

СОДЕРЖАНИЕ

ВОЗРАСТНАЯ АНТРОПОЛОГИЯ И МОРФОЛОГИЯ

ОСОБЕННОСТИ АНСАМБЛЕВОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

КОРЫ БОЛЬШОГО МОЗГА У ЮНОШЕЙ ОТ 17 ДО 20 ЛЕТ

Васильева В.А., Цехмистренко Т.А., Шумейко Н.С. 4

ШКОЛА И ЗДОРОВЬЕ

ОСОБЕННОСТИ ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ДЕТЕЙ 13-14 ЛЕТ

Макарова Л.В., Лукьянец Г.Н., Парааничева Т.М.,
Лезжова Г.Н., Тюрина Е.В., Орлов К.В. 9

ВОЗРАСТНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ПОДРОСТКОВ ПРИ НАПРЯЖЕННОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Криволапчук И.А., Чернова М.Б., Герасимов М.М.,
Савушкина Е.В., Полянская Н.В. 24

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ШКОЛЬНИКОВ 6-7 ЛЕТ ПРИ КОГНИТИВНОЙ НАГРУЗКЕ

Криволапчук И.А., Чернова М.Б. 36

НОРМИРОВАНИЕ НАГРУЗОК НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ЗАВИСИМОСТИ «ДОЗА–ЭФФЕКТ» У ДЕТЕЙ 7-8 ЛЕТ

Криволапчук И.А., Чернова М.Б., Герасимова А.А. 45

ДОЛГОВРЕМЕННЫЕ ЭФФЕКТЫ ВЛИЯНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ УПРАЖНЕ- НИЙ АЭРОБНОГО ХАРАКТЕРА НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ДЕТЕЙ ПРИ СТРЕССЕ

Зайцева Г.А., Криволапчук И.И., Бондарева С.А.,
Буслаков А.П., Носова Р.М. 54

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ В ОБЛАСТИ ПРАВИЛЬНОГО ПИТАНИЯ

Макеева А.Г. 60

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ПЕРВОКЛАССНИКОВ, ОБУЧАЮЩИХСЯ В ШКОЛАХ С РАЗЛИЧНЫМ ОБЪЕМОМ КРУГЛОГОДИЧНЫХ КОМПЛЕКСНЫХ ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Шарапов А.Н., Безобразова В.Н., Догадкина С.Б.,
Кмить Г.В., Рублёва Л.В. 70

ВОЗРАСТНАЯ АНТРОПОЛОГИЯ И МОРФОЛОГИЯ

ОСОБЕННОСТИ АНСАМБЛЕВОЙ ОРГАНИЗАЦИИ КОРЫ БОЛЬШОГО МОЗГА У ЮНОШЕЙ ОТ 17 ДО 20 ЛЕТ

В.А. Васильева¹, Т.А. Цехмистренко, Н.С. Шумейко
ФГБНУ «Институт возрастной физиологии РАО», Москва

В результате исследования левых полушарий юношей от 17 до 20 лет методом компьютерной морфометрии установлены особенности гнездовых группировок нейронов III слоя полей 4р, 6 и 6ор двигательной коры, поля 10 префронтальной коры, полей 17 и 19 зрительной и поля 37ac задней ассоциативной областей коры большого мозга человека (18 полушарий). Во всех изученных полях структура микроансамблей различается как по площади профильных полей клеточных группировок, так и по количеству, размерам и композиции нейронов в группировках.

Ключевые слова: двигательная кора, префронтальная кора, зрительная кора, задняя ассоциативная область, нейрон, микроансамбли, компьютерная морфометрия, постнатальный онтогенез

State of the ensembles organization in the human brain cortex from 17 up to 20 years old. This study was held with the help of computer morphometry in layer III of 4p, 6, 6or areas of motor zone, in prefrontal area 10, in visual areas 17, 19 and posterior associative zone area 37ac of the cerebral cortex (18 left hemispheres) of young people from 17 to 20 years old. Nesting groups of neurones which were considered as components (microensembles) of the modular organization of cerebral cortex were investigated. The structures of microensembles of the all studied zones differ in size of specific areas of cell groups and in number, size and composition of neurons.

Key words: motor cortex, prefrontal cortex, visual cortex, posterior associative cortex, neuron, microensembles, computer morphometry, postnatal ontogenesis

В соответствии с современными представлениями о структурно-функциональной организации корковых формаций большого мозга в ее основе лежит модульный принцип построения распределенных нейрональных сетей, избирательно вовлекающихся в различные виды функционально специализированной мозговой деятельности [7]. Важными структурными компонентами морфофункциональных модулей на корковом уровне являются локальные скопления нейронов разного типа в ансамблеобразующих слоях коры, описанные нами ранее как клеточные группировки гнездного типа, или микроансамбли, являющиеся низшим звеном в системе сложноорганизованной системной мозговой деятельности с участием экранных структур мозга [6]. Интерес представляет изучение структурной организации микроансамблей в различных отделах коры большого мозга у юношей постпубертатного возраста, когда морфофункциональная организация мозговых структур достигает дефинитивного уровня.

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

Задачей работы было изучение на секционном материале с применением объективных количественных методов возрастных особенностей ансамблевой организации в двигательной, префронтальной, зрительной и задней ассоциативной областях коры большого мозга у юношей от 17 до 20 лет. Данная работа является продолжением и углублением исследований по изучению структурных особенностей и размерных характеристик нейронных группировок в полях различных областей коры большого мозга детей и подростков.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучено 18 левых полушарий большого мозга юношей от 17 до 20 лет. После фиксации мозга в 12%-ном формалине выделяли поля 4р, 6 и бор, в префронтальной коре - поле 10, в затылочной области – поля 17 и 19, в височно-теменно-затылочной подобласти – поле 37ас. Кусочки мозга обезживали в спиртах восходящей концентрации и заливали в парафин и целлоидин. Парафиновые срезы толщиной 10 мкм (с каждого блока по 8-10 стёкол с 3-4 срезами на каждом) окрашивались крезильовым фиолетовым по Нисслию и импрегнировались азотнокислым серебром по Петерсу. Целлоидиновые срезы толщиной 100 мкм импрегнировали по Гольджи в модификации [1]. На препаратах, окрашенных по Нисслию, на установке “Armigistol” (Лабметод) по специальной программе определяли в III³ подслое полей 4р, 6, бор, 10, 19, 37ас и в IVb подслое поля 17 площади профильных полей (Пг) клеточных группировок нейронов, размеры и количество пирамидных нейронов, входящих в состав каждой группировки. Выделение клеточных ластанов (гнездных группировок) производилось автоматически на основе принципа близкого взаиморасположения, в соответствии с которым к группировке относили нейроны, расположенные по отношению друг к другу не далее, чем на расстоянии диаметра наименьшей нервной клетки, входящей в группировку. Обработка количественных данных проводилась методами вариационной статистики. Доверительный интервал средних арифметических величин рассчитывали по таблицам Р.Б.Стрелкова [4] при $p \leq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что в *двигательной коре* размеры клеточных группировок в изученных полях имеют локально специфические различия. В 17 лет в поле 4р (область представительства туловища) средняя площадь Пг наибольшая по сравнению с другими полями двигательной коры и составляет $5669,53 \pm 174,03$ мкм². В поле 6 (представительство руки) Пг достигает в среднем $4878,95 \pm 67,50$ мкм², в поле бор (зона представительства мышц головы) – $4893,31 \pm 122,10$ мкм². К 19-20 годам Пг в поле 4р уменьшается до $4630,54 \pm 167,30$ мкм², в поле 6 – до $4611,49 \pm 110,68$ мкм², а в поле бор – увеличивается до $5378,32 \pm 150,78$ мкм². Таким образом, по данным компьютерного морфометрического анализа от 17 до 20 лет в поле 4р площадь профильных полей клеточных группировок в среднем снижается в 1,2 раза, в поле 6 остается стабильной, а в поле бор увеличивается в 1,1 раза. Количественные изменения размеров клеточных группировок в ансамблеобразующем слое верхнего этажа коры обусловлены микроструктурными преобразова-

ниями нейроархитектоники, наблюдающимися в коре больших полушарий у юношей. К ним относится нарастание гетерогенности типов нейронов в группировках, а также отличия в распределении нейронов по размерным классам в составе группировок различных корковых полей. Так, в III^3 подслое поля 4p наблюдаются гнездовые группировки округлой формы, состоящие в среднем из 5-9 пирамидных нейронов разного размера. В поле 6 преобладают гнездовые группировки эллипсоидной формы, в состав которых входит 5-6 (от 3 до 10) пирамидных нейронов среднего калибра, а в поле бор группировки состоят из 6-10 разных по размеру, компактно расположенных и вертикально упорядоченных пирамидных и непиримидных нейронов. На препаратах, импрегнированных по Гольджи, базальные дендритные арборизации пирамидных нейронов во всех полях имеют от 3 до 8 порядков ветвления.

В *префронтальной коре* к 17 годам в поле 10 (интегративное поле лобного полюса) средняя площадь Пг составляет $2428,9 \pm 95,8$ мкм². К 20 годам этот показатель не изменяется и составляет в среднем $2541,8 \pm 142,2$ мкм². Смешанные группировки подслоя III^3 включают чаще 4-7, иногда до 12 нейронов разных типов и размеров. В составе группировок значительное место занимают пирамидные нейроны небольших размерных классов, отличающиеся грацильностью формы. Их апикальные и базальные дендриты имеют многочисленные тонкие терминальные букеты до 7-9 порядков ветвлений. Наиболее крупные пирамидные нейроны занимают центральное положение или располагаются в базальных отделах группировок. Укрупнение нейронов в области базальных отделов группировок, по-видимому, связано с интенсивным развитием внутрикорковых горизонтальных волокон на уровне внутреннего гранулярного слоя. В составе микроансамблей поля 10 на уровне III^3 подслоя, как правило, присутствуют от 1 до 3-4 интернейронов разных типов. Большие корзинчатые и звездчатые интернейроны в составе микроансамблей встречаются реже и отличаются мультиполярной формой, имеют хорошо дифференцированные дендритные букеты до 3-5 порядков ветвлений. Короткоаксонные звездчатые нейроны наиболее типичны для гнездовых группировок префронтальной коры. Он, как правило, относится к классу мелких нейронов, отличаются локальной специфической грацильностью и имеют дендритные и аксонные арборизации, достигающие 3-4 порядков ветвления.

Изучение микроансамблей *зрительной коры* большого мозга осуществляли в IVb подслое поля 17, характеризующемся хорошо развитым афферентным звеном, воспринимающим импульсы при входе в кору, а также в III^3 подслое полей 19 и 37ас, дающем начало системе ассоциативных и каллозальных межкорковых связей. В 17 лет Пг в IVb подслое поля 17 составляет в среднем $1245,35 \pm 77,06$ мкм². К 19-20 годам прослеживается тенденция к нарастанию размера гнездовых группировок за счет увеличения их ширины ($p > 0,05$). К 20 годам в поле 17 Пг увеличивается по сравнению с 17 годами и составляет $1394,05 \pm 66,09$ мкм². В III^3 подслое поля 19 к 17 годам Пг составляет $3564,48 \pm 172,82$ мкм². В 19-20 лет Пг увеличивается как за счет нарастания в ширину и высоту и составляет $4682,35 \pm 208,64$ мкм². В поле 37ас Пг составляет $4774,92 \pm 225,40$ мкм² и нарастает к 19 годам до $5247,65 \pm 189,84$ мкм². Таким образом, у юношей 17 лет наименьшая Пг наблюдается в первичном поле 17, наибольшая – в ассоциативном поле 37ас. В ансамблеобразующих слоях зрительной коры, как и в двигательной коре, прослеживается

нарастание размеров гнездных группировок, широко варьирующих индивидуально на протяжении подростково-юношеского возраста [2]. В поле 17 группировки гнездного типа чаще состоят из 3-5 пирамидных нейронов одинакового размера или из 3-4 пирамидных и одного звездчатого нейрона. В микроансамблях ассоциативных полей 19 и 37ас композиция нейронных объединений более сложная, так как характеризуется многоклеточностью и включением в состав группировок пирамидных нейронов крупных размерных классов. Общее количество нейронов в группировках варьирует от 5-6 до 10-11 нервных клеток. Как и в корковых полях полях лобной доли больших полушарий, в зрительной коре затылочной доли у юношей увеличивается гетерогенность клеточного состава в группировках: нарастает число нейронов различных размерных классов, при этом наиболее крупные нейроны базируются у основания группировки. Вероятно, мелкие и средние нейроны группировок воспринимают основную массу афферентных воздействий, тогда как крупные нейроны обеспечивают локально интегрированный эфферентный выход из нее.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Количественный анализ площади профильных полей группировок нейронов на срезах коры больших полушарий юношей 17-20 лет позволил установить, что наиболее крупные группировки характерны для исследованных первичных полей двигательной коры, наиболее мелкие – для первичного поля зрительной коры, что, несомненно, отражает их локальную структурно-функциональную специфику. Аналогичные значимые различия в размерах нейронных группировок прослеживаются в ассоциативных зонах коры: в поле 10 лобного полюса они меньше по сравнению с заднеассоциативными полями 19 и 37ас.

Объективный анализ структуры гнездных группировок ансамблеобразующих слоев коры больших полушарий у людей юношеского возраста показал, что, несмотря на дефинитивный уровень развития микроструктуры коры, в ней продолжается ряд системных изменений ее модульной организации. Об этом свидетельствуют изменения размерных параметров гнездных группировок нейронов ансамблеобразующих слоев верхнего этажа коры, которые могут носить разнонаправленный характер. Например, от 17 к 20 годам в полях двигательной коры отмечено как увеличение площади клеточных группировок в поле бор (зона представительства мышц головы), так и уменьшение размеров к концу подростково-юношеского возраста в поле 4р (зона представительства туловища). В префронтальной коре лобного полюса размер профильных полей гнездных группировок на протяжении исследованного возрастного этапа остается стабильным. В зрительной коре, как в области коркового центра зрительного анализатора, так и в ее проекционно-ассоциативной и заднеассоциативной зонах отмечается нарастание размеров клеточных кластеров верхнего этажа коры. Интерес вызывает тот факт, что функционально и топографически отличающиеся корковые поля имеют значимые различия в композиции нейронов разного типа в составе исследованных микроансамблей. Так, в полях двигательной коры клеточные группировки состоят, как правило, из однотипных пирамидных нейронов, относящихся к 2-3 размерным классам - мелким, средним и крупным. В зрительной коре в состав груп-

пировок часто включаются пирамидные нейроны более широкого размерного спектра (самые мелкие и наиболее крупные), а также один, редко два непиримидных нейрона. Наиболее сложными по композиции и многоклеточными являются нейронные кластеры префронтальной коры, в которых преобладают пирамидные нейроны грацильного типа и, как правило, присутствуют непиримидные нейроны, число которых может колебаться от 1 до 3-4 в одной группировке. Вероятно, нарастание размеров и усложнение состава и композиции внутриклеточных нейронных кластеров тесно связано с нарастанием удельного объема внутрикорковых волокон в подростково-юношеском возрасте, что имеет большое значение для совершенствования зрительного восприятия, внимания и связанных с ними когнитивных функций [3, 5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонова А.М. Модификация метода Гольджи с применением вольфрамвокислого натрия // Бюллетень экспериментальной биологии. – 1967. – Т. 63, вып. 3. – С. 123.
2. Васильева В.А., Шумейко Н.С. Индивидуальные особенности цитоархитектоники двигательной и задней ассоциативной областей коры большого мозга человека от рождения до 20 лет // Альманах «Новые исследования». – 2009. – № 1. – С. 27-33.
3. Мозговые механизмы формирования познавательной деятельности в предшкольном и младшем школьном возрасте / Под ред. Р.И. Мачинской, Д.А. Фарбер. – М.: НОУ ВПО «МПСУ»; Воронеж: МОДЭК, 2014. – 440 с.
4. Стрелков Р.Б. Экспресс-метод статистической обработки экспериментальных и клинических данных. – М.: Изд. П МОЛГМИ, 1986. – 86 с.
5. Цехмистренко Т.А., Козлов В.И. Гистофизиологический подход к изучению структурной организации коры мозга человека в онтогенезе// Тихоокеанский медицинский журнал. – 2016. – № 2. – С. 103-108.
6. Douglas R.J., Martin K.A. Neuronal circuits of the neocortex // Annual Review of Neuroscience. – 2004. – Vol.27. – P. 419-451.
7. Sepulcre J., Liu H., Talukdar T., Martincorena I., Thomas Yeo B.T., Buckner R.L. The Organization of Local and Distant Functional Connectivity in the Human Brain // PLoS Computational Biology. – 2010. – Vol. 6, Issue 6. e1000808. – P. 1-15.

ШКОЛА И ЗДОРОВЬЕ

ОСОБЕННОСТИ ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ДЕТЕЙ 13-14 ЛЕТ

Состояние здоровья и физическое развитие детей 13-14 лет

*Л.В. Макарова¹, Г.Н. Лукьянец, Т.М. Параничева,
Г.Н. Лезжова, Е.В. Тюрина, К.В. Орлов
ФГБНУ «Институт возрастной физиологии РАО», Москва.*

Обследованы дети 13 и 14 лет Московского региона. Выявлены особенности физического развития подростков обоего пола; изучены показатели их полового созревания и дан многосторонний математический анализ взаимосвязи изучаемых компонентов развития подростков.

Ключевые слова: *физическое развитие, половое созревание, дети 13 и 14 лет, избыток массы тела, дефицит массы тела, гармоничное развитие*

Children of 13 and 14 years of the Moscow region are examined. *Features of physical development of teenagers of both sexes are revealed; indicators of their puberty are studied and the multilateral mathematical analysis of interrelation of the studied components of development of teenagers is given.*

Keywords: *physical development, puberty, children of 13 and 14 years, surplus of body weight, deficiency of body weight, harmonious development*

Сохранение здоровья детского населения стала стратегической целью не только отечественного здравоохранения, но и государственной политики в целом. Это обусловлено прогрессирующим увеличением количества отклонений в состоянии здоровья детей и снижением доли здоровых детей. Во всех возрастно-половых группах увеличился удельный вес детей, страдающих хроническими заболеваниями, вырос уровень заболеваемости в целом и по отдельным классам болезней [19, 21].

У детей первых лет обучения, как правило, в состоянии здоровья преобладают функциональные нарушения (II группа здоровья). В процессе обучения и роста академической нагрузки у детей увеличивается число хронических заболеваний, хроническая патология носит поли системный характер, при котором заболевания желудочно-кишечного тракта чаще других сочетаются с нарушением развития костно-мышечной системы, синдромом вегетативных дисфункций, патологией щитовидной железы [25].

В конечном счете, к 15-18 годам количество патологий у ребенка практически удваивается. В отличие от прошлого столетия в структуре соматических заболеваний преобладают заболевания эндокринной, мочевыделительной, нервной системы, психические расстройства. Ухудшение состояния здоровья детей и подростков повлекло за собой нарастание негативных медико-социальных последствий [3, 5, 11, 12, 31, 32]. Так, рост заболеваемости увеличивает социальную дез-

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

адаптированность и дезинтегрированность, влечет ограничение в выборе профессии. Число подростков-старшеклассников, имеющих ограничения в выборе профессии и профиля профессионального обучения достигает до 66%. Кроме того, непригодность к воинской обязанности (более половины юношей призывного возраста нуждаются в отсрочке от призыва в армию по состоянию здоровья [1]), ухудшение репродуктивного здоровья юношей и девушек существенно сказываются на потенциале страны и ее будущего [5, 13, 15].

К факторам ухудшения состояния здоровья относят недостаток двигательной активности, неправильную организацию питания, дефицит питания, стрессогенные технологии, напряженный характер учебы, значительный объем учебной нагрузки, нарушения режима дня [2, 6, 16, 22, 29]. Немаловажную роль играет экологический фактор. Высокая химическая техногенная нагрузка вызывает отклонения в физическом развитии детей и подростков [20].

Физическое развитие является одним из важнейших обобщающих показателей состояния здоровья ребенка. Выявление отклонений в сроках возрастного развития и дисгармоничности морфофункционального созревания, позволяет не только констатировать определенные изменения в состоянии здоровья, но, также, определить степень риска возникновения того или иного заболевания.

Целью данного исследования было определить возрастные и половые особенности физического развития детей 13-14 лет.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились в образовательных учреждениях г. Москвы. Всего обследовано 756 мальчиков и девочек 13-14 лет (табл.1).

Таблица 1

Возрастно-половой состав испытуемых

Возраст	Пол		
	Мальчики	Девочки	Всего
13 лет	172	179	351
14 лет	190	215	405
Всего	362	394	756

Исследование физического развития в группах мальчиков и девочек 13-14 лет проведено методом клинической антропометрии с определением длины, массы тела, уровня физического развития и степень его гармоничности. Сбор и обработка антропометрических данных производился по стандартной методике [8, 23]. Масса тела измерялась на электронных весах Tanita (модель BC-571, Японии) с точностью до 50г. Длина тела замерялась с помощью штангового антропометра с точностью до 0,5 см.

При оценке полового развития учитывалось наличие и степень развития вторичных половых признаков у девочек: молочных желез (Ма), лобкового (Р), аксилярного (Ах) оволосения и характер менструальной функции (Ме); у мальчиков – лобковое (Р), аксилярное (Ах) оволосения. Морфологическая зрелость репродуктивной системы оценивалась по уровню полового созревания с интеграцией в половую формулу МаАхРМе [30].

Сравнение среднестатистических данных в таблицах производилось с помощью t-критерия Стьюдента. Сравнение данных, выраженных в процентах в таблицах осуществлялось с применением z-критерия для долей. Использовался также дисперсионный анализ, z-критерий долей, коэффициент корреляции Пирсона (r), коэффициент корреляции Спирмена, регрессия, анализ главных компонент, канонический корреляционный анализ. 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 (АРА) [Publication Manual of the American Psychological Association, 6th edition, 2009].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Как свидетельствуют данные из таблицы 2 дети 14 лет в среднем на 5 см выше 13-летних. Причем у мальчиков прирост более значителен, чем у девочек. Так, мальчики выросли на 7,9 см, а девочки - на 2,4 см, что близко согласуется с упомянутыми нормативными данными. Если сопоставить с аналогичным приростом между 12-ю и 13-ю годами (прирост на 6,8 см у мальчиков и на 6,3 см у девочек), то отмечаем ясное замедление прироста длины тела у девочек, но ускорение его у мальчиков. Другими словами, возраст 13-14 лет - это период затухания пубертатного роста у девочек, но как раз самый его разгар у мальчиков.

Таблица 2

Средине величины длины и массы тела у детей 13 и 14 лет ($M \pm m$)

Группа	Кол-во испытуемых	Длина тела	Масса тела
13 лет	317	159,2±0,4	51,0±0,6
14 лет	340	164,2±0,4	57,0±0,7
М	311	162,8±0,6	55,3±0,8
Д	346	160,9±0,4	53,0±0,6
13 лет - М	153	158,7±0,7	51,1±1,0
13 лет - Д	164	159,5±0,5	51,0±0,8
14 лет - М	159	166,6±0,7	59,4±1,1
14 лет - Д	181	162,0±0,5	54,9±0,9

Таблица 3

Распределение детей по вариантам длины тела в зависимости от пола и возраста (в %).

Вариант длины тела	Возраст		Пол	
	13 лет	14 лет	Мальчи- ки	Девочки
Низкая	2,2 _а	2,8 _а	1,5 _а	3,3 _а
Ниже средней	12,9 _а	8,4 _а	11,3 _а	10,6 _а
Средняя	66,3 _а	68,8 _а	66,8 _а	67,9 _а
Выше средней	16,4 _а	18,4 _а	18,5 _а	16,2 _а
Высокая	2,2 _а	1,6 _а	1,9 _а	2,0 _а
N	317	250	265	302

Таблица 4

Распределение детей по вариантам длины тела у мальчиков и девочек 13 и 14 лет (в %).

Вариант длины тела	13 лет		14 лет	
	Мальчи- ки	Девочки	Мальчи- ки	Девочки
Низкая	0,7 _а	3,7 _а	2,7 _а	2,9 _а
Ниже средней	11,7 _а	14,0 _а	10,7 _а	6,5 _а
Средняя	70,6 _а	62,2 _а	61,6 _а	74,7 _б
Выше средней	15,0 _а	17,7 _а	23,2 _а	14,5 _а
Высокая	2,0 _а	2,4 _а	1,8 _а	1,4 _а
N	153	164	112	138

Мальчики 14 лет в среднем выше девочек приблизительно на 4.5 сантиметра в, хотя в 13 были ниже их на сантиметр. Эта картина также согласуется с нормативами. Как известно, в возрастной динамике основных антропометрических признаков имеет место двойной перекрест ростовых кривых как проявление полового диморфизма, связанный с разными сроками вступления в процессы полового созревания мальчиков и девочек. После 10 лет, в связи с пубертатным опережением, девочки выше, что продолжается до 13 ½ лет, когда мальчики догоняют девочек и даже становятся выше.

Первый перекрест ростовых кривых длины тела, когда девочки опережают в росте мальчиков, приходится на 12 лет, а в возрасте 14 лет выявляется выражен-

ное превышение длины тела у мальчиков – второй перекрест ростовых кривых. Эта закономерность отмечается и другими авторами. Так, Богомолова указывает, что существенное превышение основных антропометрических признаков у мальчиков сохраняется с 14 лет до завершения ростовых процессов. Максимальная скорость роста ДТ у мальчиков отмечена в 13, а у девочек – в 12, по МТ и ОГК в 13 и 11 лет у мальчиков и девочек соответственно [7].

Среди обследованных нами 14-летних школьников процент детей с длиной тела выше или ниже нормы несколько больше среди мальчиков, чем девочек. В целой выборке обнаружена слабо достоверная связь длины тела с наличием или отсутствием эндокринной хронической патологии (хи-квадрат, N=756, df=4, $p < .05$): детей, с эндокринологическим диагнозом, имеют низкий рост, что значимо больше, чем - среди не имеющих такого диагноза (5,9% против 1,2%).

