

**Российская академия образования
Институт возрастной физиологии**



НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

№ 3(36) 2013

Выходит с 2001 г.

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

Главный редактор

Безруких Марьяна Михайловна

Заместитель главного редактора

Сонькин Валентин Дмитриевич

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Догадкина С.Б., к.б.н.

(ответственный секретарь)

Криволапчук И.А., д.б.н.

Адамовская О.Н., к.б.н.

Курганский А.В., к.б.н.

Мачинская Р.И., д.б.н.

Параничева Т.М., к.б.н.

Сельверова Н.Б., д.м.н.

Филиппова Т.А., к.б.н.

Шумейко Н.С., к.б.н.

СОСТАВИТЕЛЬ

Догадкина С.Б.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Баранов А.А., д.м.н., акад. РАМН

Безруких М.М., д.б.н., акад. РАО

Фельдштейн Д.И., д.псих.н., акад. РАО

Фарбер Д.А., д.б.н., акад. РАО

Безобразова В.Н., к.б.н.

Макеева А.Г., к.пед.н.

Полянская Н.В., к.м.н.

Рублева Л.В., к.б.н.

Рыбаков В.П., д.м.н.

Соколов Е.В., к.б.н.

Фишман М.Н., д.б.н.

Криволапчук И.А., д.б.н.

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

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

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

ВНИМАНИЕ!!!

Журнал распространяется:

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

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

Альманах «Новые исследования» - М.: Институт возрастной физиологии, 2013, № 3 (36). - 116 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВОЗРАСТНАЯ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЯ И ПСИХОЛОГИЯ

ПРОИЗВОЛЬНОЕ НАПРАВЛЕННОЕ ВНИМАНИЕ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ
ОПОЗНАНИЯ ФРАГМЕНТАРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ У ДЕТЕЙ 10-11 ЛЕТ
Фарбер Д.А., Петренко Н.Е. 5

ПОКАЗАТЕЛИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕТАБОЛИЗМА
ГОЛОВНОГО МОЗГА (УРОВЕНЬ ПОСТОЯННОГО ПОТЕНЦИАЛА)
СТУДЕНТОВ РАЗЛИЧНЫХ ПРОФИЛЕЙ ОБУЧЕНИЯ
Кирсанов В.М., Шибкова Д.З. 27

ФИЗИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ТРЕВОЖНЫХ ДЕТЕЙ 9-10 ЛЕТ
Полянская Н.В., Криволапчук И.А., Чернова М.Б. 34

ВОЗРАСТНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

ВОЗРАСТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ НЕРЕЦИПРОКНОГО ТОРМОЖЕНИЯ СПИ-
НАЛЬНЫХ α -МОТОНЕЙРОНОВ В ПОКОЕ У МАЛЬЧИКОВ 9-15 ЛЕТ
Челноков А.А. 41

ОБОСНОВАНИЕ МОДЕЛИ ТЕСТОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ НАГРУЗОК
ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ДЕТЕЙ
Криволапчук И.А., Чернова М.Б., Кесель С.А., Мышьяков В.В. 50

МЕЖЭТНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НЕЙРОВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ
РИТМА СЕРДЦА СТУДЕНТОК РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Мальцев В.П., Суюндикова Ж.Т., Шибкова Д.З. 62

ОСОБЕННОСТИ АВТОНОМНОЙ НЕРВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ, ЦЕНТРАЛЬНОГО
И ПЕРИФЕРИЧЕСКОГО ОТДЕЛОВ КРОВООБРАЩЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ
АДАПТАЦИИ К РАЗНОГО ВИДА НАГРУЗКАМ У ПОДРОСТКОВ 10-11 ЛЕТ
Шарапов А.Н., Безобразова В.Н., Догадкина С.Б.,
Кмить Г.В., Рублева Л.В., Лукьянчиков В.С. 69

ШКОЛА И ЗДОРОВЬЕ

ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ
НАПРЯЖЕННОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
У ДЕТЕЙ 5-6 ЛЕТ
Криволапчук И.А., Кесель С.А. 85

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ СКРИНИНГ ДЕТЕЙ 7-8 ЛЕТ
НА ЭТАПЕ АДАПТАЦИИ К ОБУЧЕНИЮ ШКОЛЕ
Шибков А.А., Ефимова Н.В. 95

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ЦНС ДЕТЕЙ
МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА
В ПРОЦЕССЕ РАБОТЫ НА КОМПЬЮТЕРЕ

Макарова Л.В., Лукьянец Г.Н. 107

ВОЗРАСТНАЯ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЯ И ПСИХОЛОГИЯ

ПРОИЗВОЛЬНОЕ НАПРАВЛЕННОЕ ВНИМАНИЕ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОПОЗНАНИЯ ФРАГМЕНТАРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ У ДЕТЕЙ 10-11 ЛЕТ

Д.А. Фарбер, Н.Е. Петренко¹
ФГНУ Институт возрастной физиологии РАО, Москва

Исследовались мозговые механизмы определяющие эффективность зрительного опознания в препубертатном возрасте. Анализировались топографические и временные характеристики связанных с событием потенциалов (ССП) при предъявлении неполных изображений разного уровня фрагментации от трудно опознаваемых до полного изображения. Изображения предъявлялись в условиях направленного внимания, задаваемого предупреждающим стимулом. Анализ внутрикоркового взаимодействия по показателю функции КОГ во временном интервале между предупреждающим и целевым стимулом выявил значительную степень зрелости механизмов избирательного внимания, осуществляемого при участии префронтальной коры. Вовлечение этих корковых зон в опознание неполных изображений обеспечивает характерную для 10-11-летних эффективность опознания, близкую к дефинитивному уровню. При анализе индивидуальных особенностей эффективности опознания в зависимости от его точности были выделены две группы испытуемых - опознающие эффективно, с малым числом ошибок и опознающие со значимо большим числом ошибок. Для группы с высокими показателями эффективности характерно значимо большее вовлечение вентролатеральных префронтальных корковых зон и нижневисочной коры левого полушария, что, по-видимому, определяет эффективность опознания.

Ключевые слова: зрительное восприятие, эффективность опознания, направленное внимание, альфа-ритм, префронтальная кора, дети 10-11 лет, индивидуальные особенности.

Voluntary attention and efficiency of fragmented images identification in 10-11 year old children. We investigated the brain mechanisms underlying the effectiveness of visual identification at prepubertal stage. Topographic and temporal characteristics of event-related potentials (ERPs) were studied during the presentation of incomplete images of various levels of fragmentation (from those which are difficult to recognize to the integral images). Direct attention during this work was stimulated by the prior warning signal. Analysis of intracortical interaction in terms of the COG function between the warning and the target signals showed a significant degree of maturity of voluntary attention, which is fulfilled with the involvement of the prefrontal cortex. It is

Контакты: ¹ Петренко Н.Е. - E-mail: <develop.physiol@inbox.ru>

these cortical areas which provide identification (almost definition) of fragmented images, so characteristic of 10-11 year old children. The analysis of the individual differences in the efficiency of image identification, depending on its accuracy, made it possible to identify two groups of subjects: those who can identify the image effectively with a few errors, and those who tend to identify it with much more errors. The group with high efficiency demonstrate significantly higher activity in ventrolateral prefrontal cortical areas and inferior temporal cortex of the left hemisphere, which apparently determines the efficiency of identification.

Keywords: *visual perception, efficiency of image identification, directed attention, alpha rhythm, prefrontal cortex, 10-11 year old children, individual differences.*

В наших предыдущих исследованиях было показано, что мозговые системы, определяющие эффективность когнитивных процессов, созревают постепенно и гетерохронно и к 9 годам близки к дефинитивному типу [1]. Вместе с тем с 11-12 лет начинается новый важный этап развития организма – половое созревание, которое опосредуется усилением активности центрального звена гормональной функции - гипоталамуса, стимулирующего выделение гонадотропного гормона гипофиза [1]. Функциональная активность гипоталамо-гипофизарной системы особенно велика на начальных стадиях (II-III) полового созревания в силу несформированности обратных тормозных влияний гормонов незрелых половых желез. Высокая активность гипоталамуса, играющего важную роль в регуляции активационных процессов, изменяет функциональную организацию мозговых структур, как в состоянии покоя, так и в процессе деятельности. В подростковом возрасте наблюдаются отрицательные сдвиги нейрофизиологических показателей внимания и рабочей памяти, а также проявляющиеся на поведенческом уровне признаки неуравновешенности, эмоциональной неустойчивости и неуправляемости [7, 10].

С целью выявления особенностей когнитивных процессов, связанных с пубертатом, важно было провести детальный анализ мозговых механизмов когнитивной деятельности в период непосредственно предшествующий этому этапу развития (возраст 10-11 лет). Именно в этом возрасте, с переходом в среднюю школу значительно возрастает объем информации, которую ребенок должен усвоить и научиться ее использовать.

Эффективность информационных процессов определяется, прежде всего, функциональными возможностями и степенью зрелости механизмов анализа и обработки поступающей информации. Учитывая особую функциональную значимость зрительной информации в познавательном развитии ребенка, в настоящей работе анализировалась мозговая организация эффективного зрительного опознания – функции характеризующейся сложностью организации лежащих в ее основе мозговых систем [13, 14, 25, 35, 36, 44]. В настоящем исследовании используется модель опознания неполных (фрагментированных) изображений, дающая возможность оценить степень участия в этом процессе как модально-специфических корковых зон, так и высших ассоциативных отделов коры, участие которых определяет эффективность опознания поступающей информации, увеличивающуюся с возрастом [6, 8, 9]. С прогрессивным созреванием высших отделов коры (префронтальных корковых зон) связано и формирование механизмов внимания [3, 5, 31, 47], определяющего в период подготовки к решению когнитивной задачи

преднастройку к восприятию значимой информации. Изучению этого подготовительного периода посвящено значительное количество исследований. Показано, что функциональное состояние мозга в предстимульный период является значимым предиктором результатов деятельности [26, 45, 48]. Так время реакции может быть предсказано характером и степенью частотно-специфической синхронизации электрической активности сенсорно-специфических и ассоциативных зонах коры больших полушарий в период преднастройки [48]. У человека предстимульное состояние определяет также степень осознанности восприятия [12]. Значительная часть исследований предстимульного периода базируется на анализе ритмической электрической активности мозга [15, 16, 28, 29, 42]. При этом основное внимание обращено на показатель мощности альфа-ритма, уменьшение которого характеризует мобилизационную готовность, направленную на детекцию объекта и его анализ [22, 32, 33, 39, 42, 47]. Между тем для понимания специфики функциональной организации мозга в период преднастройки важна не столько оценка амплитудных значений ритмов ЭЭГ, сколько выявление степени и топографических особенностей их синхронизации. Синхронизация ритмов электрической активности отдельных мозговых структур рассматривается как системообразующий механизм [16], обеспечивающий их взаимодействие в локальных и распределенных нейронных сетях – их объединение в единую нейрокогнитивную систему [19, 29, 37, 40, 43]. В качестве меры синхронности ритмов ЭЭГ как показателя взаимодействия двух отделов мозга традиционно используется функция когерентности (КОГ). Исследование КОГ предстимульного периода выявило специфичность взаимодействия корковых зон в процессе произвольного направленного внимания: инструкция, информирующая испытуемого о характере значимой информации приводит к избирательному, топографически-специфичному усилению коркового взаимодействия по альфа-ритму, зависящему от модальности ожидаемого стимула [3, 5]. Анализ многочисленных количественных линейных и нелинейных методов исследования биоэлектрической активности мозга, появившихся в последние десятилетия [30, 34, 41] показывает, что одним из перспективных направлений является использование векторных авторегрессионных (ВАР) моделей [23]. Использование ВАР-моделирования позволяет не только оценить классическую функцию КОГ и ее модификации [46], уменьшающие влияние объемного проведения [46], но и выявить причинно-следственные связи между наблюдаемыми явлениями [17, 21, 24]. Апробация предлагаемых методов использования ВАР-модели в исследованиях Р.И. Мачинской и А.В. Курганского [4] позволили выделить наиболее информативный критерий функционального объединения структур мозга в нейрокогнитивные системы (мнимую функцию КОГ), участвующие в преднастройке к восприятию информации.

С целью выяснения механизмов, определяющих эффективность зрительного восприятия у детей 10-11 лет, мы в настоящей работе использовали разные методические приемы:

1 – меру оценки синхронности альфа-ритма ЭЭГ, позволяющую выявить функциональную организацию мозга в период преднастройки к зрительному восприятию;

2 – оценку регионарных связанных с событием потенциалов (ССП) – характеризующих организацию периода анализа и обработки значимой информации.

Для выяснения того, в какой мере созревание мозговых механизмов определяет эффективность опознания, его скорость и точность осуществлены были также исследования на поведенческом уровне.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании участвовали 31 ребенок в возрасте 10-11 лет (средний возраст 10.61 ± 0.08). Дети имели нормальное зрение.

Испытуемым предъявлялось 16 знакомых изображений предметов (стул, утюг, очки и др.) и животных (слон, верблюд, лошадь) из стандартного набора [38]. Изображения без их предварительного показа предъявлялись в 5 фрагментарных уровнях (2, 4, 5, 7 и 8) от трудно опознаваемого фрагментарного уровня (2) до полного изображения (8 уровень). Для каждого изображения показывались все 5 уровней фрагментации. Время предъявления стимулов – 750 мс. Предъявлению целевого стимула предшествовал предупреждающий стимул (восклицательный знак, настраивающий испытуемого на выполнение задания. Модель эксперимента изложена ранее [6, 8, 9]. У всех испытуемых анализировались поведенческие показатели опознания и функциональная организация мозга в предстимульные и постстимульные периоды.

В поведенческом эксперименте анализировались точность опознания по числу ошибок и порог опознания – по уровню фрагментации, на котором опознается изображение.

В ходе нейрофизиологического эксперимента проводилась непрерывная регистрация ЭЭГ по системе 10-20 % от затылочных (O1, O2), теменных (P3, P4), передневисочных (T3, T4), задневисочных (T5, T6), центральных (C3, C4, Cz) и лобных (F3, F4, F7, F8, Fz) областей коры.

Для анализа периода преднастройки ЭЭГ после исключения артефактов разбивалась на одинаковые временные отрезки (T0 200 мс). Множество этих отрезков (общая длительность для каждой ситуации 8 сек) использовалось для оценки коэффициентов VAR 20 порядка. Оптимальный порядок был выбран, исходя из двух требований: (1) остатки авторегрессии не отличаются от белого шума (отсутствие серийных корреляций) и (2) выбранный порядок обеспечивает достаточное частотное разрешение ("частотную специфичность"), сравнимое с тем, что традиционно используется в электрофизиологии при анализе ЭЭГ классическими методами частотного анализа.

В работе использовался алгоритм Виеры-Морфа, модифицированный для вычисления одного набора коэффициентов VAR-модели для целого множества сегментов ЭЭГ, не составляющих непрерывной записи [18]. Здесь следует отметить, что при оценивании силы функциональных связей (как с помощью классического спектрального оценивания, так и на основе построения VAR-модели многоканальных данных) возникает проблема "ложных взаимодействий-(spurious interactions)" [2]. Чем короче суммарная длительность многоканального сигнала, тем выше уровень флуктуаций оценки коэффициентов VAR-модели (эффект конечности выборки) и, соответственно, тем больше (в среднем) величина любой положительной меры взаимодействия (например, функции когерентности). Ясно, что сравнение силы функциональных связей, оцененных по эпохам различной длины,

приведет к возникновению ложного впечатления, что эта сила выше для более короткой эпохи.

Для того чтобы нивелировать влияние конечности выборки на величину мер функциональных связей коэффициенты ВАР-модели 20-го порядка во всех экспериментальных условиях вычислялись следующим образом: (1) все множество отрезков длительностью T_0 в каждой экспериментальной ситуации разбивалось на подмножества в 40 последовательных отрезков; (2) для каждого такого подмножества вычислялись коэффициенты ВАР-модели 20-го порядка; (3) различные меры функционального взаимодействия вычислялись как среднее по подмножествам из 40 отрезков. В качестве меры функционального взаимодействия вычислялась мнимая часть $J(f) = \text{Im}\{C(f)\}$ комплексной функции когерентности. $J(f)$ вычислялась для дискретной сетки частот и затем усреднялись в альфа-диапазоне, определяемом индивидуально для каждого испытуемого.

Использовалась следующая процедура определения индивидуального альфа-диапазона. Для каждого испытуемого в стандартном альфа-диапазоне 7.5-12.5 Гц для каждой пары отведений автоматически определялось положение максимума функции когерентности в ЭЭГ, записанной до предъявления предупреждающего сигнала. По этим данным строилась гистограмма частотного положения пиков для всего множества пар электродов и сглаживалась 11-точечным окном Бохмана. Сглаживание исключало обнаружение множественных максимумов в пределах стандартного диапазона. Локальные максимумы этой гистограммы рассматривались в качестве частоты доминирующего ритма. Если такой максимум оказывался в пределах стандартного диапазона, то в качестве индивидуального диапазона выбиралась полоса частот шириной 1 Гц, в центре которой находился этот максимум. Если в пределах стандартного диапазона не было локальных максимумов, то в качестве индивидуального использовался весь стандартный диапазон. Все перечисленные выше меры усреднялись для трех экспериментальных условий (ЭУ): ЭУ1 соответствовало отрезку ЭЭГ, регистрируемому до появления предупреждающего стимула – неспецифическое внимание; ЭУ2 – ЭЭГ от предупреждающего стимула до появления целевого (неполного фрагментарного изображения, еще неопознанного) – характеризовал ожидание когнитивной задачи; ЭУ3 – ЭЭГ от предупреждающего стимула до появления первых эффективно опознаваемых фрагментарных изображений – характеризовал преднастройку к когнитивной задаче, предшествующую эффективному опознанию.

Статистический анализ используемых мер оценки ЭЭГ осуществлялся с использованием общей линейной модели в варианте $gmANOVA$.

Для исследования постстимульного периода анализировались ССП регистрируемые с различных корковых зонах. Усреднялись следующие классы ССП: ССП при отсутствии опознания – те уровни фрагментации изображения, на которые испытуемый каждый раз отвечал "Не знаю", ССП непосредственно предшествующие опознанию (испытуемый отвечал "Не знаю") и ССП при опознании – тот уровень фрагментации изображения, на котором объект был впервые правильно опознан. Усредненные по классам "опознаваемости" стимула ССП отдельных испытуемых использовались для группового усреднения и анализа с помощью метода Главных Компонентов. Суммарная амплитуда ССП на временных отрезках, соответствующих выделенным главным компонентам, обрабатывалась с помощью дисперсионного анализа ($ANOVA$ Repeated measure). Использовались сле-

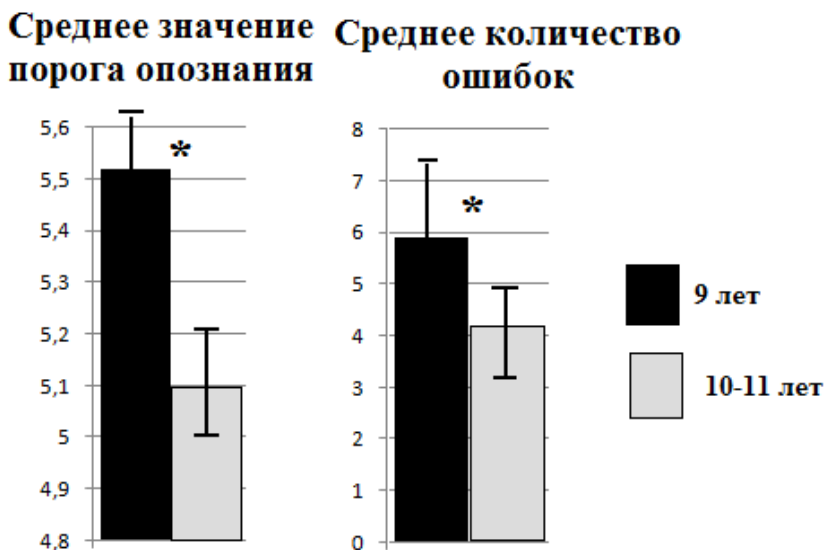
дующие факторы: «опознание» (неопознанные, предшествующие опознанию, опознанные); «полушарие» (левое, правое); «отведения» (7 пар отведений). Достоверность различий суммарных амплитуд ССП компонентов ССП, соответствующих тем временным интервалам, в которых было выявлено значимое влияние фактора «опознание» и его взаимодействие с факторами «полушарие» и «отведение», оценивалась с использованием непараметрического критерия Вилкоксона.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Поведенческие показатели опознания фрагментарных изображений

Анализ поведенческих показателей опознания фрагментарных изображений позволил выявить увеличение эффективности выполнения задания у детей 10-11 лет в сравнении с 9 летними детьми (рис 1, а). По числу ошибок опознания группа детей 10-11 лет ($n=31$: 16 мальчиков, 15 девочек; средний возраст 10.61 ± 0.08), характеризовалась меньшим числом ошибок ($M=4.19 \pm 0.76$), чем в группе 9 лет – ($n=25$: 14 мальчиков, 11 девочек; средний возраст 9.17 ± 0.15), количество ошибок составляло 5.92 ± 1.46 . Различия между группами по числу ошибок значимы ($F(1,54)=8.3$; $p=0.006$). Среднее значение порога (уровня фрагментации) опознания в группе 10-11 летних составляет 5.10 ± 0.12 и значимо ($F(1,54)=4.1$; $p=0.048$) ниже порога опознания в группе 9 летних детей – 5.52 ± 0.08 . Значимых различий между мальчиками и девочками по количеству ошибок и порогу опознания ни в одной из исследуемых групп выявлено не было.

