метод цветowych выборов – модификация цветowego теста Люшера. – СПб.: Речь, 2006. – 128 с.
20. Спилбергер Ч.Д. Концептуальные и методологические проблемы исследования тревоги // Стресс и тревога в спорте / Сост. Ю.Л. Ханин. – М.: Физкультура и спорт, 1983. – С. 12-24.
21. Шлык Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов. – Ижевск: Изд-во Удм. ун-та, 2009. – 259 с.
22. Everly G., Latin J. A Clinical Guide to the Treatment of the Human Stress Response. NY: Springer, 2013. – 486 p.
23. Grews D.J., Lochbaum M.R., Landers D.M. Aerobic physical activity effects on psychological well-being in low-income Hispanic children // Percept. Mot. Skills. – 2004. – V. 98, № 1. – P. 319-325.
24. Spalding T.W., Jeffers L.S., Poges S.W., Hatfield B.D. Vagal and cardiac reactivity to psychological stressors in trained and untrained men // Med. Sci. Sports Exerc. – 2000. – Vol. 32, № 3. – P. 581.
25. Strelau J. Temperament as a Regulator of Behavior: After Fifty Years of Research. – NY: Eliot Werner Publ. 2008. – 271 p.

ЗАВИСИМОСТЬ «ДОЗА–ЭФФЕКТ» МЕЖДУ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТЬЮ И ОСТРОЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬЮ ДЕТЕЙ В КРИТИЧЕСКИЙ ПЕРИОД РАЗВИТИЯ

А.А. Герасимова, И.А. Криволапчук¹, Н.В. Полянская,
М.Б. Чернова, А.Н. Лобов, К.В. Троянов, И.И. Криволапчук
ФГНУ Институт возрастной физиологии РАО, Москва
РНИМУ им. Н.И. Пирогова МЗРФ, Москва

В работе на основе анализа зависимости «доза–эффект» выявлена общая тенденция к уменьшению показателей острой заболеваемости школьников, по мере увеличения уровня двигательной активности (ДА) в рамках физиологически обусловленного диапазона физических нагрузок. Полученные данные позволяют рассматривать недельную величину ДА как один из ведущих факторов, определяющих острую респираторно-вирусную заболеваемость детей. Установлено, что для повышения различительной способности оценки величины ДА детей необходимо учитывать недельный объем и среднюю интенсивность физической нагрузки.

Ключевые слова: двигательная активность, острая заболеваемость, физическая нагрузка, объем, интенсивность, первоклассники.

In the research on the basis of dependence analysis “dose-effect” it was found out the tendency to the decreasing of pupils’ sharp illness indexes according to the increase of motorial activity level (MA) as part of physiologically proved diapason of physical tensions. The received data allow to consider a week value of MA as one of the leading factor determining sharp viral respiratory infection of children. It is stated that in order to raise different abilities of the mark of the MA value of children is necessary to consider a week value and average physical tension intensity.

Key words: motorial activity, sharp illness, physical tension, volume, intensity, first-graders.

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) в настоящее время во многих странах отмечается значительное снижение уровней двигательной активности (ДА), что приводит к ухудшению здоровья населения в глобальном масштабе [17; 18]. С другой стороны, экспертами ВОЗ доказано, что участие в регулярной физической активности снижает риск развития неинфекционных заболеваний и имеет решающее значение для оптимизации энергообмена и контроля веса [19; 23; 24; 27]. Наряду с этим известна особая роль физических упражнений в повышении сопротивляемости инфекционным заболеваниям простудного характера [15; 21; 26].

Положительное перекрестное воздействие дозированных физических нагрузок в отношении острых респираторно-вирусных заболеваний (ОРЗ) опосредуется их иммуномодулирующим эффектом. Иммунный статус человека изменяется в зависимости от величины нагрузок [2; 10; 16]. Физические упражнения с оптимальны-

Контакты: ¹ И.А. Криволапчук – E-mail: <i.Krivolapchuk@mail.ru>

ми энерготратами, характерными для массового физического воспитания, оказывают стимулирующее воздействие на иммунную систему, поддерживают на высоком уровне ее активность, способствуют снижению простудной заболеваемости, тогда как нагрузки повышенного объема и интенсивности, также как и неадекватно сниженная ДА, приводят к угнетению иммунологических показателей и возрастанию заболеваемости [10; 11; 13; 14; 15; 21; 22]. Вместе с тем существует дефицит экспериментальных данных относительно зависимости острой заболеваемости школьников от уровня их повседневной двигательной активности в начальный период адаптации к образовательной среде.