На рисунке 1 отображена зависимость длины тела от возраста, выраженного в тысячах дней. На этом рисунке срединная тенденция увеличения длины тела показана кривой LOESS (локальная регрессия наименьших квадратов; ядро Епанечникова, аппроксимация по 25% ближайших точек). Хорошо видно, что эта линия увеличения длины тела крутая у мальчиков. У девочек она уплощается почти до горизонтали в 14 лет.

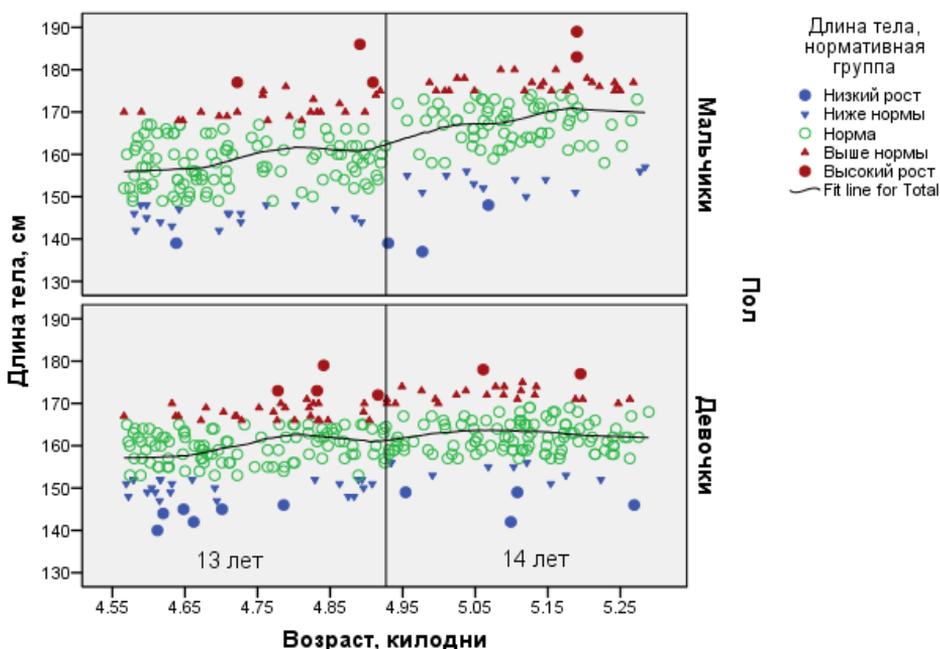


Рис 1. Длина тела в зависимости от возраста.

При рассмотрении тенденций развития школьников в возрастном аспекте (от 6 до 19 лет) установлено преобладание среднего уровня физического развития у девушек и низкого уровня у мальчиков, а также, по мере увеличения возраста, -

уменьшение числа школьников со средним уровнем развития и увеличение с низким уровнем развития [28].

Средняя масса тела у наших 14-летних на 6 кг больше, чем у 13-летних. Мальчики значительно тяжелее девочек в 14 лет ($59,4 \pm 1,1$ кг против $54,9 \pm 0,9$ кг). Почти 72-73% детей имеют нормальную массу тела (73% мальчиков и 72% девушек).

Среди 14-летних детей дефицит массы тела относительно реже отмечается по сравнению с 13-летними, а избыток массы тела, напротив, встречается чаще (табл. 5). В возрасте 14 лет (табл. 6) дефицит массы тела достоверно чаще наблюдается среди девочек (14,5%), нежели мальчиков (6,3%), а избыток – наоборот несколько чаще среди мальчиков (15,1% против 10,1% у девочек).

Таблица 5

Распределение детей 13-14 лет по вариантам физического развития (в %)

Вариант физического развития	Возраст		Пол	
	13 лет	14 лет	Мальчи-ки	Девочки
Дефицит массы	16,9 _а	10,8 _б	12,5 _а	15,7 _а
Нормальное	72,6 _а	72,4 _а	73,1 _а	72,0 _а
Избыток массы	6,1 _а	12,4 _б	11,0 _а	7,0 _а
Низкий рост, высокий рост	4,5 _а	4,4 _а	3,4 _а	5,3 _а
N	314	250	264	300

Таблица 6

Распределение детей 13 и 14 лет по вариантам физического развития в зависимости от пола (в %).

Вариант физического развития	13 лет		14 лет	
	Мальчи-ки	Девочки	Мальчи-ки	Девочки
Дефицит массы	17,1 _а	16,7 _а	6,3 _а	14,5 _б
Нормальное	72,4 _а	72,8 _а	74,1 _а	71,1 _а
Избыток массы	7,9 _а	4,3 _а	15,1 _а	10,1 _а
Низкий рост, высокий рост	2,6 _а	6,2 _а	4,5 _а	4,3 _а
N	152	162	112	138

Подобную закономерность наблюдали и другие исследователи. Так, при распределении по категориям физического развития Т.М. Максимовой и Н.П. Лушкиной было выявлено, что среди мальчиков больше детей с повышенной и высокой массой тела, а среди девочек — со сниженной и низкой массой тела ($t > 2$). Эти закономерности характерны как для младших школьников (до 10 лет), так и в более старших возрастах — 11—14 лет [15]. Уменьшение массы тела у школьников 14—17 лет в сравнении с девушками 90-х годов отмечено архангельскими исследователями [13]. В Кузбассе дисгармоничность физического развития в основном была связана также с дефицитом массы тела [17].

Увеличение доли детей с избыточной массой тела является характерным явлением для современных школьников, в том числе Московского региона. Среди обследованных нами детей таких было 11% (мальчиков). Как правило, дети с ожирением и избыточным весом имели какую-нибудь эндокринную патологию. Известно также, что в формировании патологии эндокринной системы решающее значение имеет ожирение, выраженность которого за последние десятилетия существенно увеличилась.

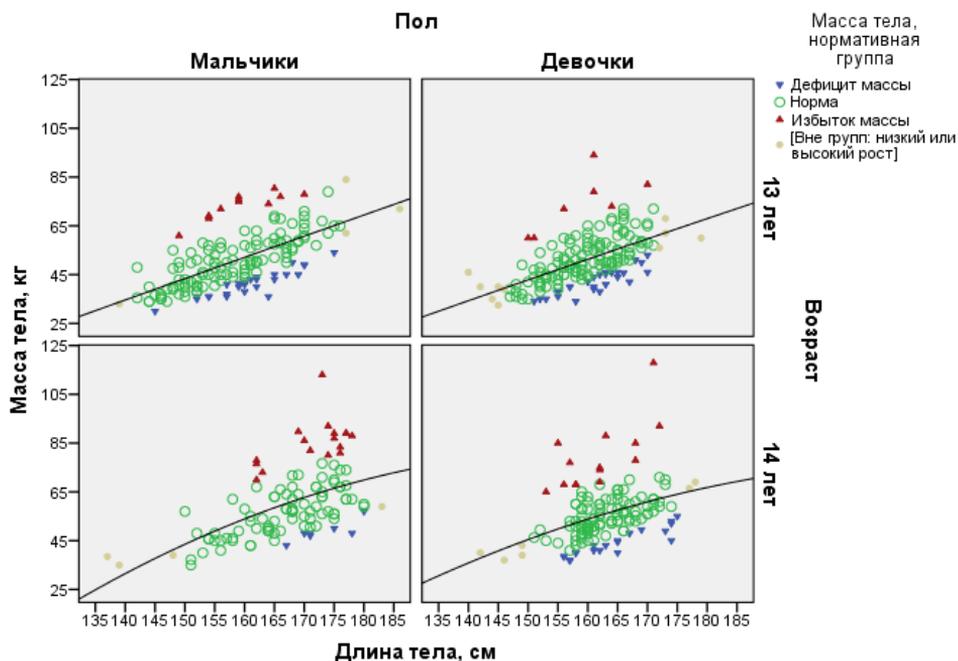


Рис 2. Масса тела в зависимости от длины тела.

Зависимость массы от длины тела в наших данных показана на рис. 2. Линии на рисунке — аппроксимация квадратичной регрессией наименьших квадратов. Интересно, что у 13-летних линия прямая, тогда как у 14-летних она выгнута. У детей младшего возраста (10-12 лет) она была наоборот, вогнута. Другими словами, в период пубертата изменяется зависимость массы от длины (при моделировании зависимости наименьшими квадратами). Если у детей, вступающих в пу-

бертат, зависимость остра только при большой длине тела, так что для того, чтобы быть заведомо тяжелее сверстников, ребенок должен быть «почти обязательно» более высокорослым, то у подростков в позднем пубертате нет такой особенности: более высокорослый может иметь и большой и малый вес, тогда как низкорослый скорее всего имеет низкую массу тела. Вероятно, мы тут наблюдаем феномен дифференциации типов телосложения в подростковом возрасте, и эта дифференциация затрагивает сильнее тех, кто имеет более высокий рост.

Связь варианта длины тела с массой тела не показала значимой зависимости. Сырые частоты и приведенные пирсоновские остатки показаны в таблице 7. Приведенный остаток говорит о величине частотной перепредставленности или недопредставленности данной категории (ячейки таблицы) по сравнению с ожидаемой при отсутствии связи. По остаткам видно, что дети с длиной тела ниже нормы, относительно редко имеют дефицит массы.

Таблица 7

Связь длины тела с массой тела Crosstabulation

Длина тела		Масса тела			Всего
		Дефицит массы	Норма	Избыток массы	
Ниже средней	Частота	5	51	5	61
	Приведенный остаток	-1,6	1,5	-0,3	
Средняя	Частота	56	290	34	380
	Приведенный остаток	-0,1	0,4	-0,4	
Выше средней	Частота	19	68	11	998
	Приведенный остаток	1,4	-1,7	0,7	
Всего	Частота	80	409	50	539

Оценка полового развития детей, как было сказано выше, проводилась по времени появления и степени выраженности вторичных половых признаков. Из представленных данных видно (табл.8,9; рис. 5) видно, что девочки опережают мальчиков в половом развитии. Лобковое оволосение опережает подмышечное в обеих возрастных группах и в обеих половых группах (критерий Вилкоксона, $p < 0,01$). Менархе имеется у 79% девочек к 13 годам и почти у 90% - к 14 годам.

Таблица 8

Показатели полового созревания мальчиков 13-14 лет, %

	13 лет	14 лет
Ax0	36,6	5,7
Ax1	45,1	33,6
Ax2	17,1	35,0
Ax3	1,2	25,7
P0	32,9	3,6
P1	37,8	22,9
P2	25,6	37,8
P3	3,7	35,7
N	82	140

Таблица 9

Показатели полового созревания девочек 13-14 лет, %

	13 лет	14 лет
Ma0	2,2	,0
Ma1	30,1	11,4
Ma2	40,4	19,9
Ma3	27,3	68,7
Ax0	8,0	0,6
Ax1	40,9	12,7
Ax2	33,6	22,9
Ax3	17,5	63,9
P0	0,7	0
P1	48,2	13,9
P2	27,0	21,7
P3	24,1	64,4
Me+	78,7	89,8
N	136	166

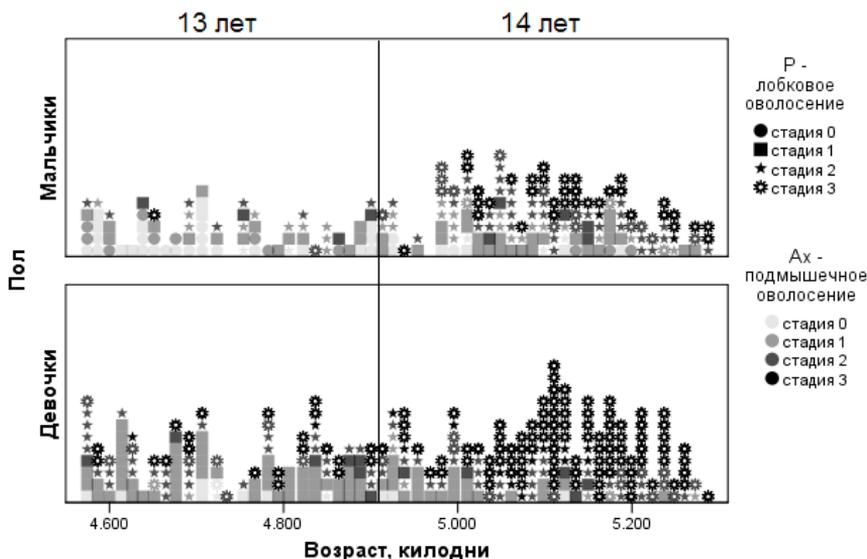


Рис. 5. Половое оволосение в выборке в зависимости от возраста.

С целью выявления связи между темпом полового созревания девочек и тремя факторами – возраст (в днях), длина тела, масса тела - был проведен регрессионный анализ. Использовалась порядковая логистическая регрессия. Переменная «масса тела» была предварительно прологарифмирована, чтобы сделать ее распределение более симметричным. Результаты проведенного анализа показали, что лобковое оволосение прогрессирует (т.е. переходит с 1-й на 2-ю и далее на последующие стадии) с возрастом (регрессионный коэффициент¹ 0,9, $p < 0,001$), и независимо от него массой тела (регрессионный коэффициент 0,6, $p < 0,01$). Та же зависимость отмечается и в отношении подмышечного оволосения. Прогресс в формировании грудных желез (переход со стадии на стадию начиная с 1-й) связан с возрастом (регрессионный коэффициент 0,85, $p < 0,001$) и независимо от него с массой тела (регрессионный коэффициент 0,7, $p < 0,001$). Наступление менархе также зависит от этих двух характеристик. Между тем, зависимость от массы тела в данном случае проявляется сильнее (коэффициент 0,9, $p < 0,01$), чем зависимость от возраста (коэффициент 0,4, $p < 0,05$). Для детей более младшего возраста (12-летних), мы ранее находили более сильную зависимость от возраста, чем массы [14].

Таким образом, проведенные исследования показали, что дети 14 лет в среднем на 5 см выше 13-летних. Причем у мальчиков прирост более значителен, чем у девочек. Так, мальчики выросли на 7,9 см, а девочки - на 2,4 см, что близко согласуется с данными других исследований. Как известно, между 7 и 9 годами мальчики примерно на сантиметр выше девочек. После 10 лет, в связи с пубертат-

¹ Здесь и далее в этом списке регрессионный коэффициент в условиях стандартизованных предсказывающих переменных.

ным опережением, девочки выше, что продолжается до 13 с половиной лет, когда мальчики настигают и становятся выше девочек. Средняя масса тела у 14-летних подростков на 6 кг больше, чем у 13-летних. Мальчики значительно тяжелее девочек в 14 лет. Оценка физического развития подростков показала, что среди 14-летних дефицит массы тела относительно чаще наблюдается среди девочек, а избыток – наоборот среди мальчиков. 72-73% подростков 13-14 лет имеют гармоничное (нормальное) физическое развитие. Общая картина распределения детей по этим показателям несущественно отличается от таковой, выявленной другими исследователями в Московском регионе [4, 9, 10, 25, 27].

В мировой и отечественной литературе 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. [4, 12, 24].

Исследователями было установлено также, что и по степени выраженности половых признаков современные школьники 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).

Средний возраст менархе у современных девочек соответствует 12–13 годам. Несмотря на снижение среднего возраста менархе у современных девочек, регулярный менструальный цикл часто устанавливается преимущественно между 15 и 16 годами (т.е. через 2-3 года с менархе). Становление менструального цикла при этом сопровождается более высокой частотой патологических отклонений: у каждой третьей девочки (30%) ритм менструаций не устанавливался в течение года и более от менархе, а менструации были редкими и скудными. В 70-е годы прошлого столетия всего в 0,57% наблюдений стабилизация менструального ритма потребовала более года. В начале текущего столетия у каждой второй девушки (50,8%) менструации были болезненными, в то время как в 1970-е годы у 82,4-85,7% девочек менструации были безболезненными; у 7% девочек продолжительность менструального кровотечения превысила 7 дней (в 1960-е годы меноррагию имели лишь 0,6-2,8% девочек) ($p < 0,05$) [17]. Если в возрасте 11-12 лет отставание полового развития преимущественно обусловлено отсутствием или недостаточным развитием половых признаков, в возрасте 13-15 лет – как недостаточным развитием половых признаков, так и неустановившимися, болезненными менструациями или их отсутствием.

Как показали результаты наших исследований, менархе имело место у 79% девочек к 13 годам, у 90% - в 14 лет. Несомненно, индивидуальное половое созревание, как по срокам начала, так и по длительности, у подростков может значительно варьировать. Однако развитие вторичных половых признаков приурочено к определенному паспортному возрасту и происходит в строгой последовательности отдельных признаков. Нарушение этой последовательности может свидетель-

ствовать об отклонениях в нормальном ходе развития подростка и служит основой диагностики серьезных нейроэндокринных нарушений.

По результатам нашей работы, в частности, регрессионного анализа, нарастание признаков полового созревания в разгаре пубертата определялось собственно возрастом (внутренними часами, т.е. генетической программой) и, кроме того и независимо от этого, достигнутой массой тела.

Физическое развитие современных школьников имеет ряд отклонений, сохраняются процессы децелерации, средний возраст менархе остается стабильным, однако, как показывают многочисленные исследования, формирование менструального цикла происходит с отставанием.

Изучение основных тенденций формирования физического и полового развития детей и подростков за последнее десятилетие может послужить основанием для разработки мер по сохранению репродуктивного здоровья.

ВЫВОДЫ

1. Оценка физического развития детей показала, что 72-73% детей 13-14 лет имеют гармоничное (нормальное) физическое развитие. Среди 14-летних дефицит относительно чаще наблюдается среди девочек, а избыток – наоборот среди мальчиков.

2. Дети 14 лет в среднем на 5 см выше 13-летних. Причем у мальчиков прирост более значителен, чем у девочек. Так, мальчики выросли на 7,9 см, а девочки - на 2,4 см, что близко согласуется с нормативными данными. Возраст 13-14 лет - это период затухания пубертатного роста у девочек, но самый его разгар у мальчиков. Средняя масса тела у наших 14-летних на 6 кг больше, чем у 13-летних. Мальчики значимо тяжелее девочек в 14 лет.

3. Девочки опережают мальчиков в половом развитии. Лобковое оволосение опережает подмышечное в обеих возрастных группах и в обеих половых группах (критерий Вилкоксона, $p < 0,01$). Менархе имеется у 79% девочек к 13 годам, у 90% - к 14 годам.

4. Прогресс внешних признаков полового созревания в разгаре пубертата определялось собственно возрастом (внутренними часами, т.е. генетической программой) и, кроме того и независимо от этого, достигнутой массой тела.

5. Показатели физического развития детей 13-14 лет близки к таковым Московского региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айзман, Р.И. Принципы и алгоритмы мониторинга здоровья учащихся и студентов / Р.И. Айзман, Н.И. Айзман, В.Б. Рубанович, А.В. Лебедев // Сибирское медицинское обозрение. – 2009. – № 3.

2. Амгалан, Г. Школьная среда и факторы риска влияющие на физическое развитие и здоровье обучающихся [обзорная статья] / Г. Амгалан, И.Г. Погорелова // МНИЖ. – 2015. – № 1-4(32).

3. Баранов, А.А. Физическое развитие детей и подростков на рубеже тысячелетий /А.А. Баранов, В.Р. Кучма, Н.А. Скоблина. – М.: Научный Центр здоровья детей РАМН, 2008. – 216 с.

4. 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.

5. Баранов, А.А. Сохранение и укрепление здоровья подростков — залог стабильного развития общества и государства (состояние проблемы) / А.А. Баранов, Л.С. Намазова-Баранова, А.Г. Ильин // Вестник РАМН. – 2014. – № 5-6. – С. 65-70.

6. Безруких, М.М. Здоровье школьников, проблемы, пути решения /М.М. Безруких // Сибирский педагогический журнал. – 2012. – № 9. – С. 11-16.

7. Богомолова, Е.С. Физическое развитие современных школьников Нижнего Новгорода /Е.С. Богомолова, Ю.Г. Кузмичев, Т.В. Бадеева, М.В. Ашина, С.Ю. Косюга, А.С. Киселева // Медицинский альманах. – 2012. – № 3 (22). – С. 193-198.

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

9. Гребнева, Н. Н. Функциональные резервы и формирование детского организма в условиях Западной Сибири: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Надежда Николаевна Гребнева. – Томск, 2001. – 47 с.

10. 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.

11. Конова, С.Р. Состояние здоровья детей и совершенствование медицинской помощи в условиях первичного звена здравоохранения: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора медицинских наук / Конова Светлана Романовна. – М., 2007. – 56 с.

12. 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.

13. Лебедева, Т.Б. Тенденции физического и полового развития девочек и девушек на северо-западе России/ Т.Б. Лебедева, А.Н. Баранов // Экология человека. – 2007. – №9. – С. 24-27.

14. Макарова, Л.В. Состояние здоровья и физическое развитие детей 12-13 лет / Л.В. Макарова, Т.М. Параничева, Г.Н. Лукьянец, Г.Н. Лезжова, Е.В. Тюрина, К.В. Орлов// Новые исследования. – 2015. – № 3. – С. 43-57.

15. Максимова, Т.М. Физическое развитие детей России: определение путей оценки и выявления проблемных ситуаций в росте и развитии подрастающего

/Т.М. Максимова, Н.П. Лушкина // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2013. – № 4. – С. 3-7.

16. Малярчук, Н.Н. Проблемы сохранения здоровья детей и подростков в образовательных учреждениях / Н.Н. Малярчук // Вестник Тюменского государственного университета. – 2013. – № 3. – С. 71-81.

17. Маштакова, Е.В. Аспекты здоровья подростков в разные периоды пубертатного возраста/ Е.В.Маштакова, Т.А.Лобанова, О.Б.Анфиногенова //Мать и дитя в Кузбассе. - №2(61).- 2015.- С.40-44.

18. Мельник, В.А. Влияние комплекса социально-биологических факторов на морфофункциональные показатели физического развития и половое созревание городских школьников / В.А. Мельник, Н.В. Козакевич // Курский научно-практический вестник "Человек и его здоровье". – 2014. – № 2. – С. 56-61.

19. Нагаев, Я. Сравнительные показатели состояния здоровья подростков по данным углубленных осмотров/ Я. Нагаев, С.Г. Ахмерова, А.Г. Муталов // Медицинский вестник Башкортостана. – 2014. – Том 9, № 3. – С.15-19.

20. Пермяков, И.А. Уровень физического развития детей, проживающих в условиях высокой техногенной нагрузки/ И.А. Пермяков, О.Ю. Устинова, Б.В. Верихов // Биология. – 2010. – Вып. 2. – С. 91-96.

21. Полунина, Н.В. Состояние здоровья детей в современной России и пути его улучшения / Н.В. Полунина // Вестник Росздравнадзора. – 2013. – № 5. – С. 17-24.

22. Попова, И.В. Современные тенденции полового развития детей / И.В. Попова, А.Н. Токарев, И.В. Лежнина, В.А. Беляков, Н.В. Чагаева // Вятский медицинский вестник. – 2011. – №3-4. – С. 44-49.

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

24. 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.

25. Сухарева, Л.М. Физическое развитие детей и подростков в возрасте 7-15 лет г. Москвы / Л.М. Сухарева, Н.А. Скоблина, Ю.А. Ямпольская и др. // 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.

26. Чернышова, Н.В. Состояние здоровья школьников города Хабаровска / Н.В. Чернышова, В.А. Филонов // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – 2007. – № 1 (53). – С. 154-155.

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

28. Юречко, О.В. Физическое развитие и физическая подготовленность в системе мониторинга состояния физического здоровья школьников / О.В. Юречко // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 3-2. – С. 324-327.

29. Blahutkova, M. Charvat M. Stress in school // School and health for 21st century. – Brno, 2009. – P. 69-75.

30. Tanner J.M., Davies P.S. Clinical longitudinal standards for height and height velocity for North American children / M. Blanhutkova, M. Charvat // J Pediatr. – 1985. – V. 107. – P. 317-329.

31. Owc, A. Study on the health behaviours of schoolchildren /A. Owoc, K. Sygit, I.Bojar, E. Warchol-Slawinska, K. Wloch // 13th congress eusuhm / Dubrovnik, Croatia 2005. – P. 108.

32. Zysnarska, M. Computer – a chance or a threat to a child's development? / M. Zysnarska, D. Bernad, T.Maksymiuk, Z.Dalz, B. Wiśniewska-Spychała // Family Medicine & Primary Care Review. – 2008. – 10, 4. – P. 1346-1350.

ВОЗРАСТНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ПОДРОСТКОВ ПРИ НАПРЯЖЕННОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

И.А. Криволапчук^{1*}, М.Б. Чернова*, М.М. Герасимов*,
Е.В. Савушкина**, Н.В. Полянская[‡]

*ФГБНУ «Институт возрастной физиологии РАО», Россия, Москва

** Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Республика Беларусь, Гродно

Изучение особенностей психофизиологической реактивности подростков при осуществлении интеллектуальной деятельности в режиме оптимального и максимального темпа работы показало, что в период от 11-12 до 13-14 лет происходит повышение скорости и продуктивности выполнения тестовых заданий на фоне некоторого нарастания напряженности корково-стволовых и лимбико-ретикулярных механизмов регуляции активного бодрствования на начальных этапах пубертатного периода.

Общая направленность возрастных изменений исследуемых показателей функционального состояния у девочек оказалась такой же, как и у мальчиков. Существенные различия заключаются в том, что у девочек на протяжении всего рассматриваемого возрастного периода наблюдаются более высокие показатели скорости и качества выполнения напряженной интеллектуальной деятельности, а также и более высокие рабочие уровни артериального давления крови. При этом у девочек выраженное нарастание напряженности корково-стволовых и лимбико-ретикулярных механизмов регуляции активного бодрствования наблюдается в 12-13 лет, тогда как у мальчиков в 13-14 лет, что связывается нами с различиями в темпах развития.

Ключевые слова: психофизиологическая реактивность, цена деятельности, возрастные особенности

Age characteristics of the functional state of adolescents performing intense intellectual activity. *The study of psychophysiological reactivity of teenagers performing intellectual activity at optimal and maximum pace has shown that during the period from 11-12 to 13-14 years there is an increase in speed and efficiency of the test tasks performance. It happens together with the growing tension of cortical stem and limbic and reticular mechanisms of regulation of active wakefulness during the initial stages of puberty. The age-related changes of the functional state in girls were generally the same as those of boys. Significant differences are that the girls during the studied age period demonstrate higher levels of speed and efficiency of intense intellectual activity, as well as higher levels of blood pressure. At the same time the girls express the growth of tension of cortical-stem and limbic-reticular wakefulness regulation mechanisms at*

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

the age of 12-13 years old, whereas boys – at the age of 13-14 years old, which can be explained by the different pace of development.