А



Б

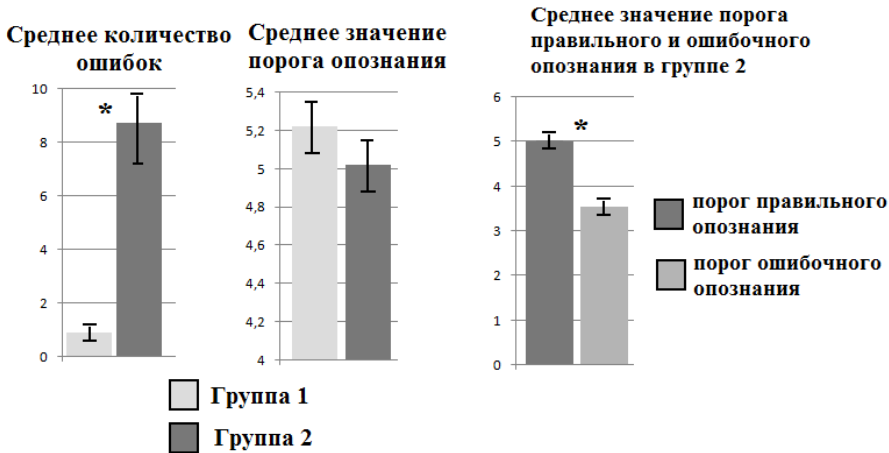


Рис. 1. Возрастные (А) и индивидуальные (Б) поведенческие показатели опознания фрагментарных изображений у детей 10-11 лет. "Звездочками" отмечены значимые различия показателей. Показана ошибка среднего.

В зависимости от количества ошибок у детей 10-11 лет были выделены две крайние группы с разной эффективностью опознания (рис. 1, б). Первая группа (14 человек) характеризовалась малым числом ошибок – 0.93 ± 0.24 , во второй группе (13 человек) отмечено значимо ($F(1,23)=34.1$; $p=0.0001$) большее количество ошибок 8.73 ± 1.21 . У детей 10-11 лет вторая группа (с существенно бóльшим числом ошибок) опознает изображения раньше первой группы, но при этом значимые различия порога опознания отсутствуют ($M=5.22 \pm 0.16$ и $M=5.02 \pm 0.16$ – для первой и второй групп соответственно). При этом порог опознания ошибочных изображений ($M=3.55 \pm 0.15$) у испытуемых второй группы значимо ниже порога их правильного опознания.

Исследование предстимульного периода

Для выявления специфики преднастройки проводилось сравнение ситуации ожидания целевого стимула с ситуацией неспецифического внимания (ЭУ1). Сравнение осуществлялось в двух ситуациях когда целевой стимул не опознавался (ЭУ2) и при эффективном опознании целевого стимула (ЭУ3).

Исследование периода, предшествующего предъявлению целевого но неопознанного стимула (неэффективное опознание), проводилось при сопоставлении с ситуацией ожидания предупреждающего стимула (неспецифическое внимание). Анализ $gmANOVA$ по множеству пар отведений лобных областей (F3, F4, F7, F8) с остальными внутриполушарных и межполушарных отведениями проводился по схеме с факторами ПОЛУШАРИЕ1 (левое, правое) – полушарие первого отведения в паре, ПОЛУШАРИЕ2 (левое, правое) – полушарие второго отведения в паре, ЛОКАЛИЗАЦИЯ (по числу разных пар отведений) и УСЛОВИЕ (ЭУ1, ЭУ2).

Основной эффект фактора УСЛОВИЕ оказался высоко значимым для пар отведений, куда в качестве одного отведения входили F7, F8 ($F(1,24) = 4.6, p = 0.042$). Для этих отведений так же получено значимое взаимодействие факторов УСЛОВИЕ x ЛОКАЛИЗАЦИЯ ($F(3,66) = 4.2, p = 0.01$). Для областей F3, F4 на значимый уровень выходит взаимодействие факторов УСЛОВИЕ x ПОЛУШАРИЕ 1 ($F(1,24) = 10.1, p = 0.004$) и УСЛОВИЕ x ЛОКАЛИЗАЦИЯ x ПОЛУШАРИЕ 1 ($F(3,62) = 3.1, p = 0.04$).

Значимое взаимодействие факторов УСЛОВИЕ x ЛОКАЛИЗАЦИЯ ($F(1,24) = 4.6, p = 0.041$) показал также анализ $J(f)$ в парах отведений, образованных нижневисочными областями (T5, T6) с остальными отведениями, за исключением фронтальных и Cz. Парные сравнения $J(f)$ ситуации неспецифического внимания (ЭУ1) с ситуацией преднастройки на неэффективное опознание фрагментарных изображений (ЭУ2) выявили значимые различия между следующими парами отведений с фокусом в вентролатеральной префронтальной коре преимущественно правого полушария.

Полученные данные показывают, что период ожидания целевых изображений даже в случае неэффективного опознания (ЭУ2) характеризуется иной по сравнению с периодом, предшествующим предъявлению предупреждающего стимула (ЭУ1), картиной функциональных связей (рис. 2). Как видно на рисунке отчетливые фокусы изменения $J(f)$ наблюдаются билатерально в вентролатеральных префронтальных зонах коры (F7,F8) и в правой дорсолатеральной префронтальной зоне (F4). Отмечается преимущественная выраженность этих изменений в правом полушарии, где латеральная префронтальная кора образует четкие связи со стриарной и экстрастриарной корковыми зонами.

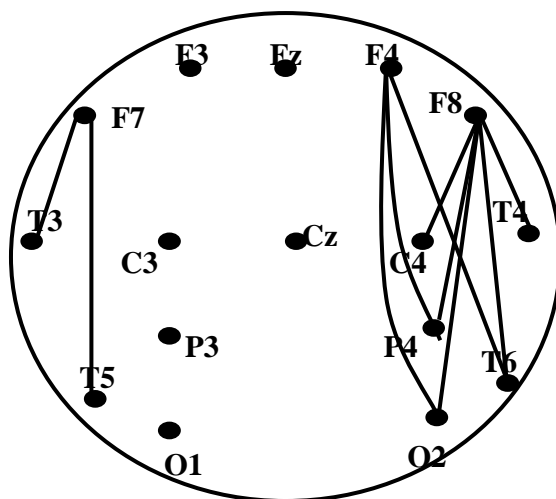


Рис. 2. Значимые изменения мнимой части функции когерентности $J(f)$ при переходе от ситуации неспецифического внимания к ситуации преднастройки к неэффективному опознанию. Показано относительное расположение отведений ЭЭГ с их обозначениями.

*Сравнение периода, предшествующего эффективному опознанию целевого стимула, с ситуацией ожидания предупреждающего стимула по J(f) показало высоко значимое влияние фактора УСЛОВИЕ и его взаимодействие с факторами ПОЛУШАРИЕ и ЛОКАЛИЗАЦИЯ. Анализ *tmANOVA* по множеству пар отведений, образованных F3, F4 и F7, F8 с остальными отведениями проводился по схеме с факторами полушарие первого отведения в паре ПОЛУШАРИЕ1 (левое, правое), полушарие второго отведения в паре ПОЛУШАРИЕ2 (левое, правое), ЛОКАЛИЗАЦИЯ (по числу разных пар отведений) и УСЛОВИЕ (ЭУ1, ЭУ3).*

Влияние фактора УСЛОВИЕ оказалось значимым для пар отведений, куда в качестве одного отведения входили F7, F8 ($F(1,24) = 5.0, p = 0.035$). Для этих отведений получено значимое взаимодействие факторов УСЛОВИЕ x ЛОКАЛИЗАЦИЯ x ПОЛУШАРИЕ 1 ($F(2,58) = 3.2, p = 0.038$) и УСЛОВИЕ x ПОЛУШАРИЕ 2 x ЛОКАЛИЗАЦИЯ x ПОЛУШАРИЕ 1 ($F(3,83) = 3.3, p = 0.019$). Для областей F3, F4 на уровне тенденции выявлено влияние фактора УСЛОВИЕ ($F(1,24) = 4.0, p = 0.058$) на значимый уровень выходит взаимодействие факторов УСЛОВИЕ x ПОЛУШАРИЕ2 x ЛОКАЛИЗАЦИЯ x ПОЛУШАРИЕ 1 ($F(4,21) = 3.4, p = 0.028$). При исключении из анализа перекрестных связей (фактор ПОЛУШАРИЕ 2) влияние фактора УСЛОВИЕ значимо ($F(1,24) = 4.4, p = 0.047$). Эффект фактора УСЛОВИЕ на уровне тенденции ($F(1,24) = 4.0, p = 0.058$) выявлен в парах отведений, образованных Fz с остальными отведениями, за исключением фронтальных. Значимым влияние фактора УСЛОВИЕ ($F(1,24) = 4.3, p = 0.048$) становится при анализе в парах отведений, образованных Fz с каудальными зонами. Этот анализ проводился по схеме с факторами ПОЛУШАРИЕ (левое, правое), ЛОКАЛИЗАЦИЯ и УСЛОВИЕ (ЭУ1, ЭУ3).

Изолированное влияние фактора УСЛОВИЕ значимо при анализе J(f) по множеству пар отведений, образованных затылочной (O1, O2 – $F(1,24) = 4.2, p = 0.05$) и теменной (P3, P4 – $F(1,24) = 14.5, p = 0.001$) корой с остальными отведениями. Для пар отведений O1, O2 значимо так же взаимодействие факторов УСЛОВИЕ x ПОЛУШАРИЕ2 x ЛОКАЛИЗАЦИЯ x ПОЛУШАРИЕ 1 ($F(3,22) = 3.6, p = 0.03$) и УСЛОВИЕ x ПОЛУШАРИЕ2 x ЛОКАЛИЗАЦИЯ ($F(3,72) = 3.0, p = 0.038$). Совместное влияние факторов УСЛОВИЕ x ПОЛУШАРИЕ1 x ПОЛУШАРИЕ 2 показал анализ J(f) в парах отведений, образованных теменными (P3,P4: $F(1,24) = 9.8, p = 0.005$), нижневисочными (T5,T6: $F(1,24) = 4.9, p = 0.036$) и передневисочными (T3,T4: $F(1,24) = 7.1, p = 0.013$) зонами коры с остальными отведениями.

Парные сравнения J(f) ситуации неспецифического внимания (ЭУ1) с ситуацией преднастройки к эффективному опознанию фрагментарных изображений (ЭУ3) выявили значимые различия между следующими парами отведений с фокусом в правой дорсо- и венстролатеральной префронтальной коре (отведения F4, F8) с каудальными и височно-центрными областями этого же полушария (рис. 3). Картина изменений при эффективном опознании близка к таковой при неэффективном опознании большей представленностью изменений внутрикортикальных взаимодействий в правом полушарии. При этом наблюдается усиление фокуса взаимосвязанности в правой дорсолатеральной префронтальной зоне за счет усиления связей с височной корой.

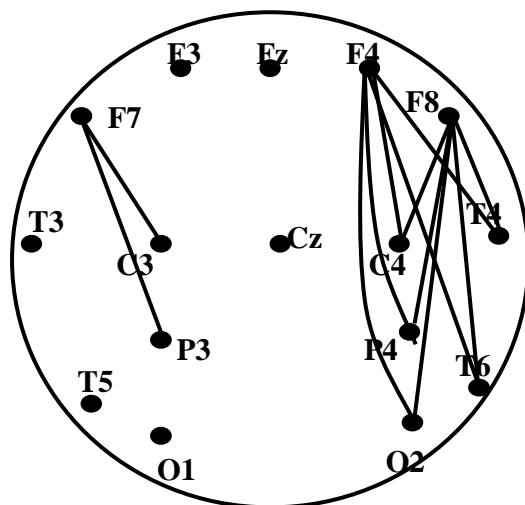


Рис. 3. Значимые изменения мнимой части функции когерентности $J(f)$ при переходе от ситуации неспецифического внимания к ситуации преднастройки к эффективному опознанию.

Анализ ССП при опознании фрагментарных изображений в 10-11 летнем возрасте.

Дисперсионный анализ амплитуды ССП у детей 10-11 летнего возраста, проведенный для неопознанных, предшествующих опознанию и опознанных фрагментарных изображений, выявил следующие различия параметров ССП. Как видно из табл. 1 изолированное влияние фактора ОПОЗНАНИЕ выявлено во временном интервале, соответствующем наиболее характерному для процесса опознания компоненту N250-300, и во временном интервале, соответствующем негативному компоненту N500. Взаимодействие фактора ОПОЗНАНИЕ с фактором ОТВЕДЕНИЕ проявляется практически на всех временных интервалах, затрагивая как ранние компоненты, соответствующие обработке модально-специфической информации, так и более поздние связанные с когнитивными операциями и принятием решения.

Для выявления специфики изменения параметров ССП при опознании фрагментарных изображений в тех временных интервалах, в которых методом дисперсионного анализа было выявлено значимое влияние фактора ОПОЗНАНИЕ и его взаимодействие с фактором ОТВЕДЕНИЕ проводилось сопоставление амплитудных значений компонентов ССП методом парного сравнения.

На рис. 4 приведены ССП на опознанные и неопознанные фрагментарные изображения у детей 10-11 лет независимо от эффективности опознания, отражающие различия, характерные для этого возраста в целом. Наиболее ранние статистически значимые различия отмечены в интервале 80-160 мс как в лобных, так и в каудальных отделах коры. В префронтальной коре левого полушария на опознанные изображения отмечается увеличение ранней негативности с пиковой ла-

тентностью приблизительно 100 мс ($F_3 - Z = -2.3$; $P = 0.024$; $F_7 - Z = -2.2$; $P = 0.031$; $F_z - Z = -2.9$; $P = 0.004$).

Таблица 1

Результаты дисперсионного анализа суммарных амплитуд ССП на неопознанные, предшествующие опознанию и опознанные фрагментарные изображения у детей 10-11 лет

времен- ные ин- тервалы, мс	20-80	80-160	161-220	220-304	305-390	390-470	470-570	570-660	660-750
Опознан.				$F(4,56) = 4.2$; $P = 0.005$			$F(1,28) = 4.8$; $P = 0.037$		
Опознан. х Отвед.	$12,336) = 2.0$; $P = 0.028$	$5,137) = 3.2$; $P = 0.012$		$12,17) = 2.6$; $P = 0.04$	$12,17) = 2.8$; $P = 0.028$	$5,151) = 3.5$; $P = 0.004$	$8,209) = 2.1$; $P = 0.045$	$12,17) = 2.9$; $P = 0.024$	$5,138) = 4.1$; $P = 0.002$

В лобных областях при опознании значимо увеличивается амплитуда компонента P350 (305-390 мс: $F_3 - Z = -2.4$; $P = 0.016$; $F_4 - Z = -2.0$; $P = 0.048$; $F_8 - Z = -2.9$; $P = 0.004$; $F_z - Z = -1.9$; $P = 0.054$). Негативный компонент N350-400 в дорсолатеральной префронтальной коре, имеет большую амплитуду в ответ на неопознанные изображения; на опознанные стимулы в это время начинает развиваться поздний позитивный комплекс (390-470 мс: $F_3 - Z = -2.8$; $P = 0.005$; $F_4 - Z = -2.3$; $P = 0.024$). Начиная с 550-600 мс в лобных зонах коры поздний позитивный комплекс (ППК) на опознанные стимулы сменяется медленной негативацией (570-660 мс: $F_3 - Z = -3.4$; $P = 0.0006$; $F_4 - Z = -2.4$; $P = 0.015$; $F_7 - Z = -1.9$; $P = 0.052$; $F_8 - Z = -2.8$; $P = 0.004$; $F_z - Z = -3.9$; $P = 0.0001$).

Негативный компонент N250-300, имеющий большую амплитуду при опознании изображений в этом возрасте, значимо изменяется не в префронтальной коре, а в височных областях (220-305 мс: $T_3 - Z = -2.0$; $P = 0.044$; $T_4 - Z = -1.9$; $P = 0.052$). На более поздних этапах анализа информации с 400 мс в этих зонах коры в ответ на опознанные изображения отмечается значимое усиление ППК (390-470 мс: $C_3 - Z = -2.3$; $P = 0.021$; $C_z - Z = -2.8$; $P = 0.0051$; $T_3 - Z = -2.3$; $P = 0.021$; $T_4 - Z = -2.6$; $P = 0.009$).

В каудальных областях в ответ на опознанные изображения увеличивается амплитуда компонентов P100 в правом полушарии (80-160 мс: $T_6 - Z = -2.2$; $P = 0.028$; $O_2 - Z = -1.92$; $P = 0.054$) и N250-300 – в левом (220-305 мс: $P_3 - Z = -2.1$; $P = 0.033$; $T_5 - Z = -1.92$; $P = 0.054$). Компонент P300 и следующая за ним негативность N450-500, напротив имеют большие амплитудные значения в ответ на неопознанные стимулы, на опознанные изображения после 400 мс начинает развиваться поздний позитивный комплекс (305-390 мс: $P_3 - Z = -2.0$; $P = 0.048$; $O_1 - Z = -2.2$; $P = 0.025$; 470-570 мс: $P_3 - Z = -2.3$; $P = 0.024$; $T_5 - Z = -2.8$; $P = 0.006$; $O_1 - Z = -2.7$; $P = 0.007$).

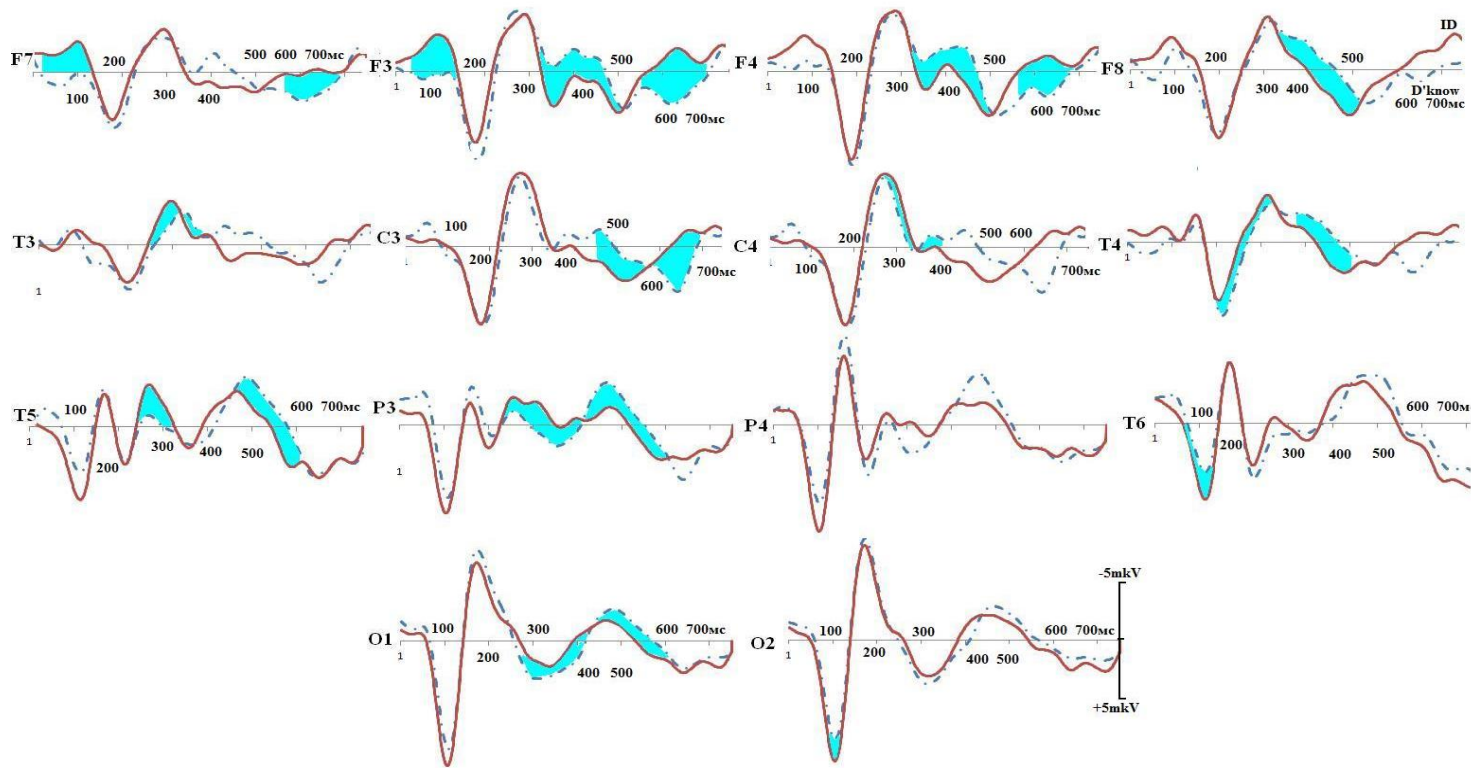


Рис 4. Регионарные ССП на опознанные (толстая линия) и неопознанные (пунктир) фрагментарные изображения у детей 10-11 лет. По горизонтали – время, мс; по вертикали – усредненные ССП, мкВ. Значимые различия заштрихованы.