Целью исследования явилось изучение зависимости «доза–эффект» между двигательной активностью и острой заболеваемостью детей в критический период развития, связанный с преобразованием базовых механизмов адаптации к условиям обучения и воспитания.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании приняли участие 311 первоклассников незанимающихся спортом, отнесенных по состоянию здоровья к основной медицинской группе.

На основе полной информации родители дали согласие на участие их детей в обследовании. Для выяснения недельного объема ДА использовалась анкета для родителей, разработанная нами на основе глобального вопросника по физической активности (GPAQ), предложенного Всемирной организацией здравоохранения [17]. Анкета включала вопросы, касающиеся режима дня, объема суточной и недельной двигательной активности. Продолжительность двигательного компонента определялась в часах посредством суммирования времени, отведенного на все виды физической нагрузки, реализованной за сутки и за неделю.

Анкетный опрос проводился по месту жительства респондентов. Всего роздано 335 анкет, а возвращено 311. Анкетирование осуществлялось среди родителей учащихся первых классов общеобразовательной школы. По данным анкетного опроса все дети были подразделены на 5 групп: с высоким (первая), выше среднего (вторая), средним (третья), ниже среднего (четвертая), и с низким уровнем ДА (пятая группа).

Двигательную активность детей в процессе физического воспитания оценивали по параметрам интенсивности и объема. Для этого на уроках физической культуры осуществлялось открытое педагогическое наблюдение. В качестве способа фиксации при наблюдении использовалось хронометрирование, проводимое по общепринятой методике [8]. В ходе наблюдений за поведением учащихся на уроках, особое внимание уделялось контролю за объективными и субъективными признаками ухудшения работоспособности. С помощью хронометража собиралась объективная информация о длительности нагрузок различной интенсивности и их соотношении в занятиях по физическому воспитанию. Наблюдения за интенсивностью нагрузки в недельном цикле занятий проводили один раз в месяц. Неделю обследования выбирали в случайном порядке. Для определения относительной интенсивности отдельного упражнения или серии упражнений использовали метод M.J. Karvonen [20], позволяющий выражать нагрузку в % от величины максимального пульсового резерва (МПР). Среднюю интенсивность занятия находили по формуле В.С. Келлера и Л.В. Сайчука [6]. К высокоинтенсивным относились

нагрузки, превышающие 60 % МПР, а к низкоинтенсивным – составляющие менее 40 % МПР [25].

По уровню двигательной активности на уроках физической культуры учащиеся также были подразделены на 5 групп. Детей, которые выполняют в школе физические упражнения высокой интенсивности больше 240 мин в неделю, отнесли к первой группе, более 180 минут – ко второй, более 120 минут – к третьей, более 90 минут – к четвертой, и, более 60 минут – к пятой группе.

В процессе исследования определяли мощность нагрузки при пульсе 170 уд/мин (PWC170) [9]. Комплекс контрольных упражнений состоял из показателей, характеризующих уровень развития физических качеств: 1) бег 20 метров с хода; 2) прыжок в длину с места; 3) челночный бег 4x9 м; 4) шестиминутный бег; 5) поднимание туловища из положения «лёжа на спине» за 1 минуту; 6) наклон вперёд.

Острую респираторно-вирусную заболеваемость изучали по абсолютным показателям: количеству дней болезни (КДБ); частоте случаев заболеваний (ЧЗ); средней длительности случая заболевания (ДЗ). Рассчитывали индекс здоровья (ИЗ), определяли показатель часто и длительно болеющих детей [5]. Обработке подвергались сведения, полученные в течение 9 месяцев на основе выкопировки справок и медицинских карт.