Keywords: *psychophysiological reactivity, operation cost, age features*

Изучение возрастных особенностей регуляции функционального состояния (ФС) является необходимым условием укрепления здоровья, обеспечения нормального физического и психического развития подростков [3, 13, 16, 18]. В настоящее время, очевидно, что для понимания общих закономерностей адаптации подростков к процессу обучения важное значение имеет исследование ФС в условиях напряженной интеллектуальной деятельности. Известно, что одинаково хорошие результаты интеллектуальной деятельности в школе могут быть достигнуты при весьма разных энергетических затратах организма за счет неодинаковой психофизиологической цены адаптации к обучению [6]. Даже соответствующие возможностям школьников обычные учебные нагрузки оказывают существенное воздействие на их психофизиологические функции, вызывая значительную мобилизацию ресурсов организма [1, 3, 7]. При использовании неадекватных нагрузок на фоне нерациональной организации учебного процесса формируется состояние психической напряженности, которое может привести к ухудшению ФС, снижению работоспособности, истощению резервов организма, развитию скрытой, а затем и явной патологии [4, 11, 13, 23]. В этой связи важно подчеркнуть, что вопрос об изменениях психофизиологических показателей ФС подростков при напряженной интеллектуальной деятельности в возрастном аспекте недостаточно изучен.

Целью исследования явилось изучение возрастных особенностей функционального состояния подростков 11–14 лет в условиях напряженной интеллектуальной деятельности.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании приняли участие практически здоровые школьники 11-12 (n=98), 12-13 (n=85) и 13-14 (n=81) лет. Родители дали письменное согласие на основе полной информации на участие их детей в обследовании. Протокол работы одобрен ФБГНУ «ИВФ РАО».

Измерение омега-потенциала (ОП) – интегрального показателя, характеризующего ФС ЦНС, осуществлялось с поверхности кожи головы с использованием портативной установки для исследования сверхмедленных физиологических процессов головного мозга [9]. В состоянии покоя регистрировали величину ОП после выхода на плато. Этот показатель отражает уровень ФС в условиях оперативного покоя и неспецифическую резистентность организма к стрессорным воздействиям. Определяли типы спонтанной динамики ОП при переходе от состояния активного бодрствования к состоянию оперативного покоя [9].

Для оценки степени напряженности регуляторных систем использовали математический анализ сердечного ритма [19]. Реализация метода осуществлялась при помощи автоматизированного комплекса на базе персонального компьютера. Клейкие электроды фиксировались на левой стороне груди в отведении по Небу. Определяли среднюю продолжительность R-R интервала (RRNN), моду (Mo), амплитуду

моды (AMo), разброс кардиоинтервалов (MxDMn), среднеквадратическое отклонение (SDNN), стресс-индекс (SI). Частота сердечных сокращений (ЧСС) подсчитывалась по 6-секундным отрезкам записи с пересчетом на 1 минуту.

Систолическое (СД) и диастолическое (ДД) давление крови измеряли с применением манжеты должных размеров в соответствии с рекомендациями Всемирной организации здравоохранения и Society for Psychophysical Research [25]. Рассчитывали двойное произведение (ДП).

Индекс тревожности (ИТ) определяли посредством использования варианта 8-цветового теста Люшера в модификации Собчик [15].

В качестве модели напряженной интеллектуальной деятельности использовали работу с буквенными таблицами В.Я. Анфимова. Обследование осуществлялось в двух режимах работы: 1) автотемп; 2) максимальный темп при наличии «угрозы наказания» [12]. По результатам выполнения заданий рассчитывали объём работы (А) и коэффициент продуктивности (Q). Для воспроизведения состояния напряжения в качестве «наказания» использовались порицающие замечания и сильный звук.

Статистическую обработку проводили с помощью пакета прикладных программ Microsoft Excel и Statistica. Определялись основные статистические характеристики ряда измерений, проводилась проверка статистических гипотез.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для выявления возрастно-половых особенностей ФС подростков 11-12, 12-13 и 13-14 лет была проведена серия экспериментов. В лабораторных условиях испытуемые выполняли интеллектуальную деятельность различной степени сложности. Тестовое задание включало работу с оптимальной и максимальной скоростью. Физиологические показатели регистрировали в состоянии спокойного бодрствования, при выполнении тестовых нагрузок и в период восстановления.

По нашим наблюдениям средние значения омега-потенциала в состоянии спокойного бодрствования во всех рассматриваемых возрастных группах подростков находились в диапазоне от 20 до 40 мВ, что соответствует «нормальному» уровню относительно стабильного функционирования мозга и свидетельствует об оптимальной активации ЦНС. Однако дифференциальный анализ полученных данных с учетом устойчивости исходных величин омега-потенциала, выявил различное соотношение испытуемых с низким (от 0 до 19 мВ), средним (от 20 до 39 мВ) и высоким (от 40 до 60 мВ) уровнем бодрствования: в 11-12 лет фоновые его значения в 55,8 % случаев соответствовали среднему, в 28,1 % – низкому и в 16,1 % – высокому уровню бодрствования; в 12-13 лет – 54,5 %, 22,6 %, 22,9 % случаев; 13-14 лет – 51,7 %, 18,4 %, 29,9 % случаев соответственно. Это указывает на то, что у большинства обследуемых детей механизмы регуляции церебрального гомеостаза характеризуются значительной устойчивостью.

Необходимо отметить, что в 12-13 лет у девочек наблюдались тенденция более высоких средних значений омега-потенциала в состоянии покоя, чем в 11-12 и 13-14 лет, а у мальчиков, наоборот, наиболее высокие значения омега-потенциала были зарегистрированы в 13-14 лет. Возрастание омега-потенциала у мальчиков и девочек сопровождалось уменьшением вариативности его значений. Наблюдалось

некоторое снижение встречаемости типов спонтанной динамики ОП, характерных для здоровых школьников (I, II типы), за счет увеличения встречаемости неблагоприятных типов омегаграммы (IV, VI, VII). Все это указывает на повышение напряжения механизмов нейрорефлекторной регуляции состояния бодрствования.

Изучаемые вегетативные параметры ФС в условиях покоя с возрастом изменялись разнонаправлено и волнообразно: RRNN, Mo, MxDMn, СД, ДД, ДП, увеличивались, а ЧСС, АМо, SI уменьшались. Изменения этих показателей ФС отражают тенденцию сдвига вегетативного баланса в сторону повышения тонуса парасимпатического отдела вегетативной нервной системы (ВНС) у школьников в процессе развития. Материалы, полученные нами при изучении психофизиологической реактивности подростков в условиях информационной нагрузки (рис. 1-3), свидетельствуют о том, что испытуемые всех рассматриваемых возрастных групп реагировали на предъявляемую умственную работу увеличением ($p < 0,05-0,001$) значений ОП, ЧСС, АМо, SI, СД, ДД, ДП и снижением ($p < 0,05-0,001$) RRNN, Mo, SDNN, MxDMn, по сравнению с фоновыми величинами этих показателей. Важно подчеркнуть, что психофизиологическая цена работы в комфортном режиме ниже, чем при нагрузке в максимальном темпе. Падение эффективности работы в ходе реализации второго задания, по-видимому, обусловлено более выраженным повышением активности модулирующей системы мозга за счёт нарастания вклада подсистемы эмоциональной активации, связанной с оборонительным поведением, по сравнению с активностью подсистемы неэмоциональной активации, обеспечивающей энергетическую составляющую деятельности [6].

Это, в частности, подтверждается тенденцией увеличения уровня ситуативной тревожности по мере перехода от покоя к работе в максимальном темпе.

Анализ возрастных изменений омега-потенциала при реализации тестовой нагрузки (см. рис. 1) показал, что в период от 11-12 до 13-14 лет средние его значения при работе в максимальном темпе у мальчиков увеличиваются на 6,5 мВ, а у девочек – на 2,5 мВ. При работе с комфортной скоростью увеличение данного показателя соответственно составляло 3,9 и 4,7 мВ. Наиболее высокие показатели ОП при тестовых нагрузках у мальчиков наблюдались в 13-14 лет, а у девочек в 12-13 лет. Наряду с этим в 13-14 лет у мальчиков и в 12-13 лет у девочек происходит повышение показателя ситуативной тревожности. Наблюдаемая тенденция увеличения рабочих значений омега-потенциала и уровня тревожности, по-видимому, отражает нарастание напряженности корково-стволовых и лимбико-ретикулярных механизмов регуляции активного бодрствования на начальных этапах пубертатного периода.

В ходе исследования выявлено существенное ($p < 0,05$) увеличение с возрастом количественных и качественных параметров умственной работоспособности (см. рис. 1). Количественный показатель работоспособности при реализации нагрузки в режиме автотемпа в рамках изучаемого возрастного периода увеличился у мальчиков на 43,9 знака, а у девочек – на 54,0 знака. Коэффициент продуктивности возрастал на 2,4 отн.ед. и 4,5 отн.ед. соответственно. При реализации тестового задания с максимальной скоростью количество просмотренных знаков возрастало, а продуктивность работы в этих условиях, наоборот, в большинстве случаев снижалась. Количественный показатель за рассматриваемый период онтогенеза повышался у мальчиков на 27,8 знака, а у девочек – на 37,2 знака. Коэффициент Q

за рассматриваемый период у мальчиков увеличивался на 1,0 отн.ед, а у девочек – на 4,0 отн.ед. Наблюдаемые нами возрастные различия в продуктивности напряженной интеллектуальной деятельности, по-видимому, определяются спецификой ФС ЦНС и особенностями ВНД на различных этапах онтогенеза.

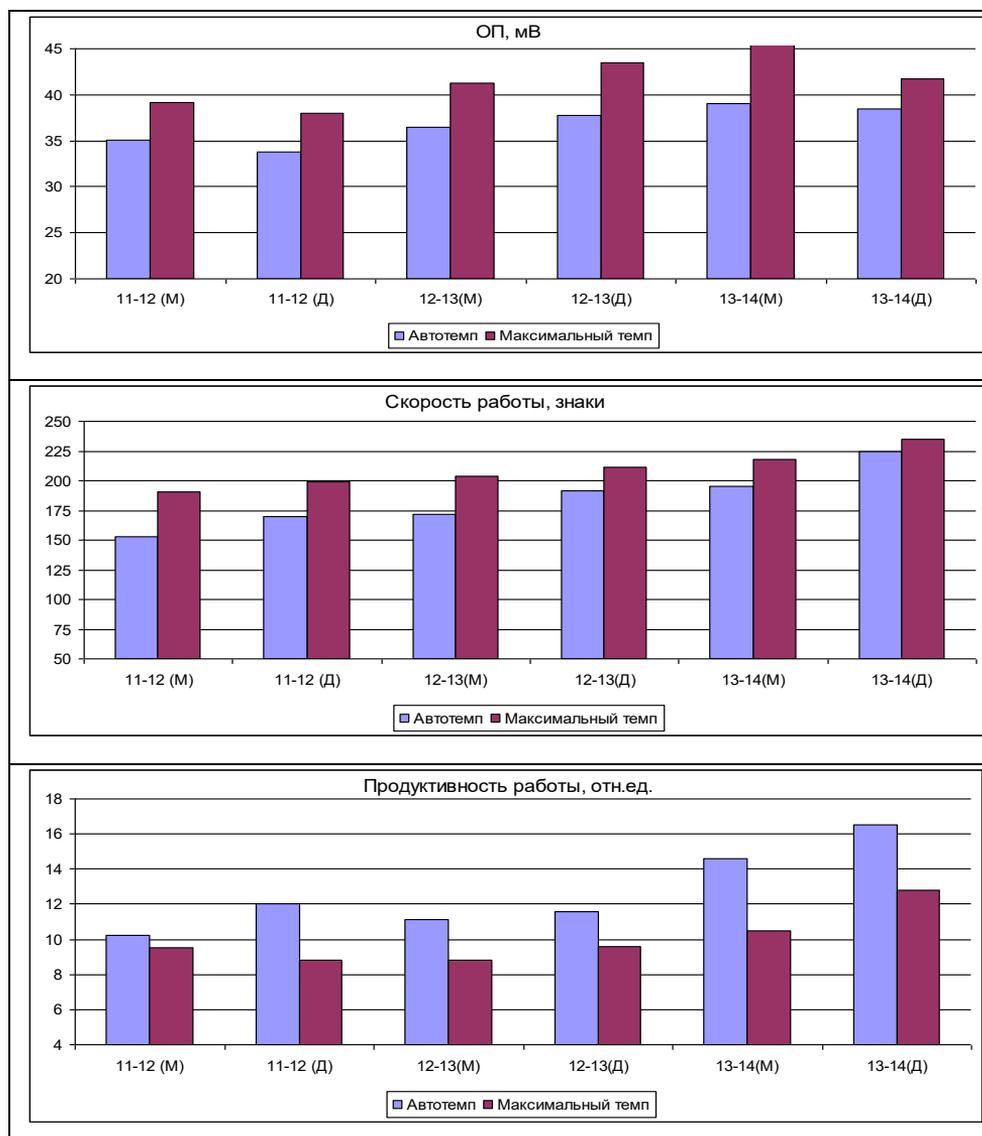


Рис. 1. Возрастные изменения ФС подростков при напряженной деятельности

Примечание. М – мальчики; Д – девочки.

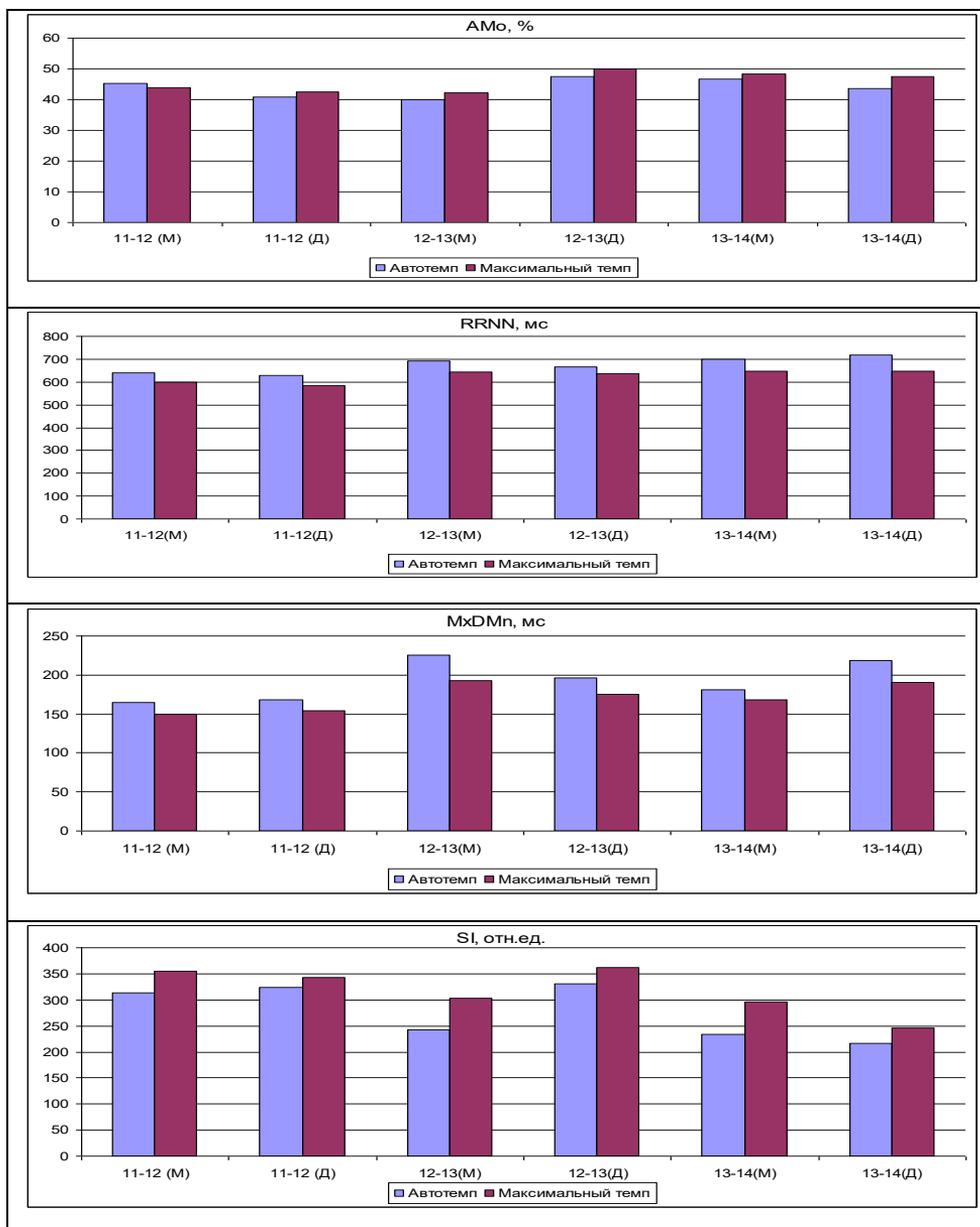


Рис. 2. Возрастные изменения параметров сердечного ритма у подростков при напряженной деятельности
 Примечание. М – мальчики; Д – девочки.

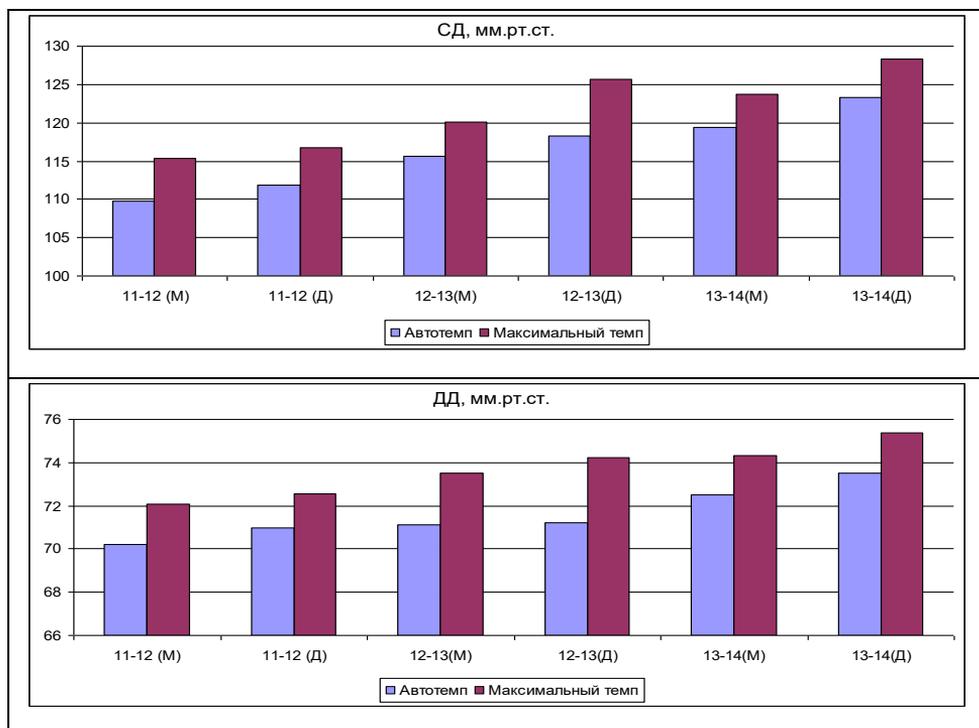


Рис. 3. Возрастные изменения артериального давления крови у подростков при напряженной деятельности

Примечание. М – мальчики; Д – девочки.

В процессе исследований установлено, что при работе в оптимальном темпе девочки в 11-12, 12-13 и 13-14 лет превосходили мальчиков по количеству просмотренных знаков и по продуктивности умственной деятельности. При работе с максимальной скоростью девочки также характеризовались более высокими количественными показателями работоспособности и значительно превосходили мальчиков в отношении коэффициента продуктивности деятельности в 12-13 и 13-14 лет. Это связано с тем, что характерные для начальных стадий полового созревания, регрессивные сдвиги функциональной организации мозга, приводящие к временному затруднению реализации познавательных процессов [17, 14] и, как следствие, к снижению умственной работоспособности, у девочек наблюдаются примерно на год раньше, чем у мальчиков. Считается также, что более высокие уровни работоспособности у девочек по сравнению с их одноклассниками мальчиками связаны и с психологическими особенностями. Девочки более уравновешены, послушны и прилежны, на всем протяжении школьного периода лучше учатся, имеют более высокий средний балл успеваемости [2]. Сведения о том, что в отдельные возрастные периоды работоспособность у девочек выше, чем у мальчиков, содержатся в специальной литературе [1, 2, 5]. Возможно, что это обусловлено более совершенным функционированием у девочек регуляторных механизмов.

мов, обеспечивающих избирательную функциональную организацию мозговых структур, участвующих в реализации напряженной интеллектуальной деятельности. Последнее связано с тем, что девочки–подростки по темпам развития опережают мальчиков в среднем на 1-2 года. Поскольку девочки вступают в пубертатный период раньше, чем мальчики, у них раньше улучшается деятельность различных звеньев регуляторной системы мозга и, соответственно, повышается работоспособность.

Для оценки ФС подростков при напряженной интеллектуальной деятельности немаловажное значение имеют сведения о возрастнo-половых особенностях регуляции сердечного ритма. Полученные данные показали (см. рис. 2), что средняя продолжительность RR–интервала (RRNN) при работе в максимальном темпе с возрастом увеличивались у мальчиков на 48 мс, а у девочек – на 65 мс. При работе с комфортной скоростью это увеличение соответственно составило 60 и 90 мс.

Показатель разброса RR–интервалов (MxDMn), характеризующий амплитуду регуляторных влияний, в условиях тестовых нагрузок с возрастом постепенно увеличивался (см. рис. 2). При выполнении нагрузки с максимальной скоростью это увеличение в период от 11-12 до 13-14 лет у мальчиков составило 18 мс, а у девочек – 36 мс. При работе в режиме автотемпа MxDMn возрастал у мальчиков на 16 мс, а у девочек – на 51 мс. Наиболее высокие значения MxDMn по сравнению с возрастом 11-12 лет при тестовых нагрузках у мальчиков наблюдались в 12-13 лет (60 мс), а у девочек в 13-14 лет.

Стресс–индекс (SI), отражающий степень преобладания активности центральных механизмов регуляции сердечного ритма над автономными при тестовых нагрузках с возрастом существенно уменьшался (см. рис. 2.). В период от 11-12 до 13-14 лет величина SI при работе в максимальном темпе у мальчиков снижалась на 59 отн. ед., а у девочек – на 96 отн. ед. При работе в режиме автотемпа это уменьшение соответственно составило 70 и 107 отн. ед. Наиболее высокие значения SI при тестовых нагрузках у мальчиков наблюдались в 11-12 лет, а у девочек в 12-13 лет. В последнем случае SI возрастал при работе с максимальной и комфортной скоростью на 19 и 8 отн.ед., соответственно, по сравнению с возрастом 11-12 лет.

Амплитуда моды (АМо) как показатель активности симпатического отдела ВНС, изменялась волнообразно (см. рис. 2): при работе в максимальном темпе у мальчиков он увеличивался на 4,4 %, а у девочек – на 5,2 %; при работе в режиме автотемпа это повышение составило 1,6 и 2,9 %. Наиболее высокие показатели АМо при тестовых нагрузках у мальчиков наблюдались в 13-14 лет, а у девочек в 12-13 лет (7,6 % и 6,8 % при работе с максимальной и комфортной скоростью соответственно).

Частота сердечных сокращений (ЧСС) при тестовых нагрузках с возрастом также незначительно снижалась (см. рис. 2). В период от 11-12 до 13-14 лет пиковая величина ЧСС при работе в максимальном темпе у мальчиков уменьшается на 3,1 уд/мин, а у девочек – на 4,3 уд/мин. При работе в режиме автотемпа это уменьшение соответственно составило 2,0 и 5,1 уд/мин.

На начальном этапе пубертатного периода наблюдаются наиболее существенное напряжение регуляторных механизмов, низкий уровень функционирования парасимпатического отдела ВНС при высоком напряжении симпатического

отдела и центрального контура регуляции сердечного ритма. Вместе с тем в период от 11-12 до 13-14 лет за счет перестройки взаимодействия между симпатическим и парасимпатическим отделами ВНС постепенно снижается участие центрального контура управления сердечным ритмом и совершенствуется функционирование автономного контура в условиях напряженной деятельности. Анализ изменений показателей сердечного ритма подтверждает тенденцию повышения тонуса центров парасимпатической регуляции с увеличением возраста испытуемых [19, 18].

Большой интерес представляет анализ возрастной динамики артериального давления (АД) крови у подростков в условиях когнитивных нагрузок различной степени сложности. Полученные нами данные (см. рис. 3) указывают на то, что в период от 11-12 до 13-14 лет пиковое систолическое давление (СД) крови при работе в максимальном темпе у мальчиков в среднем увеличивается на 8,4 мм. рт. ст., а у девочек – на 12,3 мм. рт. ст. При работе с комфортной скоростью это увеличение соответственно составило в среднем 9,5 и 11,0 мм. рт. ст.

Диастолическое давление (ДД) крови, зарегистрированное в рассматриваемых экспериментальных ситуациях, с возрастом изменялось незначительно (см. рис. 3). От 11-12 до 13-14 лет у мальчиков и девочек наблюдалась лишь тенденция его увеличения. При работе с комфортной скоростью этот показатель увеличивался на 2,3 и 2,6 мм. рт. ст., а при нагрузке с максимальной скоростью на 2,1 и 2,9 мм. рт. ст., соответственно.