Индивидуальные особенности опознания фрагментарных изображений у детей 10-11 лет с разной эффективностью деятельности

В связи с тем, что в поведенческих исследованиях выявлены существенные индивидуальные различия в эффективности опознания, по этому показателю были выделены две крайние группы испытуемых – опознающих изображения с высокой (группа 1) и низкой (группа 2) точностью. Далее проводился индивидуальный анализ постстимульной активности у этих двух групп. Результаты дисперсионного анализа, представленные в таблице 2, выявили значимое влияние фактора ГРУППА и его взаимодействия с факторами ОПОЗНАНИЕ, ПОЛУШАРИЕ и ОТВЕДЕНИЕ на суммарную амплитуду ССП как для начальных этапов анализа информации, так и во временных интервалах, соответствующих компоненту N250-300 (Nc1) и более поздним когнитивным операциям.

Таблица 2

Результаты дисперсионного анализа на неопознанные, предшествующие опознанию и опознанные фрагментарные изображения у детей с разной эффективностью деятельности.

временные интервалы, мс	20-80	80-160	160-220	220-305	305-390	390-470	470-570	570-660	660-750
Группа				F(2,28) = 3.4; P=0.049					
Опознан. X Группа			F(2,28) = 4.7; P=0.017	F(2,27) = 7.9; P=0.002	F(1,28) = 4.1; P=0.028				
Опознан. X Отвед. X Группа								F(12,187) = 2.4; P=0.044	F(12,18) = 3.3; P=0.011
Опознан. X Полуш. X Отвед. X Группа		F(12,18) = 2.7; P=0.03	F(12,18) = 3.0; P=0.017		F(12,18) = 3.2; P=0.014				

Изолированное влияние фактора ГРУППА значимо в интервале 220-305 мс, взаимодействие факторов ГРУППА x ОПОЗНАНИЕ выявлено в интервале от 160 до 390 мс, а ГРУППА x ОПОЗНАНИЕ x ОТВЕДЕНИЕ на значимый уровень выходит в интервале 560-660 и 660-750 мс. Совместное влияние факторов ГРУППА x ОПОЗНАНИЕ x ПОЛУШАРИЕ x ОТВЕДЕНИЕ отмечено в интервале 80-160 мс 160-220 мс и 305-390 мс. Полученные различия свидетельствуют об определенных отличиях в мозговой организации процесса опознания в группах с высокой и низкой эффективностью опознания.

Для уточнения межгрупповых различий, поскольку совместный анализ выявил влияние фактора ГРУППА на ряд компонентов ССП, был проведен дисперсионный анализ отдельно для 1 и 2 групп. Для группы 1 (таблица 3) изолирован-

ное влияние фактора ОПОЗНАНИЕ выявлено в интервале 220-305 мс. Взаимодействии факторов ОПОЗНАНИЕ x ОТВЕДЕНИЕ значимо в интервалах 160-220, 305-390, 390-470, 470-570 и 570-660 мс. Совместное влияние факторов ОПОЗНАНИЕ x ПОЛУШАРИЕ x ОТВЕДЕНИЕ на значимый уровень выходит в интервалах 80-160 мс, 160-220 мс, 220-304 мс и 660-750 мс.

Таблица 3

Результаты дисперсионного анализа суммарных амплитуд ССП на опознанные и неопознанные фрагментарные изображения у детей 10-11 лет у детей с высокой эффективностью деятельности

времен- ные интер- валы, мс	20-80	80-160	161-220	220-305	305-390	390-470	470-570	570-660	660-750
Опознан								F(1,10) = 5.1; P=0.048	
Опознан X Отвед		F(3,30) = 4.5; P=0.01							
Опознан x Полуш X Отвед				F(1,10) = 7.3; P=0.022					F(1,10) = 5.3; P=0.043

Для уточнения регионарных особенностей изменения параметров ССП при опознании неполных изображений в тех временных интервалах, где методом дисперсионного анализа было выявлено значимое влияние фактора ОПОЗНАНИЕ и его взаимодействие с факторами ОТВЕДЕНИЕ и ПОЛУШАРИЕ методом парного сравнения, проводилось сопоставление амплитудных значений компонентов ССП на опознанные и неопознанные стимулы. На рис. 5 приведены ССП в ответ на опознанные и неопознанные фрагментарные изображения у группы с разной эффективностью деятельности.

Наиболее ранние различия между опознанными и неопознанными фрагментарными изображениями у детей, выполняющих деятельность с малым числом ошибок (рис. 5,а), отмечены в лобных областях левого полушария и связаны с возникновением ранней негативности в ответ на опознанные изображения ($F3 - Z = -2.5$; $P = 0.013$; $F7 - Z = -1.9$; $P = 0.055$).

В левой нижневисочной области в ответ на опознанные изображения значимо увеличивается амплитуда компонентов основного комплекса P100 (80-160 мс: $T5 - Z = -2.1$; $P = 0.033$) и N250 (220-305 мс: $T5 - Z = -2.0$; $P = 0.048$). На уровне тенденции отмечено увеличение амплитуды компонента N400 в ответ на опознанные изображения в нижневисочных зонах коры (390-470 мс: $T5 - Z = -1.7$; $P = 0.087$; $T6 - Z = -1.9$; $P = 0.064$). Поздний позитивный комплекс в каудальных областях так же имеет большую амплитуду при опознании ($T5 - Z = -2.3$; $P = 0.019$; $T6 - Z = -2.4$; $P = 0.016$; $O1 - Z = -2.0$; $P = 0.046$). На неопознанные фрагментарные изображения амплитуда негативности N200 в затылочной и теменной областях левого полушария значимо увеличивается (160-220 мс: $O1 - Z = -2.2$; $P = 0.028$; $P3 - Z = -2.4$; $P = 0.016$). В лобной и лобно-височной зонах правого полушария негативностью

N450-500 (390-470 мс: $F_4 - Z = -1.9$; $P = 0.054$; $F_8 - Z = -2.1$; $P = 0.033$) и поздний позитивный комплекс (570-660 мс: $F_4 - Z = -2.5$; $P = 0.013$) также имеют большую амплитуду в ответ на неопознанные изображения.

Иная картина влияния опознания на параметры ССП наблюдается в группе с низкой эффективностью (табл. 4). По данным дисперсионного анализа в этой группе изолированное влияние фактора ОПОЗНАНИЕ отмечено лишь в интервале 570-660 мс, значимое взаимодействие факторов ОПОЗНАНИЕ x ОТВЕДЕНИЕ отмечается во временном окне 80-160 мс. В интервалах 220-304 и 660-750 мс значимо взаимодействие факторов ОПОЗНАНИЕ x ПОЛУШАРИЕ x ОТВЕДЕНИЕ.

Таблица. 4

Результаты дисперсионного анализа суммарных амплитуд ССП на опознанные и неопознанные фрагментарные изображения у детей 10-11 лет с низкой эффективностью деятельности.

времен- ные ин- тервалы, мс	20-80	80-160	161-220	220-305	305-390	390-470	470-570	570-660	660-750
Опознан								$F(1,10) = 5.1$; $P = 0.048$	
Опознан x Отвед		$F(3,30) = 4.5$; $P = 0.01$							
Опознан x Полуш x Отвед				$F(1,10) = 7.3$; $P = 0.022$					$F(1,10) = 5.3$; $P = 0.043$

У детей, опознающих фрагментарные изображения с большим количеством ошибок, существуют различия в мозговых механизмах опознания по сравнению с группой детей, которые ошибаются мало (рис. 5 Б).

Наиболее ранние различия ССП опознанных и неопознанных фрагментарных изображений отмечены в лобных областях и связаны с увеличением амплитуды раннего негативного компонента в ответ на опознанные стимулы ($F_3 - Z = -2.7$; $P = 0.008$; $F_4 - Z = -1.9$; $P = 0.055$). Значимые различия выявлены и для комплекса компонентов P250-N300, в котором P250 имеет большую амплитуду на неопознанные изображения за счет существенного увеличения амплитуды негативности N300 в ответ на опознанные изображения в правой нижнетеменной области (220-305 мс: $T_6 - Z = -2.3$; $P = 0.022$). Поздний позитивный комплекс в переднецентральных областях коры начинается раньше (с 390 мс) и имеет большую амплитуду в ответ на опознанные фрагментарные изображения. Различия носят значимый характер в правой передне-височной зоне (390-470 мс: $T_4 - Z = -2.1$; $P = 0.041$). На более поздних временных интервалах медленный позитивный комплекс становится более выражен на неопознанные фрагментарные изображения как в лобных, так и каудальных областях, в то время как при опознании развива-

ется поздняя негативность (570-660 мс: F3 – Z=-2.4; P=0.016; F4 – Z=-2.5; P=0.013; P4 – Z=-2.3; P=0.021).

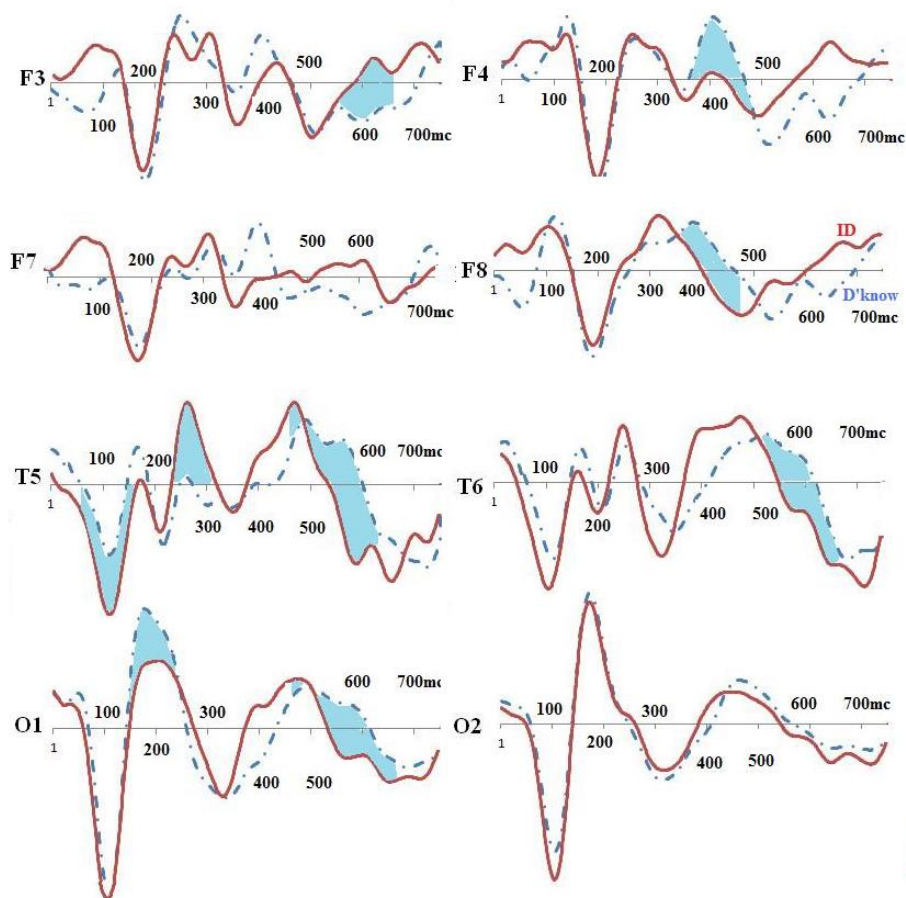


Рис 5А. Регионарные ССП на опознанные и неопознанные фрагментарные изображения у детей с эффективным (А) и неэффективным (Б) опознанием. Обозначения как на рис. 4.

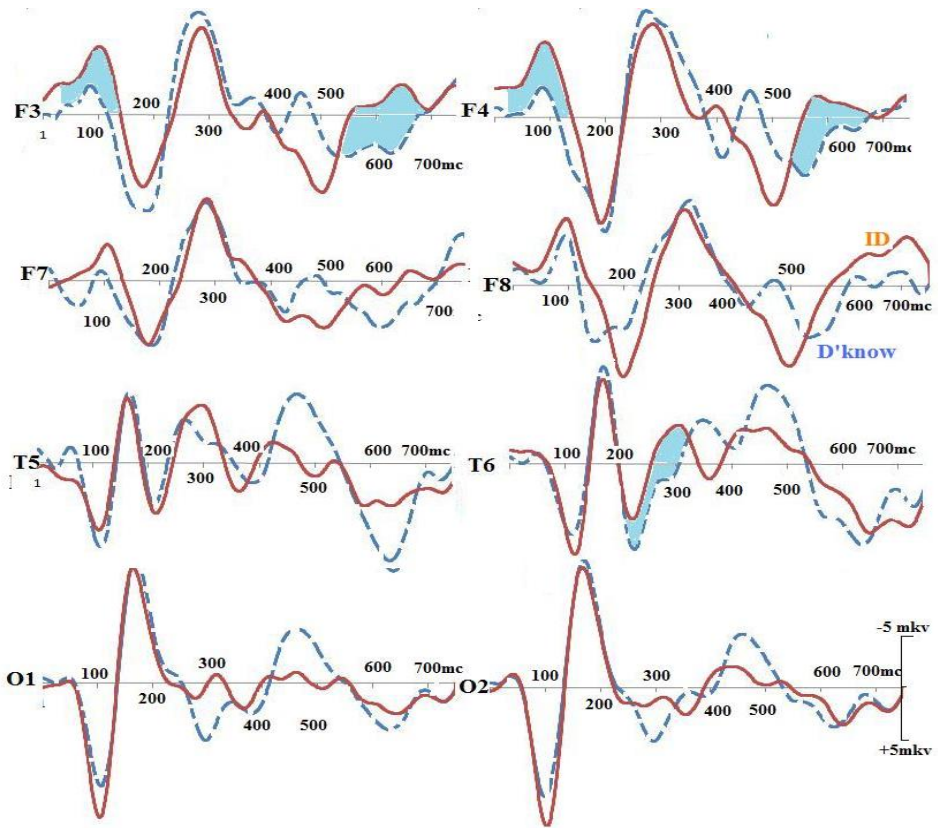


Рис 5Б. Регионарные ССП на опознанные и неопознанные фрагментарные изображения у детей с эффективным (А) и неэффективным (Б) опознанием. Обозначения как на рис. 4.

Таким образом, анализ поведенческих показателей опознания неполных фрагментарных изображений у детей 10-11 лет выявил прогрессивные изменения эффективности этой деятельности на данном этапе развития по сравнению с детьми 9 лет. Отрицательные отклонения функционального состояния мозговых структур, связанных с восприятием информации, характерные для пубертатного периода [7, 10] в 10-11 лет еще не обнаруживаются. Основываясь на данных о роли произвольного внимания в избирательной преднастройке структур мозга к реализации деятельности [3, 5, 31, 47], мы поставили перед собой цель выявить мозговые механизмы, лежащие в основе эффективного опознания. Наше исследование было направлено на выявление специфики функциональной организации произвольного внимания у детей 10-11 лет. Для этого сопоставлялись показатели функционального взаимодействия корковых зон по мнимой функции КОГ ($J(f) = \text{Im}\{C(f)\}$) в период, предшествующий предъявлению целевого стимула и отражающий направленность на выполнение когнитивной задачи с неспецифическим вниманием, с периодом спокойного наблюдения, предшествующим появлению предупреждающего стимула. Полученные данные выявили существенные предна-

стройки функциональной организации мозга в ситуации произвольного внимания, направленного на опознание предъявляемых изображений. Готовность к реализации этой деятельности приводила к значительному увеличению степени вовлечения дорсолатеральных и вендролатеральных префронтальных зон в формирование новых когнитивных систем. Эти изменения преимущественно выражены в правом полушарии, что соответствовало избирательному вовлечению корковых зон в анализ и интеграцию фрагментов изображения, то есть на выполнение зрительно-пространственного задания – функции, реализуемой с преимущественным участием правого полушария. Принципиальные различия в организации предстимульного внимания в тех случаях, когда стимул не опознавался, и при его опознании не наблюдались. Вместе с тем выявлено усиление степени вовлечения дорсолатеральной префронтальной коры, играющей важнейшую роль в мониторинге информации и удержании ее в рабочей памяти. Можно полагать, что более эффективное опознание обеспечивается другим важным фактором, реализуемым в процессе преднастройки, а именно извлечением из памяти хранящегося там следа предъявляемого изображения. Это полностью согласуется с гипотезой М. Бара [13, 14, 25] о роли префронтальной коры в опознании изображений. Согласно гипотезе М. Бара префронтальная кора, получающая информацию по быстропроводящей дорзальной зрительной системе, играет важнейшую роль в извлечении следов и поиске возможного аналога объекта в памяти. Информация об этом объекте, поступая по нисходящим связям в корковые зоны вентральной зрительной системы, облегчает процесс опознания. О роли функциональной активности префронтальной коры в эффективном опознании свидетельствуют и данные, полученные в настоящей работе в процессе реализации сенсорных и когнитивных операций, определяющих опознание предъявляемого изображения. При анализе ССП установлено, что у детей этого возраста, как и у взрослых испытуемых [8], при эффективном опознании обнаруживается раннее вовлечение в этот процесс дорсо- и вендролатеральных зон префронтальной коры, что проявилось в наличии у детей 10-11 лет ранней негативности в ответах на опознанные изображения при отсутствии ее на неопознанные стимулы. При этом усиливается и участие в опознании нижневисочных корковых зон, где интегрируются восходящие и нисходящие влияния, и осуществляется заключительный этап процесса опознания [8, 20, 36]. Данные о роли активности префронтальной и височной коры в эффективности опознания подтверждены в серии исследований, проведенных в рамках данной работы и направленных на выявление механизмов, определяющих индивидуальные особенности успешности опознания фрагментарных изображений у детей 10-11 лет. В поведенческом эксперименте в зависимости от точности опознания были выделены две группы детей: опознающих точно, с малым числом ошибок и опознающих со значительно большим числом ошибок. Для группы опознающих с высокой эффективностью было характерно большее вовлечение вендролатеральных префронтальных корковых зон и нижневисочной коры левого полушария. Преимущественное участие левого полушария в процессе опознания определяется его ролью в категоризации стимулов и назывании опознаваемого изображения, которые осуществлялись испытуемым в ответах на опознаваемый стимул.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные данные выявили значительную степень зрелости механизмов избирательного произвольного внимания, осуществляемого при участии префронтальной коры. Вовлечение этих корковых зон в опознание неполных изображений обеспечивает характерную для 10-11-летних детей эффективность опознания, близкую к дефинитивному уровню. Нейрофизиологический анализ функциональной организации мозга в процессе опознания выявил увеличивающееся с возрастом участие префронтальной коры и ее нисходящих влияний на зрительные зоны, обеспечивающих эффективность опознания. При анализе индивидуальных особенностей эффективности деятельности в зависимости от точности опознания были выделены две группы детей: опознающих точно, с малым числом ошибок, и опознающих с существенно бóльшим числом ошибок. Для группы с высокими показателями эффективности характерно значимо большее вовлечение вентrolатеральных префронтальных корковых зон и нижневисочной коры левого полушария, что, по-видимому, определяет эффективность опознания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колесов Д.В., Сельверова Н.Б. Физиолого-педагогические аспекты полового созревания. – М. 1978. – 221 с.
2. Курганский А.В. Некоторые вопросы исследования кортико-кортикальных функциональных связей с помощью векторной авторегрессионной модели многоканальной ЭЭГ // ЖВНД. – 2010. – Т. 60, № 6. – С. 740.
3. Мачинская Р.И. Функциональное созревание мозга и формирование нейрофизиологических механизмов избирательного произвольного внимания у детей младшего школьного возраста // Физиология человека. – 2006. – Т. 32, № 1. – С. 26.
4. Мачинская Р.И., Курганский А.В. Сравнительное электрофизиологическое исследование регуляторных компонентов рабочей памяти у взрослых и детей 7-8 лет. Анализ когерентности ритмов ЭЭГ // Физиология человека. – 2012. – Т. 38, № 1. – С. 5-19.
5. Мачинская Р.И., Мачинский Н.О., Дерюгина Е.И. Функциональная организация правого и левого полушарий мозга человека при направленном внимании // Физиология человека. – 1992. – Т. 18, № 6. – С. 77.
6. Петренко Н.Е., Фарбер Д.А. Возрастная динамика мозговой организации опознания фрагментарных изображений от 5-6 к 7-8 годам // Альманах «Новые исследования». – 2011. – № 4. – С. 5.
7. Фарбер Д.А., Игнатъева И.С. Влияние нейроэндокринных сдвигов пубертатного периода на реализацию рабочей памяти у подростков // Физиология человека. – 2006. – Т. 32. – № 1. – С. 5.
8. Фарбер Д.А., Петренко Н.Е. Опознание фрагментарных изображений и механизмы памяти // Физиология человека. – 2008. – Т. 34, № 1. – С. 5-18.
9. Фарбер Д.А., Петренко Н.Е. Формирование механизмов опознания неполных изображений в дошкольном и младшем школьном возрасте // Физиология человека. – 2012. – Т. 38, № 5. – С. 5.
10. Физиология подростка / Под ред. Фарбер Д.А. – М.: Педагогика, 1988. –

167 с.

11. Физиология развития ребенка: Руководство по возрастной физиологии / Под ред. М.М. Безруких, Д.А. Фарбер. – М.: МПСИ, МОДЭК, 2010. – 768 с.

12. Babiloni C., Vecchio F., Cappa S. et al. Pre- and poststimulus alpha rhythms are related to conscious visual perception: a high-resolution EEG study // *Cereb. Cortex.* – 2006. – I. 16. – P. 1690.

13. Bar M. A cortical mechanism for triggering top-down facilitation in visual object recognition // *J. Cogn. Neurosci.* – 2003. – V. 15. – P. 600.

14. Bar M., Kassam K.S., Ghuman A.S., Boshyan J. et al. Top-down facilitation of visual recognition // *Proc Natl Acad Sci U S A.* – 2006. – V. 103, N 2. – P. 449.