Анализ полученных данных осуществлялся с использованием стандартной программы в пакете Statistica.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Оценка результатов, полученных с помощью анкетного опроса родителей, указывает на то, что дети 6-8 лет существенно отличаются по объему недельной двигательной активности (ДА). Причем процент школьников с низким объемом ДА значимо ($p < 0,05$) превосходит число детей с «высокой» и «выше средней» ДА.

Анализ результатов исследования свидетельствует о том, что взаимоотношения между двигательной активностью и острой заболеваемостью детей может быть описано зависимостью типа «доза–эффект». На рис. 1 представлены данные о заболеваемости школьников, характеризующихся различным недельным объемом движений. Видно, что по мере увеличения уровня ДА наблюдается снижение острой заболеваемости и увеличение индекса здоровья.

Вместе с тем в большинстве случаев статистически значимые различия между «крайними» группами детей, в отношении рассматриваемых показателей острой заболеваемости, отсутствуют. Это отражает относительно невысокую различительную способность анкетного опроса в плане точной оценки «истинного» уровня физической активности детей. Полученные данные подтверждают сведения о том, что анкетирование пригодно, главным образом, для массовых эпидемиологических исследований физической активности детей и подростков [14, 17].

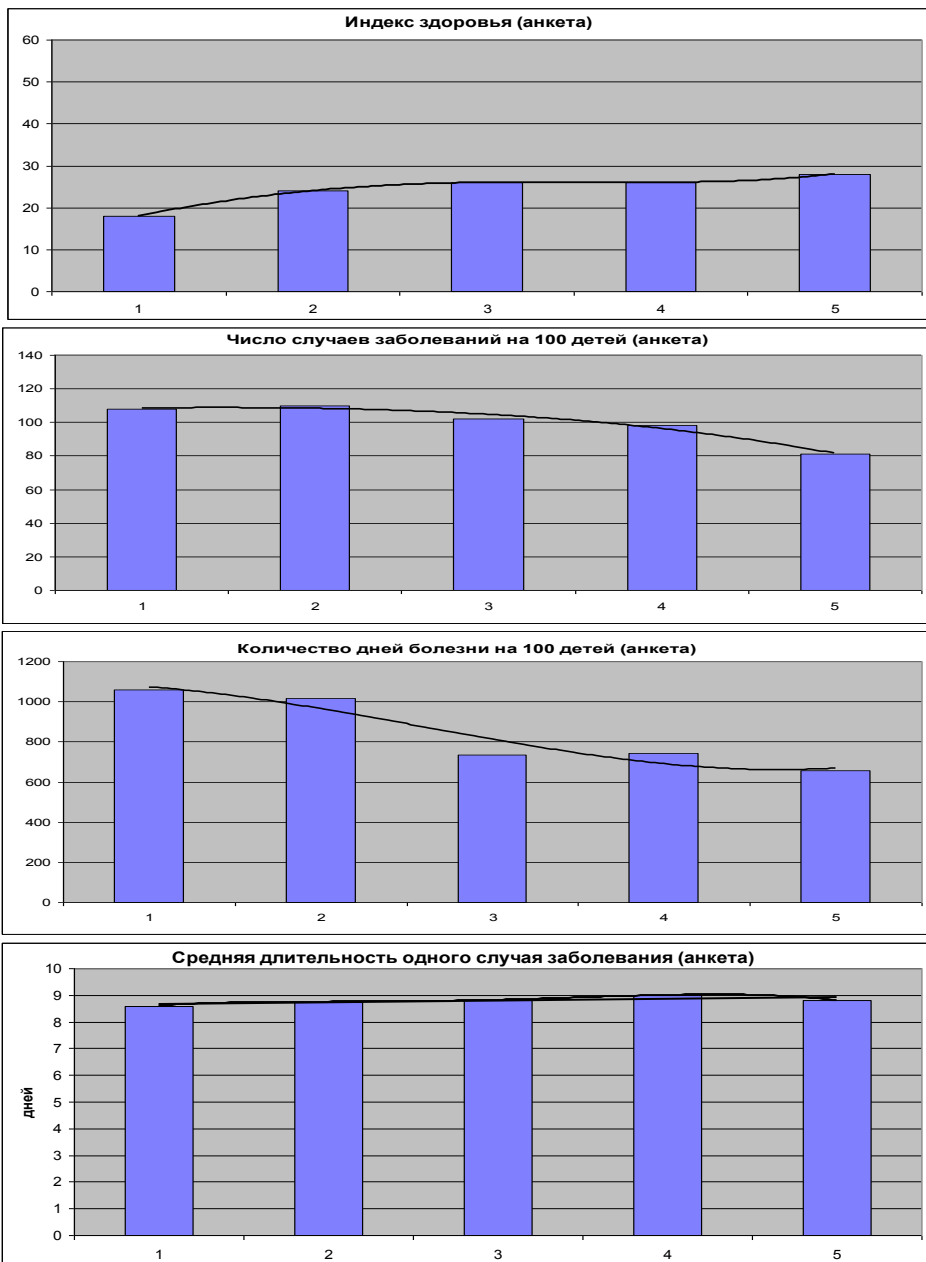


Рис. 1. Основные показатели острой заболеваемости детей с различным уровнем недельной двигательной активности (по результатам анкетирования)
 Примечание: 1 – низкий; 2 – ниже среднего; 3 – средний; 4 – выше среднего; 5 – высокий уровень ДА.

В связи с вышеизложенным определенным интерес представляют данные взаимосвязи острой респираторно-вирусной заболеваемости детей с интенсивностью и недельным объемом физической нагрузки, реализованной в процессе физического воспитания. Результаты проведенных педагогических наблюдений свидетельствуют о том, что средняя интенсивность уроков физической культуры, рассчитанная применительно к девятимесячному периоду занятий, существенно отличалась в разных школах и в разных учебных классах.