Полученные данные показывают, что выявленные у подростков 11–14 лет в условиях напряженной интеллектуальной деятельности величины артериального давления крови отражают в целом возрастные закономерности его изменений, описанные в других работах [10, 20, 8, 13]. Наблюдаемое многими авторами существенное возрастание систолического и среднего АД у подростков во многом связано с тем, что объем сердца в это время увеличивается быстрее, чем объем сосудистого русла. Данное обстоятельство создает предпосылки для повышения сосудистого тонуса и роста артериального давления [17, 13]. Вместе с тем значительное повышение АД у школьников 11–14 лет определяется не только структурными особенностями организма, но и эндокринной перестройкой, обусловленной процессом полового созревания. Увеличение АД обусловлено связью этой гемодинамической переменной с темпами полового созревания и уровнем физического развития [10, 17, 3, 21]. В литературе имеются данные, свидетельствующие о тесной положительной корреляции уровня АД с ростом детей, причем эта взаимосвязь является более сильной, чем связь с паспортным возрастом [17, 20, 4, 21, 22].

В целом проведенное исследование показало, что у детей 11-12, 12-13 и 13-14 лет величины изученных параметров омегаметрии, центральной гемодинамики и сердечного ритма, полученные в состоянии покоя и при тестовых нагрузках, находились в соответствии с возрастной нормой и были близки к данным, имеющимся в литературе, для школьников этого возраста [23, 24, 13, 19, 9, 18].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение особенностей психофизиологической реактивности подростков 11-12, 12-13, 13-14 лет при осуществлении интеллектуальной деятельности в режиме оптимального и максимального темпа работы показало, что умственные нагрузки вызывают у них повышение уровня неспецифической активации ЦНС и возрастные напряжения регуляторных систем. Важно отметить, что у подростков всех рассматриваемых возрастных групп смена режима реализации нагрузки сопровождается повышением активности симпатического отдела ВНС и увеличением психофизиологических «затрат» на переработку значимой информации, что указывает на более высокую цену адаптации к работе в максимальном темпе по сравнению с работой с комфортной скоростью.

В период от 11-12 до 13-14 лет при работе с комфортной и максимальной скоростью, как у мальчиков, так и у девочек, происходит повышение скорости и продуктивности выполнения тестовых заданий на фоне менее значительного усиления активности симпатического отдела ВНС и более высоких уровней артериального давления крови. Одновременно наблюдается тенденция увеличения рабочих значений омега-потенциала и ситуативной тревожности. Последнее, по-видимому, свидетельствует о некотором нарастании напряженности корково-стволовых и лимбико-ретикулярных механизмов регуляции активного бодрствования на начальных этапах пубертатного периода.

Общая направленность возрастных изменений исследуемых показателей функционального состояния у девочек оказалась такой же, как и у мальчиков. Существенные различия заключаются в том, что у девочек на протяжении всего рассматриваемого возрастного периода наблюдаются более высокие показатели скорости и качества выполнения напряженной интеллектуальной деятельности, а также и более высокие рабочие уровни артериального давления крови. Наряду с этим у девочек выражено нарастание напряженности корково-стволовых и лимбико-ретикулярных механизмов регуляции активного бодрствования наблюдается в 12-13 лет, тогда как у мальчиков в 13-14 лет, что связывается нами с различиями в темпах развития. Полученные данные указывают на необходимость четкого нормирования напряженной интеллектуальной деятельности у школьников-подростков для предотвращения умственных и эмоциональных перегрузок, профилактики неблагоприятных изменений функционального состояния и укрепления здоровья. Исследование поддержано РГНФ (грант № 16-06-00285а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адаптация организма подростков к учебной нагрузке / под ред. Д.В. Колесова. – М.: Педагогика, 1987. – 152 с.
2. Антропова М.В. Возрастно-половые особенности умственной работоспособности учащихся 14-17 лет // Новые исследования в психологии и возрастной физиологии. – 1991. – № 1. – С. 111-116.
3. Баранов А.А., Кучма В.Р., Сухарева Л.М. Медицинские и социальные аспекты адаптации современных подростков к условиям воспитания, обучения и трудовой деятельности. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. – 352 с.

4. Вегетативная дисфункция у детей и подростков / И.Л. Алимova [и др.]; под ред. Л.В. Козловой. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 96 с.
5. Гринене Э.Ю. Умственная работоспособность подростков // Новые исследования. – 2004. – № 1-2. – С. 137-141.
6. Данилова Н.Н. Психофизиология. – М.: Аспект Пресс, 2012. – 324 с.
7. Дубровинская Н.В., Фарбер Д.А., Безруких М.М. Психофизиология развития: Психофизиологические основы детской валеологии. – М.: Владос, 2000. – 144 с.
8. Захарченко М.П., Маймулов В.Г., Шабров А.В. Диагностика в профилактической медицине. – СПб.: МФИН, 1997. – 517 с.
9. Илюхина В.А. Психофизиология функциональных состояний и познавательной деятельности здорового и больного человека. – СПб.: Изд-во Н-Л, 2010. – 368 с.
10. Калужная Р.А. Школьная медицина. – М.: Медицина, 1975. – 392 с.
11. Лафренье П. Эмоциональное развитие детей и подростков. – СПб.: Прайм – ЕВРОЗНАК, 2004. – 256 с.
12. Криволапчук И.А. Функциональное состояние подростков с высокой и низкой стрессовой реактивностью при информационной нагрузке // Журнал высшей нервной деятельности. – 2014. – том 64, № 3. – С. 279-291.
13. Подростковая медицина / под ред. Л. И. Левиной, А. М. Куликова. – СПб.: Питер, 2006. – 544 с.
14. Развитие мозга и формирование познавательной деятельности ребенка / Под ред. Д.А. Фарбер, М.М. Безруких. – М.: Изд-во Московского психолого-социального института, 2009. – 432 с.
15. Собчик Л.Н. Метод цветовых выборов – модификация цветового теста Люшера. – СПб.: Речь, 2006. – 128 с.
16. Фарбер Д.А., Безруких М.М. Методологические аспекты изучения физиологии развития ребенка // Физиология человека. – 2001. – Т. 27, № 5. – С. 8-16.
17. Физиология подростка / под ред. Д.А. Фарбер. – М.: Педагогика, 1988. – 208 с.
18. Физиология развития ребенка: Руководство по возрастной физиологии / Под ред. М.М. Безруких, Д.А. Фарбер. – М.: Изд-во Московского психолого-социального института, 2010. – 768 с.
19. Шлык Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов. – Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2009. – 259 с.
20. Bourquia A., Refass A., Tahiri S., Ouazzani M., Ksyer M., Chihab Eddine L. Arterial blood pressure in Moroccan children and adolescents // Ann Pediatr (Paris). – 1991. – Vol. 38, № 8. – P. 576-583.
21. Jackson L.V., Thalange N.K., Cole T.J. Blood pressure centiles for Great Britain // Arch Dis Child. 2007. 92(4). – p. 298-303.
22. Martino F. Puddu P.E., Pannarale G., Colantoni C., Zanoni C., Martino E., Barillà F. Arterial blood pressure and serum lipids in a population of children and adolescents from Southern Italy: the Calabrian Sierras Community Study (CSCS) // Int J Cardiol. 2013. 168(2). P. 1108-1114.

23. Musante L., Raunika R.A., Treiber F., Davis H., Dysart J., Levy M., Strong W.B. Consistency of children's hemodynamic responses to laboratory stressors. *Int J Psychophysiol.* – 1994. – 17(1): 65-71.

24. Salomon K., Matthews K.A., Allen M.T. Patterns of sympathetic and parasympathetic reactivity in a sample of children and adolescents // *Psychophysiology.* – 2000. – 37(6). – P. 842-849.

25. Shapiro D., Jamner L.D., Lane J.D., Light K.C., Myrtek M., Sawada Y., Step-toe A. Blood pressure publication guidelines // *Society for Psychophysical Research Psychophysiology.* – 1996. – V. 33(1). – P. 1-12.

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ШКОЛЬНИКОВ 6-7 ЛЕТ ПРИ КОГНИТИВНОЙ НАГРУЗКЕ

И.А. Криволапчук¹, М.Б. Чернова
ФГБНУ «Институт возрастной физиологии РАО», Москва

Установлено, что у детей 6-7 лет психофизиологическая цена когнитивной деятельности, реализуемой в комфортном режиме ниже, чем при нагрузке в максимальном темпе. Сопоставление индивидуальных сдвигов функционального состояния (ФС) на нагрузку позволило выявить у детей рассматриваемой возрастной группы два типа вегетативного реагирования. Первый тип – реагирование по симпатическому типу, второй – реагирование по парасимпатическому типу. Обнаружено, что девочки существенно превосходили мальчиков по эффективности когнитивной деятельности.

Ключевые слова: функциональное состояние, когнитивная деятельность, режимы работы, типы вегетативного реагирования.

Functional state of 6-7-year-old school children under cognitive load. It was found that in children at the age of 6-7 years old the psychophysiological “cost” of cognitive activity performed at normal pace is lower than when performed at maximum speed. The comparison of individual shifts of the functional state (FS) revealed two types of autonomic response in children. The first type is of the sympathetic type, the second one is of the parasympathetic response type. It was found that girls were significantly superior in the efficiency of cognitive activity in comparison to boys.

Keywords: functional state, cognitive activity, modes of operation, types of autonomic response.

В системе наук, связанных с изучением психолого-педагогических и медико-биологических аспектов учебной деятельности школьников, одной из важнейших является проблема диагностики, предупреждения и эффективной коррекции неблагоприятных изменений функционального состояния (ФС), возникающих в процессе адаптации к образовательной среде [10, 11, 18, 21, 22, 23]. Данная проблема, несмотря на ее теоретическую и практическую значимость, а также многолетнюю историю изучения, по-прежнему, остается малоисследованной [16, 19]. В частности, существует серьезный дефицит эмпирических данных относительно доступных критериев диагностики ФС школьников при когнитивной нагрузке. В этой связи необходимо подчеркнуть, что особенно важно проводить оценку ФС детей в условиях повышенных когнитивных нагрузок в начальный период их адаптации к образовательной среде.

Цель исследования – анализ изменений ФС мальчиков и девочек 6-7 лет при когнитивной нагрузке различной степени напряженности.

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

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании принимали участие дети в возрасте 6–7 лет ($n=150$), отнесенные по состоянию здоровья к основной медицинской группе. Исследование проводило в соответствии с требованиями Хельсинской декларации.

Моделирование когнитивной нагрузки осуществлялось на основе использования буквенных таблиц Анфимова. Тестовая нагрузка выполнялась с оптимальной (автотемп) и максимальной скоростью при наличии «угрозы наказания». В качестве «наказания» применялся стандартный набор порицающих замечаний и сильный звук. По результатам выполнения корректурной пробы рассчитывали объем работы (А) и коэффициент продуктивности (Q) [17].

Уровень ситуативной тревожности у испытуемых измеряли перед выполнением каждого задания с помощью варианта 8-цветового теста Люшера (СТЛ) [20].

Регистрация омега-потенциала (ОП) осуществлялась с поверхности кожи головы с использованием портативной установки для исследования сверхмедленных электрических процессов головного мозга и слабополяризующихся хлорсеребряных электродов [8]. В состоянии покоя и в условиях тестовых нагрузок оценивали изменения уровня бодрствования [8].

Запись сердечного ритма проводилась при помощи автоматизированного комплекса на базе персонального компьютера [25]. Определяли среднюю продолжительность R-R интервала (RRNN), моду (M_0), амплитуду моды (AM_0), разброс кардиоинтервалов ($MxDM_n$), среднеквадратическое отклонение (SDNN), стресс-индекс (SI). Частота сердечных сокращений (ЧСС) рассчитывалась по 6-секундным отрезкам записи с пересчетом на 1 минуту.

Систолическое (СД) и диастолическое (ДД) артериальное давление крови регистрировали в соответствии с рекомендациями ВОЗ. Применяли адекватную возрасту детскую манжету. Рассчитывали среднее давление (САД) и двойное произведение (ДП).

Определяли также соотношения Q/ЧСС, Q/SI, Q/ДП, A/ЧСС, A/SI, A/ДП, характеризующие эффективность деятельности.

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

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Данные, представленные в таблице 1, показывают, что в состоянии покоя между мальчиками и девочками 6-7 лет отсутствуют различия в уровне фоновой активированности. Исключение составляет более высокий ($p<0,05$) показатель СД крови у девочек по сравнению с мальчиками. Вместе с тем величины таких показателей как ОП, SI и СТЛ были существенно повышены.

При выполнении когнитивного задания в режиме автотемпа по сравнению с состоянием относительного покоя как у мальчиков, так и у девочек в большинстве случаев наблюдались значимые ($p<0,05-0,001$) сдвиги изучаемых переменных (рис. 1). В процессе работы происходило заметное увеличение ОП, ЧСС, AM_0 , SI, СД, ДД, САД, ДП и уменьшение RRNN, M_0 , $MxDM_n$, SDNN. Сравнительный

анализ ФС при тестовой нагрузке, реализуемой с оптимальной скоростью, позволил выявить существенные различия ($p < 0,05$) между мальчиками и девочками в отношении ОП, А, и Q (см. рис. 1).

Таблица 1

Функциональное состояние детей 6-7 лет в условиях относительного покоя

Показатель	Фон	
	М	Д
ОП, мВ	29,2±0,9	29,8±1,1
СД, мм рт. ст.	91,4±1,07	95,2±1,16*
ДД, мм рт. ст.	59,2±1,02	60,6±1,18
САД, мм рт. ст.	71,8±1,05	72,3±0,93
ЧСС, уд/мин	93,9±1,12	91,2±1,15
ДП, отн.ед.	88,9±1,6	90,7±1,5
Мо, мс	610,8±11,4	623,6±12,2
МхDMп, мс	187,4±10,9	204,3±9,8
SDNN, мс	55,2±2,3	53,9±2,5
АМо, %	44,6±1,8	43,4±1,7
SI, отн.ед.	208,2±15,3	199,1±17,4
Тревога, баллы	3,25±0,23	3,45±0,28

Примечание: * – статистически значимые различия между мальчиками (М) и девочками (Д) при $p < 0,05$.

При выполнении когнитивного задания в максимальном темпе в условиях дефицита времени и угрозы «наказания», отмечались наиболее выраженные ($p < 0,05-0,001$) изменения исследуемых показателей ФС: наблюдалось дальнейшее увеличение ОП, ЧСС, АМо, SI, СД, ДД, САД, ДП и уменьшение RRNN, Мо, МхDMп, SDNN.

Сравнение эффективности используемых режимов когнитивной деятельности, показало, что рассматриваемые индикаторы ФС, за исключением количества просмотренных знаков, существенно снижались при переходе от работы с индивидуально оптимальной скоростью к выполнению задания в максимальном темпе (табл. 2). Об этом свидетельствует уменьшение ($p < 0,05-0,001$) таких показателей как Q, Q/ЧСС, Q/ДП, Q/SI, А/ДП, А/SI, а также А/ЧСС (у девочек). Наряду с этим, по мере перехода от состояния покоя к работе в максимальном темпе, выявлена тенденция увеличения ситуативной тревожности по тесту Люшера ($p < 0,05$). Значительно возросло число детей с высоким уровнем ситуативной тревожности.

Таким образом, психофизиологические затраты на переработку одного и того же объема значимой информации при работе с максимальной скоростью были у детей существенно выше, чем при работе в режиме автотемпа.

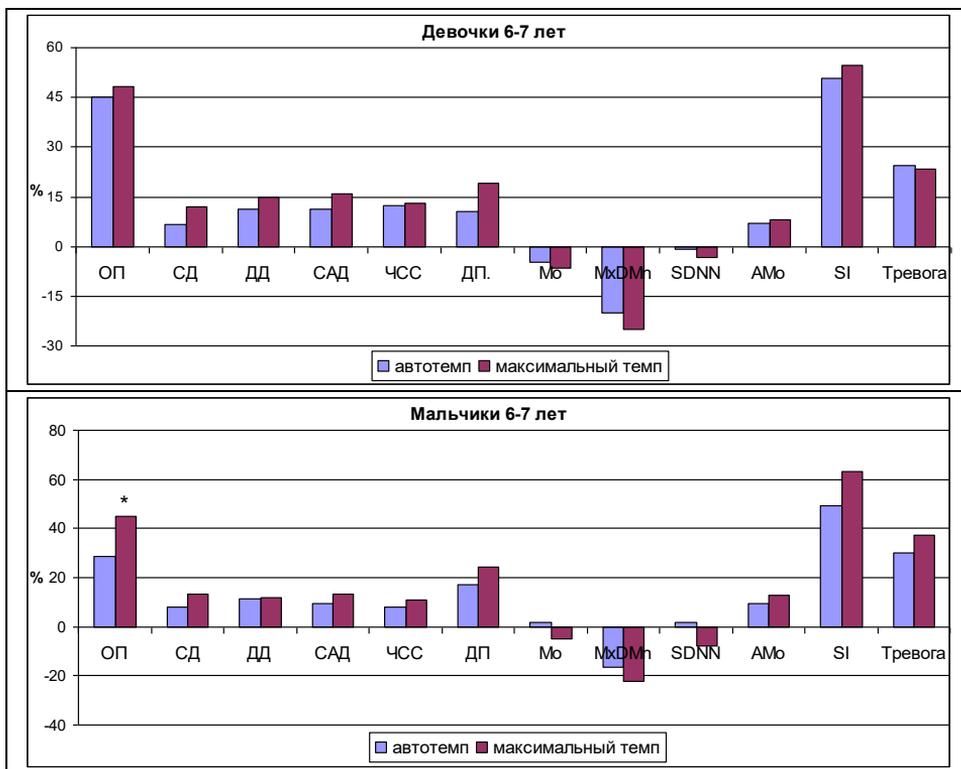


Рис. 1. Сдвиги показателей ФС в условиях когнитивной нагрузки по отношению к уровню покоя

Примечание: * – статистически значимые различия между мальчиками и девочками при $p < 0,05$.

Сравнение сдвигов показателей ФС детей при когнитивной нагрузке, реализуемой в максимальном темпе, не выявило различий между мальчиками и девочками (см. табл. 2). Исключение составляет показатель скорости работы, средняя величина которого у девочек была выше ($p < 0,05$), чем у мальчиков.

Индивидуальный анализ сдвигов ФС показал, что у детей 6-7 лет можно выделить два противоположно направленных комплекса вегетативных реакций в условиях когнитивной нагрузки. Это реагирование по симпатическому типу и реагирование по парасимпатическому типу. Первый, комплекс вегетативного реагирования является преобладающим. Он встречается в 60 % случаев, второй в 24 % случаев. В оставшихся случаях выявлены комбинации рассмотренных типов реакций.

При симпатическом типе вегетативного реагирования на начальном этапе выполнения когнитивного задания с оптимальной скоростью отмечалось пиковое увеличение ОП, ЧСС, СД, ДД, САД, ДП и уменьшение RRNN и SDNN. В конце задания данные показатели либо сохранялись на одном уровне, либо незначительно снижались. При этом пиковые сдвиги рассматриваемых показателей ФС во

время выполнения тестового задания в целом были выше, чем в состоянии мобилизационной готовности.

Установлено, что у испытуемых с парасимпатическим типом реагирования изменения показателей ФС во время работы были ниже, чем в состоянии мобилизационной готовности. При данном типе вегетативного реагирования в начале работы происходило небольшое уменьшение ЧСС, ДП, СД, ДД, САД и увеличение RRNN, SDNN и Мо по сравнению с состоянием мобилизационной готовности. В начальном периоде работы величины СД, ДД и ДП проявляли тенденцию к снижению. В конце работы, напротив, отмечалось увеличение ЧСС, СД, ДД, САД и ДП, а также снижение RRNN и SDNN. Изменения ОП характеризовалась нарастанием его значений по сравнению со спокойным бодрствованием с последующей стабилизацией на среднем уровне. В отдельных случаях рассматриваемые показатели ФС снижались ниже фоновых величин. Необходимо констатировать, что вегетативное реагирование по симпатическому типу явилось доминирующим типом реакции на когнитивную нагрузку, реализуемую с максимальной скоростью в условиях дефицита времени.

Таблица 2

Эффективность и продуктивность выполнения когнитивной нагрузки у детей 6-7 лет

Показатель	Когнитивная (умственная) нагрузка					
	Мальчики			Девочки		
	Т	Т	, %	Т	Т	, %
А, знаков	112,7 ±4,3	121,1 ±4,18	7,4 ^Δ	125,9 ±3,9*	135,5 ±4,63*	7,6 ^Δ
А/ЧСС, отн.ед.	0,94 ±0,05	0,97 ±0,05	3,2	1,08 ±0,04*	0,99 ±0,04	-8,3 ^Δ
А/СИ, отн.е.	0,43 ±0,08	0,4 ±0,8	-7,0 ^Δ	0,51 ±0,09	0,46 ±1,12	-9,8 ^Δ
А/ДП, отн.ед.	0,97 ±0,06	0,89 ±0,07	-8,2 ^Δ	1,06 ±0,06	0,91 ±0,5	-9,9 ^Δ
Q, отн.ед.	7,26 ±0,29	6,38 ±0,47	-12,1 ^Δ	8,03 ±0,31*	6,95 ±0,42	-13,5 ^Δ
Q/ЧСС, отн.ед.	0,072 ±0,003	0,061 ±0,006	-15,3 ^Δ	0,078 ±0,004	0,059 ±0,005	-24,4 ^Δ
Q/СИ, отн.ед.	0,034 ±0,005	0,027 ±0,007	-20,6 ^Δ	0,041 ±0,005	0,033 ±0,006	-19,5 ^Δ
Q/ДП, отн.ед.	0,070 ±0,004	0,062 ±0,005	-11,4 ^Δ	0,075 ±0,005	0,061 ±0,006	-18,7 ^Δ

Примечание: АТ – Автоматизация; МТ – максимальный темп; С – сдвиг.

* – статистически значимые различия между мальчиками и девочками при $p < 0,05$.

Анализ ФС в условиях покоя, позволил установить, что полученные в исследовании средние величины наблюдаемых показателей соответствуют возрастным нормам и близки к значениям, представленных в работах других авторов [23, 8, 26]. В то же время средние величины нескольких ключевых показателей ФС значительно превышали уровни, характерные для детей 6-7 лет, что может указывать на выраженное психическое напряжение, обусловленное процессами адаптации к образовательной среде.

Изучение психофизиологических реакций при выполнении когнитивной нагрузки с оптимальной и максимальной скоростью в условиях звуковых помех и «угрозы наказания» показало, что тестовые задания вызывают у большинства испытуемых повышение уровня активации ЦНС, возрастание напряжения регуляторных систем и сдвиг вегетативного баланса в сторону преобладания активности симпатического отдела ВНС. Подобные сдвиги изучаемых показателей ФС рассматриваются как проявление психического напряжения, направленного на мобилизацию адаптационных резервов организма в условиях когнитивной деятельности.

Важно отметить, что переход от работы с комфортной скоростью, к реализации нагрузки с максимальной скоростью у подавляющего большинства испытуемых сопровождается дальнейшим повышением активности симпатического отдела ВНС, снижением результативности деятельности и возрастанием ее психофизиологической цены. Падение эффективности работы в ходе реализации когнитивного задания с максимально возможной скоростью, по-видимому, обусловлено более выраженным повышением активности модулирующей системы мозга за счёт нарастания вклада подсистемы непродуктивной активации, связанной с оборонительным поведением, по сравнению с активностью подсистемы продуктивной активации, связанной с ориентировочно-исследовательским поведением [5, 7]. Аналогичная динамика ФС испытуемых в процессе реализации ими когнитивной нагрузки с комфортной и максимально возможной скоростью выявлена нами ранее при обследовании детей 10-11 [15], 11-12 [13], 12-13 [14] лет.

Полученные данные о существовании у мальчиков и девочек 6-7 лет двух типов вегетативного реагирования на когнитивную нагрузку, реализуемую с комфортной скоростью, согласуются с результатами других работ. Так, в популяции взрослых людей также выделяют лиц с противоположным характером вегетативного реагирования – по симпатическому и по парасимпатическому типам [7, 9]. Установлено, что у взрослых субъектов, реагирование на нагрузку по симпатическому типу сопровождается ростом тонической активности скелетной мускулатуры, тогда как при реакциях парасимпатического типа наблюдается синхронное снижение тонуса скелетных мышц [5]. В другом исследовании показано, что два рассматриваемых типа вегетативного реагирования можно выделить по параметрам сосудистой и дыхательной модуляций сердечного ритма, изменения, которых зависят не только от вида когнитивной нагрузки, но и уровня личностной тревожности [7]. Наряду с этим установлено, что характер психофизиологических реакций при решении когнитивной задачи определяет и эффективность ее решения [9].

Индивидуальные особенности психофизиологической реактивности на различные стрессоры выявлены не только у взрослых [7, 9, 6, 30], но и у детей разно-

го возраста [27, 28, 29, 13]. В частности, описанные комплексы вегетативных реакций по симпатическому и парасимпатическому типам наблюдались нами у мальчиков и девочек 11-12 и 12-13 лет при выполнении когнитивного задания с индивидуально комфортной скоростью [13, 14]. По-видимому, что специфику вегетативного реагирования детей на различные когнитивные нагрузки, также как и у взрослых, определяют устойчивые соотношения активности систем продуктивной и непродуктивной активации, связанных, как было отмечено выше, с преобладанием защитного или ориентировочно-исследовательского поведения.

Полученные результаты о том, что вегетативное реагирование по симпатическому типу является доминирующим типом реакции на когнитивную нагрузку, реализуемую с максимальной скоростью, дают основание полагать, что выполнение данного задания оказывает стрессогенное воздействие на школьников рассматриваемой возрастной группы. Отсутствие существенных различий в изменениях ФС в условиях напряженной когнитивной нагрузки между испытуемыми с разным типом вегетативного реагирования, по-видимому, связано с исчерпанием потенциала активации при высоком уровне стресса («эффект потолка») [14].

В процессе исследований установлено, что при работе в оптимальном и максимальном темпе девочки в 6-7 лет существенно превосходили мальчиков по количеству просмотренных знаков и продуктивности когнитивной деятельности. Сведения о том, что в отдельные возрастные периоды работоспособность у девочек выше, чем у мальчиков, содержатся в специальной литературе [1, 2, 3, 4]. Возможно, что одним из условий, определяющих эффективность когнитивной деятельности на отдельных этапах онтогенеза, является более совершенное функционирование у девочек регуляторных механизмов, обеспечивающих избирательную функциональную организацию мозговых структур, участвующих в ее реализации. Это хорошо согласуется с данными о том, что девочки по степени физиологической зрелости опережают мальчиков, начиная с момента рождения и до взрослого состояния [24].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты дают основание считать, что реализация когнитивной нагрузки с индивидуально комфортной скоростью у большинства учащихся первых классов сопровождается продуктивной активацией, тогда как выполнение тестового задания с максимальной скоростью, наоборот, осуществляется на фоне непродуктивной активации, характерной для стрессовых состояний.