15. Bollinger, J., Rubens, M.T., Zanto, T.P. & Gazzaley, A. Expectation-driven changes in cortical functional connectivity influence working-memory and long-term memory performance // *J. Neurosci.* – 2010. – V. 30. – P. 14399.

16. Bressler S. L., Tognoli E. Operational principles of neurocognitive networks. // *Int J. Psychophysiol.* – 2006. – V. 60, N 2. – P. 139-148.

17. Cadotte A.J., DeMarse T.B., He P., Ding M. Causal measures of structure and plasticity in simulated and living neural networks // *PLoS ONE.* – 2008. – V. 3, N 10. – P. e3355.

18. Cui J., Xu L., Bressler S.L., Ding M., Liang H. BSMART: A Matlab/C toolbox for analysis of multichannel neural time series // *Neural Networks.* – 2008. – 21: 1094.

19. Darvas F., Miller K.J., Rao R.P.N., Ojemann J.G. Nonlinear Phase-Phase Cross-Frequency Coupling Mediates Communication between Distant Sites in Human Neocortex // *J. Neurosci.* – 2009. – V. 29, N 2. – P. 426.

20. Doniger G. M., Foxe J. J., Schroeder Ch. E., Murray M. M., Higgins B. A., and Javitt D. C. Visual Perceptual Learning in Human Object Recognition Areas: A Repetition Priming Study Using High-Density Electrical Mapping // *NeuroImage.* – 2001. – V. 13. – P. 305.

21. Guo S., Seth A.K., Kendrick K.M et al. Partial Granger causality eliminating exogenous inputs and latent variables // *J. Neurosci. Methods.* – 2008. – 172(1): 79.

22. Hanslmayr S, Aslan A, Staudigl T, Klimesch W, Herrmann CS, et al. Prestimulus oscillations predict visual perception performance between and within subjects. *NeuroImage.* – 2007. – V. 37. – P. 1465.

23. Kaminski M. Determination of transmission patterns in multichannel data // *Phil. Trans. R. Soc. B.* – 2005. – I. 360. – P. 947.

24. Kaminski M., Ding M., Truccolo W.A., Bressler S.L. Evaluating causal relations in neural systems: Granger causality, direct transfer function and statistical assessment of significance // *Biol. Cybern.* – 2001. – V. 85. – P. 145.

25. Kveraga K., Boshyan J., Bar M. Magnocellular Projections as the Trigger of Top-Down Facilitation in Recognition // *The Journal of Neuroscience.* – 2007. – V. 27, N. 48. – P. 13232.

26. Liang H., Bressler S. L., Ding M. et al. Temporal dynamics of attention-modulated neuronal synchronization in macaque V4 // *Neurocomputing.* – 2003. – V. 52-54. – P. 481

27. Nolte G., Bai O., Wheaton L. et al. Identifying true brain interaction from EEG data using the imaginary part of coherency // *Clin. Neurophysiol.* – 2004. – V. 115. – P. 2292.

28. Palva S, Palva JM New vistas for alpha-frequency band oscillations // Trends Neurosci. – 2007. – V. 30. – P. 150.
29. Patten TM, Rennie CJ, Robinson PA, Gong P. Human cortical traveling waves: dynamical properties and correlations with responses // PLoS One. – 2012. – V. 7, N 6. P. e38392.
30. Pereda E, Quiroga RQ, Bhattacharya J. Nonlinear multivariate analysis of neurophysiological signals // Prog Neurobiol. – 2005. – V. 77, N 1-2. – P. 1.
31. Posner, M.I. Attention: The mechanisms of consciousness // Procedures of the National Academy of Science. – 1994. – V. 91. – P. 7398.
32. Rohenkohl G., Nobre A.C. Alpha Oscillations Related to Anticipatory Attention Follow Temporal Expectations // J Neurosci. – 2011. – V. 31, N 40. – P. 14076.
33. Romei V., Gross J., Thut G. On the Role of Prestimulus Alpha Rhythms over Occipito-Parietal Areas in Visual Input Regulation: Correlation or Causation? // The Journal of Neuroscience. – 2010. – V. 30, N 25. – P. 8692.
34. Schreiber T. Measuring information transfer // Phys Rev Lett. – 2000. – V. 85, N 2. – P. 461.
35. Sehatpour P., Molholm S., Schwartz T., Mahoney J., Mehta A., Javitt D., Stanton P., Foxe J. A human intracranial study of long-range oscillatory coherence across a frontal-occipital-hippocampal brain network during visual object processing // Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. – 2008. – V. 105, N. 11. – P. 4399.
36. Sehatpour P., Molholm S., Javitt D.C., Foxe J.J. Spatiotemporal dynamics of human object recognition processing: An integrated high-density electrical mapping and functional imaging study of "closure" processes // NeuroImage. – 2006. – V. 29. – P. 605.
37. Senkowski D., Schneider T.R., Foxe J.J., Engel A.K. Crossmodal binding through neural coherence: implications for multisensory processing // Trends in Neurosciences. – 2008. – V. 31, N. 8. – P. 401.
38. Snodgrass J.G., Corwin J. Perceptual identification thresholds for 150 fragmented pictures from the Snodgrass and Vanderwart picture set. // Percept. Motor Skills. – 1988. – V. 67. – P. 3.
39. Snyder A.C, Foxe J.J. Anticipatory attentional suppression of visual features indexed by oscillatory alpha-band power increases: a high-density electrical mapping study // J Neurosci. – 2010. – V. 30. – P. 4024.
40. Tabareau N, Slotine J-J, Pham Q-C. How Synchronization Protects from Noise // PLoS Comput Biol. – 2010. – V. 6, N1. – P. e1000637.
41. Thakor N.V., Tong S. Advances in quantitative electroencephalogram analysis methods // Annu Rev Biomed Eng. – 2004. – V. 6. – P. 453.
42. van Dijk H, Schoffelen JM, Oostenveld R, Jensen O . Prestimulus oscillatory activity in the alpha band predicts visual discrimination ability // J Neurosci. – 2008. – V. 28. – P. 1816.
43. Varela F., Lachaux J-P., Rodriguez E., Martinerie J. The brainweb: Phase synchronization and large-scale integration // Nat. Rev. Neurosci. – 2001. – V. 2. – P. 229.
44. Viggiano M.R., Kutas M. Overt and covert identification of fragmented objects inferred from performance and electrophysiological measures // J. Experim. Psychology: General. – 2000. – V. 129, N 1. – P. 107

45. von Stein A., Chiang C., Konig P. Top-down processing mediated by interareal synchronization // Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. – 2000. – V. 97. – P. 14748.
46. Wolters C., de Munck J.C. Volume Conduction // Scholarpedia. – 2007. – V. 2, N 3. – P. 1738.
47. Yamagishi N, Callan D.E, Anderson S.J, Kawato M. Attentional changes in pre-stimulus oscillatory activity within early visual cortex are predictive of human visual performance // Brain Res. – 2008. – V. 1197, N 4. – P. 115.
48. Zhuang J., Peltier S., He S., LaGonte S., Hu X. Mapping the connectivity with structural equation modeling in an fMRI study of shape-from-motion task // Neuroimage. – 2008. – V. 42. – P. 799.

ПОКАЗАТЕЛИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕТАБОЛИЗМА ГОЛОВНОГО МОЗГА (УРОВЕНЬ ПОСТОЯННОГО ПОТЕНЦИАЛА) СТУДЕНТОВ РАЗЛИЧНЫХ ПРОФИЛЕЙ ОБУЧЕНИЯ

В.М. Кирсанов¹, Д.З. Шибкова
ФБГОУ ВПО «ЧГПУ», Челябинск, Россия

В статье анализируется один из подходов к оценке степени адаптации индивида к окружающим условиям – показатели энергетического метаболизма, в частности, уровень постоянного потенциала головного мозга. В исследовании приняли участие студенты младших и старших курсов дневного и заочного отделений. База исследования включала студентов, обучающихся в вузах городов Челябинска, Екатеринбурга, Костаная (Республика Казахстан).

Ключевые слова: *профиль обучения, психолого-психофизиологическая диагностика, сверхмедленные физиологические процессы, творческие специальности, уровень постоянного потенциала, энергетический метаболизм.*

In article considers of one of the approaches to assessing the degree of the individual's adaptation to the environment – indicators of energy metabolism, in particular, the level of permanent capacity of the brain. Students of younger and older years of day and correspondence offices took part in research. The base of research included the students who are training in higher education institutions of the cities of Chelyabinsk, Yekaterinburg, Kostanaya (Republic of Kazakhstan).

Key words: *the profile of learning, psychological and psychophysiological diagnostics, super slow physiological processes, creative professions, the level of permanent capacity, energy metabolism.*

Изучение энергетического метаболизма не является новой областью научного поиска. Исследование взаимосвязи между деятельностью мозга и его энергетическим обменом в настоящее время получило новые перспективы благодаря возможности регистрировать показатели церебрального энергетического обмена и функциональной активности непосредственно в процессе жизнедеятельности человека. Особое внимание уделяется изучению сверхмедленных биологических потенциалов, которые в свою очередь рассматриваются рядом авторов как показатели энергетического метаболизма нервной системы в целом и головного мозга в частности (В.А. Илюхина, И.Б. Заболотских 1995; В.Ф. Фокин, Н.В. Пономарева, 2003).

Церебральный энергетический обмен тесно связан с функциональным состоянием организма. В то же время в зависимости от функционального состояния меняются многие психофизиологические характеристики личности, поскольку каждое функциональное состояние представляет собой единство физиологических, биохимических, гормональных и других составляющих, которые, в свою очередь, оказывают влияние на психические процессы [5].

Контакты: ¹ Кирсанов В.М. – E-mail: <slava2877@mail.ru>

Электрическая активность коры больших полушарий проявляется во множестве различных форм – от быстрых импульсных разрядов до сверхмедленных полушарных волн. Термин «сверхмедленные физиологические процессы» (СМФП) – собирательное понятие, используемое для описания физиологически обусловленной динамики биопотенциалов головного мозга в диапазоне от 0 до 0,5 Гц. Термин «омега-потенциал» (постоянный потенциал) используется для описания устойчивых (в течение минут, десятков минут) биопотенциалов. Под «уровнем постоянного потенциала» (УПП) понимают устойчивую разность потенциалов милливольтового диапазона, регистрируемую между мозгом и референтными областями с помощью усилителей постоянного тока [5]. Ряд авторов рассматривают понятия «омега-потенциал» и «устойчивый потенциал» как синонимичные.

Целью данного исследования являлось изучение показателей энергетического метаболизма, в частности уровня постоянного потенциала (УПП) студентов, обучающихся по специальностям творческого профиля и студентов, обучающихся по другим (не относящимся к творческим) специальностям. Согласно устоявшемуся мнению о том, что оптимальным в изучении индивидуальных различий людей является сочетание различных методов и подходов (Э.А. Голубева, 1994), в рамках комплексной диагностики личностных свойств, указанных групп испытуемых, нами было проведено исследование УПП студентов различных профилей обучения.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводилось на базе научно-исследовательской лаборатории «Адаптация биологических систем к естественным и экстремальным факторам среды» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Челябинский государственный педагогический университет». В качестве испытуемых нами были выбраны студенты вузов, получающие творческие специальности и студенты (группа сравнения), обучающиеся не по творческим специальностям (профилям обучения). Тем самым был принят за основу формальный признак творческих личностей – специальность (профиль) обучения и, соответственно, будущая профессия. В группу испытуемых творческой направленности были включены студенты, обучающиеся по профилям «Режиссура кино и телевидения», «Режиссура театрализованных представлений и праздников», «Народное художественное творчество», «Декоративно-прикладное искусство и народные промыслы», «Реклама», «Народная художественная культура», «Педагогическое образование, музыкальное образование», «Педагогическое образование, музыкально-компьютерные технологии», «Педагогическое образование, художественное образование (Дизайн и компьютерная графика)», «Педагогическое образование, руководство хореографическим коллективом», «Искусство костюма и текстиля (Художественное проектирование ювелирных изделий)». В группу испытуемых иной (не творческой) направленности вошли студенты, обучающиеся по профилям «Олигофренопедагогика с дополнительной специальностью логопедия», «Логопедия», «Логопедия с дополнительной специальностью сурдопедагогика», «Специальная психология с дополнительной специальностью специальная дошкольная педагогика и психология»,

«Психология и педагогика дошкольного образования», «Дошкольное образование», «Технология и экономика»

В исследовании приняли участие студенты младших (I, II; 17-19 лет) и старших (IV, V; 20-22 лет) курсов как дневного, так и заочного отделений. База исследования включала студентов, обучающихся в вузах городов Челябинска, Екатеринбурга, Кустаная, в частности:

– Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Челябинская государственная академия культуры и искусств» (ФГБОУ ВОП «ЧГАКИ», г. Челябинск);

– Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Челябинский государственный педагогический университет» (ФГБОУ ВОП «ЧГПУ», г. Челябинск, представительство ФГБОУ ВОП «ЧГПУ» в Республике Казахстан, г. Костанай);

– Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный педагогический университет» (ФГБОУ ВОП «УрГПУ», г. Екатеринбург);

– Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный горный университет» (ФГБОУ ВОП «УГГУ», г. Екатеринбург).

Общая выборка испытуемых составила 430 человек.

В возрастном аспекте все испытуемые могут быть отнесены к юношескому возрасту. Период юности, согласно устоявшимся в психологии развития представлениям, длится с 16 до 20-23 лет и представляет собой переход к зрелости. С биологической точки зрения юноша уже взрослый, но социальной зрелости еще не достиг. Юности свойственно чувство психологической независимости, хотя человек еще не взял на себя никаких социальных обязательств. Юность выступает как период принятия ответственных решений, определяющих всю дальнейшую жизнь человека: выбор профессии и своего места в жизни, поиски смысла жизни, формирование своего мировоззрения и самосознания, избрание спутника жизни [1].

С целью изучения показателей энергетического метаболизма нервной системы (головного мозга) испытуемых проводилась регистрация уровня постоянного потенциала (УПП) в лобном (Fz), височных (T4, T3), затылочном (Oz) и теменном отведении (Cz). Референтный электрод размещался на запястье руки. Измерение УПП осуществлялось в монополярных отведениях в соответствии с международной схемой 10-20 с помощью анализатора медленной электрической активности АМЕА (комплекс аппаратный для индикации, регистрации и анализа медленной электрической активности мозга) разработанный ООО НПО «Нейроэнергетика» (г. Москва).

Полученные данные проверялись с помощью методов математической статистики, в частности с помощью критерия ϕ^* (угловое преобразование Фишера) [4].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Данные регистрации уровня постоянного потенциала представлены на рисунке 1 (в группе студентов, обучающихся по специальностям, относящимся к твор-

ческим) и рисунке 2 (в группе студентов, обучающихся по специальностям, не относящимся к творческим).

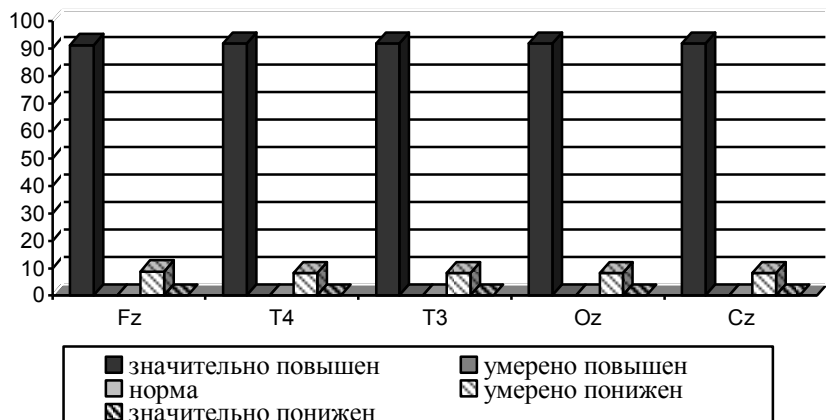


Рис. 1. Распределение УПП в группе студентов, обучающихся по специальностям (профилям обучения), относящимся к творческим (n=193)*.

*столбцы диаграммы обозначают процент лиц с преобладанием данного значения УПП в соответствующем отведении.



Рис. 2. Распределение УПП в группе студентов, обучающихся по специальностям (профилям обучения), не относящимся к творческим (n=237)*.

*столбцы диаграммы обозначают процент лиц с преобладанием данного значения УПП в соответствующем отведении.

К настоящему времени накоплен большой экспериментальный материал о роли сверхмедленных физиологических процессов (СМФП) в изучении механизмов регуляции деятельности организма. Установлено, что выраженность СМФП отражает состояние стресс-лимитирующих систем и механизмов компенсации метаболических сдвигов, в том числе кислотно-основного, газового и электролитного гомеостаза на органном и организменном уровнях. Методика изучения омега-потенциала (уровня постоянного потенциала) предполагает оценку многих показателей (знак, величина, направленность, интенсивность и др.), в том числе устойчивость изменений потенциала после функциональной нагрузки [3].

По своей сути метод омегаматрии представляет собой оценку энергетического состояния мозга через индикацию, диагностику и анализ уровня постоянного потенциала (омега-потенциала) головного мозга. Уровень постоянного потенциала (УПП) – это разновидность медленных электрических процессов головного мозга, используемые в исследованиях В.Ф. Фокина, Н.В. Пономаревой для оценки церебрального энергетического метаболизма [5].

На рисунках наглядно видно преобладание в обеих группах испытуемых показателей значительно повышенного УПП (более 20 мВ) во всех отведениях. В наше исследование не выявлено достоверных различий между испытуемыми женского и мужского пола, поэтому при описании полученных данных вся выборка рассматривается в целом. В группе испытуемых, обучающихся по специальностям творческой направленности, значения в диапазоне значительно повышенного УПП отмечаются у большего числа испытуемых, например в лобном отведении, чем в группе испытуемых, обучающихся по специальностям не творческой направленности (91,19 % и 67,93 % соответственно). Лобное отведение, по мнению автором методики измерения УПП, является наиболее информативным. Поэтому в данной статье большее внимание уделяется данным регистрации УПП именно в этом отведении. Согласно методологии В.Ф. Фокина показатели энергетического метаболизма в диапазоне значительно повышенного УПП свидетельствуют о стрессовом состоянии головного мозга, что может быть связано с интенсивной деятельностью интеллектуального (в том числе творческого) характера.

В группе испытуемых, обучающихся по специальностям не творческой направленности, отмечается большая доля лиц, чем в группе студентов творческих специальностей обучения, с умеренно сниженными значениями УПП (от 0 до -5 мВ). В частности, в лобном отведении доля лиц с таким показателем УПП в группе студентов творческих профилей обучения составила 8,81 %, а в группе студентов других профилей обучения – 29,54 %. Данные значения УПП свидетельствуют о средней степени истощения энергетического метаболизма головного мозга, что может быть следствием утомления, вызванного интенсивной деятельностью.

Среди испытуемых – студентов, обучающихся по профилям обучения не отнесенным к разряду творческих, – наблюдаются значения умеренно повышенного УПП (от 10 до 20 мВ) и значения УПП в пределах нормы (от 0 до 10 мВ) у незначительного числа испытуемых (в затылочном отведении 5,91 % и 3,38 % соответственно), в то же время у испытуемых, обучающихся по специальностям творческой направленности, такие значения не были зарегистрированы. Измеренные в затылочном отведении показатели УПП, на наш взгляд, могут быть объяснены

преимущественной нагрузкой на зрительный анализатор в процессе обучения студентов не творческих специальностей.

Согласно методологии В.Ф. Фокина разработчики метода диагностики уровня постоянного потенциала (комплекс аппаратный для индикации, регистрации и анализа медленной электрической активности мозга, ООО НПО «Нейроэнергетика», г. Москва) показатели УПП соответствующие значению «норма» определяют в диапазоне от 0 до 10 мВ., что отражено соответствующим образом на цветовой шкале прибора. Тот факт, что значения УПП в этом диапазоне были отмечены у незначительного числа испытуемых (3,38 %) мы склонны интерпретировать следующим образом. Измерение УПП проводилось в предсессионный период, характеризующийся интенсивной интеллектуальной деятельностью испытуемых (подготовка и выполнение контрольных и курсовых работ, подготовка и сдача зачетов и т. д.). У испытуемых, обучающихся по творческим специальностям к этим видам добавлялись творческие виды деятельности соответствующие профилю их обучения (у студентов режиссерского отделения – постановка театрализованных представлений, у студентов хореографического отделения – постановка и исполнение хореографических композиций и т. д.). Соответственно можно считать, что измерение УПП проводилось в ситуации функциональных нагрузок, что и отразилось на распределении значений УПП.

Проверка достоверности различий полученных показателей производилась с помощью критерия F^* (угловое преобразование Фишера). Различия между долями лиц с различными показателями УПП в группе студентов, обучающихся по специальностям, относящимся к творческим, и в группе студентов, обучающихся по специальностям иного (не относящиеся к творческим) профиля являются достоверными, т. к. находятся в зоне значимости ($F^*_{эмп.} > F^*_{кр.}$; $p \leq 0,01$).

ВЫВОДЫ

1. Учебная деятельность, как и любые другие виды активности, является затратной в плане истощения определенных ресурсов организма, в частности энергетического потенциала. Об этом свидетельствует преобладание завышенных значений УПП во всех отведениях в обеих группах испытуемых. В свою очередь, показатели энергетического метаболизма (значения УПП) могут служить надежными индикаторами-предшественниками состояний переутомления человека. Уровень учебных нагрузок (особенно в системе высшего профессионального образования) достаточно высок и несоблюдение определенных условий сохранения здоровья обучающихся (своевременная диагностика состояний переутомления, соблюдение режима отдыха, бодрствования, профилактика заболеваний и т. д.) может привести в конечном итоге к снижению адаптации к условиям обучения.