Это позволило сравнить заболеваемость первоклассников с учетом интенсивности занятий по физическому воспитанию. Анализ полученных результатов в зависимости от уровня интенсивности показал, что данный параметр нагрузки оказывает существенное влияние на рассматриваемые показатели острой заболеваемости детей 6-8 лет. Установлено, что группы школьников с «высокой» интенсивностью занятий по сравнению с первоклассниками с «низкой» интенсивностью нагрузки, характеризуются повышенным индексом здоровья, с одной стороны, и пониженными величинами показателей частоты случаев заболеваний ($p < 0.05$) и количества дней болезни ($p < 0.05$), с другой (рис. 2).

Результаты исследования показали, что обследуемые дети с низким уровнем интенсивной ДА на занятиях по физическому воспитанию отличались наибольшей заболеваемостью (рис. 2, 3; табл. 1).

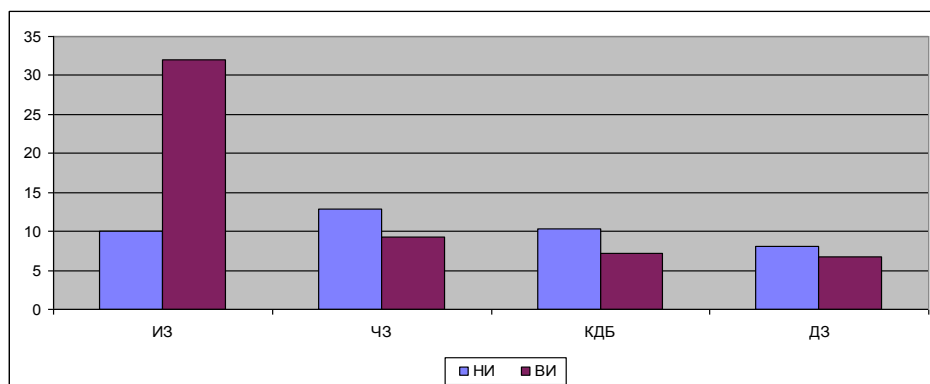


Рис. 2. Острая заболеваемость детей с высокой (ВИ) и низкой (НИ) интенсивностью двигательной активности на занятиях по физическому воспитанию

Примечание: обозначения см. в разделе «методика».

Изучение динамики рассматриваемых показателей заболеваемости в зависимости от недельного объема нагрузки, показало, что по мере повышения продолжительности физической активности высокой интенсивности, как правило, происходило уменьшение числа дней, пропущенных по болезни, среднего количества заболеваний и увеличения индекса здоровья (рис. 3). Между испытуемыми с низким и высоким уровнями ДА в большинстве случаев обнаруживаются статистически значимые различия. Так, дети с высоким уровнем ДА уступали школьникам с низким объемом движений по числу случаев заболеваний ($p < 0,001$), количеству дней болезни ($p < 0,001$), показателю часто и длительно болевших лиц и превосходили их по величине индекса здоровья (табл. 1).