Установлено, что психофизиологическая цена работы в комфортном режиме ниже, чем при нагрузке в максимальном темпе. Переход от первого режима работы ко второму сопровождается снижением эффективности деятельности, что, по-видимому, обусловлено более выраженным повышением активности модулирующей системы мозга за счёт нарастания относительного вклада подсистемы непродуктивной активации.

Сопоставление индивидуальных сдвигов ФС на нагрузку позволило выявить у детей 6-7 лет два типа вегетативного реагирования. Первый тип – реагирование преимущественно по симпатическому типу, второй – реагирование по парасимпатическому типу. Установлено, что при работе с комфортной скоростью первый

комплекс вегетативных реакций встречается в 60 % случаев, а второй в – 24 % случаев. При работе с максимальной скоростью комплекс реакций по симпатическому типу явился доминирующим видом реагирования, выявленным у 90 % испытуемых.

В процессе исследования установлено, что при работе в оптимальном и максимальном темпе девочки в 6-7 лет существенно превосходили мальчиков по эффективности деятельности. Предполагается, что в основе обнаруженных различий лежит более совершенное функционирование у девочек регуляторных механизмов, обеспечивающих избирательную функциональную организацию мозговых структур, участвующих в реализации когнитивной деятельности. Последнее, по-видимому, обусловлено тем, что в начальный период обучения в школе девочки значительно опережают мальчиков по своему биологическому возрасту.

Работа поддержана грантом РГНФ (проект №16-06-18011е).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адаптация организма учащихся к учебной и физической нагрузкам / под ред. А.Г. Хрипковой, М.В. Антроповой. – М.: Педагогика, 1982. – 240 с.
2. Антропова М.В. Возрастно-половые особенности умственной работоспособности учащихся 14-17 лет // Новые исследования в психологии и возрастной физиологии. – 1991. – №1. – С. 111-116.
3. Антропова, М.В., Соколова Н.В. Умственная работоспособность учащихся 1–4 классов, проживающих в экстремальных климатических условиях // Гигиена и санитария. – 1996. – № 5. – С. 17-20.
4. Гринене Э.Ю. Умственная работоспособность подростков // Альманах «Новые исследования». – 2004. – № 1-2. – С. 137.
5. Данилова Н.Н. Психофизиологическая диагностика функциональных состояний. – М.: Изд-во МГУ, 1992. – 192 с.
6. Данилова Н.Н. Психофизиология. – М.: Аспект Пресс, 2012. – 373.
7. Данилова Н.Н. Сердечный ритм и информационная нагрузка // Вестн. МГУ. – 1995: – Сер.14 (4). – С. 14–27.
8. Илюхина В.А. Психофизиология функциональных состояний и познавательной деятельности здорового и больного человека. – СПб.: Изд-во Н-Л, 2010. – 368 с.
9. Коршунова С.Г. Эффективность решения умственных задач и вариантность сердечного ритма // Вестн. МГУ. – 1996. – 14(1). – С. 31-41.
10. Костина Л.М. Адаптация первоклассников к школе путем снижения уровня их тревожности // Вопросы психологии. – 2004. – № 1. – С. 137-143.
11. Костяк Т.В. Психологическая адаптация первоклассников. – М.: Издательский центр “Академия”, 2008. – 176 с.
12. Крайг Г., Бокум Д. Психология развития. – СПб.: Питер, 2005. – 940 с.
13. Криволапчук И.А., Чернова М.Б. Изменения функционального состояния детей 11-12 лет под влиянием информационной нагрузки // Новые исследования. – 2014. – №4. – С. 52-58.

14. Криволапчук И.А., Чернова М.Б. Функциональное состояние детей 12-13 лет при выполнении когнитивных заданий // Новые исследования. – 2015. – № 4. – С. 24-32.

15. Криволапчук И.А., Чернова М.Б., Кесель С.А., Мышьяков В.В. Обоснование модели тестовых информационных нагрузок для изучения функционального состояния детей // Новые исследования. – 2013. – № 3. – С. 50-61.

16. Литвиненко Н.В. Адаптация школьников в критические периоды развития к образовательной среде: Автореф. дис. ... докт. психол. наук. Самара, 2009. 49 с.

17. Методические рекомендации по физиолого-гигиеническому изучению учебной нагрузки учащихся / Под ред. М.В.Антроповой, В.И.Козлова. – М.: АПН СССР, 1984. – 67 с.

18. Микляева А.В., Румянцева П.В. Школьная тревожность: диагностика, профилактика, коррекция. – СПб.: Речь, 2007. – 248 с.

19. Полянская Н.В., Криволапчук И.А., Чернова М.Б., Герасимов М.М. Особенности функционального состояния тревожных детей в критический период адаптации к образовательной среде // Новые исследования. – 2014. – № 1. – С. 83-91.

20. Собчик Л.Н. Метод цветowych выборов – модификация цветowego теста Люшера. – СПб.: Речь, 2006. – 128 с.

21. Фарбер Д.А., Безруких М.М. Методологические аспекты изучения физиологии развития ребенка // Физиология человека. – 2001. – Т. 27, № 5. – С. 8–16.

22. Фарбер Д.А., Мачинская Р.И. Современные исследования в возрастной физиологии и психофизиологии как основа медицинского, психологического и педагогического образования // Здоровье и образование детей – основа устойчивого развития российского общества и государства: Научная сессия академий, Москва, 5-6 октября 2006 г. – М.: Наука, 2007. – С. 28-33.

23. Физиология развития ребенка: Руководство по возрастной физиологии / Под ред. М.М. Безруких, Д.А. Фарбер. – М.: Изд-во Московского психолого-социального института, 2010. – 768 с.

24. Харрисон Дж., Уайнер Дж., Тэннер Дж. и др. Биология человека. – М.: Мир, 1979. – 611 с.

25. Шлык Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов. – Ижевск: Изд-во Удм. ун-та, 2009. – 259 с.

26. Berk L.E. Child Development. **Published by Pearson, 2012.** – 816 pp.

27. Boyce W. T., Chesney M., Alkon A., Tschann J. M. Psychobiologic reactivity to stress and childhood respiratory illnesses: Results of two prospective studies. // Psychosomatic Medicine, 1995. 57: 411–422.

28. Boyce W.T., Quas J., Alkon A., Smider N.A., Essex M.J., Kupfer D.J. Autonomic reactivity and psychopathology in middle childhood. Br J Psychiatry. 2001. 179:144-150.

29. Diamond L.M., Fagundes C.P, Cribbet M.R. Individual differences in adolescents' sympathetic and parasympathetic functioning moderate associations between family environment and psychosocial adjustment // Dev Psychol. 2012. 48(4): 918-931.

30. Everly G., Latin J. A Clinical Guide to the Treatment of the Human Stress Response. NY: Springer, 2013. – 486 p.

НОРМИРОВАНИЕ НАГРУЗОК НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ЗАВИСИМОСТИ «ДОЗА–ЭФФЕКТ» У ДЕТЕЙ 7-8 ЛЕТ

И.А. Криволапчук¹, М.Б. Чернова, А.А. Герасимова
ФГБНУ «Институт возрастной физиологии РАО», Москва

Анализ зависимостей «мощность–пульс» и «мощность–время» показал, что у детей 7-8 лет сдвиги физиологической интенсивности мышечной деятельности в пределах оптимального ее диапазона вызывают многократное изменение времени удержания нагрузки «до отказа», отражая выраженную вариативность приспособительных возможностей организма в данный возрастной период. Выявлены существенные различия в объеме выполняемой нагрузки одинаковой физиологической интенсивности у детей с различной работоспособностью. На основе полученных результатов разработана номограмма, позволяющая определять допустимую величину циклической нагрузки в зависимости от уровня физической работоспособности.

Ключевые слова: зависимость «доза–эффект», уровень работоспособности, пульсовой режим работы, оптимальная продолжительность циклических упражнений, номограмма.

Regulation of the workload based on the "dose-response" dependence analysis in children of 7-8 years of age. The analysis of dependencies "power-pulse" and "power-time" showed that in 7-8-year-old children the shifts of the physiological intensity of muscle activity within its optimal range causes multiple changes in the time of holding it to the full. It reflects the pronounced variability in the adaptive capacity of the organism in this age period. There were revealed significant differences in the amount of workload carried out with the same physiological intensity by children with different capacity for work. Based on these results, there was built a nomogram which allows to determine the possible level of cyclic workload, depending on the level of physical abilities.

Keywords: "dose-response" dependence, work efficiency, pulse work mode, optimal duration of cyclic exercises, nomogram.

В настоящее время большое значение имеет проблема обоснования добротных физиологических критериев дозирования нагрузок с учетом уровня физического состояния детей [23, 25, 29]. Это связано с тем, что оздоровительная эффективность физических упражнений во многом определяется соответствием основных компонентов применяемых нагрузок адаптационным возможностям организма занимающихся [22, 26, 28]. Количественными показателями приспособительных возможностей организма и уровня здоровья, отражающими эффективность процесса физической подготовки, являются работоспособность и двигательная подготовленности детей [1, 2, 20, 21].

Приспособительные изменения в организме ребенка, происходящие под воздействием физической нагрузки, описываются зависимостью «доза-эффект». При этом необходимо отметить, что одна и та же физиологическая интенсивность

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

нагрузки у детей, имеющих различный уровень работоспособности и двигательной подготовленности, может обуславливать разную предельную продолжительность работы и неодинаковую степень мобилизации функциональных резервов организма [10, 15, 17, 21]. Принимая во внимание данное обстоятельство, важно в процессе физической подготовки детей обеспечить дифференцированный подход к ним на основе учета уровня физического состояния.

Цель исследования – на основе анализа зависимости «доза-эффект» определить допустимую продолжительность работы заданной интенсивности у детей 7-8 лет и разработать способ дозирования циклической нагрузки с учетом уровня физической работоспособности

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании приняли участие здоровые дети 7-8 лет ($n=129$). Исследование проходило в соответствии требованиями Хельсинской декларации. Испытуемые занимались физической культурой по общепринятой программе и не посещали спортивные секции. Тестирование проводили в хорошо проветриваемом помещении при температуре воздуха $18-24^{\circ}\text{C}$, в первой половине дня, спустя несколько часов после приема пищи.

В процессе исследования определяли мощность нагрузки при пульсе 170 уд/мин (PWC_{170}) и предельное время работы (t_1, t_2) при работе «до отказа» мощностью 2 и 4 Вт/кг. На основе методики проведения пробы PWC [9] анализировали индивидуальные варианты зависимости «мощность-пульс». Применяли нагрузку ступенчато повышающейся мощности, выполняемую с интервалами отдыха. Ступени нагрузки составляли 1,0, 2,0, 2,5 или 3,0 Вт/кг массы тела. Время работы на каждой ступени – 5 мин, а интервал отдыха между ступенями – 3 мин. Находилась интенсивность работы соответствующая заданной величине ЧСС в диапазоне от 130 до 180 уд/мин. Для каждого испытуемого рассчитывалось уравнение линейной регрессии ($y=a+bx$), отражающее индивидуальную зависимость изменений ЧСС от мощности нагрузки в виде простой линии регрессии [15, 16].

Затем анализировались данные выполнения испытуемыми теста на удержание мощности нагрузки 2 и 4 Вт/кг (зависимость «мощность-время»). Определялось предельное время работы «до отказа». Отказ от выполнения работы фиксировали при снижении ее интенсивности более чем 10 %. Интервал времени между выполнением нагрузок составил 4-5 дней.

Известно, что между логарифмами мощности и продолжительности циклической работы имеется линейная зависимость. Наличие этой зависимости позволило с помощью двух экспериментальных точек построить в логарифмической системе координат графики, отражающие эту взаимосвязь [24, 30, 19, 11, 20] и на основании уравнения Muller ($t=K/W^a$) найти предельную продолжительность работы по величине её мощности при ЧСС в устойчивом состоянии от 130 до 180 уд/мин [15]. Полученные результаты послужили фундаментом для разработки номограммы, отражающей зависимость продолжительности циклической работы от ее физиологической интенсивности у детей 7-8 лет с учетом уровня физической работоспособности и двигательной подготовленности.

Собранный фактический материал обработан общепринятыми методами математической статистики. Определяли статистические характеристики ряда измерений и проводили проверку статистических гипотез, использовали также регрессионный анализ. Достоверность различий оценивали посредством параметрических и непараметрических критериев.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе исследования у детей 7-8 лет с различной оценкой физической работоспособности изучали зависимость предельного времени выполнения упражнения от его интенсивности и определяли максимальную продолжительность нагрузки при заданной величине частоты сердечных сокращений. Для каждого испытуемого находили мощность работы (Вт/кг), соответствующую ЧСС – 135, 140, 145 ...180 уд/мин, а затем определяли максимальное время удержания нагрузки при заданной величине ЧСС.

Как было отмечено выше, данный подход базируется на том основании, что между изменением пульса и интенсивностью глобальной циклической работы существует прямо пропорциональная зависимость [6, 9, 22, 26], а между величиной прироста ЧСС на стандартную нагрузку и способностью испытуемого выполнять физическую работу заданной интенсивности, наоборот, имеется обратно пропорциональная зависимость [4, 9]. Указанный диапазон физиологической интенсивности работы был выбран потому, что линейный характер связи пульса и мощности нагрузки у детей сохраняется вплоть до ЧСС 190-200 уд/мин, после чего зависимость «мощность-пульс» становится нелинейной. Необходимо отметить, что зависимость времени удержания работы от ее интенсивности в логарифмической системе координат также приближается к прямой линии [11, 20, 24] и проявляется в диапазоне продолжительности от 1 до 240 мин [30].

Полученные данные о предельной и допустимой продолжительности физической нагрузки при заданном пульсовом режиме работы с учетом уровня работоспособности школьников, представлены в табл. 1. Установлено, что с увеличением ЧСС со 135 до 180 уд/мин мощность нагрузки, выраженная в Вт/кг, увеличивается у детей 7-8 лет на 150–170 %, а предельная продолжительность работы уменьшается в 9 раз. При этом длительность работы «до отказа» существенно зависит от уровня физического состояния школьников: у детей с высокой оценкой работоспособности она уменьшается в 12 раз, выше средней – 10 раз, средней – 9, ниже средней – 8 и низкой оценкой работоспособности – в 7 раз. Результаты исследования указывают на то, что в рамках оптимального диапазона интенсивности, колебания допустимого времени работы могут многократно изменяться.

Выявленная закономерность проявляется не только в отношении школьников 7-8 лет, но и детей 5-6, 11-12 и 13-14 лет [15, 16]. В научной литературе имеются сведения, подтверждающие наличие столь существенных изменений времени удержания нагрузки «до отказа» вследствие «незначительной» трансформации интенсивности. Так, например, в более ранних исследованиях одного из авторов данной статьи было установлено, что у детей 5-6 лет с увеличением ЧСС со 135 до 180 уд/мин мощность нагрузки возрастает в среднем на 100-150 %, тогда как ее предельная продолжительность уменьшается примерно в 8-9 раз [15].

Таблица 1

Предельная и оптимальная продолжительность физической нагрузки при заданной ЧСС в устойчивом состоянии у детей 7-8 лет с разной физической работоспособностью (ФР)

УФР	ЧСС		W	Время, мин	
	уд/мин	в %	Вт/кг	100%	50-75%
В	140	66	$1,69 \pm 0,08$	$34,2 \pm 8,6$	17,1-25,7
	150	71	$1,96 \pm 0,08$	$19,7 \pm 4,6$	9,9-14,8
	160	75	$2,23 \pm 0,09$	$11,4 \pm 2,5$	5,7-8,6
	170	80	$2,51 \pm 0,10$	$6,6 \pm 1,4$	3,3-5,0
	180	85	$2,78 \pm 0,11$	$3,8 \pm 0,8$	1,9-2,9
ВС	140	66	$1,57 \pm 0,09$	$22,7 \pm 3,9$	11,4-17,0
	150	71	$1,83 \pm 0,11$	$13,8 \pm 2,2$	6,9-10,4
	160	75	$2,09 \pm 0,12$	$8,3 \pm 1,2$	4,2-6,2
	170	80	$2,35 \pm 0,14$	$5,1 \pm 0,8$	2,6-3,8
	180	85	$2,61 \pm 0,15$	$3,1 \pm 0,5$	1,6-2,3
С	140	66	$1,79 \pm 0,13$	$15,1 \pm 2,5$	7,6-11,3
	150	71	$2,09 \pm 0,15$	$9,6 \pm 1,3$	4,8-7,2
	160	75	$2,39 \pm 0,17$	$6,1 \pm 0,7$	3,05-4,6
	170	80	$2,69 \pm 0,19$	$3,9 \pm 0,5$	2,0-2,9
	180	85	$2,98 \pm 0,22$	$2,5 \pm 0,3$	1,3-1,9
НС	140	66	$1,72 \pm 0,05$	$10,6 \pm 1,7$	5,3-8,0
	150	71	$1,98 \pm 0,06$	$6,6 \pm 0,9$	3,3-5,0
	160	75	$2,25 \pm 0,07$	$4,1 \pm 0,6$	2,1-3,1
	170	80	$2,51 \pm 0,08$	$2,6 \pm 0,4$	1,3-2,0
	180	85	$2,78 \pm 0,09$	$1,7 \pm 0,2$	0,9-1,3
Н	140	66	$1,57 \pm 0,05$	$6,6 \pm 2,0$	3,3-5,0
	150	71	$1,81 \pm 0,05$	$4,2 \pm 1,0$	2,1-3,2
	160	75	$2,05 \pm 0,06$	$2,6 \pm 0,5$	1,3-2,0
	170	80	$2,30 \pm 0,07$	$1,7 \pm 0,3$	0,9-1,3
	180	85	$2,54 \pm 0,08$	$1,0 \pm 0,2$	0,5-0,8

Примечание. УФР – уровень физической работоспособности; В – высокий; ВС – выше среднего; С – средний; НС – ниже среднего; Н – низкий.

В публикациях других авторов показано, что у школьников 7-17 лет при нагрузках мощностью 3 Вт/кг средние величины показателей, характеризующих предельную продолжительность работы и биологическую надежность организма, в 6-15 раз отличаются от значений, полученных при работе мощностью 5 Вт/кг [7, 10] и в 18-27 раз при нагрузке 7 Вт/кг [13].

Дальнейший анализ результатов исследования показал, что чем выше уровень работоспособности испытуемых, тем больше отличается время удержания ими нагрузок при ЧСС 140–180 уд/мин. Важно подчеркнуть, что с увеличением подготовленности детей диапазон максимальной продолжительности работы в рамках указанных границ интенсивности существенно расширяется ($p < 0,05$ – $0,001$). Сопоставление индивидуальных значений предельной длительности работы выявило, что различия между школьниками с высоким и низким уровнем подготовленности достигают весьма значительных ($p < 0,001$) величин, причем с уменьшением мощности нагрузки они существенно нарастают. Так, дети 7–8 лет с высокой работоспособностью превосходят испытуемых с низким уровнем подготовленности по продолжительности выполнения работы «до отказа» при пульсе 140 уд/мин в 5,2 раза, а при ЧСС 180 уд/мин – в 3,8 раза. Полученные результаты указывают на то, что с повышением степени «аэробности» нагрузки межгрупповые различия, связанные с уровнем мышечной работоспособности, существенно возрастают.

Полученные результаты свидетельствуют о больших различиях в объеме выполняемой нагрузки заданной физиологической интенсивности, обусловленных уровнем работоспособности. Существенные различия выявлены и в ряде других работ. Так, показано, что время удержания нагрузки на уровне критической мощности у тренированных людей в 3–5 раз выше по сравнению с лицами, имеющими обычную физическую подготовленность [5]. Установлено, что школьники с высоким уровнем физического состояния превосходят испытуемых с низким уровнем подготовленности по объему выполненной работы в 4–6 раз [21], а по показателям аэробной емкости эти различия могут достигать 20 раз и более [12]. Обнаружено также, что дети дошкольного возраста, отличающиеся высоким уровнем физической работоспособности, превосходят испытуемых с низкой оценкой физического состояния по длительности удержания нагрузки при ЧСС 135 уд/мин в 4,4 раза, а при ЧСС 180 уд/мин – в 3,4 раза [15, 27].

Эти данные послужили основанием для разработки номограммы, позволяющей определять допустимую величину нагрузки в зависимости от уровня работоспособности (рис. 2). Она может быть использована в любом виде циклических упражнений для расчета продолжительности физической нагрузки. Подобный подход был реализован ранее в отношении взрослых лиц [8, 17, 18] и детей [8, 15].

На рисунке 2 по вертикали обозначены величины ЧСС, а по горизонтали – допустимый диапазон продолжительности физической нагрузки. Сопоставление данных, полученных у детей 7–8 лет с помощью номограммы с фактически измеренными, показало достаточную точность представленного способа. Средняя ошибка измерений находилась в диапазоне ± 8 %. Коэффициент корреляции фактических и расчетных данных превышал 0,9 ($p < 0,001$). Сильная степень статистической взаимосвязи между расчетными величинами и данными, полученными при прямом тестировании, свидетельствует о практической ценности метода. В процессе применения номограммы необходимо принимать во внимание то обстоятельство, что при выполнении циклических упражнений, интенсивность которых превышает 50 % максимальной аэробной мощности, в состоянии устойчивой работоспособности ЧСС медленно возрастает, главным образом, вследствие снижения ударного объема крови [4, 9, 22, 26]. Сниженный ударный объем компенсиру-

ется увеличением ЧСС, направленным на поддержание заданной величины минутного объема кровообращения [14, 22, 26].

Изменения ЧСС в условно устойчивом состоянии, связаны не только с уменьшением ударного объема, но и в целом отражают сложную динамику постепенного развития утомления, формируемого на уровне систем нейрогуморальной регуляции, вегетативного обеспечения деятельности, двигательного аппарата и энергетического обмена [5, 14, 20, 22].

При нагрузках в исследуемом диапазоне интенсивности средние величины «дрейфа» ЧСС за 40–45 минут работы в устойчивом состоянии составляют 8–12 уд/мин. Поэтому при использовании номограммы необходимо определять границы диапазона интенсивности работы в пределах 10 уд/мин и начинать занятие с нижней границы диапазона нагрузки. Оптимальную продолжительность работы целесообразно определять для нижней границы выбранного диапазона. Это позволяет величину ЧСС, зарегистрированную у детей 7-8 лет в начальный период устойчивого состояния, использовать в качестве надежного критерия интенсивности нагрузки в диапазоне от 5 до 30 минут и более.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ зависимостей «мощность–пульс» и «мощность–время» свидетельствует о том, что у детей 7-8 лет сдвиги физиологической интенсивности мышечной деятельности в пределах оптимального ее диапазона вызывают многократное изменение времени удержания нагрузки «до отказа», отражая выраженную вариативность приспособительных возможностей детей в данный возрастной период. Выявлены существенные различия в объеме выполняемой нагрузки одинаковой физиологической интенсивности у детей с различной работоспособностью: колебания допустимого времени работы изменялись на порядок и более в зависимости от уровня физического состояния.

Установлено, что по мере снижения интенсивности физической работы различия между детьми с высокой и низкой работоспособностью по времени удержания нагрузки «до отказа» нарастают. Это вызывает необходимость обязательного учета в процессе физической подготовки и пульсового режима работы и уровня физического состояния занимающихся.

На основе полученных данных разработана номограмма, позволяющая определять допустимую величину циклической нагрузки в зависимости от уровня физической работоспособности детей 7-8 лет. Данная номограмма может быть использована в любом виде циклических упражнений для расчета продолжительности физической нагрузки. Предложенный способ нормирования нагрузок может найти широкое применение при создании физиологически обоснованных программ физической подготовки учащихся в условиях общеобразовательных учреждений.

Работа поддержана грантом РГНФ (проект № 16-06-00211а).