2. Специфика учебной деятельности, определяемая профилем обучения, отражается на показателях энергетического метаболизма головного мозга. В проведенном нами исследовании были выявлены отличия в показателях УПП у студентов различных профилей обучения. Так у студентов, обучающихся по профилям творческой направленности, были выявлены значения в диапазоне значительно завышенного УПП, причем у большего числа испытуемых, чем в группе студентов, обучающихся по не творческим профилям обучения. Этот факт позволяет предположить, что творческая деятельность в большей степени активизирует ра-

боту мозга и, следовательно, приводит к повышению расходования энергетического потенциала.

Исследование выполнено при поддержке гранта Ректората ФГБОУ ВПО «ЧГПУ» (№ УГ-13/12/МУ).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Актуальные проблемы возрастной психологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vashpsixolog.ru/> (дата обращения: 16.10.2012).

2. Голубева, Э. А. Опыт сравнения типологии В. Оствальда и И. П. Павлова в свете различных подходов к анализу индивидуальных различий. Художественный тип человека. Комплексные исследования [Текст] / Науч. ред. В. П. Морозов, А. С. Соколов. – М.: Московская гос. Консерватория, 1994. – 234 с.

3. Заболотских, И. Б., Илюхина, В. А. Физиологические основы различий стрессорной устойчивости здорового и больного человека [Текст] / И. Б. Заболотских, В. А. Илюхина. – Краснодар: Изд-во Кубанской медицинской академии. – 1995. – 100 с.

4. Сидоренко, Е. В. Методы математической обработки в психологии [Текст] / Е. В. Сидоренко. – СПб.: Речь, 2002. – 350 с.

5. Фокин, В. Ф. Энергетическая физиология мозга [Текст] / В. Ф. Фокин, Н. В. Пономарева. – М.: Изд-во «Антидор», 2003. – 288 с.

ФИЗИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ТРЕВОЖНЫХ ДЕТЕЙ 9-10 ЛЕТ

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

В работе получены данные о том, что тревожные дети 9-10 лет отличаются от школьников с низким уровнем тревожности, меньшими значениями аэробных показателей физической работоспособности. Установлено, что тревожные дети 9-10 лет, характеризуются повышенным уровнем активации ЦНС, смещением вегетативного баланса в сторону преобладания активности симпатического отдела ВНС и низким адаптационным потенциалом системы кровообращения. Эти данные могут указывать на специфику функционирования у них модулирующей системы мозга.

Ключевые слова: тревожность, мышечная работоспособность, двигательная подготовленность, мобилизационная готовность, вегетативный баланс.

Physical state of 9-10 year old children with a high anxiety level. According to the results of the research, schoolchildren at the age of 9-10 years old with a high anxiety level, in comparison with their peers with a low level of anxiety, demonstrate lower aerobic indices of physical abilities. It was found out that anxious children are characterized by a higher level of CNS activation, by the shift to higher activity of sympathetic NS and by low adaptation potential of blood circulatory system. These data may be the sign of certain peculiarities of functioning of modulatory brain system in children with a high level of anxiety.

Key words: anxiety, muscle efficiency, motor readiness, mobilization readiness, vegetative balance.

В современных условиях обучения наблюдается тенденция возрастания числа тревожных школьников, характеризующихся беспокойством, неуверенностью, эмоциональной неустойчивостью, наличием выраженного предчувствия грозящей опасности [12, 15, 8, 3].

Тревожность как свойство личности отличается возрастной спецификой, отражающейся в ее содержании, источниках, формах проявления компенсации и защиты: для каждого возраста имеются определенные области действительности, вызывающие повышенную тревогу, детерминированную актуальными задачами развития [12, 10]. На всех этапах школьного онтогенеза повышенная тревожность оказывает негативное влияние на формирование личности, интеллектуальное и творческое развитие детей, их адаптацию к образовательной среде и состояние здоровья [7, 9]. Это вызывает необходимость поиска факторов, обуславливающих повышение приспособительных возможностей тревожных школьников и укрепления их здоровья. Одним из таких факторов является высокий уровень физического состояния. Известно, что между здоровьем и адаптационными возможностями организма, с одной стороны, мышечной работоспособностью и двигательной подготовленностью, с другой, существует прямая связь [16, 2, 21]. Вследствие

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

этого уровень физического состояния рассматривается как важнейший количественный показатель здоровья человека. Между тем в исследованиях по проблеме тревожности практически неизученными остаются вопросы, касающиеся специфики мышечной работоспособности и двигательной подготовленности данного контингента детей.

В контексте изложенного анализ особенностей физического состояния тревожных школьников на различных этапах онтогенеза представляет несомненный интерес. Выявление специфики физического состояния детей с высоким уровнем тревожности, может способствовать разработке принципиально новых подходов к проблеме обеспечения психического, физического и социального благополучия школьников средствами физического воспитания.

Цель исследования – изучить особенности физического состояния детей с высоким и низким уровнем личностной тревожности.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании принимали участие дети 9-10 лет, отнесенные по состоянию здоровья к основной медицинской группе не занимающиеся спортом ($n=123$).

Изучение личностных особенностей осуществляли на основе применения метода неоконченных предложений, опросника школьной тревожности Филлипса, шкалы Кондаша, проективного теста тревожности Е. Амен [13, 11, 10]. Психодиагностическое исследование проводилось в группах. Детям раздавались тестовые буклеты, содержащие инструкции, вопросы, опросные листы и стимульный материал. После введения инструкции испытуемым предоставлялась самостоятельность, при необходимости оказывалась помощь.

В работе использовался комплекс методик, предназначенных для изучения физического состояния рассматриваемого контингента детей. В ходе исследования определяли максимальное потребление кислорода (МПК), мощность нагрузки при ЧСС 170 уд/мин (PWC_{170}), частоту пульса на 1, 2, 3, 4, 5 мин ($ПВ_1, ПВ_2, ПВ_3, ПВ_4, ПВ_5$) восстановления, индекс накопления пульсового долга (ИНПД) и предельное время работы (T_1, T_2) при нагрузке «до отказа» мощностью 2 и 4 Вт/кг [6, 14]. На основе уравнения Muller находили величины мощности нагрузок, максимальное время реализации которых составляло 1 (W_1 ; максимальная мощность) 40, (W_{40} ; субмаксимальная мощность), 240 (W_{240} ; большая мощность), 900 с (W_{900} ; умеренная мощность), коэффициенты, отражающие емкость аэробного источника (b) и степень разнокачественности скелетно-мышечной ткани (a) [5, 14]. Для проведения нагрузочного тестирования использовали велоэргометр «РИТМ» ВЭ-05. Дозирование нагрузки осуществлялось посредством изменения силы сопротивления при фиксированной частоте педалирования.

Анализировали результаты выполнения таких моторных тестов как бег 6 мин, прыжок в длину с места, челночный бег 4x9 м, поднимание туловища из положения «лежа на спине», наклон вперед.

Вегетативные показатели регистрировались в условиях спокойного бодрствования и в состоянии мобилизационной готовности к интенсивной деятельности. Степень напряженности регуляторных систем оценивали на основе использования математического анализа сердечного ритма [18]. Реализация метода осуществлялась при помощи автоматизированного комплекса на базе персонального

компьютера. Определяли среднюю продолжительность R-R интервала (RRNN), моду (M_0), амплитуду моды (AM_0), разброс кардиоинтервалов ($MxDMn$), среднеквадратическое отклонение (SDNN), стресс-индекс (SI).

Для оценки физической работоспособности запись R-R интервалов проводили в состоянии покоя, во время работы и в период восстановления. Частота сердечных сокращений (ЧСС) рассчитывалась по 6-секундным отрезкам записи с пересчетом на 1 минуту.

Систолическое (СД) и диастолическое (ДД) давление крови регистрировали с помощью аускультативного метода Н.С. Короткова. Рассчитывали также пульсовое (ПД) и среднее давление (САД), двойное произведение (ДП), индекс Кердо (ИК), индекс Мызникова (ИМ), показатель адаптационного потенциала – индекс функциональных изменений (ИФИ) [1].

Полученные данные обрабатывались на персональном компьютере, с использованием пакета программ Microsoft Excel Windows 98. Определялись средняя арифметическая, ошибка средней арифметической, среднее квадратичное отклонение. Достоверность различий оценивали с помощью параметрических и непараметрических критериев. Применялся также факторный анализ.

В результате факторного анализа комплекса физиологических, психологических и поведенческих показателей, был выделен независимый фактор тревожности, с которым коррелировали оценки, полученные на основе применения, указанных выше методик психодиагностики (факторные коэффициенты превышали 0,75). С учетом результатов факторного анализа определялась интегральная оценка тревожности. На основе использования всех рассматриваемых психологических показателей, испытуемые были дифференцированы на группы с высоким ($n=27$), средним ($n=64$) и низким ($n=32$) уровнем тревожности.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Выявлена специфика ФС детей 9-10 лет, различающихся степени выраженности тревожности. Полученные данные (рис. 1) свидетельствуют о том, что тревожные школьники отличаются относительно низкими значениями показателей, характеризующих физическую работоспособность в зоне аэробного и смешанного аэробно-анаэробного энергообеспечения. Значимые межгрупповые различия ($p<0,05-0,001$) обнаружены в отношении величины МПК, t_2 , W_{900} , $ПВ4_2$ Вт/кг, $ПВ4_4$ Вт/кг, наклон вперед. Следует отметить, что повышенные значения $ПВ4_2$ Вт/кг, $ПВ4_4$ Вт/кг у тревожных школьников отражают более высокую физиологическую стоимость физической нагрузки и замедленное восстановление после нее, по сравнению с низкотревожными испытуемыми.

Можно предположить, что использование систематических занятий физическими упражнениями преимущественно аэробного характера будет способствовать улучшению физического состояния и расширению приспособительных возможностей детей 9-10 лет. Результаты исследования дают основание считать, что нагрузки аэробной направленности могут оказать выраженный положительный эффект в отношении физического состояния лиц, обладающих такой устойчивой индивидуально-психологической чертой как тревожность. Подобная точка зрения согласуется с данными ряда работ, подтверждающими возможность применения физических упражнений преимущественно аэробной направленности для оптими-

зации психофизиологического статуса тревожных лиц [22, 23, 20]. В литературе имеются сведения, указывающие на то, что выполнение дозированных упражнений, обуславливает непосредственное уменьшение интенсивности переживания тревоги и степени выраженности личностной тревожности [27, 25, 24, 30].

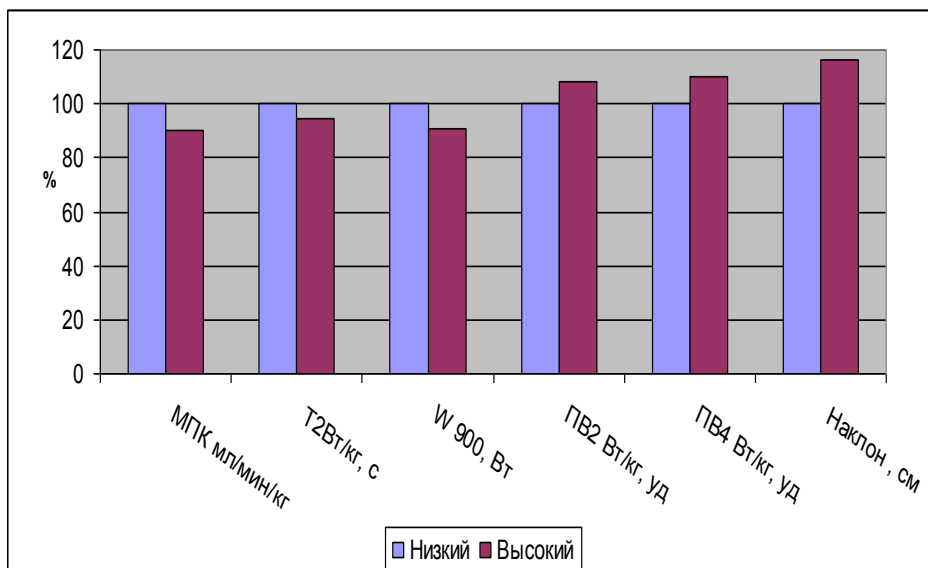


Рис. 1. Значимые различия в уровне работоспособности между детьми 9-10 лет с высокой и низкой тревожностью.
(величины показателя у детей с низкой тревожностью приняты за 100 %)

Анализ вегетативных показателей активации ЦНС с учетом уровня тревожности детей, выявил наличие достоверных ($p < 0,05-0,001$) межгрупповых различий. Наиболее существенные из них обнаружены в состоянии мобилизационной готовности (рис. 2).

Следует отметить, что в этом состоянии, независимо от степени выраженности тревожности, у обследованных школьников происходило увеличение ЧСС, АМо, SI, СД, ДД, ПД, САД, ДП, ВИК, ИМ, ИФИ и уменьшение RRNN, Мо, МхDMп, SDNN. Дальнейший анализ изменений рассматриваемых переменных выявил наличие достоверных ($p < 0,05-0,001$) различий между детьми с высокой и низкой тревожностью в отношении целого ряда переменных (см. рис. 2). В частности, установлено, что тревожные испытуемые при мобилизационной готовности, характеризовались более высокими значениями ЧСС, АМо, SI, СД, ДД, ДП, ИФИ и более низкими величинами Мо, МхDMп по сравнению со сверстниками с низким уровнем тревожности.

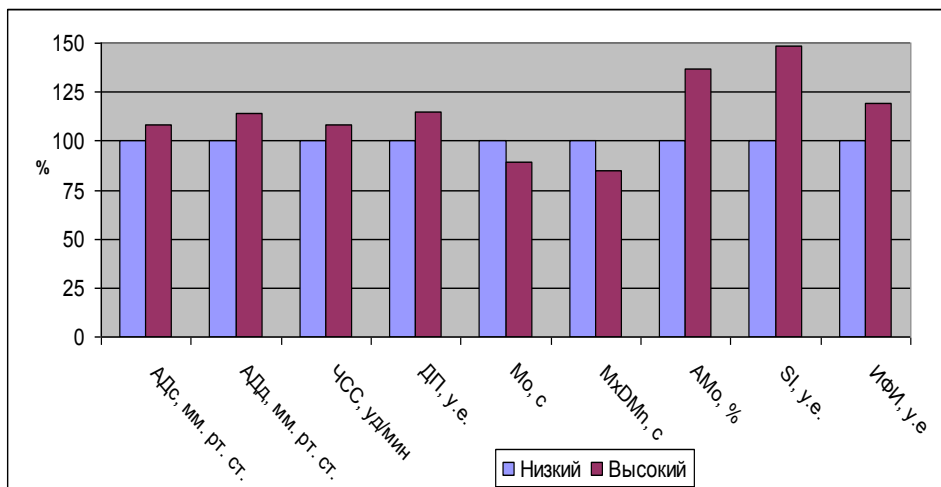


Рис. 2. Значимые различия между детьми 9-10 лет с высокой и низкой тревожностью в условиях мобилизационной готовности. (величины показателя у детей с низкой тревожностью приняты за 100 %)

Полученные данные свидетельствуют о том, что тревожные школьники 9-10 лет, в состоянии спокойного бодрствования и в условиях мобилизационной готовности, отличаются повышенным уровнем неспецифической активации ЦНС, выраженным смещением вегетативного баланса в сторону преобладания активности симпатического отдела ВНС и неудовлетворительной оценкой адаптационного потенциала системы кровообращения.

В литературе широко представлены данные о том, что избыточный тонус симпатического отдела ВНС, оказывает сильное отрицательное влияние на обучение и индивидуальную устойчивость к эмоциональному стрессу [4, 20]. С другой стороны, имеются сведения о том, что адекватная индивидуальным и возрастным особенностям занимающихся регулярная физическая активность уменьшают симпатическое возбуждение, снижая активацию нейронов в тех областях мозга, которые ответственны за регуляцию функций систем вегетативного обеспечения деятельности [26]. По данным ряда авторов, рациональное использование физических упражнений способствует и повышению тонуса парасимпатического отдела ВНС, расширяет резервные возможности организма, повышает сопротивляемость человека стрессорным воздействиям [4, 17, 20, 29]. В частности, согласно “polyvagal theory” Поджерса, высокий вагусный тон связывается у детей различного возраста со стрессоустойчивостью, социальной компетентностью, сочувствием и эффективным регулированием эмоций [19, 27].

В заключение необходимо подчеркнуть, что систематические занятия физическими упражнениями преимущественно аэробной направленности, по-видимому, могут служить не только важным средством повышения мышечной работоспособности и двигательной подготовленности, но и оптимизации психофизиологического статуса тревожных детей 9-10 лет, в том числе, за счет усиления активности парасимпатического отдела ВНС.

ВЫВОДЫ

1. Тревожные дети 9-10 лет отличаются от школьников с низким уровнем тревожности, меньшими значениями аэробных показателей физической работоспособности и низким адаптационным потенциалом системы кровообращения, что может свидетельствовать о недостаточных приспособительных возможностях организма.

2. В состоянии спокойного бодрствования и, особенно, в условиях мобилизационной готовности, тревожные дети 9-10 лет, характеризуются повышенным уровнем активации ЦНС и смещением вегетативного баланса в сторону преобладания активности симпатического отдела ВНС, что может указывать на специфику функционирования у них модулирующей системы мозга.

Работа поддержана грантом РГНФ (№ 12-06-00037а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агаджанян Н.А., Баевский Р.М., Берсенева А.П. Проблемы адаптации и учение о здоровье. – М.: Изд-во РУДН, 2006. – 284 с.
2. Апанасенко Г.Л. Диагностика индивидуального здоровья // Валеология, 2003. – № 3. – С. 27-31.
3. Астапов В.М. Тревожность у детей. – М.: Пер Сэ, 2008. – 159 с.
4. Данилова Н.Н. Психофизиология. – М.: Аспект Пресс, 1998. – С. 324-356.
5. 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.
6. Карпман В.Л., Белоцерковский З.Б., Гудков И.А. Тестирование в спортивной медицине. – М.: Физкультура и спорт, 1988. – 208 с.
7. Костина Л.М. Адаптация первоклассников к школе путем снижения уровня их тревожности // Вопросы психологии. – 2004. – № 1. – С. 137-143.
8. Костина Л.М. Методики диагностики тревожности. – СПб.: Речь, 2006. – 198 с.
9. Костяк Т.В. Тревожный ребенок: младший школьный возраст. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 96 с.
10. Микляева А.В., Румянцева П.В. Школьная тревожность: диагностика, профилактика, коррекция. – СПб.: Речь, 2007. – 248 с.
11. Практикум по возрастной психологии / под ред. Л.А. Головей, Е.Ф. Рыбалко. – СПб.: Речь, 2001. – 638 с.
12. Прихожан А.М. Тревожность у детей и подростков: психологическая природа и возрастная динамика. – М.: Московский психолого-социальный институт; Воронеж: Изд-во НПО «МОДЭК», 2000. – 304с.
13. Рогов В.И. Настольная книга практического психолога в образовании. – М.: Владос, 1995. – 529 с.
14. Сонькин, В.Д., Корниенко, И.А., Богатов, А.А. Способ эргометрической оценки физической работоспособности и описания индивидуальной структуры энергообеспечения мышечной деятельности: Патент РФ на изобретение

№ 2251967, с приоритетом от 02 июля 2002 г., (заявка № 2002117373, зарегистрировано в Гос. реестре изобретений РФ 20 мая 2005 г.).

15. Сорокина В.В. Негативные переживания детей в начальной школе // Вопросы психологии. – 2004. – № 2. – С. 43-53.

16. Сухарев А.Г. Здоровье и физическое воспитание детей и подростков. – М.: Медицина, 1991.

17. Ульянинский Л.С. Эмоциональный стресс и экстракардиальная регуляция // Физиологический журнал. – 1994. – Т. 80, № 2. – С. 23-27.

18. Шлык Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов. – Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2009. – 259 с.

19. Beauchaine T., Gatzke-Kopp L., Mead H. Polyvagal theory and developmental psychopathology: Emotion dysregulation and conduct problems from preschool to adolescence // Biol Psychol. – 2007. – V. 74. №2. –P. 174-184.

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

21. Global Recommendations on Physical activity for Health. – Geneva, World Health Organization, 2010. – 60 p.

22. Grews D.J., Lochbaum M.R., Landers D.M. Aerobic physical activity effects on psychological well-being in low-income Hispanic children // Percept Mot Skills. – 2004. – Vol. 98, № 1. – P. 319-324.

23. Hale B.S., Koch K.R., Raglin J.S. State anxiety responses to 60 minutes of cross training // Br. J. Sports Med. – 2002. – Vol. 36. – P. 105-107.

24. Landers D.M. Exercise and Mental Health // Exercise Science. – 1998. – V. 7. № 2. – P. 131-146.

25. Landers D.M., Petruzzello S.J. Physical activity, fitness, and anxiety. In C. Bouchard, R.J. Shephard, & T. Stevens, (Eds.) / Physical activity, fitness, and health. Champaign, IL: Human Kinetics, 1994.

26. Mueller P.J. Exercise Training And Sympathetic Nervous System Activity: Evidence For Physical Activity Dependent Neural Plasticity // Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology. 2007. Vol. 34, p. 377–384.