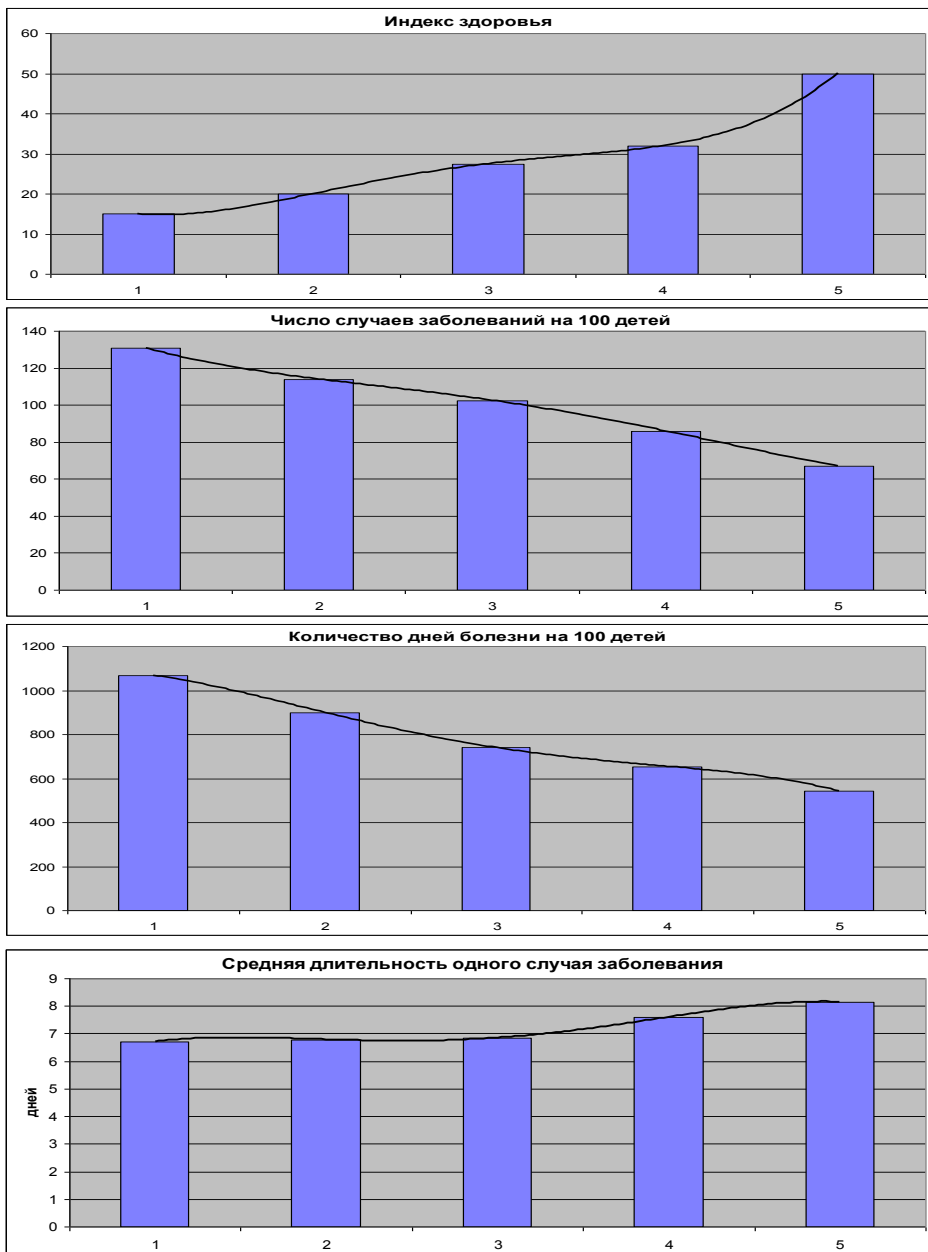


Рисунок 3. Основные показатели острой заболеваемости детей с различным уровнем двигательной активности на занятиях по физическому воспитанию
 Примечание: 1 – низкий; 2 – ниже среднего; 3 – средний; 4 – выше среднего; 5 – высокий уровень ДА.