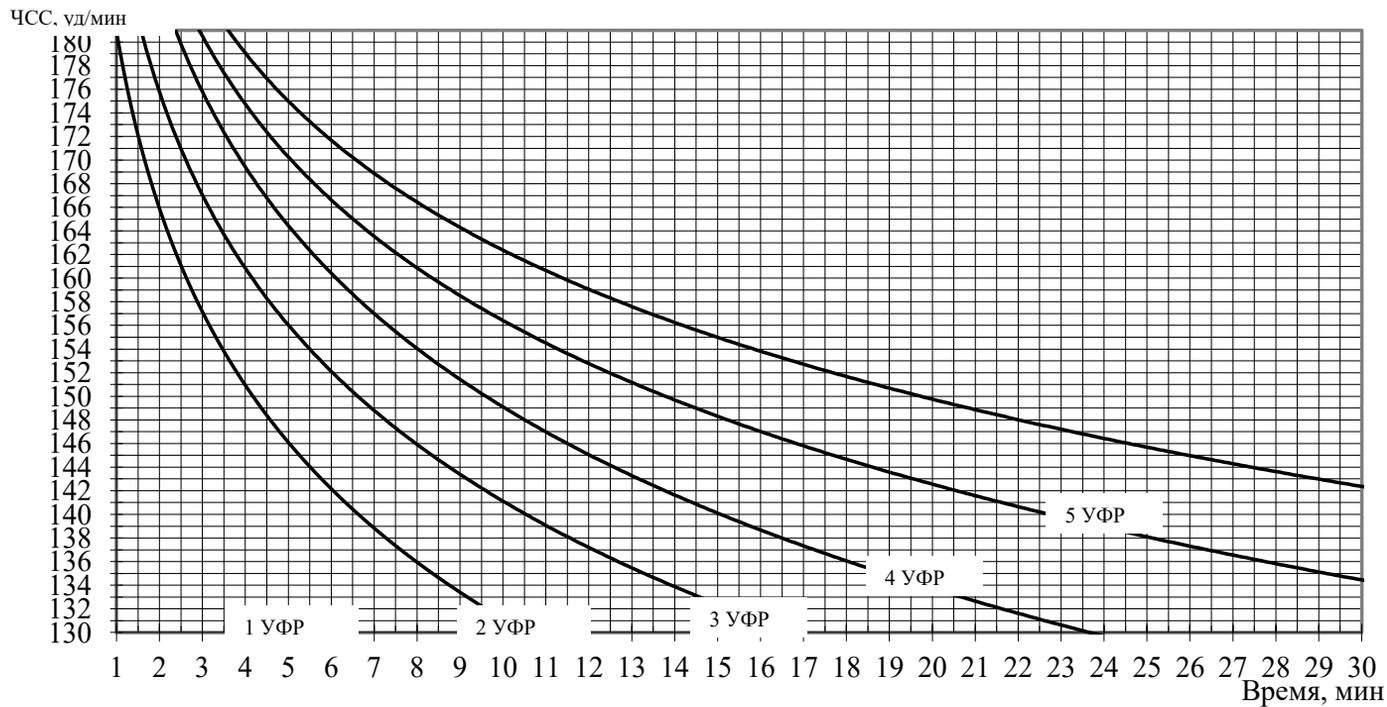


Рисунок – Номограмма для определения допустимой продолжительности работы в зависимости от пульсового режима у детей 7-8 лет с разным уровнем физической работоспособности

Примечание. УФР – уровень физической работоспособности; 1 – низкий, 2 – ниже среднего; 3 – средний; 4 – выше среднего; 5 – высокий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Апанасенко Г.Л., Попова Л.А. Медицинская валеология. – Ростов н/Д.: Феникс, 2000. – 248 с.
2. Аулик И.В. Определение физической работоспособности в клинике и спорте. – М.: Медицина, 1990. – 192 с.
3. Баранцев С.А., Криволапчук И.А., Герасимова А.А., Криволапчук И.И. Алгоритм определения комплексной оценки физической работоспособности и подготовленности школьников 11-14 лет // Новые исследования. – 2014. – №2. – С. 68-76.
4. Белоцерковский З.Б. Эргометрические и кардиологические критерии физической работоспособности у спортсменов. – М.: Советский спорт, 2009. – 348 с
5. Волков Н.И., Осипенко А.А., Несен Э.Н., Корсун С.Н. Биохимия мышечной деятельности. – Киев: Олимпийская литература, 2000. – 503 с.
6. Дембо А.Г., Земцовский Э.В. Спортивная кардиология. – Л.: Медицина, 1989. – 464 с.
7. Зайцева В.В., Сонькин В.Д., Бурчик М.В., Корниенко И.А. Оценка информативности эргометрических показателей работоспособности // Физиология человека, – 1997. – Т.23, №6. – С. 58-63.
8. Иващенко Л.Я., Круцевич Т.Ю. Методика физкультурно-оздоровительных занятий. – К.: УГУФВС, 1994. – 126 с.
9. Карпман В.Л., Белоцерковский З.Б., Гудков И.А. Тестирование в спортивной медицине. – М.: Физкультура и спорт, 1988. – С. 208.
10. Корниенко И.А., Сонькин В.Д. «Биологическая надежность», онтогенез и возрастная динамика мышечной работоспособности // Физиология человека. – 1999. – Т. 25, № 1. – С. 98-108.
11. Корниенко И.А., Сонькин В.Д., Тамбовцева Р.В. Возрастное развитие энергетики мышечной деятельности: Итоги 30-летнего исследования. Сообщение II. «Зоны мощности и их возрастные изменения» // Физиология человека. – 2006. – Т. 32, № 3. – С. 46-54.
12. Корниенко И.А., Тамбовцева Р.В., Панасюк Т.В., Сонькин В.Д. Индивидуальные особенности соматотипа и энергетика скелетных мышц у девочек в возрасте 7-11 лет // Физиология человека. – 2000. – Т. 26, № 2. – С. 87-92.
13. Король В.М. Физиологическая оценка комплексной системы развития двигательных качеств у подростков и юношей // Нормирование нагрузок в физическом воспитании школьников. – М.: Педагогика, 1989. – С. 145-159.
14. Коц Я.М. Спортивная физиология. – М.: Физкультура и спорт, 1986. – 240 с.
15. Криволапчук И.А. Энергообеспечение мышечной деятельности детей 5-6 лет и комплексная оценка физической работоспособности // Физиология человека. – 2009. – Т. 35, № 1. – С. 76-87.
16. Криволапчук И.А., Баранцев С.А., Герасимова А.А. Определение допустимой и оптимальной продолжительности циклических нагрузок с учетом возраста и физического состояния школьников // Новые исследования. – 2015. – № 3. – С. 58-69.

17. Круцевич Т.Ю., Петровский В.В. Управление процессом физического воспитания // Теория и методика физического воспитания / Под ред. Т.Ю. Круцевич. – К.: Олимпийская литература, 2003. – Т. 1. – С. 348-412.
18. Пирогова Е.А., Иващенко Л.Я., Страпко Н.П. Влияние физических упражнений на здоровье и работоспособность человека. – Киев: Здоровье, 1986. – 152 с.
19. Смирнов М.Р. Закономерности биоэнергетического обеспечения циклической нагрузки (на примере лёгкой атлетики). – Новосибирск: НГПУ, 1994. – 220 с.
20. Соськин В.Д., Тамбовцева Р.В. Развитие мышечной энергетики и работоспособности в онтогенезе. – М.: Книжный дом «Либроком», 2011. – 368 с.
21. Сухарев, А.Г. Здоровье и физическое воспитание детей и подростков. – М.: Медицина, 1991. – 272 с.
22. Уилмор Дж.Х., Костилл Д.Л. Физиология спорта и двигательной активности. – Киев: Олимпийская литература, 1997. – 502 с.
23. Global Recommendations on Physical activity for Health. – Geneva, World Health Organization, 2010. – 60 p.
24. Grosse-Lordermann H., Müller E. A. Der Einfluss der Leistung und der Arbeitsgeschwindigkeit auf das Arbeitsmaximum und den Wirkungsgrad beim Radfahren. *Arbeitsphysiologie*, 1937, 9(6), pp. 454–475.
25. Janssen I, Leblanc A.G. Systematic review of the health benefits of physical activity and fitness in school-aged children and youth // Int J Behav Nutr Phys Act. 2010. 7(40). – P. 1-16.
26. Kenney W.L., Wilmore J., Costill D. *Physiology of Sport and Exercise*. – Published by Champaign, IL; Human Kinetics, 2011. – 640 p.
27. Krivolapchuk I. A. Peculiarities of preschool aged boys' and girls' physical state//*Medicina dello Sport*, 2014. 67(2). – P. 241-250.
28. Pate R.R. 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. 402-407.
29. *Physical Activity Guidelines for Americans*. – Washington, 2008. – 65 p.
30. Tornvall G. Assessment of physical capabilities // *Acta Physiol. Scand*. – 1963. V.58, Suppl. 201. – P. 5-102.

ДОЛГОВРЕМЕННЫЕ ЭФФЕКТЫ ВЛИЯНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЙ АЭРОБНОГО ХАРАКТЕРА НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ДЕТЕЙ ПРИ СТРЕССЕ

Г.А. Зайцева¹, И.И. Криволапчук, С.А. Бондарева,
А.П. Буслаков, Р.М. Носова

Национальный исследовательский технологический университет
«МИСиС» (НИТУ «МИСиС»), Москва

Изучение долгосрочных эффектов влияния физических упражнений на функциональное состояние показало, что систематическое использование нагрузок аэробной направленности в занятиях по физическому воспитанию с детьми 8-10 лет способствует улучшению психофизиологической реактивности их организма и повышению результативности деятельности в условиях психической напряженности. Анализ эффективности различных режимов аэробной работы выявил преимущества экспериментальных занятий, основанных на преобладании равномерных нагрузок умеренной мощности.

Ключевые слова: кумулятивные эффекты, аэробные нагрузки разной мощности, психологический стресс.

Long-term effects of aerobic exercises on the functional state of children under stress. *The paper presents the study of the long-term effects of physical exercises on the functional state. It showed that the systematic use of aerobic exercises in the physical education of 8-10-year-old children improves psychophysiological reactivity of the body, and rises the effectiveness of activities performed under stress. The analysis of the effectiveness of different aerobic exercises showed benefits of the experimental classes based on the predominance of the moderate-load training.*

Keywords: cumulative effects, different aerobic exercise, psychological stress.

Систематическое использование различных физических упражнений с древних времен является одним из наиболее доступных способов нормализации функционального состояния (ФС) человека. И сегодня проблема изучения долгосрочного влияния занятий физическими упражнениями на организм в условиях психологического стресса весьма актуальна [2, 3, 6 и др.].

Анализ исследований ФС свидетельствует о том, что в научной литературе недостаточно внимания уделяется стратегиям преодоления стресса и повышения стрессоустойчивости детей в процессе физического воспитания [2, 1]. Дело в том, что проблема оптимизации ФС человека при стрессе средствами аэробной подготовки, как самостоятельное научное направление, стала предметом специальных исследований лишь в последнее десятилетие [1, 2, 13, 14 и др.]. В настоящее время она занимает одно из центральных мест в оздоровительной физической культуре, профилактической медицине и физиологии развития. С той или иной степенью глубины данная проблема рассматривается в физиологическом, психологическом, социальном и педагогическом аспектах [10, 12, 13, 16]. Сегодня, в частности, остается невыясненным вопрос о том, как же влияют физические упражнения

Контакты¹ Зайцева

аэробной направленности на физиологические, психологические и поведенческие показатели ФС детей при стрессе в различные возрастные периоды и каковы общие механизмы, лежащие в основе вызванных ими долговременных адаптационных изменений.

Целью исследования явилось изучение долговременных эффектов влияния различных режимов занятий упражнениями аэробного характера на ФС детей в стрессорных условиях.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании приняли участие дети 8-10 лет (n=208), отнесенные по состоянию здоровья к основной медицинской группе. Исследования показателей ФС проводили в 9-11 часов, когда наблюдается оптимальный уровень физиологических функций.

В качестве модели психосоциального стресса использовали напряженную работу с буквенными таблицами. Тестовая нагрузка в течение 4-х минут выполнялась в максимальном темпе при наличии «угрозы наказания» [5]. Оценка каждого выполненного задания проводилось по объёму работы (количество просмотренных знаков «А») и продуктивности (коэффициент «Q»). Последовательность проведения лабораторного исследования: 1) подключение приборов к испытуемым; 2) измерение показателей ФС в условиях спокойного бодрствования; 3) измерение показателей ФС при напряженной информационной нагрузке.

Систолическое (СД) и диастолическое (ДД) артериальное давление крови регистрировали в соответствии с рекомендациями ВОЗ с помощью откалиброванного стандартного сфигмоманометра. Рассчитывали двойное произведение (ДП).

Для оценки степени напряженности регуляторных систем использовали математический анализ сердечного ритма [9]. На этой основе определяли частоту сердечных сокращений (ЧСС), среднюю продолжительность R-R интервала (RRNN), моду (Mo), амплитуду моды (AMo), разброс кардиоинтервалов (MxDMn), среднеквадратическое отклонение (SDNN), стресс-индекс (SI).

Для изучения личностных особенностей использовался проективный тест школьной тревожности Е. Амен в модификации А.Прихожан [8]. По результатам тестирования определяли индекс тревожности (ИТ).

Таблица 1

Соотношение аэробных нагрузок различной относительной мощности в экспериментальных группах

Экспериментальные группы	Нагрузка		
	Большая мощность	Умеренная мощность	Переменная мощность
ЭГ I	20 %	60 %	20 %
ЭГ II	20 %	20 %	60 %
ЭГ III	60 %	20 %	20 %

В ходе педагогического эксперимента использован экспериментальный план с участием четырех эквивалентных опытных групп (трех экспериментальных и одной контрольной). Отбор и распределение испытуемых по группам проводился в соответствии с принятым экспериментальным планом на основе процедуры рандомизации.

В процессе опытно-экспериментальной работы определялись оптимальные величины нагрузок аэробного характера в недельном цикле на занятиях по физическому воспитанию (при занятиях оздоровительным бегом, фитнес-аэробикой, подвижными играми «на выносливость», плаванием).

Применяли главным образом методы непрерывной равномерной и непрерывной переменной работы. При использовании методов непрерывной и повторной работы для достижения стационарного уровня потребления кислорода, общая продолжительность отдельного упражнения составляла не менее 3 мин. Расчет интенсивности комплекса аэробных упражнений проводился с помощью методики Karvonen, позволяющей выражать нагрузку в % от величины максимального пульсового резерва (МПР) с учетом возраста и подготовленности занимающихся. Посредством хронометрирования определялось время, затраченное на нагрузки в соответствующей зоне относительной мощности. Общая длительность эксперимента составила 36 недель. В начале и в конце педагогического эксперимента проводилось изучение ФС детей опытных групп.

При составлении программы педагогического эксперимента учитывались: годовая динамика физических качеств; особенности физической подготовленности детей; оптимальная продолжительность упражнений при однократном выполнении; время повышения и сохранения достигнутого уровня развития физических качеств; количество повторений упражнений в занятии при развитии отдельных физических качеств; прохождение определенного раздела учебной программы.

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

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Во всех экспериментальных группах систематические занятия физическими упражнениями аэробной направленности обеспечили у детей 8-10 лет улучшение показателей ФС в условиях тестовой стресс-нагрузки по сравнению с исходным уровнем.

Так, в ЭГ I программа занятий аэробной направленности с использованием физических упражнений преимущественно в зоне умеренной мощности при тестовой стресс-нагрузке обеспечила статистически значимое ($p < 0,05-0,001$) снижение ЧСС, ДП, SI, ИТ и увеличение RRNN, Мо, MxDMn, A и Q (табл. 2). По сравнению с КГ различия ($p < 0,05-0,01$) выявлены в отношении A, ЧСС, СД, Мо, ИТ (см. табл. 2).

В ЭГ II программа занятий преимущественно аэробной направленности в режиме переменной мощности обеспечила существенное снижение при тестовой нагрузке ЧСС, АМо, ДП и увеличение RRNN, Мо, MxDMn, SDNN, A и Q, ИТ. По сравнению с КГ различия выявлены в отношении ЧСС, СД, ДП и ИТ (см. табл. 2).

Таблица 2

Изменения ($M \pm m$) показателей функционального состояния (ФС)
у детей при стрессовой нагрузке под влиянием аэробных упражнений

Показатель	Приросты показателей ФС			
	ЭГ I	ЭГ II	ЭГ III	КГ
А, знаков	29,1±5,3***^^	27,6±5,7***	19,5±4,9***	9,9±4,4
Q, отн.ед.	2,42±0,64***	3,02±0,83***	2,26±0,93*	1,35±0,95
ЧСС, уд/мин	-4,3±1,2***^	-5,8±1,2***^^	-4,6±1,4***^^	-1,0±0,9
СД, мм.рт.ст.	-1,6±1,4^	-1,9±1,3^	-1,2±1,1^	2,8±1,3*
ДД, мм.рт.ст.	2,3±1,6	0,8±1,5	1,9±1,7	3,3±1,6*
ДП, отн.ед.	-6,2±2,2*	-7,1±2,0**^	-5,7±2,3*	-1,4±1,9
RRNN, мс	6,7±2,3**	5,1±2,0*	4,4±2,1*	1,0±2,1
Мо, мс	8,4±2,1***^	7,8±2,3**	6,2±2,2**	2,1±2,0
АМо, мс	-2,8±1,8	-4,5±2,0*	-3,9±1,7*	-0,4±1,6
МхDMп, мс	41,9±15,3**	40,4±14,6**	52,6±16,0**	14,8±12,2
SDNN, мс	2,3±1,2	3,6±1,1**	2,8±1,4	1,2±1,2
SI, отн.ед.	-46,9±19,7*	-28,3±21,7	-34,8±18,2	4,2±22,5
ИТ, %	-4,8±1,9*^	-3,3±1,5*^	-2,5±1,7	1,4±1,6

Примечание. *, **, *** – достоверность прироста при $p < 0.05, 0.01, 0.001$ соответственно;

^, ^^ - значимые различия между ЭГ и КГ при $p < 0.05, 0.01$ соответственно.

Программа занятий в ЭГ III, реализуемая преимущественно на основе использования работы в зоне большой мощности, также способствовала достоверному уменьшению в условиях тестовой нагрузки ЧСС, АМо, ДП и увеличение RRNN, Мо, МхDMп, А и Q по сравнению исходным уровнем. По сравнению с КГ различия выявлены в отношении ЧСС и СД (см. табл. 2).

Сравнительный анализ сдвигов изучаемых показателей не выявил статистически значимых различий между детьми экспериментальных групп. Вместе с тем, наши исследования показали, что аэробная тренировка с равномерным режимом работы в зоне умеренной мощности оказалась наиболее эффективной для улучшения ФС детей 8-10 лет в условиях стрессовой нагрузки. Наиболее заметно преимущества данного режима аэробной работы по сравнению с контрольной группой проявляются в отношении частоты сердечных сокращений, систолического давления крови, показателя двойного произведения и индекса тревожности.

Полученные результаты согласуются с данными литературы. Так, в ряде работ отмечается, что при использовании физических нагрузок преимущественно аэробного характера происходят существенные изменения ФС в стрессорных условиях [15, 10, 4, 14]. Установлено, что аэробные нагрузки оказывают выраженное воздействие как на физиологические [13, 6], так и психологические [12, 17, 4] показатели ФС детей. Улуч-

шение ФС под влиянием нагрузок аэробной направленности проявляется, прежде всего, в повышении экономичности функционирования систем вегетативного обеспечения деятельности [7, 11]. Различия в «тренировочном» эффекте, определяемые режимом выполняемой аэробной работы, позволяют считать, что в условиях равномерной физической нагрузки умеренной мощности, наблюдается наиболее выраженное улучшение ФС детей 8-10 лет при напряженной деятельности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение долговременных эффектов влияния физических упражнений на функциональное состояние организма показало, что систематическое использование нагрузок аэробной направленности в занятиях по физическому воспитанию с детьми 8-10 лет способствует оптимизации сдвигов ряда физиологических и психологических показателей в условиях нервно-психического напряжения. Анализ эффективности различных режимов аэробной работы позволил выявить преимущества экспериментальных занятий, основанных на преобладании равномерных нагрузок умеренной мощности. Это свидетельствует о целесообразности использования данного режима аэробной работы для повышения стрессоустойчивости детей в школе. Работа поддержана РГНФ (грант №15-06-10156а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бодров, В.А. Психологический стресс: развитие и преодоление. – М.: ПЭР СЭ, 2006. – 528 с.
2. Гринберг, Дж. Управление стрессом. – СПб.: Питер, 2002. – 496 с.
3. Ефимова, И.В., Будыко, Е.В., Проходовская, Р.Ф. Психофизиологические основы здоровья студентов. – Иркутск: Иркут. ун-т, 2003. – 124 с.
4. Криволапчук И.А. Функциональное состояние детей 9-10 лет при напряженной информационной нагрузке и физическая работоспособность // Физиология человека. – 2009. – Т. 35, № 6. – С. 111-121.
5. Криволапчук И.А., Чернова М.Б. Разработка модели тестовых нагрузок для изучения стрессовой реактивности подростков // Новые исследования. – 2010. – № 3 (24). – С. 25-37.
6. Криволапчук И.А. Реализация напряженной информационной нагрузки и аэробные возможности детей и подростков 5-14 лет // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. – 2008. – № 3. – С. 40-43.
7. Меерсон, Ф.З., Пшеничкова, М.Г. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам. – М.: Медицина, 1988. – 256 с.
8. 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.
9. Шлык Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов. – Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2009. – 259 с.
10. Alderman, V.L., Arent, S.M., Landers, D.M., Rogers, T.J. Aerobic exercise intensity and time of stressor administration influence cardiovascular responses to psychological stress // Psychophysiology. – 2007. – Vol. 44, № 5. – P. 759-766.

11. Crews, D., Landers, D. A meta-analytic review of aerobic fitness and reactivity to psychosocial stressors // *Med. Sci. Sports Exerc.* – 1987. – Vol. 19, № 5. – P. 114-120.
12. Crews, 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. – Vol. 98, № 1. – P. 319-324.
13. Forcier, K., Stroud, L.R., Papandonatos, G.D. et al. Links between physical fitness and cardiovascular reactivity and recovery to psychological stressors: A metaanalysis // *Health Psychol.* – 2006. – Vol. 25, № 6. – P. 723-739.
14. Krivolapchuk I. A., Chernova M. B. Physical performance and psychophysiological reactivity of 7-8 year-old children to different types of exercise // *Medicina dello Sport.* – 2012. – 65(2). – P. 173-185.
15. Roth, D., Holmes D. Influence of Aerobic Exercise Training and Relaxation Training on Physical and Psychologic Health Following Stressful Life Events // *Psychosomatic Medicine.* – 1987. – Vol. 49. – P. 355-365.
16. Spalding, T.W., Jeffers, L.S., Porges, 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. 581-591.
17. Wipfli, B.M., Rethorst, C.D., Landers, D.M. The anxiolytic effects of exercise: a meta-analysis of randomized trials and dose-response analysis // *J Sport Exerc Psychol.* – 2008. – Vol. 30, № 4. – P. 392-410.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ В ОБЛАСТИ ПРАВИЛЬНОГО ПИТАНИЯ

А.Г. Макеева¹,
ФГБНУ «Институт возрастной физиологии РАО», Москва

Проведено исследование влияния обучения правильному питанию школьников на их представления, установки и поведение. В исследовании участвовали две группы подростков 10-12 лет, жители 4 городов России (Балашиха, Нижний Новгород, Волгоград, Ижевск). Первая группа подростков в течение трех лет изучала программу о правильном питании, у второй группы не было специального обучения. Всего было опрошено 300 подростков, а также их родители. Выявлен позитивный вклад обучения в формирование культуры правильного питания у школьников – подростки, изучающие программу, демонстрируют значительную осведомленность об аспектах питания, чаще едят полезные продукты, соблюдают режим питания, а также ведут более здоровый образ жизни в целом.

Ключевые слова: культура питания, обучение основам правильного питания, образ жизни, режим питания, рацион питания.

Evaluating the effectiveness of the nutrition educational program. The effect of nutrition education on students' views, attitudes and behaviour was studied. The study involved two groups of adolescents aged 10-12 years old, living in 4 cities of Russia (Balashikha, Nizhny Novgorod, Volgograd, Izhevsk). The first group of teenagers studied proper nutrition for three years, the second group had no special training. 300 teenagers and their parents were interviewed. There was revealed a positive contribution of education to the development of proper nutrition habits in school children: teenagers involved in the training programme demonstrate strong awareness of nutrition aspects, they are more likely to eat healthy foods, follow the diet and lead a healthier lifestyle in general.

Key words: eating culture, learning the basics of nutrition, lifestyle, dietary pattern, diet.

В настоящее время специальное обучение основам здорового образа жизни, является неперенным компонентом национальных программ и проектов, направленных на снижение уровня заболеваемости среди населения [9, 10]. Так, к примеру, в настоящее время в мире реализуется более 300 национальных образовательных программ, связанных с обучением правильному питанию [6]. Между тем, несмотря на масштабность просвещения и обучения в сфере ЗОЖ и правильного питания, вопрос оценки его эффективности остается недостаточно разработанным. Существует целый ряд работ, подтверждающих роль просвещения в решении проблемы преодоления заболеваемости [2, 3, 11], влиянии его на поведение людей, связанное со здоровьем [11]. Однако при этом среди специалистов нет единого понимания сферы влияния образовательных программ, конкретных механизмов их воздействия, круге реальных задач, которые могут быть решены с помощью обучения и образования. Это, в свою очередь, приводит к появлению

Контакты: ¹ Макеева А.Г., E-mail:

исследований, где эффективность образовательной методики доказывается с помощью анализа уровня заболеваемости конкретных групп населения, изменений их социально-экономических характеристик и т.д. Отсутствие адекватного представления о вкладе образования затрудняет постановку реалистических целей и задач профилактики, снижает достоверность прогноза результатов долгосрочных программ и проектов.

Целью данного исследования стало определение характера влияния обучения по программе «Разговор о правильном питании» на знания, предпочтения и поведение школьников.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводилось в школах 4 городов России - Нижний Новгород, Ижевск, Волгоград, Балашиха (Московская область). В исследовании принимали участие школьники 10-12 лет и их родители. Было выделено 2 группы – основная (150 школьников и 150 родителей) и контрольная (147 школьников и 147 родителей). Школьники основной группы – прошли трехлетний курс подготовки в области правильного питания с помощью специальной программы, у школьников контрольной группы не было специального обучения.

Для исследования использовались несколько видов анкет. Анкетирование школьников проводилось в классе, подростки самостоятельно заполняли бланки анкет. Анкетирование взрослых происходило во время родительского собрания.

Первый вид анкетирования был направлен на выявление уровня осведомленности школьников о различных аспектах питания – режиме, рационе, пищевой ценности продуктов и блюд и т.д., а также их предпочтениях в области питания. Этот вид анкетирования проводился один раз. Второй вид анкетирования был направлен на изучение реального рациона и режима питания школьников, а также особенностей их образа жизни в целом. Оно проводилось каждый день в течение рабочей недели- учащиеся должны были ответить на вопросы, связанные с их предыдущим днем.

Анкеты для взрослых содержали перечень вопросов, связанных с организацией питания ребенка в семье, проблемами, с которыми сталкиваются родители.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Все опрошенные – и взрослые, и дети, оценивают питание как наиболее важный для здоровья фактор. Участники исследования ставят его на первое по значимости место, перед физической активностью, экологическими условиями, наследственностью и т.д. результаты опроса совпадают в контрольной и основной группах. Таким образом, приоритетные оценки значимости питания оказываются не результатом специального обучения, а, скорее, следствием общей популярности и актуальности темы питания для современного общества, внимания, которое уделяется питанию в различных социальных группах.

К 10-12 годам у подростков сформированы достаточно разнообразные представления о питании. Для анализа их содержания мы выделили несколько основных информационных блоков, по которым проводили сравнение между кон-

трольной и основной группами (см таблицу). Оказалось, что при совпадении общей оценки значимости питания для здоровья, объем сведений о различных аспектах питания, их достоверность, различаются.