27. Petruzzello S.J., Landers D.M., Hatfield B.D. et al. A meta-analysis on the anxiety-reducing effects of acute and chronic exercise // Sports Medicine. – 1991. – V. 11, № 3. – P. 143-182.

28. Porges S.W. The polyvagal theory: phylogenetic contributions to social behavior // Physiology and Behavior. – 2003. – V. 79, №. 3. – P. 503–513.

29. 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.

30. 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. 31, № 1. – P. 128-129.

ВОЗРАСТНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

ВОЗРАСТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ НЕРЕЦИПРОКНОГО ТОРМОЖЕНИЯ СПИНАЛЬНЫХ α -МОТОНЕЙРОНОВ В ПОКОЕ У МАЛЬЧИКОВ 9-15 ЛЕТ

А.А. Челноков¹

ФГБОУ высшего профессионального образования «Великолукская государственная академия физической культуры и спорта», Великие Луки

Проведено исследование оценки нереципрокного торможения спинальных α -мотонейронов *m. vastus lateralis* и *m. soleus* у мальчиков 9-12 и 14-15 лет. У мальчиков в возрасте 9-12 лет выраженность нереципрокного торможения гетеронимных α -мотонейронов мышцы-разгибателя голени меньше, чем у мальчиков 14-15 лет и взрослых, тогда как нереципрокное торможение их гомонимных α -мотонейронов мышцы-сгибателя стопы выражено существенно больше в сравнении с мальчиками 14-15 лет и взрослыми. В возрасте 14-15 лет нереципрокное торможение α -мотонейронов мышцы-разгибателя голени и мышцы-сгибателя стопы в состоянии физиологического покоя достигает уровня взрослого человека.

Ключевые слова: мальчики 9-12 и 14-15 лет, нереципрокное торможение, Н-рефлекс, мышцы.

Age changes of non-reciprocal inhibition of spinal α -motoneurons at rest in 9-15 year old boys. Age peculiarities of non-reciprocal inhibition of spinal α -motoneurons *m. vastus lateralis* and *m. soleus* in 9-12 and 14-15 year-old boys were studied. 9-12 year old boys demonstrate lower level of heteronymous non-reciprocal inhibition of α -motoneurons of lower leg extensor muscle than 14-15 year old boys and adults. Whereas the non-reciprocal inhibition of their homonymous α -motoneurons of foot flexor muscle is expressed more in comparison with 14-15 year old boys and adults. At the age of 14-15 years old the level of non-reciprocal inhibition of α -motoneurons of lower leg extensor muscle and foot flexor muscle at physiological rest reaches the level of an adult.

Key words: 9-12 and 14-15 year old boys, non-reciprocal inhibition, H-reflex, muscles.

Функциональное состояние спинного мозга зависит от возраста и тесно связано с модулирующими влияниями тормозных нейрональных систем. Значительное количество работ посвящено изучению возрастных особенностей спинального торможения у взрослых и пожилых людей. Накоплен большой экспериментальный материал о роли нереципрокного (Ib) торможения (НТ) в регуляции произвольных движений у здоровых испытуемых [26], в осуществлении ходьбы [27, 18] при развитии утомления [4]. Имеются сведения особенностей выраженности НТ у больных детским церебральным параличом [3], спастичностью и цервикальной

Контакты: ¹ Челноков А.А.: E-mail: and-chelnokov@yandex.ru

миелопатией [17, 24]. В то же время в литературе отсутствуют данные о возрастных проявлениях НТ спинальных α -мотонейронов скелетных мышц у мальчиков 9-15 лет.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводилось на базе научно-исследовательского института проблем спорта и оздоровительной физической культуры в лаборатории «Физиология нервной и мышечной систем». В исследовании приняли участие три возрастные группы: мальчики 9-12 лет ($n=31$), мальчики 14-15 лет ($n=31$) и мужчины 22-27 лет ($n=31$).

С учетом цели нашего исследования применяли следующие методы исследования: определение НТ гетеронимных α -мотонейронов *m. vastus lateralis* в условиях коротколатентной кондиционирующей стимуляции *n. tibialis* [22]; регистрацию НТ гомонимных α -мотонейронов *m. soleus* в условиях коротколатентного кондиционирования *n. common peroneal* [26].

НТ гетеронимных α -мотонейронов *m. vastus lateralis* определяется нанесением кондиционирующего стимула на *n. tibialis* и тестирующего раздражения на *n. femoralis* при коротких временных интервалах от 1 мс до 13 мс с шагом 1 мс [22] (рис. 1). В этом случае кондиционирующая стимуляция *n. tibialis* позволяет активировать афференты соответствующих тормозных интернейронов Ib к α -мотонейронам *m. soleus* и *m. vastus lateralis*, тем самым вызывая подавление амплитуды тестирующего Н-рефлекса *m. vastus lateralis*. Тестирование проводили при оптимальных задержках между кондиционирующим и тестирующим стимулами у мальчиков 9-12 лет – 5 мс, у мальчиков 14-15 лет и мужчин 22-27 лет – 10 мс [8].

Тестирующий и контрольный Н-рефлекс *m. vastus lateralis* вызывался путем стимуляции *n. femoralis* через униполярный электрод, при этом активный электрод располагался в *trigonum femorale*, референтный на *m. gluteus maximus*. При регистрации тестирующего и контрольного Н-рефлекса *m. vastus lateralis* использовалась интенсивность стимула с амплитудой ~10 % от максимального значения. Амплитуду тестирующего Н-ответа *m. vastus lateralis* в условиях кондиционирующей стимуляции выражали в процентах от значений амплитуды контрольного ответа. Постулировалось, что чем больше подавление амплитуды тестирующего Н-рефлекса *m. vastus lateralis* по отношению к амплитуде контрольного Н-рефлекса, тем более выражено НТ гетеронимных α -мотонейронов.

Кондиционирующая стимуляция *n. tibialis* осуществлялась при помощи униполярного электрода, где активный электрод располагался в *fossa poplitea*, а референтный на *patella*. Интенсивность кондиционирующего стимула *n. tibialis* подбиралась таким образом, чтобы она вызывала М-ответа *m. soleus* с амплитудой ~95 % от максимального.

НТ гомонимных α -мотонейронов *m. soleus* определяется нанесением кондиционирующего стимула на *n. common peroneal* и тестирующего раздражения на *n. tibialis* при коротких временных интервалах от 1 мс до 9 мс с шагом 1 мс (рис. 2). В этом случае кондиционирующая стимуляция *n. common peroneal* вызывает «чистый» эффект Ib торможения α -мотонейронов *m. gastrocnemius medialis* и *m. soleus* [26].

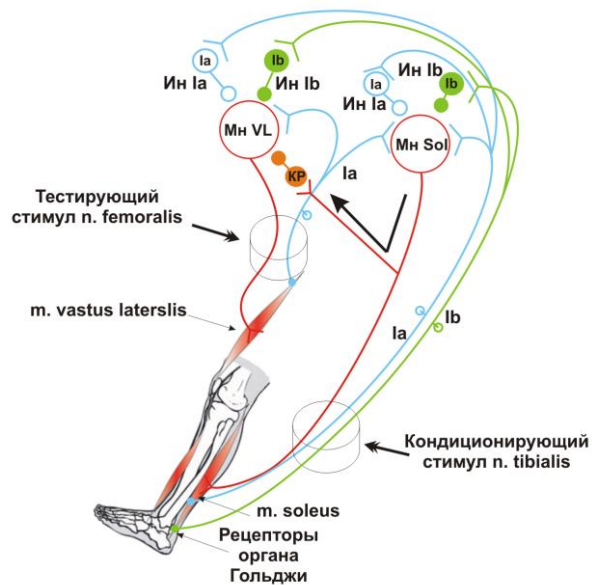


Рис. 1 Схематическое описание оценки нереципрокного торможения α -мотонейронов *m. vastus lateralis*:

— Ia потоки, идущие от nn. tibialis и femoralis;
 — Ib потоки, идущие от n. tibialis; **↘** активация клеток Реншоу кондиционирующей стимуляцией; **Мн VL** – мотонейроны *m. vastus lateralis*; **Мн Sol** – мотонейроны; **Ин Ia** – возбуждающие интернейроны Ia (синим цветом); **Ин Ib** – тормозные интернейроны Ib (зеленым цветом); **КР** – тормозные клетки Реншоу (красным цветом).

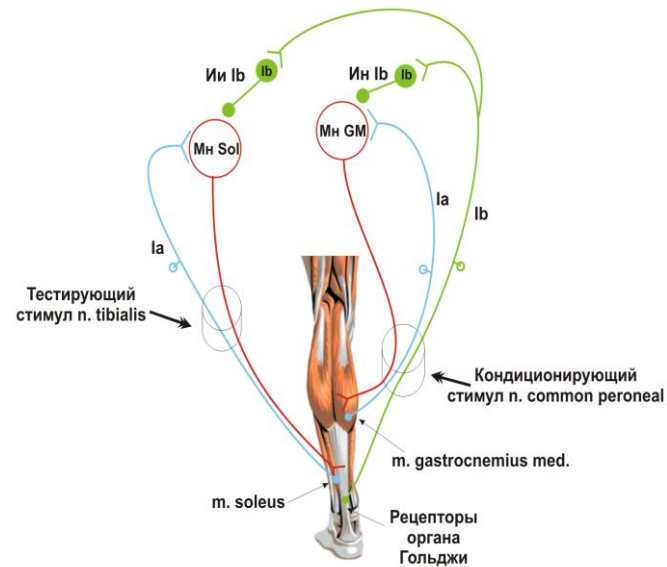


Рис. 2 Схематическое описание методики оценки нереципрокного торможения α -мотонейронов *m. soleus*:

— Ia потоки, идущие от nn. tibialis и common peroneal; — Ib потоки, идущие от n. common peroneal; **Мн Sol** – мотонейроны *m. gastrocnemius medialis*; **Мн GM** – мотонейроны *m. soleus*; **Ин Ia** – возбуждающие интернейроны Ia (синим цветом); **Ин Ib** – тормозные интернейроны Ib (зеленым цветом).

Оценка нерцепного торможения производится по степени подавления амплитуды тестирующего Н-рефлекса *m. soleus* в условиях кондиционирующей стимуляции *p. common peroneal*. Тестирование проводили при оптимальных задержках между кондиционирующим и тестирующим стимулами у мальчиков 9-12 лет и 14-15 лет – 2 мс, у мужчин 22-27 лет – 6 мс [7].

При регистрации тестирующего и контрольного Н-рефлекса *m. soleus* использовалась интенсивность стимула с амплитудой ~15 % от максимального значения. Амплитуду тестирующего Н-ответа *m. soleus* в условиях кондиционирующей стимуляции выражали в процентах от значений амплитуды контрольного ответа. Принимается, что чем больше подавление амплитуды тестирующего Н-рефлекса *m. soleus* по отношению к амплитуде контрольного Н-рефлекса, тем более выражено НТ гомонимных α -мотонейронов.

Кондиционирующая стимуляция *p. common peroneal* осуществлялась через биполярные электроды, расположенные в более низкой части *fossa poplitea*, на 6-8 см латеральнее или дистальнее электродов для раздражения *p. tibialis*. Интенсивность кондиционирующего стимула *p. common peroneal* подбиралась такой, чтобы вызвать ~95 % величины максимального М-ответа *m. gastrocnemius medialis*.

Стимуляция афферентов, регистрация Н-рефлексов, М-ответов и биопотенциалов скелетных мышц нижней правой конечности осуществлялась с помощью восьмиканального Мини-Электромиографа, предусматривающего обработку параметров Н-рефлекса и М-ответа в специальной компьютерной программе Муо (АНО «Возращение», Санкт-Петербург, 2003).

Статистическую обработку данных проводили в программе Statistica 10. Определяли возрастные различия выраженности НТ с помощью однофакторного дисперсионного анализа множественных сравнений Newman-Keuls. Результаты статистического анализа считались достоверными, если вероятность ошибки была менее 0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований показали, что у мальчиков в возрасте 9-12 лет НТ α -мотонейронов *m. vastus lateralis* характеризуется наименьшей выраженностью по сравнению с другими возрастными группами (рис. 3А). У детей 9-12 лет подавление тестирующего Н-рефлекса *m. vastus lateralis* было меньше на 18,30 % ($P=0,002$, Newman-Keuls) по сравнению с мальчиками 14-15 лет и на 14,88 % ($P=0,040$, Newman-Keuls) – в сравнении с мужчинами 22-27 лет. Наибольшая выраженность НТ α -мотонейронов *m. vastus lateralis* отмечалась у мальчиков 14-15 лет и мужчин 22-27 лет. У мальчиков в возрасте 14-15 лет подавление тестирующего Н-рефлекса было больше всего лишь на 3,41 % по сравнению с мужчинами 22-27 лет ($P=0,440$, Newman-Keuls).

Сравнительный анализ среднегрупповых величин амплитуды тестирующего Н-рефлекса *m. soleus* от контрольных значений при оптимальных задержках у возрастных групп показал, что в группе детей 9-12 лет анализируемый показатель был достоверно меньше по сравнению с мальчиками 14-15 лет ($P=0,000$, Newman-Keuls) и мужчинами 22-27 лет ($P=0,000$, Newman-Keuls) (рис. 3Б). Этот факт указывает на наибольшую выраженность НТ α -мотонейронов *m. soleus* у мальчиков в возрасте 9-12 лет. У мальчиков 14-15 лет отмечалось понижение амплитуды те-

стирующего Н-ответа всего лишь на 3,63 % в сравнении с мужчинами 22-27 лет ($P=0,735$, *Newman-Keuls*). Таким образом, у мальчиков в возрасте 14-15 лет менее выражено НТ α -мотонейронов *m. soleus* соответствовало уровню выраженности мужчин 22-27 лет.

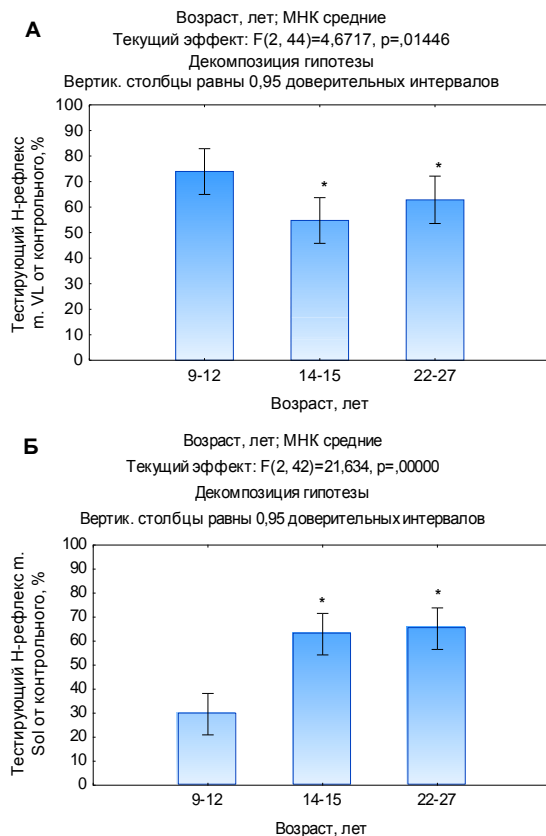


Рис. 3 Амплитуда тестирующего Н-рефлекса *m. vastus lateralis* (А) и *m. soleus* (Б) от контрольного рефлекса при оптимальных задержках у возрастных групп, %: $P<0,05^*$ – уровень достоверных отличий между возрастными группами (*One-way Anova* с *post-hoc* анализом *Newman-Keuls*).

Таким образом, результаты исследования возрастных особенностей выраженности нерцепрочного торможения гетеронимных α -мотонейронов скелетных мышц бедра в состоянии относительного мышечного покоя показали, что у мальчиков 9-12 лет НТ α -мотонейронов *m. vastus lateralis* выражено слабо и отличалось от уровня их выраженности у мальчиков 14-15 лет и мужчин 22-27 лет. В возрасте 14-15 лет активность внутриспинальной нерцепрочной тормозной системы гетеронимных α -мотонейронов *m. vastus lateralis* в покое достигает дефинитивного уровня.

Несколько иные результаты получены при исследовании НТ гомонимных α -мотонейронов скелетных мышц голени. В возрасте 9-12 лет отмечается наибольшая выраженность НТ α -мотонейронов *m. soleus*, чем у обследуемых всех других возрастных групп. В подростковом возрасте НТ гомонимных α -мотонейронов *m. soleus* достигает уровня взрослого человека.

Особого внимания при обсуждении собственных результатов исследования заслуживает тот факт, что у мальчиков в возрасте 9-12 лет выраженность НТ гетеронимных α -мотонейронов мышцы-разгибателя голени меньше, чем у взрослых, тогда как НТ их гомонимных α -мотонейронов мышцы-сгибателя стопы выражено существенно больше в сравнении со взрослыми людьми. С нашей точки зрения, наблюдаемая картина разной выраженности НТ гетеронимных и гомонимных α -мотонейронов спинного мозга у детей 9-12 лет, вероятно, может быть связана с особенностями формирования циклических движений в этом возрасте. В подтверждение обоснованности такого предположения можно сослаться на результаты исследований Д.П. Букреевой, С.А. Косилова, А.П. Тамбиевой [2], R.J. Beck et al. [10], W. Berger et al. [11-13], M.L. Peterson et al. [25], V. Agostini et al. [9]. Так, по данным Д.П. Букреевой, С.А. Косилова, А.П. Тамбиевой [2] у детей в возрасте 10-11 лет продолжительность биоэлектрической активности разгибателя *m. quadriceps* при разных темпах ходьбы значительно больше, чем биоэлектрическая активность сгибателя *m. gastrocnemius*. Можно полагать, что наибольшая продолжительность биоэлектрической активности разгибателя голени при ходьбе в различном темпе по сравнению с биоэлектрической активностью сгибателя стопы у детей 10-11 лет, вероятно, свидетельствует, что у мальчиков 9-12-летнего возраста НТ гетеронимных α -мотонейронов *m. vastus lateralis* используется меньше в регуляции ходьбы по сравнению с механизмом НТ гомонимных α -мотонейронов *m. soleus*. С этих позиций выявленная закономерность – слабое проявление НТ торможения α -мотонейронов *m. vastus lateralis* у мальчиков 9-12 лет по сравнению с НТ гомонимных α -мотонейронов *m. soleus* становится ясной.

Вышеизложенные результаты возрастных изменений в проявлении НТ скелетных мышц бедра и голени в определенной мере можно объяснить морфофункциональными особенностями скелетных мышц бедра и голени в процессе постнатального онтогенеза человека. В ряде исследований показано, что на протяжении постнатального онтогенеза происходят морфофункциональные преобразования скелетных мышц и сухожилий, изменяются их механические свойства и внутренняя архитектура – перистость и площадь поперечного сечения волокна (CSA) [6, 14, 15, 16, 19, 20, 21, 23]. Так, картирование мышц бедра у детей и взрослых с помощью магнитно-резонансной эластографии показало, что у детей в возрасте 8-12 лет *m. vastus medialis* характеризуется меньшей площадью поперечного сечения, чем у взрослых испытуемых в возрасте 24-29 лет [16]. M. De Ste Croix с соавторами [14] также указывают на функциональные изменения архитектуры мышц бедра с возрастом. Этими авторами выявлена меньшая площадь поперечного сечения мышечных волокон бедра у детей 10 лет в сравнении с подростками 14 лет [15]. Следовательно, возрастные морфофункциональные преобразования скелетных мышц и сухожилий бедра, по-видимому, могут влиять на афферентные Ib потоки, идущие от сухожильных рецепторов Гольджи в спинальные структуры и таким образом изменять НТ α -мотонейронов спинного мозга у детей в возрасте 9-12 лет.

D. Lambertz с соавторами [23] также обнаружили более существенное снижение упругих свойств мышечно-сухожильного комплекса *m. soleus*, *m. gastrocnemius lateralis* и *m. gastrocnemius medialis* при подошвенном сгибании стопы у детей 7-11 лет по сравнению с взрослыми. По мнению авторов, на снижение упругих свойств мышечно-сухожильного комплекса указанных мышц у детей 7-11 лет влияет незрелость их нервных и мышечных образований. Такого мнения придерживаются и другие исследователи [19, 20, 21], которые указывают на то, что во время роста у детей препубертатного возраста изменяется структура сухожилия голеностопного сустава и как следствие их эластические и функциональные свойства. Такие сведения позволяют предположить, что у мальчиков 9-12 лет в условиях кондиционирующей электростимуляции вследствие активации волокон скелетных мышц голени коллагеновые волокна апоневроза сжимаются сильнее и более активно возбуждают афференты Ib, тем самым предохраняют мышцу от возможного повреждения при ее чрезмерном сокращении.