Важно подчеркнуть, что значительное снижение риска заболевания, как правило, происходит на уровне 180 минут физической нагрузки высокой интенсивности (60-84 % МПР) в неделю.

Таблица 1

Острая заболеваемость детей с высокой и низкой двигательной активностью

Показатель	Двигательная активность	
	НУ	ВУ
Число случаев заболеваний	1,34±0,10	0,70±0,11***
Количество дней болезни	10,39±0,99	5,12±0,88***
Показатель часто и длительно болевших детей	23,0	–
Индекс здоровья	15,0	50,0

Таким образом, полученные эмпирические материалы свидетельствуют о том, что использование педагогических наблюдений (хронометрирования) позволяет получить более точную и дифференцированную информацию об уровне ДА детей в процессе физического воспитания, чем анкетный опрос. Однако, имеется обратная взаимосвязь типа «доза–эффект» между интенсивностью и недельным объемом физической нагрузки, с одной стороны, и острой заболеваемостью детей, с другой.

Данные изучения физической работоспособности и подготовленности учащихся, свидетельствуют о том, что по всем рассматриваемым параметрам между группами обследуемых с высокой и низкой ДА имеются статистически значимые различия. При этом необходимо отметить, что наиболее существенно ($p < 0,05 - 0,001$) дети обеих групп отличаются в отношении результатов выполнения шестиминутного бега, прыжка в длину с места и теста РWC170.

Полученные сведения хорошо согласуются с результатами других исследований. В этом отношении представляются весьма убедительными данные Р.М. Баевского [3], изучавшего связь заболеваемости со степенью адаптации человека к условиям окружающей среды в возрастном аспекте. Было показано, что различные возрастные группы существенно отличаются по показателям заболеваемости. При этом внутри каждой возрастной группы выявлена общая тенденция, проявляющаяся в том, что низкой степени адаптации организма к физическим нагрузкам соответствует более высокая заболеваемость. Переход от состояния нормы к состоянию напряжения механизмов адаптации, затем к неудовлетворительной адаптации, и наконец, к срыву адаптации сопровождался четким увеличением числа дней нетрудоспособности по болезни.

Результаты других эпидемиологических исследований также свидетельствуют, что у лиц, отличающихся низкой двигательной активностью, симптомы ОРЗ возникают чаще, чем у регулярно выполняющих средние по величине физические нагрузки, в то время как наибольший риск ОРЗ характерен для индивидов, применяющих предельные спортивные нагрузки [10; 14; 15]. Считается, что положи-

тельное воздействие регулярных занятий физическими упражнениями опосредуется изменениями иммунологической реактивности. В ряде фундаментальных работ показано, что наиболее эффективными в отношении профилактики простудных заболеваний, являются занятия физическими упражнениями с умеренными, предельными по объему и интенсивности нагрузками, характерными для массового физического воспитания [1; 2; 15; 21; 26]. Это связано с тем, что правильно подобранный режим занятий, использование адекватных нагрузок, обеспечивают не только повышение физической работоспособности и подготовленности, но и стимулируют рост активности гуморальных, клеточных и секреторных звеньев иммунной системы, обуславливая возрастание устойчивости организма к инфекциям [7; 10; 11; 12; 13; 16]. Полученные сведения согласуются с моделью, описывающей зависимость состояния здоровья от суточной ДА в виде параболы [14; 22]. Вероятно, в основе оптимизации иммунологической реактивности и, соответственно, снижения острой заболеваемости под влиянием физических нагрузок лежит способность стрессоров средней интенсивности активировать тимико-лимфатическую систему и повышать неспецифическую резистентность организма [4].