Таблица 1

Осведомленность школьников основной и контрольной групп о различных аспектах питания

Информационные модули	Основная группа- количество правильных ответов (в %)	Контрольная группа- количество правильных ответов (в %)
Функции основных питательных веществ (какое значение для организма имеют белки, жиры и углеводы)	68*	53*
Продукты-источники основных питательных веществ	73*	60*
Основы потребительской культуры (умение находить и анализировать нужную информацию на упаковке)	87*	56*
Основные требования к организации режима дня	68*	56*
Правила сервировки и этикета	43	40
Представление о продуктах ежедневного рациона (умение выделить из списка все продукты, которые необходимо включить в ежедневный рацион)	56	54

Примечание. - достоверные различия*

Анализируя таблицу, можно выделить ряд информационных блоков, на которые повлияло специальное обучение, и те, содержание которых, главным образом, формируется под другими внешними влияниями. Так, школьники, изучающие программу, гораздо более осведомлены (по сравнению с контрольной группой) в вопросах о роли основных питательных веществ, могут перечислить группы продуктов, которые являются источниками белков, жиров, углеводов, минеральных веществ. Обучение помогает им лучше ориентироваться в информации, размещаемой на упаковке товара- определить пищевую ценность продукта, срок его годности. А вот осведомленность о правилах сервировки и этикета в группах различается мало. По-видимому, эти знания подростками, да и взрослыми, рассматриваются как менее актуальные и не оказываются востребованными в их повседневной жизни.

Особого внимания заслуживает анализ представлений школьников о продуктах ежедневного рациона. Отвечая на вопрос анкеты, участники исследования должны были выбрать из списка продуктов и блюд те, которые, по их мнению, необходимо включать в меню каждый день. Наиболее популярными в списке оказались фрукты, супы, овощи и блюда из сырых овощей, молочные продукты, каши. При этом только 63% подростков упоминает в этом списке хлеб, и только 54% (!) отмечают в этом списке мясо. Лишь 12% школьников считают необходимым ежедневное употребление масла- как растительного, так и животного. Ответы в группах практически не отличаются.

Таблица 2

*Знания школьников перечня продуктов ежедневного рациона
(частота упоминания в%)*

Фрукты – 91	Супы – 82	Свежие овощи и салаты – 79	Молочные продукты – 78
Каша – 77	Хлеб – 63	Мясные блюда – 54	Сливочное и растительное масло – 15

Мы предполагаем, что отсутствие у многих школьников в списке продуктов ежедневного рациона таких важных компонентов как хлеб, мясо, масло – является результатом усвоения весьма распространённых в последнее время мифов о питании: о «вреде» мясной пищи и жиров, необходимости исключения из рациона продуктов из злаков и пр. Эти представления сегодня широко транслируются через средства массовой информации, нередко поддерживаются взрослыми, хотя и не имеют ничего общего с научными представлениями о питании

Для того, чтобы выявить вкусовые предпочтения подростков, мы предложили участникам исследования назвать свои любимые продукты. На основании анализа этого списка бы составлен перечень из 10 наиболее популярных продуктов. В него вошли блюда из картофеля, ряд фруктов, супы (щи, борщ), макароны, несколько видов мясных блюд, сладости. Обращает на себя внимание то, что в этом списке нет молочных, рыбных, овощных - являющихся столь важными компонентами здорового рациона питания. Список из 10 любимых продуктов (ТОП-10) совпадает в обеих группах. Одна из причин этого, на наш взгляд - сходство социально-экономических характеристик семей участников исследования. Следовательно, совпадает ассортимент доступных для них продуктов и блюд. Вкусовые предпочтения же формируются на основе реального опыта, имеющегося у подростка.

Отличия между группами выявляется в частоте упоминания некоторых продуктов в списке Топ-10. В рейтинг продуктов в этом списке у школьников основной группы фрукты и супы занимают верхние строчки, а сладости – нижнюю часть списка. Вне списка Топ-10 школьники контрольной группы значительно чаще упоминают среди своих любимых – овощные блюда, и гораздо реже «джанк фуд». 10% школьников основной группы упоминают рыбные блюда как «нелюбимые», а среди школьников «контрольной» группы таких - 19%.

Таким образом, можно говорить о том, что роль обучения заключается не в формировании определенных вкусовых предпочтений (как уже говорилось выше – главным образом, на это влияет доступный ассортимент продуктов и блюд для семьи школьника), а в качестве «модулятора» имеющихся вкусовых предпочтений, делая их более «здоровыми».

Для того, чтобы определить- может ли обучение по программе повлиять на реальное питание школьников, мы проанализировали недельный рацион подростков. В результате были выделены продукты и блюда, которые чаще всего включаются в меню завтрака, обеда, полдника и ужина участников исследования.

Таблица 3

Основные продукты и блюда, входящие в ежедневное меню школьников – участников исследования

<p>Завтрак Каша или хлопья, хлеб, бутерброд с колбасой, колбасные изделия (сосиски, сардельки), выпечка, чай, молоко</p>	<p>Обед Суп(мясной или овощной), хлеб, блюдо из мяса, макароны, свежие овощи, колбасные изделия (сосиски, сардельки), чай сок</p>
<p>Полдник Фрукты, выпечка, хлеб, молочные продукты, овощи, бутерброд, сладости, чай, сок</p>	<p>Ужин Блюдо из мяса, макароны, колбасные изделия, тушеные овощи, чай, сок, молочные продукты</p>

Несмотря на то, что значительная часть опрошенных не рассматривает мясо и хлеб как продукты ежедневного меню (см. выше), эти продукты присутствуют в полученном списке. Типичный рацион участников нашего исследования включает также достаточное количество молочных продуктов (указаны в трех из четырех приемах пищи), блюд из свежих овощей (указаны в двух приемах пищи), полноценный обед, состоящий из нескольких блюд (суп, второе блюдо, напиток), блюдо из зерновых. При этом в списке наиболее часто встречающихся блюд отсутствуют рыбные (только 14% опрошенных упомянули о том, что в течение недели ели рыбу). Между тем, рыбные блюда – важный компонент детского питания, источник целого ряда ценных питательных веществ. В качестве основного гарнира выступают макароны (тушеные овощи, блюда из крупы, запеканки и т.д. редко встречаются в списке). И, конечно, обращает на себя внимание высокая популярность колбасных изделий. Фактически, в каждом приеме пищи упоминается эта группа продуктов.

Существенных различий в списке типичных продуктов и блюд у школьников двух групп не выявляется. А вот частота употребления продуктов и блюд внутри списка различна. Подростки основной группы едят фрукты и овощи и блюда из зерновых (каши, хлопья) в среднем в 2 раза чаще, чем подростки контрольной группы, а джанк-фуд (чипсы, сухарики, газировки и т.д.)- реже в 4 раза (частота упоминания джанк фуда в недельном меню у основной группы-3%, у контрольной-12%). И здесь - так же, как и в случае с предпочтениями школьников, мы вновь можем говорить о «модулирующей» роли образования. Состав рациона пи-

тания, ограничиваемый социально-экономическими характеристиками семьи, оказывается вне сферы влияния обучения. Однако обучение позволяет корректировать выбор в пользу более «здоровых» продуктов и блюд внутри списка, границы которого определены, главным образом, социально-экономическими характеристиками.

Влияние обучения на поведение школьников проявляется и при сравнении режимов питания у школьников двух групп. Подростки основной группы едят преимущественно 4-5 раз в день, в их режиме питания чаще встречается первый и второй завтрак, полдник. У подростков контрольной группы преимущественно 3-4 разовое питание, они реже отмечают наличие завтрака в школе, полдника. Таким образом, мы имеем подтверждение того, что специальное обучение влияет на организацию режима питания школьников, побуждает их более внимательно относиться к своему здоровью.

Таблица 4

Приемы пищи в течение дня у участников исследования

Основные приемы пищи	Основная группа (в %)	Контрольная группа (в %)
Завтрак дома	90	93
Завтрак в школе	66*	46*
обед	96	95
Полдник	62*	48*
Ужин	97	97
3 разовое питание	25*	36*
4 разовое питание	43*	36*
5 разовое питание	30*	23*

*Примечание: *достоверные различия*

Данные анализа недельного анкетирования позволяют сделать вывод и о влиянии обучения на образ жизни школьника в целом. Мы выделили основные виды деятельности участников нашего исследования и проанализировали – как строится их день.

В целом, образ жизни подростков может быть охарактеризован как малоподвижный. Большая часть времени школьников расходуется на виды активности, не связанные с физическими нагрузками- учебу в школе, выполнением домашнего задания, просмотр телепередач, компьютер. Физическая активность (занятия спортом, прогулки на свежем воздухе, зарядка) составляет значительно меньшее время. Продолжительность времени, затрачиваемого на тот или иной вид активности – приблизительно одинаковый в обеих группах, существенное различие выявляется только в случае с количеством времени, которое подросток тратит на компьютер.

Таблица 5

Среднее время, затрачиваемое школьниками на различные виды деятельности (расчет по каждому виду деятельности производился на количество подростков, указавших ее)

Виды деятельности	Основная группа (время в минутах)	Контрольная группа (время в минутах)
Учеба в школе	360	370
Домашнее задание	135	155
Занятия спортом (секции, самостоятельные занятия)	101	110
Прогулка на свежем воздухе	35	34
Помощь родителям	51	47
Чтение книг	48	47
Занятия в кружках и студиях	95*	112*
Компьютер (компьютерные игры, общение с друзьями)	70*	90*
Просмотр телепередач	80	82

При совпадении среднего времени, которое подростки из обеих групп тратят на перечисленные в выше виды активностей, распространённость этих видов активностей в группах различается.

Таблица 6

Распространенность различных видов деятельности среди школьников (частота упоминаний в течение недели)

Виды деятельности	Основная группа (в%)	Контрольная группа (в%)
Занятия спортом	35*	22*
Прогулка на свежем воздухе	68*	49*
Помощь родителям	50*	43*
Чтение книг	56*	48*
зарядка	35*	17*

*Примечание: * - достоверные различия*

В основной группе уровень распространённости видов активностей, связанных с заботой о собственном здоровье, оказалась заметно выше, по сравнению с

контрольной группой - большее число подростков указали занятия спортом, прогулку на свежем воздухе, зарядку. Можно отметить и то, что подростки основной группы ведут более насыщенный образ жизни в целом - они чаще успевают читать, помогать родителям. Систематическое изучение одного из аспектов здорового образа жизни - правильного питания дает подростку универсальный опыт внимательного и бережного отношения к своему организму, который может транслироваться и на другие аспекты ЗОЖ, побуждать его заботиться о себе.

Если результаты опроса детей контрольной и основной групп различаются по целому ряду показателей, то результаты опроса родителей практически полностью совпадают. В определённой степени это обусловлено тем, что в исследовании принимали участие семьи с приблизительно одинаковым социально-экономическим статусом (школьники контрольной и основной групп учатся в одних школах). Это, в свою очередь, обуславливает совпадение возможностей организации питания. Сходство в ответах родителей связано и с возрастными характеристиками детей – одинаковый возраст обуславливает схожие задачи воспитания.

Однако, одновременно, совпадение ответов демонстрирует и то, что родители оказываются вне сферы влияния обучающей программы, отсутствует методический инструмент, который позволяет воздействовать на взрослых членов семьи. Действительно, оказалось, далеко не все родители основной группы осведомлены о том, что их дети участвуют в специальной образовательной программе, изучают правила питания.

Все взрослые, отвечая на вопросы анкеты, высоко оценивают значение, как правильного питания, так и специального обучения в этой области. Большинство родителей считают, что такие школьные уроки могут помочь им организовать более здоровый и правильный режим и рацион питания у их ребенка.

Родители одинаково оценивают факторы, способные влиять на питание школьников. Среди наиболее значимых для участников исследования - умение и желание готовить у родителей, наличие знаний о правильном питании у ребенка, традиции правильного питания в семье. Родители контрольной и основной групп указывают также на одинаковые проблемы, с которыми им приходится сталкиваться при организации питания их детей – главным образом, это нехватка времени на приготовления пищи, недостаток знаний о правильном питании, невозможность контролировать питание ребенка в течение дня, нехватка денег и т.д.

Взрослые далеко не всегда адекватно оценивают рацион питания своих детей и степень сформированности у них полезных навыков и привычек. Мы предложили родителям школьников указать - как часто в течение недели их дети едят различные виды продуктов и блюд (каждый день, несколько раз в неделю, один раз и реже). Затем мы сравнили результаты этого опроса с результатами анализа недельного меню школьников.

Оказалось, что у значительной части родителей сложилось ошибочное представление о рационе питания их детей – взрослые преувеличивают частоту употребления подростками молочных продуктов, сладостей, рыбных блюд, джанк фуд (газировка, чипсы, сухарики) и наоборот, недооценивают частоту употребления овощей, фруктов, мясных блюд. Оценки родителей в основной группе носят более реалистичный характер, в сравнении с оценками в контрольной группе, од-

нако все равно не в полной мере соответствуют действительности. Недостаточная осведомленность родителей связана с тем, что взрослые уже не в полной мере контролируют питание своих детей- младшие подростки едят в школе, часто сами себе покупают продукты. Однако недостаточная осведомленность взрослых – серьезное препятствие для корректировки семейного рациона, возможности его улучшения.

ВЫВОДЫ

Специальное обучение способно существенно влиять на различные аспекты жизни подростков, связанные с питанием. Однако сфера его влияния ограничивается действием других факторов – социально-экономических, культурологических, организационных и т.д. Так, участие школьников в специальных программах позволяет значительно расширить их осведомленность в сфере питания – режиме, рационе, традициях и т.д. При этом обучение не всегда препятствует усвоению школьниками ряда социальных «мифов» о питании, широко транслируемых в обществе, их влияние оказывается более существенным.

Обучение не может формировать вкусовые предпочтения школьников и определять продукты и блюда, входящие в их рацион питания. Основную роль в данном случае играют социально-экономические условия жизни подростков. Однако обучение способно выступать в роли «модулятора», побуждая подростков внутри определенного пищевого ассортимента выбирать более полезные варианты питания.

Обучение способно влиять на ряд форм поведения подростка, как связанных, так и не связанных напрямую с питанием. Сюда относится соблюдение режима питания, физическая активность, прогулки на свежем воздухе и т.д. Таким образом, систематическое изучение одного из аспектов здорового образа жизни- правильного питания дает подростку универсальный опыт внимательного и бережного отношения к своему организму в целом.

Родители высоко оценивают роль питания и обучения правильному питанию- считая его важным условием сохранения здоровья. При этом в реальности они не всегда уделяют достаточное внимание питанию своих детей - затрудняясь с адекватной оценкой рациона - частотой употребления продуктов и блюд, регулярность их употребления. Родители также упоминают о целом ряде проблем, с которыми они сталкиваются при организации питания детей, в том числе - нехваткой знаний. Участие школьников в программе не влияет на осведомленность и установки родителей, более того, ряд родителей не знает о том, что их дети изучают программу о правильном питании. Таким образом, помимо специального обучения, направленного на школьников, одновременно должно быть организовано обучение для родителей, позволяющее повышать уровень компетенции взрослых в сфере, связанной с питанием.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильева О.С., Филатов Ф.Р. Психология здоровья человека. – М.: Академия; 2001.

2. Дробижева Л.М. Ценность здоровья и культура нездоровья в России // Исследования Института социологии РАН. – 2003. – Вып. 3.
3. Казначеева В.П. Здоровье нации, просвещение, образование. – Кострома, 1996.
4. Кулагина И.Ю., Колюцкий В.Н. Возрастная психология. – М.: Просвещение; 2001.
5. Макеева А.Г. О формировании основ культуры здоровья у подростков. // Биология в школе. – 2008. – № 1. – С. 3-10.
6. Макеева Научно-методические аспекты проблемы формирования основ культуры здоровья у детей и подростков // Вестник московского образования – 2011. – № 15.
7. Мильман И.И. Гигиеническое воспитание и обучение в начальной школе. – М.: Гигиена, 1959.
8. Никифоров Г.С. Психология здоровья. – СПб, 2002.
9. Образование в области здоровья и укрепление здоровья среди детей, подростков и молодежи в России / Под ред. Демина А.К., Деминой И.А. – М.: РАОЗ, 1999.
10. Сосунова И.А., Алексеев СМ. Здоровье, демография и социально-экологические интересы. // Здоровье человека: социогуманитарные и медико-биологические аспекты. – М., 2003.
11. Шилова Л.С. Подростки и молодежь в России – перспективная группа распространения социальных заболеваний // Здоровье и здравоохранение в условиях рыночной экономики. – М.: ИС РАН, 2000.

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ПЕРВОКЛАССНИКОВ, ОБУЧАЮЩИХСЯ В ШКОЛАХ С РАЗЛИЧНЫМ ОБЪЕМОМ КРУГЛОГОДИЧНЫХ КОМПЛЕКСНЫХ ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

А.Н. Шаранов, В.Н. Безобразова, С.Б. Догадкина¹, Г.В. Кмить, Л.В. Рублёва
ФГБНУ «Институт возрастной физиологии РАО», Москва

Показано, что автономная нервная регуляция сердечного ритма и функциональное состояние центрального и периферического кровообращения у первоклассников, обучающихся в школах с разным уровнем здоровьесберегающих мероприятий, значимо не различается. Сократительная функция и биоэлектрические характеристики миокарда, а также мозговое кровообращение первоклассников с различными типами автономной нервной регуляции имеют специфические отличительные черты, присущие каждому из трех типов регуляции АНС.

Ключевые слова: детский возраст, обучение, адаптация, сердечно-сосудистая система, вегетативная нервная система

Functional state of the cardiovascular system of the first-graders enrolled in schools with a different amount of year-round recreational activities. It is shown that the autonomic nervous regulation of the heart rate and the functional state of the central and peripheral blood circulation in first-graders enrolled in schools with different amounts of health procedures were not significantly different. Brain blood circulation and myocardium contractile function and bioelectrical characteristics of the first graders with different types of autonomic nervous regulation have specific distinctive features inherent in each of the three ANS regulation types.

Keywords: childhood, learning, adaptation, cardiovascular system, autonomic nervous system

Наиболее актуальной проблемой настоящего времени является сохранение здоровья подрастающего поколения в процессе обучения в школе. Интенсификация учебного процесса, повышение учебной нагрузки оказывают существенное влияние на психическое и социальное здоровье школьников [16].

Особого внимания заслуживает период начала обучения ребенка в школе и его адаптация к требованиям учебной деятельности в 1 классе. Особенности современных условий жизни, возможность выбора каждой школой режима дня и формы обучения в начальной школе могут вызвать неадекватную реакцию еще не вполне сформировавшегося организма ребенка на учебные нагрузки, привести к сдвигам в состоянии здоровья, снижению адаптивных возможностей организма. Изучение адаптационных возможностей организма ребенка в период начала систематического обучения в школе имеет большое значение, поскольку на этом этапе развития изменяются функциональные основы всех физиологических систем организма, растет напряжение адаптационных процессов.

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

Адаптация – процесс, обязательно регулируемый нейрогуморальными механизмами, которые с возрастом претерпевают существенные изменения и окончательно формируются в более старшем возрасте. Изначально в реакцию адаптации включается сердечно-сосудистая система, играющая важную роль в поддержании гомеостаза организма. Отклонения, возникающие в регулирующих системах, предшествуют гемодинамическим, метаболическим, энергетическим сдвигам и, следовательно, являются наиболее ранним признаком неблагоприятного течения адаптации у детей. Сердечный ритм является индикатором этих отклонений, в связи с чем, исследование вариабельности сердечного ритма имеет важное прогностическое значение при проведении профилактических здоровьесберегающих мероприятий в школе.

Задача наших исследований заключалась в проведении сравнительного многокомпонентного анализа процессов морфо-функциональной адаптации у детей 7-8 лет, обучающихся в классах с различным объемом круглогодичных комплексных оздоровительных мероприятий.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведено комплексное обследование 40 детей 7-8 лет - учащихся 1-х классов общеобразовательной школы и школы здоровья г.Москвы, где помимо обычных оздоровительных мероприятий, медицинским центром, работающим при школе, проводится комплекс круглогодичных оздоровительных мероприятий (физиотерапия, фитотерапия, витаминизация, массаж, галакамера). В штате медицинского центра работают 2 педиатра, физиотерапевт, 2 массажиста, медсестры; проводится индивидуальный подбор оздоровительных мероприятий и в расписание введены дополнительные уроки физкультуры с еженедельным посещением бассейна. Все обследованные дети, согласно данным медицинских карт, относились к I-II группам здоровья и имели физическое развитие, соответствующее возрастным нормам. Исследование проводили в 3 учебной четверти в первой половине дня.

Оценивали биоэлектрические характеристики и сократительную функцию миокарда, состояние периферического кровообращения сосудов головного мозга и предплечья, определяли типы вегетативной нервной регуляции сердечного ритма у детей 7-8 лет.

Оценку функционального состояния вегетативной нервной системы (ВНС) проводили с помощью методов временного и спектрального анализа вариабельности сердечного ритма Михайлов, [12, 20, 22].

Для оценки адаптационных возможностей организма ребенка применяли метод кросс-корреляционного анализа ВРС и вариабельности длительности дыхательного цикла (ВДЦ), подразумевающего синхронную регистрацию ЭКГ и пневмограммы [12].

Возбудимость и проводимость миокарда изучались с помощью метода электрокардиографии. Амплитуда и длительность зубцов ЭКГ определялись в 12 отведенных отведениях, длительность интервалов ЭКГ определялась по данным II стандартного отведения. Для изучения сократительной функции миокарда был применен метод поликардиографии. Запись поликардиограммы осуществлялась в положении исследуемого лежа, при задержке дыхания, после предварительного

отдыха в течение 10 минут. Анализ поликардиограммы базировался на сопоставлении элементов записанных кривых во времени по методике В.Л. Карпмана (1965) [8].

Изучение мозгового кровообращения проводилось в положении испытуемого лежа. Использовался метод биполярной реоэнцефалографии [19]. Регистрация реоэнцефалограмм проводилась при помощи компьютерного реографа "Реоспектр" в бифронтальном (F-F) отведении, что позволяло получать информацию о кровообращении лобных областей больших полушарий головного мозга.

Регистрация изучаемых параметров проводилась на следующих этапах эксперимента: в состоянии покоя, во время гипервентиляции, в процессе выполнения нагрузки, на 1-й минуте восстановительного периода. В качестве функциональных проб в исследовании применяли активную ортостатическую пробу, дыхательную пробу с гипервентиляцией (30 с) и локальную статическую нагрузку на мышцы предплечья (30% от максимального произвольного усилия до отказа).

Все результаты были подвергнуты статистической обработке с помощью пакета программ «Статистика 6». Достоверность различий оценивали по критерию Стьюдента и непараметрическому критерию Вилкоксона.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При обследовании первоклассников, обучающихся в школах с разным уровнем здоровьесберегающих мероприятий, не выявлено значимых различий в состоянии автономной нервной регуляции (табл. 1).

Таблица 1

Показатели спектрального анализа variability сердечного ритма у учащихся первых классов двух разных школ ($M \pm m$)

Школа	TP	VLF	LF	HF	LFn	HFn	LF/HF	%VLF	%LF	%HF
№2000	6875,1 ±667,8	2043,3 ±857,6	1571,1 ±372,7	3260,7 ±492,4	39,3 ±2,4	60,6 ±2,4	0,764 ±0,077	22,6 ±2,4	29,4 ±1,7	47,9 ±2,9
№981	5337,1 ±545,5	1363,8 ±492,8	1879,9± 319,3	2092,9 ±494,6	50,4 ±2,1	50,6 ±2,1	1,38 ±0,18	31,9 ±1,9	33,4 ±1,5	34,8 ±2,1

По-видимому, начало обучения, сопровождающееся комплексом независимых от проведения здоровьесберегающих мероприятий факторов, таких как новый классный коллектив, непривычно длительное ограничение двигательной активности, сам учебный процесс, требующий напряженного умственного труда, активизации внимания, овладения навыками поведения в школе, оказывает одинаковое влияние на учащихся обеих школ и вызывает некоторое напряжение адаптационных возможностей. В обеих школах выявлено около 15% первоклассников с низкой общей мощностью спектра и высокой сверхнизкочастотной и низкочастотной составляющими спектра сердечного ритма, что свидетельствует о напряженном функционировании автономной нервной системы у этих детей. У большинства первоклассников обеих школ отмечено хорошее состояние автономной нервной регуляции сердечного ритма. У первоклассников, обучающихся в «школе здоро-

вья» показатели variability сердечного ритма характеризуются более высокой общей мощностью спектра и преобладанием высокочастотных колебаний, однако указанные отличия недостоверны. Тем не менее, преобладание HF-компонента в структуре ВРС учащихся согласуется с представлением об адапционно-трофическом защитном действии блуждающих нервов на сердце и является показателем индивидуальной устойчивости здорового организма к таким стрессирующим факторам как учебная нагрузка [Берсенева с соавт., 1998; Михайлов 2002 и др.].

Проведение кросс-корреляционного анализа variability длительности дыхательного цикла (ВДЦ) и ВРС выявило у первоклассников обеих школ амодальный тип гистограммы ВДЦ и отсутствие синхронизации variability сердечного ритма и дыхания, что свидетельствуют о несовершенстве механизмов автономной нервной регуляции у детей младшего школьного возраста и состоянии психоэмоционального напряжения у этих детей на начальном этапе образовательного процесса. Можно предположить, что и в школе здоровья, и в обычной общеобразовательной школе имеется достаточный уровень здоровьесберегающих мероприятий, а дополнительные мероприятия, которые проводятся в школе здоровья, скажутся на состоянии здоровья и адапционных возможностях учащихся в процессе дальнейшего обучения в школе.