Наряду с этим в возрастной физиологии давно утвердилось представление о том, что в процессе онтогенеза сила мышц развивается гетерохронно [5] и зависит от площади поперечного сечения мышечных волокон и степени активации двигательных единиц скелетных мышц [6]. Значительный прирост силы мышц происходит в период полового созревания, что обусловлено их сложной внутренней перестройкой, дифференцировкой новых и быстрым развитием имевшихся мышечных волокон и иннервирующего их аппарата [5]. Если учитывать изложенные выше сведения и физиологическую роль НТ, которая заключается в передаче информации о напряжении (силы) мышцы от сухожильных рецепторов Гольджи по гетеронимным и гомонимным афферентам Ib через моно- и полисинаптическую связи, то можно утверждать, что к концу подросткового возраста НТ α -мотонейронов мышц бедра и голени в состоянии покоя в основном сформировано и с 14-15 лет, по-видимому, используются все механизмы, присущие взрослому человеку.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Возрастные изменения афферентного Ib обеспечения скелетных мышц бедра и голени в состоянии относительного мышечного покоя проявляются в различной выраженности нерцепроного торможения α -мотонейронов спинного мозга. У мальчиков 9-12 лет нерцепроное торможение гетеронимных α -мотонейронов мышцы-разгибателя голени выражено слабо и отличается от уровня его выраженности у мальчиков 14-15 лет и мужчин 22-27 лет. В возрасте 9-12 лет выраженность нерцепроного торможения гетеронимных α -мотонейронов мышцы-разгибателя голени меньше, чем у взрослых, тогда как нерцепроное торможение их гомонимных α -мотонейронов мышцы-сгибателя стопы выражено существенно больше в сравнении со взрослыми людьми. К подростковому возрасту нерцепроное торможение α -мотонейронов мышцы-разгибателя голени и мышцы-сгибателя стопы в состоянии физиологического покоя приближается к уровню взрослого человека.

Представленные данные могут быть полезны в формировании представлений о механизмах двигательных нарушений и их коррекций у больных лиц разного возраста при повреждении центральной и периферической нервной системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бадалян, Л.О., Скворцов, И.А. Клиническая электронейромиография [Текст] / Л.О. Бадалян, И.А. Скворцов. – М.: Медицина, 1986. – 368 с.
2. Букреева Д.П., Косилов С.А., Тамбиева А.П. Возрастные особенности циклических движений детей и подростков [Текст] / Д.П. Букреева, С.А. Косилов, А.П. Тамбиева. – М.: «Педагогика», 1975. – 160 с.
3. Плещинский И.Н., Гусельникова Г.Г., Бикмуллина Р.Х., Новикова Е.В. Тормозные взаимодействия функционально-сопряженных мышц голени при детском церебральном параличе [Текст] / И.Н. Плещинский, Г.Г. Гусельникова, Р.Х. Бикмуллина, Е.В. Новикова // Неврологический вестник. – 1998. – Т. 30. – №3-4. – С. 39.
4. Смирнова Л.В. Выраженность аутогенного торможения спинальных α -мотонейронов при различных статических усилиях [Текст] // III Всероссийская, с международным участием конференции по управлению движением, 17-19 марта 2010 г. Великие Луки. – Великие Луки, 2010. – С. 107-108.
5. Сонькин В.Д. Физическая работоспособность и энергообеспечение мышечной функции в постнатальном онтогенезе человека [Текст] // Физиология человека. – 2007. – Т. 33, № 3. – С. 1-19.
6. Сонькин В.Д., Тамбовцева Р.В. Развитие мышечной энергетики и работоспособности в онтогенезе [Текст] / В.Д. Сонькин, Р.В. Тамбовцева. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 368 с.
7. Челноков А.А. Изучение нерцепрокного торможения мотонейронов спинного мозга у лиц разного возраста [Текст] / А.А. Челноков, Р.М. Городничев // Валеология. – № 3. – 2011. – С. 79-84.
8. Челноков А.А. Функциональные особенности нерцепрокного торможения мышц бедра у лиц разного возраста [Электронный ресурс] / А.А. Челноков // Медицина и образование в Сибири. – 2012. – №3.– Режим доступа: (http://ngmu.ru/cozo/mos/article/annotacy_full.php?id=708).
9. Agostini V. Normative EMG activation patterns of school-age children during gait / V. Agostini, A. Nascimbeni, A. Gaffuri, P. Imazio, M.G. Benedetti, M. Knaflitz // Gait & Posture. – 2010. – V.32. – P. 285-289.
10. Beck R.J. Changes in the Gait Patterns of Growing Children / R.J. Beck et al. // The Journal of bone and joint surgery. – 1981. – V. 63A, № 9. – P. 1452-1457.
11. Berger W. Interlimb coordination of stance in children: divergent modulation of spinal reflex responses and cerebral evoked potentials in terms of age / W. Berger, G.A. Horstmann, V. Dietz // Neurosci.Lett. – 1990. – V. 116. – P. 118-122.
12. Berger W. Normal and impaired development of children's gait / W. Berger, E. Altenmuller, V. Dietz // Hum. Neurobiol. – 1984. – V. 3. – P. 163-170.
13. Berger W. Stance and gait perturbations in children: developmental aspects of compensatory mechanisms / W. Berger, J. Quintern, V. Dietz // Electroencephalogr .Clin. Neurophysiol. – 1985. – V. 61. – P. 385-395.
14. De Ste Croix M. Advances in pediatric strength assessment: changing our perspective on strength development // Journal of Sports Science and Medicine. – 2007. – V. 6. – P. 292-304.

15. De Ste Croix M. Longitudinal changes in isokinetic leg strength in 10-14 year olds / M. De Ste Croix, N. Armstrong, J.R. Welsman, P. Sharpe // *Annals of Human Biology*. – 2002. – V. 29(1). – P. 50-62.
16. Debernard L. Characterization of muscle architecture in children and adults using magnetic resonance elastography and ultrasound techniques / L. Debernard, L. Robert, F. Charleux, S.F. Bensamoun // *Journal of Biomechanics*. – 2011. – V. 44. – P. 397–401.
17. Delwaide P.J., Oliver E. Short-latency autogenic inhibition (Ib inhibition) in human spasticity / P.J. Delwaide, E. Oliver // *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*. – 1988. – V. 51. – P. 1546-1550.
18. Faist M. In humans Ib facilitation depends on locomotion while suppression of Ib inhibition requires loading / M. Faist, C. Hoefler, M. Hodapp, V. Dietz, W. Berger, J. Duysens // *Brain Res*. – 2006. – V. – 1076. – P. 87-92.
19. Grosset J. Changes in stretch reflexes and muscle stiffness with age in prepubescent children / Jean-Francois Grosset, Isabelle Mora, Daniel Lambertz, Chantal Pérot // *J Appl. Physiol*. – 2007. – V. 102. – P. 2352–2360.
20. Grosset J.F. Voluntary activation of the triceps surae in prepubertal children / J.F. Grosset, I. Mora, D. Lambertz, C. Pérot // *J. Electromyogr. Kinesiol*. – 2008. – V. 18. – P. 455-465.
21. Herzog W. Commentaries on Viewpoint: Can muscle size fully account for strength differences between children and adults? / W. Herzog et al. // *J Appl Physiol*. – 2011. – V. 110. – P. 1750-1753.
22. Iles J.F. Reflex actions of knee joint afferents during contraction of the human quadriceps / J. F. Iles, M. Stokes, A. Young // *Clin. Physiol*. – 1990. – V. 10. – P. 489-500.
23. Lambertz D. Evaluation of musculotendinous stiffness in prepubertal children and adults, taking into account muscle activity / D. Lambertz, I. Mora, J.F. Grosset, C. Perot // *Journal of Applied physiology*. – 2003. – V. 95. – №1. – P. 64-72.
24. Morita H. Lack of modulation of Ib inhibition during antagonist contraction in spasticity / H. Morita, M. Shindo, H. Momoi, S. Yanagawa, S. Ikeda, N. Yanagisawa // *Neurology*. – 2006. – V. 67. – P. 52-56.
25. Peterson M.L. Children achieve adult-like sensory integration during stance at 12-years-old / M.L. Peterson, E. Christou, K.S. Rosengren // *Gait & Posture*. – 2006. – V. 23. – P. 455-463.
26. Pierrot-Deseilligny E. Evidence for IB inhibition in human subjects / E. Pierrot-Deseilligny, R. Katz, C. Morin // *Brain Res*. 1979. – V. 166. – P. 176-179.
27. Stephens M.J., Yang J.F. Short-latency, non-reciprocal group I inhibition is reduced during the stance phase on walking humans / M.J. Stephens, J.F. Yang // *Brain Res*. – 1996. – V. 743, №1-2. – P. 24-31.

ОБОСНОВАНИЕ МОДЕЛИ ТЕСТОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ НАГРУЗОК ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ДЕТЕЙ

И.А. Криволапчук^{1*}, М.Б. Чернова^{*},
С.А. Кесель^{**}, В.В. Мышьяков^{**}

^{*}ФГНУ “Институт возрастной физиологии” РАО, Москва

^{**}УО “Гродненский государственный университет имени Янки Купалы”, Гродно

В работе обоснована информационная проба, предназначенная для изучения функционального состояния (ФС) детей 5-12 лет (n=563). Анализ полученных данных свидетельствует о том, что рассматриваемая модель информационных нагрузок является добротным инструментом диагностики ФС условиях напряженной когнитивной деятельности. С помощью данной модели можно надежно идентифицировать ФС, различающиеся по степени стрессогенности.

Ключевые слова: информационная нагрузка, функциональное состояние, надежность теста.

Model of test information load as a method to study functional state in children.
The use of information load test designed to study functional state (FS) in 5-12 year old children (n=563) is justified in this work. Data analysis shows that the proposed model of information load is a good instrument of FS diagnostics in the situation of intense cognitive activity. With the help of this model functional states of different stress levels may be identified.

Key words: information load, functional state, test reliability.

Проблема борьбы с психологическим (информационным и эмоциональным) стрессом посредством разработки мероприятий профилактического характера, а также создания адекватных возрастным и индивидуальным особенностям детей методов и средств диагностики функционального состояния (ФС) привлекает к себе все возрастающий интерес [1, 2, 3, 14, 31, 36].

Эмпирическая направленность исследований ФС при психологическом стрессе обуславливает необходимость поиска адекватных методов оценки и прогнозирования его развития. В практике широкое распространение получили физиологический, психофизиологический и психологический подходы к диагностике ФС, ориентированные на отдельные виды деятельности взрослого человека [3, 7, 15, 16, 18, 31]. Вместе с тем существует дефицит стандартизированных методик и приемов, позволяющих изучать ФС детей разного возраста в условиях стресса. В этой связи разработка адекватных методов моделирования информационного стресса у детей на различных этапах индивидуального развития, является весьма актуальной задачей.

Цель исследования – обоснование модели тестовых информационных нагрузок для изучения ФС детей.

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

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании приняли участие практически здоровые дети 5-12 лет ($n=563$): в 5-6 лет – 120; 7-8 лет – 181; 9-10 лет – 112; 11-12 лет – 150 человек. Работа осуществлялась в соответствии с этическими принципами проведения биомедицинских исследований. Родители обеспечили письменное согласие на основе полной информации на участие детей в обследовании.

Для исследования детей 5-12 лет в условиях напряженной деятельности применялись несколько экспериментальных режимов информационной нагрузки. ФС изучалось в 6 ситуациях: «фон»; «инструкция»; «автотемп»; «максимальный темп»; «максимальный темп при угрозе наказания»; «максимальный темп в условиях повышенной мотивации». Психофизиологические изменения ФС изучали в покое и при выполнении тестирующих нагрузок. Непосредственно перед реализацией каждого задания вводилась инструкция для испытуемого, выполняющего тест. Методика исследования более детально описана в нашей предыдущей статье [12].

Регистрация омега-потенциала (ОП), характеризующего ФС ЦНС, осуществлялась с поверхности кожи головы с использованием портативной установки с высоким входным сопротивлением (100 МОм), предназначенной для исследования сверхмедленных электрических процессов головного мозга, и миниатюрных жидкостных хлорсеребряных электродов [10]. ОП измеряли в отведении лоб-тенар ведущей руки в состоянии покоя и при выполнении тестовых нагрузок. При анализе динамики ОП учитывали величину исходных его значений.

Для оценки степени напряженности регуляторных систем использовали математический анализ сердечного ритма [26]. В состоянии покоя записывали 300-500, а при тестовой нагрузке – 100-150 кардиоинтервалов. Реализация метода осуществлялась при помощи автоматизированного комплекса на базе персонального компьютера. 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).

Систолическое (СД) и диастолическое (ДД) артериальное давление крови регистрировали в соответствии с рекомендациями Society for Psychophysical Research [43] с помощью откалиброванного стандартного anerоидного сфигмоманометра, цена делений шкалы которого составляла 2 мм рт. ст. Применяли адекватную возрасту детскую манжету. Рассчитывали среднее давление (САД) и двойное произведение (ДП). Частоту дыхания (ЧД) определяли посредством использования пневмодатчика.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ динамики ФС указывает на то, что испытуемые всех рассматриваемых возрастных групп реагировали на информационную пробу выраженным изменением рассматриваемых физиологических показателей. Так, в состоянии «Инструкция» у всех испытуемых наблюдалось статистически значимое ($p < 0,05 - 0,001$) увеличение ОП, ЧСС, СД, ДД, САД, ДП, ЧД, AMo, SI и уменьшение RRNN, Mo, MxDMn, SDNN.

Подобный характер изменений рассматриваемых показателей ФС свидетельствует о сдвиге вегетативного баланса в сторону преобладания активности симпатического отдела ВНС и отражает степень психической напряженности, обусловленной неопределённостью ситуации. Благодаря этому обеспечивается необходимый для достижения полезного приспособительного результата уровень мобилизации энергетических и пластических ресурсов организма.

Следует отметить, что сходные тенденции в динамике ФС детей проявились и в условиях непосредственного выполнения тестирующих нагрузок. На рисунках 1-2 представлены данные об изменениях наиболее информативных физиологических показателей на различных ступенях информационной пробы. Так, при работе в режиме автотемпа (субтест I) увеличение ОП в 5-6 лет составляло в среднем 63,8 %, 7-8 лет – 62,5 %, 9-10 лет – 10,9 %, 11-12 лет – 19,8 % по сравнению с состоянием покоя.

Реализация нагрузки с максимальной скоростью (субтест II) вызывала дальнейшее повышение ($p < 0,001$) ОП. Величина сдвига по сравнению с фоновыми данными была равна: в 5-6 лет 109,2 %, 7-8 лет – 116,4 %, 9-10 лет – 65,6 %, 11-12 лет – 64,7 %.

Выполнение тестового задания при наличии звуковых помех и угрозы наказания (субтест III) обуславливала ($p < 0,001$) возрастание ОП: в 5-6 лет на 98,9 %, 7-8 лет – 96,8 %, 9-10 лет – 67,2 %, 11-12 лет – 66,0 %.

Информационная нагрузка в условиях повышенной мотивации (субтест IV) также вызывала значимое ($p < 0,001$) увеличение ОП: в 5-6 лет на 96,4 %, 7-8 лет – 102,8 %, 9-10 лет – 72,8 %, 11-12 лет – 66,9 %.

Сопоставительный анализ изменений изучаемого показателя у детей 5-12 лет при различных режимах работы свидетельствует о том, что все виды заданий обуславливают достоверный сдвиг величины ОП по сравнению с фоном. Необходимо подчеркнуть, что сдвиги ОП, наблюдаемые во II-IV субтестах информационной пробы, как правило, статистически значимо не отличаются друг от друга.

Это дает возможность, по результатам, полученным при выполнении какого-либо одного тестового задания, прогнозировать индивидуальные особенности динамики ФС при реализации других. Сделанное заключение подтверждается данными корреляционного анализа. Так, между наибольшим сдвигом ОП при работе в режиме автотемпа, с одной стороны, и выполнении заданий с максимальной скоростью ($r = 0,47-0,73$), при наличии помех ($r = 0,57-0,64$), в условиях повышенной мотивации ($r = 0,62-0,66$) – с другой, имеется средняя степень взаимосвязи. В свою очередь изменения ОП, при работе в максимальном темпе, тесно связаны со сдвигами этого показателя при реализации задания в условиях звуковых помех ($r = 0,71-0,88$) и повышенной мотивации ($r = 0,76-0,83$). Примечательно, что изменения ОП при выполнении тестирующих заданий коррелируют с его исходной величиной. Выявлены средние степени связи ОП в состоянии спокойного бодрствования с максимальными изменениями этого параметра в первом ($r = 0,46-0,51$), втором ($r = 0,65-0,70$), третьем ($r = 0,49-0,56$) и четвёртом ($r = 0,60-0,72$) субтестах.

Однотипность максимальных сдвигов ОП, наблюдаемых во II-IV субтестах информационной пробы, свидетельствует о неспецифическом характере изменений этого показателя, отражающем, по-видимому, не конкретное содержание задания, а степень напряжения корково-стволовых и лимбико-ретикулярных механизмов регуляции функционального состояния ЦНС при его выполнении [10, 36].

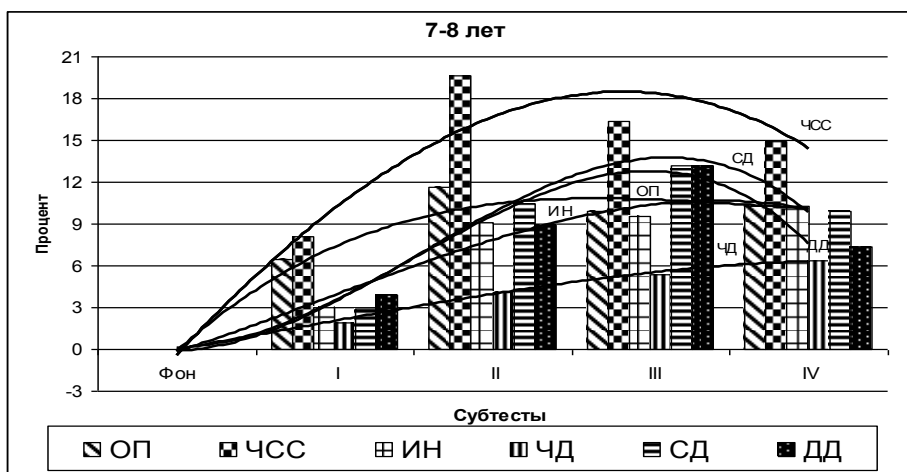
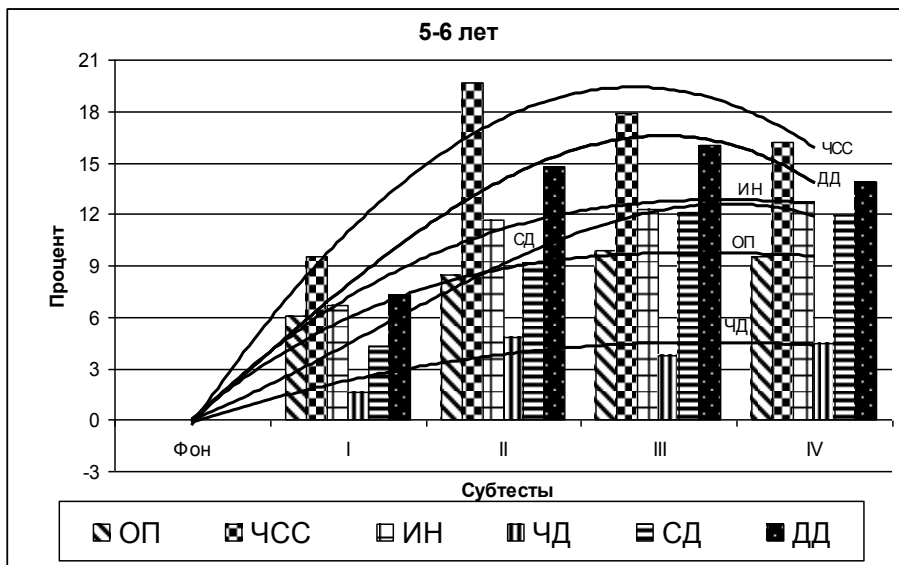


Рис. 1. Значимые изменения физиологических показателей ФС в условиях информационной пробы у детей 5-8 лет

Примечание: ОП – омега-потенциал; ЧСС – частота сердечных сокращений; СИ – индекс напряжения; ЧД – частота дыхания; СД – систолическое артериальное давление; ДД – диастолическое артериальное давление. Значения сдвигов ОП, СИ, ЧД уменьшены на порядок.

I – «автомтемп»; II – «максимальный темп»; III – «максимальный темп при наличии звуковых помех и угрозы наказания»; IV – «максимальный темп в условиях повышенной мотивации».