Таким образом, школьники с высоким уровнем двигательной активности характеризуются более благоприятной динамикой острой заболеваемости по сравнению с детьми, имеющими низкий уровень ДА.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В критический период развития, связанный с преобразованием базовых механизмов адаптации к условиям обучения и воспитания, на основе анализа зависимости «доза–эффект» выявлена общая тенденция к уменьшению показателей острой респираторно-вирусной заболеваемости школьников, по мере увеличения ДА в рамках физиологически обусловленного диапазона физических нагрузок. Полученные данные позволяют рассматривать недельную величину ДА как один из ведущих факторов, определяющих острую заболеваемость детей. Необходимо подчеркнуть, что в процессе оценки зависимости «доза–эффект» между рассматриваемыми параметрами необходимо учитывать недельный объем и среднюю интенсивность физической нагрузки.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что между двигательной активностью и заболеваемостью детей, существует зависимость типа «доза–эффект», при которой более высокие уровни мышечной деятельности связаны с улучшением показателей острой заболеваемости.

2. На показатели заболеваемости детей выраженное влияние оказывают объем и интенсивность ДА, реализуемой в процессе физического воспитания:

- Школьники с высокой интенсивностью нагрузки, характеризуются более благоприятной динамикой показателей острой заболеваемости по сравнению с детьми, выполняющими в недельном цикле ДА преимущественно низкой интенсивности.
- С увеличением недельного объема движений высокой интенсивности, отмечается снижение острой респираторно-вирусной заболеваемости.

Работа выполнена при поддержке Российского гуманитарного научного фонда (грант № 14-06-00211а)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Апанасенко Г.Л. Индивидуальное здоровье: сущность, механизмы // Гигиена и санитария. – 2004. – № 1. – С. 60-63.
2. Аронов Г.Е., Иванова Н.И., Козлов М.И. Влияние физических нагрузок различной интенсивности на состояние иммунологической реактивности // Иммунология и аллергология. – 1986. – № 20. – С. 76-79.
3. Баевский Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии. – М., 1979. – 208 с.
4. Гаркави Л. Х. Активационная терапия. – Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 2006. – 256 с.
5. Гигиена детей и подростков / Под ред. Г.Н. Сердюковской, А.Г. Сухарева. – М.: Медицина, 1986. – 496 с.
6. Годик М.А. Спортивная метрология: Учебник для институтов физ. культ. – М.: Физкультура и спорт, 1988. – 192 с.
7. Детская спортивная медицина / Под ред. С.Б. Тихвинского, С.В. Хрущева. – М.: Медицина, 1991. – 560 с.
8. Дружинин В.Н. Экспериментальная психология. – СПб.: Питер, 2012. – 320 с.
9. Карпман В.Л., Белоцерковский З.Б., Гудков И.А. Тестирование в спортивной медицине. – М.: Физкультура и спорт, 1988. – 208 с.
10. Левандо В.А., Сафонов Л.В., Першин Б.Б. Материалы к обоснованию общей теории спортивной патологии // Вестник спортивной науки. – 2008. – № 4. – С. 83-85.
11. Мусин З.Х., Латухов С.В. Иммунная система человека и физическая нагрузка // Медицинская иммунология. – 2007. – Т. 9, № 1. – С. 35-38.
12. Подростковая медицина / Под ред. проф. Л.И. Левиной. – СПб.: Специальная литература, 1999. – С.659-689.
13. Суздальницкий Р.С., Левандо В.А. Новые подходы к пониманию спортивных стрессорных иммунодефицитов // Теория и практика физической культуры. – 2003. – № 1. – С. 18-22.
14. Сухарев А.Г. Здоровье и физическое воспитание детей и подростков. – М.: Медицина, 1991. – 272 с.
15. Швеллнус М., Джинс О., Мотаунг С., Сварт Дж. Спорт и инфекции // Олимпийское руководство по спортивной медицине. – М.: Практика, 2011. – С. 393-414.
16. Шубик В.М., Левин М.Я. Иммунологическая реактивность юных спортсменов. – М.: Физкультура и спорт, 1982. – 136 с.
17. Global Recommendations on Physical activity for Health. – Geneva, World Health Organization, 2010. – 60 p.
18. Global strategy on diet, physical activity and health. Geneva, World Health Organization, 2004. – 19 p.