В нашем исследовании проведение активной ортостатической пробы вызвало существенные изменения временных и спектральных показателей ВРС и показателей кросс-корреляционного анализа между ВРС и ВДЦ у детей 7-8 лет (таб. 2, 3)

Таблица 2

Изменение показателей временного анализа ВРС при активной ортостатической пробе у учащихся первого класса ($M \pm m$)

Состояние	R-Rmin	R-Rmax	RRNN	SDNN	RMSSD	pNN50	CV
Покой	549,69 ±17,85	945,82 ±31,38	702,74 ±12,69	65,87 ±6,67	67,46 ±7,21	28,31 ±3,45	9,63 ±1,33
Ортостаз	486,26* ±17,47	823,23* ±16,62	638,31* ±9,06	55,28* ±3,39	38,36* ±3,22	13,35* ±1,99	8,57 ±0,46

Таблица 3

Изменение показателей спектрального анализа ВРС при активной ортостатической пробе у учащихся первого класса ($M \pm m$)

Состояние	TP	VLF	LF	HF	LFn	HFn	LF/HF	% VLF	% LF	% HF
Покой	6875,1 ±667,8	2743,3 ±1857,6	1671,1 ±372,7	3460,7 ±692,4	39,3 ±2,4	60,6 ±2,4	0,764 ±0,077	22,6 ±2,4	29,4 ±1,7	47,9 ±2,9
Ортостаз	4463,8* ±508,0	1888,6 ±260,4	1604,5 ±211,1	1484,4* ±295,3	58,1* ±2,2	41,8* ±2,2	1,745* ±0,231	40,2* ±2,1	34,3* ±1,6	25,4* ±1,8

Примечание: * - различия достоверны при $P < 0,05$ и выше в сравнении с состоянием покоя

У всех детей отмечается достоверное снижение ЧСС, и средней длительности интервалов R-R. Достоверное снижение показателей RMSSD, NN50% и pNN50%, возможно, связано со снижением активности парасимпатического отдела АНС при ортостатической пробе. У всех детей в ответ на ортостатическую пробу значительно снижается мощность высокочастотных колебаний в абсолютных и нормализованных единицах, что также свидетельствует о снижении вагусного контроля сердечного ритма. Показатель LF/HF, отражающий соотношение симпатического и парасимпатического отделов АНС увеличивается в 2.3-2.5 раза у детей обоих классов, что указывает на увеличение симпатической активности и существенное снижение парасимпатической активности в регуляции сердечного ритма в ответ на ортопробу. Это же подтверждается и изменением структуры спектральной мощности ВРС при активной ортостатической пробе. Относительный рост LF, особенно значительный у мальчиков 7-8 лет указывает на активное включение вазомоторного центра в процесс регуляции сосудистого тонуса.

В работах Pomeranz et al. [24], Yamamoto&Hughson,[27] и др. показано, что динамика отношения LF/HF отражает изменения симпатической активности, а по мнению Pagani et al [23], Ubiria I. et al [26] и др. может характеризовать симпатопарасимпатический баланс. Нами использован данный показатель как отражение симпатопарасимпатического равновесия и мы разделили всех детей согласно значениям LF/HF (табл. 4, 5).

Таблица 4

Показатели временного анализа variability сердечного ритма у учащихся первых классов с разным типом автономной нервной регуляции (M±m)

Группа	R-R min	R-R max	RRNN	SDNN	RMSSD	pNN50	CV
1	508,2 59,9	817,3 43,5	656,5 10,8	36,3 4,6	30,5 4,9	7,14 2,0	5,5 0,6
2	549,1 27,1	950,1 43,0	700,2 24,8	72,6* 13,7	69* 11,6	28,9* 5,0	11,3* 3,2
3	575,1 12,7	1018,6 57,9	732,9 17,8	76,8* 8,3	88,1* 11,5	40,4* 5,2	10,3* 0,9

*Примечание: 1 группа – симпатотоники, 2- нормотоники, 3- ваготоники. здесь и в следующей таблице * - различия достоверны при P<0,05 и выше в сравнении с 1 группой*

Таблица 5

Показатели спектрального анализа variability сердечного ритма у учащихся первых классов с разным типом автономной нервной регуляции (M±m)

Группа	TP	VLF	LF	HF	LFn	HFn	LF/HF	%VLF	%LF	%HF
1	1967,0 ±545,4	481,4 ±102,9	871,6 ±260,6	614,1 119	59,2 1,3	40,7 1,3	1,5 0,09	28,9 3,9	42,0 2,3	29 1,9
2	11578,8 ±751,2	976,4 ±480,5	2493,9 ±711,4	3108,3 911*	43,1 1,6*	56,8 1,6*	0,7 0,05*	27,6 4,5*	31,1 2,2*	41,2 3,0*
3	7716,2 ±438,	867,4 ±143,9	1327,9 ±188,9	5521 915,1	23,7 1,9	76,3 1,9*	0,32 0,03	13,7 2,1*	20,2 1,6*	66 2,7*

Проведение временного и спектрального анализа в группах детей с преобладанием симпатических и парасимпатических влияний на ритм сердца и со сбалансированной регуляцией сердечного ритма выявило различную структуру вариабельности ритма сердца у детей, относящихся к разным группам (табл.4,5). Так дети с преобладанием симпатической активности в регуляции сердечного ритма характеризуются достоверно более низкой общей мощностью спектра в сравнении с детьми 2-ой и 3-ей групп за счет более низкой мощности всех трех волновых компонентов (VLF, LF и HF). В данной группе преобладают колебания низкочастотного спектра (в 2 раза большие в сравнении с детьми с парасимпатической активностью ВСР). Структура симпатико-парасимпатического воздействия на сердечный ритм значительно отличается от таковой в 3-ей группе и характеризуется в 2 раза большим вкладом в регуляцию центральных эрготропных и симпатических влияний в сравнении с детьми с преобладанием парасимпатических влияний.

Показатели мозгового кровообращения детей 7-8 лет, полученные нами, в целом соответствуют значениям аналогичных параметров, имеющихся в литературе [1; 15; 18].

При анализе функционального состояния кровообращения головного мозга не выявлено достоверных различий между изученными параметрами у школьников, обучающихся в школах с разным объемом оздоровительных мероприятий. Однако реоэнцефалографические исследования у детей 7-8 лет выявили существенные отличия величин изученных показателей среди испытуемых с различными типами автономной нервной регуляции (табл. 6).

Таблица 6

Показатели мозгового кровообращения в состоянии покоя и в ходе функциональных проб у детей 7-8 лет с различными типами автономной нервной регуляции (M±m)

Период исследования	Группа	Показатели			
		T (с)	Ди (%)	a/T (%)	ЧСС (уд/мин)
Состояние покоя	1	0,65±0,022*	75.0±1.64*	19.8±0.56*	92.4±2.4*
	2	0,71±0,032	72.6±1.57*	18.6±0.52	88.6±2.6
	3	0,75±0,035*	63.2±1.28*	17.9±0.63*	85.1±*1.8*
Гипервентиляция	1	0.60±0.020&	78.2±2.16	20.3±0.45	100.4±2.0&
	2	0.62±0.025&	76.7±1.14	20.2±0.54&	90.1±2.1
	3	0.72±0.030	67.6±1.74&	21.6±0.48&	88.6±1.9
Физическая нагрузка	1	0.68±0.050	73.8±1.67	20.2±0.68	91.9±1.16
	2	0.69±0.034	77.6±2.53	20.9±1.10&	88.0±1.36
	3	0.65±0.024&	69.5±1.59	24.3±0.72&	92.6±1.75&
1 мин восстановления	1	0.67±0.032	76.8±1.65	18.6±0.69	89.4±1.28
	2	0.69±0.052	73.8±2.27	18.2±0.78	90.8±1.90
	3	0.73±0.08	64.5±1.36	17.6±0.72	85.0±1.48

*Примечание: достоверные различия: * - между группами; & - по сравнению с состоянием покоя*

Кровообращение головного мозга у детей 7-8 лет, относящихся к 1 группе, по сравнению с детьми 3 группы характеризуется низким тоническим напряжением церебральных артерий малого и крупного калибра. Аналогичные результаты получены нами в исследованиях, проведенных методом фокусированной импедансной плетизмографии [18]. Выявленные различия тонического напряжения церебральных артерий у испытуемых с разным типом автономной нервной регуляции коррелируют с имеющимися данными о влиянии ВНС на тонус сосудов головного мозга [6]. Так, в состоянии покоя у испытуемых 3 группы значения показателей Т, а/Т и ЧСС были достоверно ниже, чем у детей 1 группы ($t=2.2-2.3$), а величины дикротического индекса – достоверно меньше, чем у детей 1 и 2 групп ($t=4.9-5.6$).

При гипервентиляции у всех испытуемых отмечено увеличение ЧСС на 4-5%, а также существенное повышение показателя а/Т и дикротического индекса ($t=2.3-2.6$).

Гипервентиляция вызывала у детей 7-8 лет повышение тонического напряжения церебральных артерий малого и крупного калибра. Аналогичные изменения мозгового кровообращения при данной функциональной пробе наблюдались в исследованиях, проведенных у школьников разного возраста [1; 11]. Выявленное повышение тонуса мелких церебральных артерий согласуется с результатами исследований, показавших, что уменьшение напряжения CO_2 в артериальной крови при гипервентиляции вызывает увеличение периферического сопротивления мозговых сосудов [21]. Возрастание тонуса крупных церебральных артерий на фоне увеличения ЧСС, очевидно, является проявлением реакции ауторегуляции мозгового кровообращения при изменениях центральной гемодинамики.

Таким образом, нами выявлены определенные различия реактивности мозгового кровообращения у детей с разным типом автономной нервной регуляции. Наиболее значительные изменения тонических показателей РЭГ в 3 группе под влиянием гипервентиляции указывают на более высокую реактивность церебральных сосудов у детей-«ваготоников» по сравнению с «нормо- и симпатотониками».

Во время локальной статической нагрузки у детей 7-8 лет наблюдалось повышение тонуса крупных мозговых артерий, что согласуется с результатами исследований, проведенных у школьников разного возраста [2]. Повышение тонуса крупных церебральных артерий сопровождалось возрастанием ЧСС, а согласно данным литературы и повышением АД [5,10]. Следовательно, выявленные изменения тонического напряжения крупных церебральных артерий можно расценивать как проявление ауторегуляции мозгового кровообращения при изменениях центральной гемодинамики, что согласуется с литературными данными [13,14].

Нами выявлены различия реактивности мозгового кровообращения у детей с разным типом автономной нервной регуляции. Наиболее выраженные изменения тонических показателей РЭГ отмечены в 3 группе, что свидетельствует о более высокой реактивности мозговых сосудов у детей-«ваготоников» по сравнению с «нормо- и симпатотониками».

Таким образом, реакция краткосрочной адаптации мозгового кровообращения детей 7-8 лет к локальной статической нагрузке характеризовалась существенным повышением тонуса крупных артерий головного мозга, а к гипервентиляции -

повышением тонического напряжения церебральных артерий малого и крупного калибра испытуемых. При этом, более высокая реактивность мозговых сосудов отмечена у детей - «ваготоников», которые в состоянии покоя характеризуются меньшим тоническим напряжением церебральных артерий.

Следовательно, автономная нервная система оказывает существенное влияние на функциональное состояние сердечно-сосудистой системы. Изменения тонического напряжения церебральных сосудов, вызванные сдвигами параметров центральной гемодинамики, являются важными факторами механизмов ауторегуляции мозгового кровообращения, обеспечивающих адекватное кровоснабжение нервной ткани. При этом, реактивность мозгового кровообращения в значительной степени зависит от исходного тонуса крупных мозговых артерий, поскольку нейровегетативные влияния взаимодействуют с фоновой (например, парасимпатической) активностью.

Сравнительный анализ показателей биоэлектрической активности миокарда первоклассников (ЭКГ), обучающихся в школах с разным объемом оздоровительных мероприятий не выявил достоверных различий между указанными группами детей, что может быть обусловлено тем, что на первом году обучения влияние оздоровительных мероприятий на состояние биоэлектрических функций миокарда еще не проявилось в должной степени и поэтому необходимы дальнейшие пролонгированные исследования (табл.7).

Таблица 7

Длительность основных интервалов ЭКГ первоклассников, обучающихся в школах с разным объемом оздоровительных мероприятий (по данным II стандартного отведения) ($M \pm m$)

Тип школы	Показатели					
	R-R макс., с	R-R мин., с	R-R ср., с	P-Q, с	QRS, с	QT, с
А	0,778±	0,640±	0,704±	0,130±	0,083±	0,355±
	0,1260	0,0656	0,0889	0,0178	0,0074	0,0183
Б	0,792±	0,652±	0,710±	0,132±	0,083±	0,353±
	0,1330	0,0516	0,0892	0,0166	0,0071	0,0186

Примечания: А- общеобразовательная школа Б – школа с расширенным комплексом оздоровительных мероприятий.

Сравнительный анализ показателей биоэлектрической активности миокарда первоклассников с различными типами автономной нервной регуляции позволил установить следующие закономерности. У детей с преобладанием парасимпатических влияний на сердечно-сосудистую систему отмечается достоверно большая длительность сердечного цикла по сравнению с симпатотониками (табл.8,9). Время предсердно-желудочковой и внутрижелудочковой проводимости, электрической систолы у детей с преобладанием парасимпатических влияний на сердечно-сосудистую систему также несколько больше, чем у детей с преобладанием симпатических влияний на сердечно-сосудистую систему. У ваготоников обнаружены более низкие значения амплитуды зубцов Р и R, чем у симпатотоников

($P < 0,05$), а также меньшая амплитуда зубца S и большая длительность зубца R, чем у симпато- и нормотоников ($P < 0,05$).

Таблица 8

Амплитудные и временные характеристики основных зубцов ЭКГ детей 7-8 лет в зависимости от характера автономной нервной регуляции ($M \pm m$)

Группа	Показатели						
	P, мм	Q, мм	R, мм	S, мм	T, мм	Q, с	R, с
1	0,927± 0,3281	-0,540± 0,657	12,180± 1,743	-1,367± 0,691	3,720± 0,8507	0,010± 0,0096	0,049± 0,0020
2	1,033± 0,3602	-0,440± 0,455	12,380± 1,322	-2,493±* 0,890	3,967± 0,9544	0,011± 0,0010	0,040±* 0,0061
3	1,200±* 0,5331	-0,856± 0,6187	14,178±* 1,5741	-2,433±* 0,9536	3,969± 0,6764	0,011± 0,0010	0,035±* 0,0099

Примечания: 1 – группа детей с преобладанием ваготонических влияний на сердечно-сосудистую систему («ваготоники»), 2 – группа «нормотоников», 3 – группа детей с преобладанием симпатических влияний на сердечно-сосудистую систему («симпатоники»); * – достоверность различий по сравнению с ваготониками.

Таблица 9

Длительность основных интервалов ЭКГ детей 7-8 лет в зависимости от характера автономной нервной регуляции ($M \pm m$)

Группа	Показатели					
	R-R макс., с	R-R мин., с	R-R ср., с	P-Q, с	QRS, с	QT, с
1	0,824± 0,1231	0,655± 0,0747	0,734± 0,0949	0,136± 0,0101	0,084± 0,0062	0,357± 0,0202
2	0,801± 0,1321	0,645± 0,0507	0,715± 0,0897	0,133± 0,0202	0,085± 0,0075	0,354± 0,0174
3	0,683±*& 0,0351	0,615±*& 0,0343	0,647±*& 0,0343	0,131± 0,0207	0,081± 0,0078	0,334± 0,0148

Примечания: см. табл. 3; & – достоверность различий по сравнению с нормотониками.

Наблюдаемые особенности, характерные для ваготоников, объясняются отрицательным хронотропным эффектом блуждающего нерва. Укорочение большинства интервалов электрокардиограммы у симпатотоников связано с положительным хронотропным влиянием на миокард симпатических нервов. У ваготоников обнаружены более низкие значения амплитуды зубцов Р и R, чем у симпатотоников ($P < 0,05$), а также меньшая амплитуда зубца S и большая длительность зубца R, чем у симпато- и нормотоников ($P < 0,05$). Эти данные согласуются с данными других исследователей [4] и отражают влияние автономной нервной регуляции на биоэлектрические функции миокарда.

В результате поликардиографического исследования были получены данные по продолжительности основных фаз и периодов сердечного цикла у детей 7-8 лет, обучающихся в школах с разным объемом оздоровительных мероприятий.

Таблица 10

Длительность фаз сердечного цикла у детей 7-8 лет, обучающихся в школах с разным объемом оздоровительных мероприятий, в состоянии относительного покоя ($M \pm m$)

ПАРАМЕТРЫ									
Шко- ла	R-R, мс	ФА С,мс	ФИС, мс	T, мс	E, мс	Sm, мс	So, мс	Sэ, мс	Д, мс
№ 2000	691.5 ± 81.1	44.7 ± 8.4	36.2 ± 5.1	80.9 ± 9.3	233.2 ± 27.6	269.3 ± 20.4	314.1 ± 21.9	319.7 ± 21.9	394.2 ± 46.7
№ 981	681.3 ± 71.1	40.9 ± 7.3	35.2 ± 10.1	76.1 ± 11.3	230.1 ± 17.6	263.4 ± 19.4	311.1 ± 22.1	315.7 ± 22.2	396.1 ± 36.1

Проведенное исследование позволило выявить, что у первоклассников, обучающихся в школах с разным объемом оздоровительных мероприятий, состояние сократительной и насосной функций миокарда существенно не различается. Так как это только начало обучения в школе, состояние детей примерно одинаковое. Возможно, что при дальнейшем лонгитудинальном исследовании, мы выявим определенные различия у этих двух групп школьников.

При изучении продолжительности фаз и периодов сердечного цикла в зависимости от типа автономной нервной регуляции (табл.11) было показано, что в группе школьников, характеризующихся более выраженными влияниями симпатического отдела автономной нервной системы (1 группа), механическая систола достоверно короче, по сравнению с детьми 2 и 3 группы, а также продолжительность сердечного цикла и фазы изометрического сокращения существенно меньше по сравнению с 3 группой.

Таблица 11

*Длительность фаз сердечного цикла у детей 7-8 лет
с разным типом вегетативного обеспечения сердечной деятельности
(M±m)*

Тип	R-R, мс	ФАС , мс	ФИС , мс	T, мс	E, мс	Sm, мс	So, мс	Sэ, мс	Д, мс	LF/ HF
1 груп- па	645.6 ±23.2	42.7± 7.0	25.3± 5.2	68.0± 7.5	230.1 ±30.2	241.6 ±12.6	314.0 ±21.9	316.0 ±22.3	401.7 ±13.0	1.47 ±0.2
2 груп- па	704.4 ±26.5	42.8± 5.6	32.6± 6.2	75.4± 11.7	236.8 ±28.5	279.6 ±11.6 #	314.3 ±25.9	322.3 ±21.3	380.1 ±17.9	0.78 ±0.2 #
3 груп- па	714.4 ±24.5 *	47.0± 4.3	44.9± 7.3*	91.9± 9.0*	231.5 ±27.5	278.9 ±12.9 *	319.9 ±20.5	319.7 ±24.3	378.1 ±14.0	0.31 ±0.1 *

*Примечание: 1 группа – дети с преобладанием симпатических влияний;
2 группа - со сбалансированной автономной регуляцией;
3 группа - с преобладанием парасимпатических влияний в регуляции сердечного ритма.*

- обозначены достоверные различия между 1 и 2 группами;

** - достоверные различия между 1 и 3 группами.*

Известно, что стимуляция симпатических нервов приводит к увеличению силы и частоты сердечных сокращений, скорости проведения возбуждения по проводящей системе сердца и сократительному миокарду. Уже в 1962 году S.F.Sifnoff и J.H. Mitchell [25] показали, что при стимуляции симпатических ветвей происходит укорочение периода изометрического сокращения и периода изгнания. В нашем исследовании продолжительность фазы изометрического сокращения была достоверно короче у детей с преобладанием симпатических влияний по сравнению с детьми, у которых преобладали парасимпатические влияния. Механическая систола (сумма фазы изометрического сокращения и периода изгнания) была достоверно меньшей у детей с преобладанием симпатических влияний на сердечную деятельность, что объясняется укорочением фазы изометрического сокращения, так как период изгнания достоверно не различался в разных группах детей.

ВЫВОДЫ

1. Не выявлено значимых различий в состоянии автономной нервной регуляции и функциональном состоянии центрального и периферического кровообращения у первоклассников, обучающихся в школах с разным уровнем здоровьесберегающих мероприятий. Показатели центрального и периферического кровообращения у первоклассников обеих школ соответствуют возрастным нормам.

2. Кровообращение головного мозга у детей 7-8 лет, с преобладанием парасимпатических влияний характеризуется низким тоническим напряжением церебральных артерий малого и крупного калибра.

3. Выявлены особенности реакции церебрального звена гемодинамики на пробу с гипервентиляцией и локальную статическую нагрузку: реакция краткосрочной адаптации мозгового кровообращения детей 7-8 лет к локальной статической нагрузке характеризовалась существенным повышением тонуса крупных артерий головного мозга, а к гипервентиляции - повышением тонического напряжения церебральных артерий малого и крупного калибра.

4. Выявлены определенные различия реакции системы мозгового кровообращения на предъявляемые нагрузки у детей 7-8 лет, относящихся к разным типам автономной нервной регуляции. Как при гипервентиляции, так и при выполнении статической нагрузки более высокая реактивность мозговых сосудов отмечена у детей с преобладанием парасимпатических влияний.

5. Показатели биоэлектрической активности миокарда первоклассников с различными типами автономной нервной регуляции имеют специфические отличительные черты, присущие каждому из трех типов регуляции АНС, в то же время ведущим фактором, определяющим электрофизиологическое состояние миокарда, у детей в возрасте 7-8 лет является «хронотропный фактор».

6. Автономная нервная система оказывает большое влияние на продолжительность фаз сердечного цикла: у школьников, характеризующихся более выраженными влияниями симпатического отдела, продолжительность сердечного цикла, фазы изометрического сокращения и механическая систола достоверно короче по сравнению с детьми с преобладанием парасимпатических влияний в регуляции сердечной деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безобразова В.Н. Возрастные особенности мозгового кровообращения у детей среднего и старшего дошкольного возраста: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 1980. – 20 с.

2. Безобразова В.Н. Возрастные особенности функционального состояния кровообращения головного мозга у детей 5-7 лет // Физиологические особенности индивидуального развития младших школьников при разных формах обучения. Деп. ВИНТИ, 1998, 02.12.98, №3512-В.98

3. Берсенева И.А. Оценка адаптационных возможностей организма у школьников на основе анализа вариабельности сердечного ритма в покое и при ортостатической пробе: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 2000. – 17 с.

4. Глазачев О.С. Вегетативная нервная система: принципы строения, функции, методы исследования (Учебно-методическое пособие). – М., 1995. – 98 с.

5. Догадкина С.Б. Влияние статической нагрузки на сердечно-сосудистую систему детей младшего школьного возраста: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 1988. – 17 с.

6. Жица В.Т., Дарий А.А., Иордан Ф.А. Развитие нервного аппарата артериальной системы головного мозга на некоторых этапах пре- и постнатального онтогенеза человека //Тез. 4 Всесоюзн. конф. «Физиология развития человека». – М., 1990. – С. 104.

7. Карпман В.Л. Фазовый анализ сердечной деятельности. – М: Медицина, 1965. – 159 с.

8. Карпман В.Л. Фазовый анализ сердечной деятельности. – М: Медицина, 1965. – 159 с.

9. Касаткин В.Н. Школа здоровья // Школа здоровья. – 1994. – №1. – С. 5-12.

10. Кмить Г.В. Функциональное состояние миокарда детей 6-11 лет в процессе возрастного развития и адаптации к учебной нагрузке: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 1992. – 20 с.

11. Костина Т.Ф. Адаптационные возможности мозгового кровообращения подростков//Физиология развития человека. Матер. межд. конф., посвящ. 55-летию Института возрастной физиологии РАО. – М., 2000. – С. 234-235.

12. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения. – Иваново: Иван. Гос. Мед. академия, 2002. – 290 с.

13. Москаленко Ю.Е. О функциональных задачах деятельности механизма регуляции мозгового кровообращения // Физиологический журнал СССР им. И.М. Сеченова. – 1991. – Т. 77, № 7. – С. 55-62.

14. Мчедlishvili Г.И., Исследования гемодинамики в мозгу человека. Методы клинической нейрофизиологии. – Л., 1977. – С. 139-156.

15. Пономарёва Т.А. Срочная адаптация системы кровообращения детей младшего школьного возраста к работе на компьютере: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 2005. – 20 с.

16. Расти, первокласска: энциклопедия для родителей / Под ред. М.М. Безруких. – М.: Эксмо, 2010. – 640 с.

17. Русова Т.В., Жданова Л.А., Шилиев Р.Р. Состояние здоровья младших школьников с различным умственным и физическим развитием // Школа здоровья. – 1996. – № 2, Т.3. – С. 5-12.

18. Тупицын И.О., Андреева И.Г., Безобразова В.Н., Догадкина С.Б. и др. Развитие системы кровообращения // Физиология развития ребенка: Теоретические и прикладные аспекты. – М.: Образование от А до Я., 2000. – С. 148-167.

27 Яруллин Х.Х. Клиническая реоэнцефалография. – М.:Медицина, 1983. – 217 с.

28 Heart rate variability. Standards of Measurement, Physiological interpretation and clinical use // Circulation. – 1996. – V. 93. – P. 1043-1065.

29 Jordan J., Shannon J.R., Diedrich A., Black B., Costa Fernando, Robertson D., Biaggioni I. Interaction of carbon dioxide and sympathetic nervous system activity in the regulation of cerebral perfusion in humans // Hypertension.– 2000.– V. 36, № 3.– С. 383-388.

30 Montano N., Gnecci Ruscone T., Porta A., et al. Presence of vasomotor and respiratory rhythms in the discharge of single medullary neurons involved in the regula-

tion of cardiovascular system // J. Auton. Nerv. Syst. – 1996. – Vol. 57, N 1/2. – P. 116-122.

31 Pagani M, Lombardi F, Guzzetti S et al 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: 178-193.**

32 Pomeranz M, Macaulay RJB, Caudill MA. Assessment of autonomic function in humans by heart rate spectral analysis. Am J Physiol 1985; 248: H151-H153.

33 Sfnoff S.F., Mitchell J.H. The control of the function of the heart//Handb. of Physiol. sect.2. Circulation. – 1962. – Vol. 1. – P. 489-532.

34 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. – 167, № 3. – P. 546-548.

35 YamamotoY., Hughson RL, Peterson JC Autonomic control of heart rate during exercise studied by heart rate variability // J. Appl. Physiol. – 1991. – 71. – P. 1143-1150