19. Janssen I, Leblanc A. Systematic Review of the Health Benefits of Physical Activity in School-Aged Children and Youth //International Journal of Behavioural Nutrition and Physical Activity. – 2010. – Vol. 7, № 40. – P. 1-16.

20. Karvonen, M.J. Heart rate and exercise intensity during sport activities: Practical application / M.J. Karvonen, T. Viorimaa // Sports Medicine. – 1988. – № 5. – P. 303-312.

21. Nieman D.C. Special feature for the Olympics: effects of exercise on the immune system – exercise effects on systemic immunity // Immunology and Cell Biology. – 2000. – V. 78. – P. 496-501.

22. Pate R.R., Pratt M., Blair S.N. et al. Physical activity and public health. A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine // JAMA. – 1995. – Vol. 273 (5). – P. 402-427.

23. Pedersen B.K., Saltin B. Evidence for prescribing exercise as therapy in chronic disease // Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports. – 2006. – 16. (Suppl. 1): 3–63.

24. Physical activity and health in Europe: evidence for action / edited by Nick Cavill, Sonja Kahlmeier and Francesca Racioppi. – Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2006. – 34 c.

25. Physical Activity Guidelines for Americans. – Washington, 2008. – 65 p.

26. Timmons B.W., Proudfoot N.A., Mac Donald M.J. et al. The health outcomes and physical activity in preschoolers (HOPP) study: rationale and design // BMC Public Health. – 2012. – V. 12, Issue 4. – P. 284-290.

27. Warburton D.E., Nicol C.W., Bredin S.S. Health benefits of physical activity: the evidence // Canadian Medical Association Journal. – 2006. – 174 (6): 801–809.

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

В альманахе «Новые исследования», выходящем 4 раза в год, могут быть опубликованы прошедшие рецензирование статьи по всем направлениям возрастной физиологии, морфологии, школьной гигиены и физического воспитания детей и подростков.

При направлении статьи в редакцию рекомендуется руководствоваться следующими правилами:

1. На первой странице указываются название статьи, Инициалы и Фамилия автора, учреждение, из которого выходит статья.

2. Объем статьи: Обобщающих теоретико-экспериментальных работ и обзорных работ – не более одного авторского листа (24 стр.), экспериментальных работ – не более 0.8 авторского листа (18 стр.), кратких сообщений и методических статей – не более 4–5 стр.

3. Изложение материала в статье экспериментального характера должно быть представлено следующим образом: краткое введение, методы исследования, результаты исследования и их обсуждение, выводы, список литературы. Таблицы (не более 3) печатаются на отдельных страницах и должны быть пронумерованы в порядке общей нумерации, в тексте отмечается место, где должна быть помещена таблица.

4. Для иллюстраций статей принимается не более 4 рисунков. Рисунки представляются на отдельных страницах, на полях рукописи указывается место, где должен быть размещен рисунок. Рисунки, как и таблицы, выполняются на отдельных страницах, в тексте отмечается место, где должен быть помещен рисунок.

5. Цитирование авторов производится цифрами в квадратных скобках, список литературы располагать по алфавиту.

6. К статье прилагается аннотация в размере не более 10 строк на русском и английском языках.

7. Статьи направлять на электронном носителе (Word; шрифт Times 14, через 1.5 интервала, поля стандартные: сверху – 2.5 см, снизу – 2.0 см, слева – 3.0 см, справа – 1.5 см)

8. Редакция оставляет за собой право на сокращение и исправление статей. Рукописи, не принятые в печать не возвращаются. В случае возвращения статьи авторам для исправления согласно отзыву рецензента статья должна быть возвращена в течение 2 мес. в доработанном варианте с приложением первоначального.

9. С аспирантов и докторантов плата за публикацию рукописей не взимается.

Статьи следует направлять по адресу:

*119121, Москва, ул. Погодинская 8, корп.2, Институт возрастной физиологии РАО,
отв. секретарю альманаха Догадкиной С. Б. (комн. 32)
Тел/факс: (499) 245-04-33, тел: 708-36-83; E-mail: almanac@mail.ru*

Номер подписан в печать 19.03.2014.
Усл. п. л. 6,5. Тираж 500 экз.
Отпечатано ИП Скороходов В.А.
111401, г. Москва, ул. 3-я Владимирская, 11-18