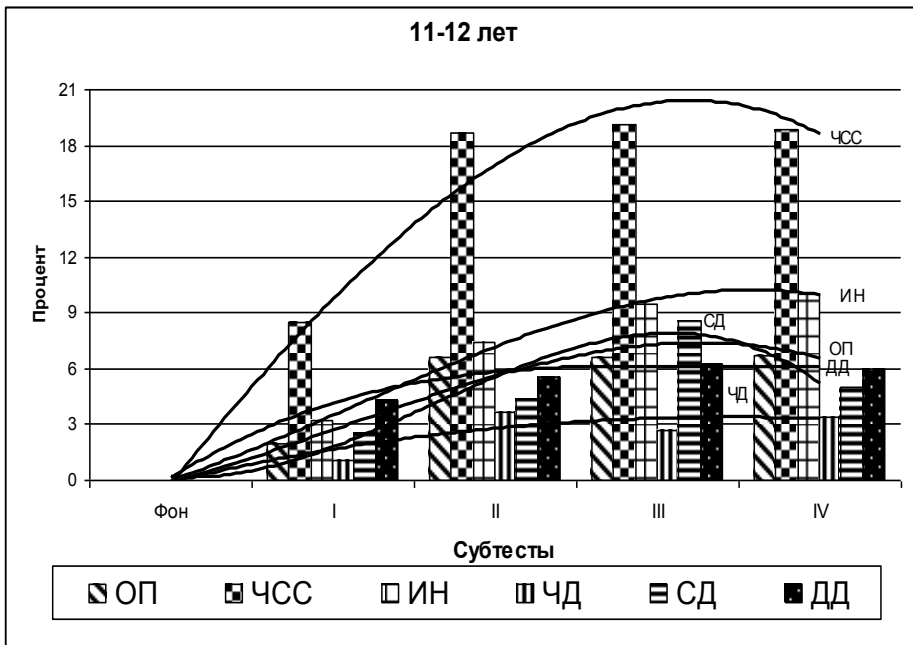
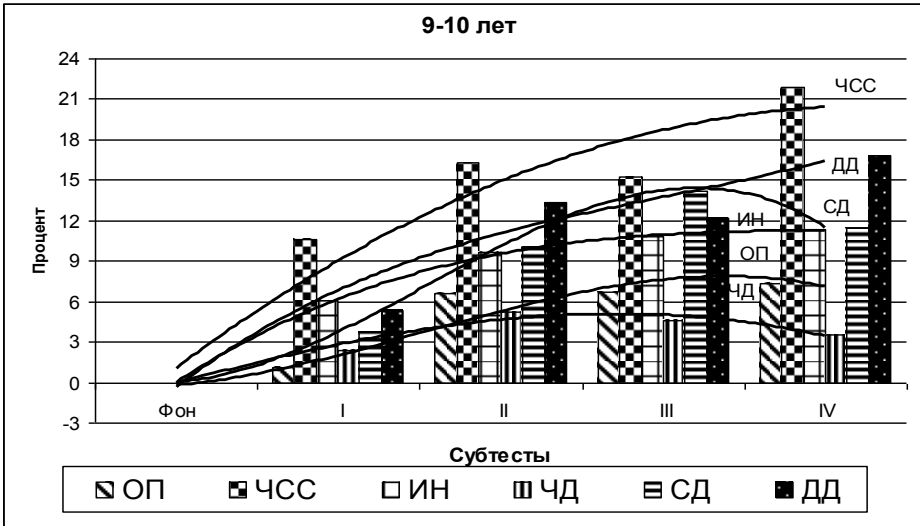


Рис. 2. Значимые изменения физиологических показателей ФС в условиях информационной пробы у детей 9-12 лет
Примечание: Обозначения те же, что и на рис. 1.

При выполнении работы в режиме автотемпа ЧСС изменялась незначительно по сравнению с ситуацией «Инструкция», при этом у 45 % испытуемых в начале задания отмечалось урежение на 4-5 уд/мин, а к концу пробы – её увеличение на 7-9 уд/мин. У других детей (55 %) ЧСС медленно повышалась по мере реализации задания, а затем поддерживалась на одном уровне. Сдвиг ($p < 0,001$) по отношению к состоянию покоя в среднем составлял: в 5-6 лет – 9,5 %, 7-8 лет – 8,1 %, 9-10 лет – 10,6 %, 11-12 лет – 8,5 % (см. рис. 1, 2).

В процессе работы в максимальном темпе практически у всех испытуемых происходило повышение ЧСС, причём у 70 % школьников наибольшие значения этого показателя отмечались на 30-45с, а у 30 % обследуемых максимальное увеличение происходило в конце выполнения задания. Величина сдвига ($p < 0,001$) по сравнению с состоянием покоя была равна: в 5-6 лет – 19,7 %, 7-8 лет – 19,6 %, 9-10 лет – 13,5 %, 11-12 лет – 18,7 %.

Реализация нагрузки в условиях звуковых помех также обуславливала достоверное ($p < 0,01-0,001$) возрастание ЧСС: в 5-6 лет на 15,1 %, 7-8 лет – 16,4 %, 9-10 лет – 15,2 %, 11-12 лет – 19,1 %.

Информационная нагрузка на фоне повышенной мотивации вызывала наиболее существенное ($p < 0,001$) увеличение ЧСС: в 5-6 лет – на 15,9%, 7-8 лет – 14,9 %, 9-10 лет – 21,9 %, 11-12 лет – 18,9 %.

Повышение ЧСС при информационных и психо-эмоциональных нагрузках, выполняемых с максимальной скоростью в условиях дефицита времени и угрозы наказания, наблюдалось в большом количестве исследований, проведённых с участием взрослых людей [3, 6, 8, 11, 17, 22, 25] и детей разного возраста [4, 24, 33, 39, 42].

В процессе работы анализировались взаимосвязи между величиной ЧСС в разных экспериментальных ситуациях. Установлено, что во всех возрастных группах фоновые величины ЧСС имеют положительные взаимосвязи с ЧСС в первом ($r = 0,66-0,99$), втором ($r = 0,62-0,81$), третьем ($r = 0,58-0,63$) и четвёртом ($r = 0,56-0,74$) субтестах. Выявлена сильная и средняя взаимосвязь ЧСС при различных режимах работы ($r = 0,58-0,81$).

Вариационный анализ сердечного ритма показал, что во время реализации информационной пробы отмечалось увеличение SI (см. рис. 1, 2): в 5-6 лет на 63,8 % ($p < 0,05$), 7-8 лет – 30,3 %, 9-10 лет – 60,3 % ($p < 0,05$), 11-12 лет – 32,5 %.

Работа с максимальной скоростью у всех испытуемых вызывала дальнейшее повышение данного показателя ($p < 0,05-0,001$). Величина сдвига по сравнению с фоновыми данными составила: в 5-6 лет – 117,3 %, 7-8 лет – 90,6 %, 9-10 лет – 96,9 %, 11-12 лет – 74,4 %.

Реализация нагрузки в условиях звуковых помех и угрозы наказания также обуславливала достоверное ($p < 0,01-0,001$) возрастание SI: в 5-6 лет на 132 %, 7-8 лет – 91,5 %, 9-10 лет – 107,5 %, 11-12 лет – 95,1 %.

Информационная нагрузка в условиях повышенной мотивации вызывала наиболее существенное ($p < 0,001$) увеличение SI: в 5-6 лет – на 38,7 %, 7-8 лет – 102,2 %, 9-10 лет – 112,7 %, 11-12 лет – 99,8 %.

Такой характер изменений SI в ходе информационной пробы указывает на повышение уровня неспецифической активации и напряжение механизмов регуляции физиологических функций при выполнении различных заданий. Эти сведения совпадают с данными литературы, свидетельствующими о том, что парамет-

ры сердечного ритма в условиях психологического стресса являются наиболее чувствительными психофизиологическими показателями, отражающими тесную связь эмоционально-когнитивной сферы с вегетативными функциями организма взрослых [5, 6, 11, 22] и детей [7, 8, 26, 40, 41].

У детей всех рассматриваемых возрастных групп найдены положительные корреляции между исходными величинами SI и его изменениями при работе ($r=0,34-0,66$). Обнаружены положительные корреляции значений SI в первом субтесте по отношению ко второму ($r=0,47-0,65$), третьему ($r=0,41-0,59$), четвертому ($r=0,39-0,63$) субтестам. Средняя и слабая статистическая взаимосвязь выявлена между изменениями SI при работе в максимальном темпе, в условиях помех и повышенной мотивации ($r=0,44-0,69$).

Во время информационной пробы ЧД значительно учащалась, при этом наблюдались уменьшение глубины дыхания и неравномерность дыхательных циклов. Сдвиг ($p<0,001$) ЧД у детей 5-12 лет по отношению к фоновому состоянию в субтесте 1 находился в диапазоне 15,9-23,7 %, в субтесте 2 – 36,4-51,6 %, субтесте 3 – 27,1-53,8 %, субтесте 4 – 34,4-63,2 % (см. рис. 1, 2). Полученные в исследовании величины ЧД соответствуют литературным данным, в которых указывается на то, что при интеллектуальном напряжении отмечаются увеличение ЧД и волнообразные изменения ритма дыхания [19].

Во всех возрастных группах величина ЧД в состоянии покоя положительно коррелирует со значениями данной физиологической переменной в условиях информационной нагрузки ($r=0,32-0,75$). Обнаружено также наличие положительных взаимосвязей ЧД ($r=0,30-0,52$) при выполнении различных субтестов информационной пробы.

При работе в режиме автотемпа наблюдался существенный рост АД (см. рис. 1, 2). Увеличение СД по отношению к фоновому состоянию в среднем составляло: в 5-6 лет – 4,3 % ($p<0,01$), 7-8 лет – 2,9 % ($p<0,05$), 9-10 лет – 3,7 % ($p<0,01$), 11-12 лет – 2,5 %. ДД возрастало в 5-6 лет на 7,3 % ($p<0,001$), 7-8 лет – 3,9 %, 9-10 лет – 5,3 % ($p<0,001$), 11-12 лет – 4,3 % ($p<0,001$).

В условиях нагрузки с максимальной скоростью у всех испытуемых происходило дальнейшее ($p<0,001$) повышение СД: в 5-6 лет – на 9,2 %, 7-8 лет – 10,5 %, 9-10 лет – 10,1 %, 11-12 лет – 4,7 %. Увеличение ($p<0,001$) ДД в среднем составляло в 5-6 лет – 14,8 %, 7-8 лет – 8,9 %, 9-10 лет – 13,3 %, 11-12 лет – 5,5 %.

В процессе работы при наличии звуковых помех и угрозы наказания также отмечалось увеличение СД. Сдвиг по отношению к состоянию спокойного бодрствования составлял в 5-6 лет 12,1 %, 7-8 лет – 13,2 %, 9-10 лет – 14,2 %, 11-12 лет – 8,6 %. Прирост ДД ($p<0,001$) был равен в 5-6 лет 16 %, 7-8 лет – 13,2 %, 9-10 лет – 12,2 %, 11-12 лет – 6,3 %.

Аналогичные изменения ($p<0,001$) СД зафиксированы на фоне повышенной мотивации: в 5-6 лет прирост составил 11,9 %, 7-8 лет – 9,9 %, 9-10 лет – 11,5 %, 11-12 лет – 5,0 %. Возрастание ДД ($p<0,001$) в этих условиях достигало: в 5-6 лет 13,9 %, 7-8 лет – 7,4 %, 9-10 лет – 16,8 %, 11-12 лет – 6,0 %.

Полученные сведения в целом подтверждают точку зрения о том, что повышение артериального давления в условиях психической напряженности является одним из самых существенных гемодинамических изменений, как у взрослых, так и у детей [4, 21, 28, 29, 30, 32, 37, 39, 42]. При этом можно согласиться с мнением Б.М. Фёдорова, что решение трудных когнитивных задач, в условиях дефицита

времени и высокой заинтересованности в получении положительных результатов вызывает у здоровых людей изменения кровообращения, сопоставимые со сдвигами сердечного ритма и артериального давления при физической работе [25].

Анализ взаимосвязей изменений артериального давления при реализации информационной пробы показал наличие сильной и средней степеней корреляции между исходными величинами СД и его приростами в состоянии функционального комфорта ($r=0,83-0,90$), при работе с максимальной скоростью ($r=0,75-0,84$), в условиях помех ($r=0,55-0,79$), с повышенной мотивацией ($r=0,59-0,73$). Обнаружены положительные взаимосвязи изменений СД при различных режимах работы ($r=0,59-0,86$) у детей всех возрастных групп.

Материалы исследования свидетельствуют о наличии прямой зависимости между фоновыми значениями исследуемых показателей и величиной реакции при выполнении различных субтестов информационной пробы. Полученные результаты совпадают с выводами ряда исследований, в которых показано, что при физических, информационных и эмоциональных нагрузках более высоким величинам физиологических переменных в состоянии спокойного бодрствования, соответствуют и более высокие рабочие их значения [9, 13, 20, 23, 34, 35, 36, 44].

В целом результаты проведенного корреляционного анализа показывают, что изменения рассматриваемых показателей ФС у детей 5-6, 7-8, 9-10, 11-12 лет имеют неспецифическую природу, проявляющуюся при всех видах заданий. Однако будучи неспецифическими по отношению к субтестам задания, сдвиги различных показателей ФС происходят в значительной степени независимо друг от друга. Сопоставление динамики изучаемых физиологических переменных, характеризующих ФС, показало, что наименее выраженные их изменения в рассматриваемых возрастных группах отмечаются при реализации нагрузки в режиме автотемпа. Работа в максимальном темпе, в максимальном темпе при наличии звуковых помех и угрозы наказания, в максимальном темпе в условиях повышенной мотивации и подавляющем большинстве случаев вызвала более существенные физиологические изменения, чем нагрузка в режиме «автотемп». В то же время реализация нагрузки на трех последних ступенях информационной пробы обуславливала однотипные изменения используемых показателей, что проявлялось в отсутствии статистически значимых межгрупповых различий в отношении большинства переменных. Наиболее близкие психофизиологические сдвиги отмечались во время работы в максимальном темпе при наличии звуковых помех и угрозы наказания (субтест II) и при нагрузке в максимальном темпе в условиях повышенной мотивации (субтест IV).

Необходимо подчеркнуть, что у детей 5-6, 7-8, 9-10, 11-12 лет изменения рассматриваемых показателей ФС на каждой ступени информационной пробы, достаточно хорошо согласуются между собой. Наличие коэффициентов корреляции, характеризующихся высокой и средней степенями взаимосвязи между сдвигами ФС при реализации II–IV субтестов, свидетельствует о том, что эти задания являются эквивалентными, а сама информационная проба гомогенной.

В ходе дальнейшей работы установлено также, что наибольшей валидностью обладает вариант реализации напряженной информационной нагрузки при наличии звуковых помех и угрозы наказания (субтест III). Изменения ФС в данной экспериментальной ситуации наиболее существенно коррелировали со сдвигами, наблюдаемыми при реализации других субтестов: в разных возрастных группах

коэффициенты валидности составляли от 0,6 до 0,9. Информационная проба обладает также удовлетворительной ретестовой надежностью в отношении детей 5-12 лет, поскольку подавляющем большинстве случаев коэффициент корреляции при использовании параллельных форм заданий превышал 0,7. В связи с тем, что три последних тестовых задания вызывают у детей 5-12 лет весьма сходные сдвиги ФС, использование какого-либо одного из них может упростить процедуру исследования. На этом основании предложен вариант информационной пробы, включающий только две ступени нагрузки: автотемп (субтест I); максимальный темп при наличии звуковых помех и угрозы наказания (субтест II). Аналогичная модель тестовых информационных нагрузок разработана ранее и для подростков 13-14 лет [12].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показали, что выполнение детьми 5-12 лет ряда экспериментальных заданий, моделирующих напряженную информационную нагрузку, сопровождалось выраженными изменениями их ФС.

Установлено, что информационные нагрузки, реализуемые с максимальной скоростью по сравнению с работой в оптимальном темпе, вызывают более значительное повышение уровня активации ЦНС и возрастание напряжения систем регуляции физиологических функций. Подобные изменения изучаемых показателей рассматриваются как проявление неспецифической адаптационной реакции, направленной на мобилизацию функциональных резервов организма с целью обеспечения адекватной степени результативности когнитивной деятельности.

Анализ материалов исследования свидетельствует о том, что рассматриваемая модель информационных нагрузок является добротным инструментом диагностики ФС детей 5-12 лет при интенсивной когнитивной деятельности. С ее помощью можно надежно идентифицировать ФС, различающиеся по степени стрессогенности. В контексте изложения важно подчеркнуть, что режимы информационной нагрузки, реализуемые с оптимальной и максимальной скоростью соответственно, могут быть использованы для воспроизведения состояния функционального комфорта и состояния психической напряженности.

В заключение необходимо отметить, что проведенные исследования продемонстрировали высокую эффективность разработанного метода диагностики ФС в отношении контингента здоровых детей 5-12 лет.

Работа поддержана РГНФ (№13-06-00191а и № 12-06-00037а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аракелов Г.Г. Психофизиология стресса / Психофизиология под ред. Ю.И. Александрова. – СПб.: Питер, 2011. – С. 326-344.
2. Бодров В.А. Информационный стресс. – М.: ПЕР СЭ, 2000. – 352 с.
3. Бодров В.А. Психологический стресс: развитие и преодоление. – М.: ПЭР СЭ, 2006. – 528 с.
4. Бориско Г.А. Особенности адаптационных реакций сердечно-сосудистой системы у здоровых детей и подростков и с первичной артериальной гипертензи-

ей при эмоциональном напряжении: автореф. дисс. ... канд. мед. наук. – Харьков, 1986. – 16 с.

5. Ведерко О.В., Данилова Н.Н., Онуфриев М.В. и др. Системные изменения биохимических и электроэнцефалографических параметров под влиянием информационной нагрузки // *Нейрохимия*. – 2007. – Т. 24, № 2. – С.172-179.

6. Данилова Н.Н., Коршунова С.Г., Соколов Е.Н. Показатели сердечного ритма при решении человеком арифметических задач // *ЖВНД*. – 1994. –Т. 44, Вып. 6, № 4-5. – С. 932–943.

7. Данилова, Н.Н. Психофизиология. – М.: Аспект Пресс, 2001. – 324 с.

8. Дьячкова Г.И. Сердечный ритм при эмоциональном напряжении у детей // *Педиатрия*. – 1990. – № 8. – С. 25-27.

9. Ильин, Е.П. Дифференциальная психофизиология / Е.П. Ильин. – СПб.: Питер, 2001. – 461 с.

10. Илюхина В.А. Психофизиология функциональных состояний и познавательной деятельности здорового и больного человека. – СПб.: Изд-во Н-Л, 2010. – 368 с.

11. Коршунова С.Г. Эффективность решения умственных задач и вариантность сердечного ритма // *Вестн. МГУ. Сер. 14, Психология*. – 1996. – № 1. – С. 31-41.

12. Криволапчук И.А., Чернова М.Б. Разработка модели тестовых нагрузок для изучения стрессовой реактивности подростков // *Новые исследования*. – 2010. – № 3 (24). – С. 25-37.

13. Ларикова Л.П., Бершацкий Б.Г., Евдокимова Т.А. Сдвиги гемодинамики на изометрическую нагрузку у человека при различных исходных показателях системного кровообращения // *Физиология человека*. – 1983. – Т. 9, № 3. – С. 442-448.

14. Леонова А.Б. Комплексная методология анализа профессионального стресса: от диагностики к профилактике и коррекции // *Психологический журнал*. – 2004. – № 2. – С. 76-85.

15. Леонова А.Б., Кузнецова А.С. Психопрофилактика стрессов. – М.: Изд-во Москв.ун-та, 1993. – 124 с.

16. Леонова А.В. Психодиагностика функциональных состояний человека. – М.: Изд-во Москов.ун-та, 1984. – 200 с.

17. Лэйси Дж. А., Лэйси Б.К. Специфическая роль частоты сердцебиений в сенсомоторной интеграции // *Нейрофизиологические механизмы поведения*. – М.: Наука, 1982. – С. 434-453.

18. Марищук В.Л., Евдокимов В.И. Поведение и саморегуляция человека в условиях стресса. – СПб.: Изд. дом «Сентябрь», 2001. – 260 с.

19. Некрасов В.П., Худадов Н.А., Пиккенхайн Л., Фрестер Р. Психорегуляция в подготовке спортсменов / под ред. В.П. Некрасова. – М.: Физкультура и спорт, 1985. – 86 с.

20. Романов В.В., Чернова И.Н. Результаты экспериментальной поверки «закона» исходного уровня // *Физиология человека*. – 1983. – Т. 9, № 3. – С. 481-487.

21. Сидоренко Б.А., Ревенко В.Н. Психоэмоциональное напряжение и ишемическая болезнь сердца. – Кишинев: Штиинцы, 1988. – 150 с.

22. Соколов Е.Н., Подачин В.П., Белова Е.В. Эмоциональное напряжение и реакции сердечно-сосудистой системы. – М.: Наука, 1980. – 190 с.

23. Солонин Ю.Г. Роль исходного состояния физиологических функций в реакциях на физическую нагрузку // Физиология человека. – 1987. – Т. 13, № 1. – С. 96-102.
24. Степанова О.В. Особенности реакций сердечно-сосудистой системы на тестовые нагрузки у детей дошкольного возраста: автореф. дисс. ... канд. мед. наук. – М., 1986. – 20 с.
25. Фёдоров Б.М. Стресс: кардиологические аспекты // Физиология человека. – 1997. – Т. 23, № 2. – С. 89-99.
26. Шлык Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов. – Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2009. – 259 с.
27. Allen M.T., Hogan A.M., Laird L.K. The relationships of impulsivity and cardiovascular responses: the role of gender and task type // *Int J Psychophysiol.* – 2009. – Vol. 73, № 3. – P. 369-376.
28. Allen M.T., Matthews K.A., Sherman F.S. Cardiovascular reactivity to stress and left ventricular mass in youth // *Hypertension.* – 1997. – Vol. 30, № 4. – P. 782-787.
29. Chen E., Matthews K.A., Salomon K., Ewart C.K. Cardiovascular reactivity during social and nonsocial stressors: do children's personal goals and expressive skills matter? // *Health Psychol.* – 2002. – Vol. 21, № 1. – P. 16-24.
30. De Visser D.C., van Hoofst I.M., van Doornen L.J., Hofman A., Orlebeke J.F., Grobbee D.E. Cardiovascular response to mental stress in offspring of hypertensive parents: the Dutch Hypertension and Offspring Study // *J Hum Hypertens.* – 1996. – Vol. 10, № 12. – P. 781-788.
31. Everly G., Latin J. *A Clinical Guide to the Treatment of the Human Stress Response.* – Springer, 2013. – 486 p.
32. Falkner В. Реактивность сердечно-сосудистой системы у лиц молодого возраста // *Кардиология.* – 1986. – Т. 16, № 1. – С. 39-43.
33. Ferrara L.A., Mainenti G., Fasano M.L. et al. Cardiovascular response to mental stress and to handgrip in children. The role of physical activity // *Jpn. Heart J.* – 1991. – V. 32, № 5. – P. 645.
34. Geenen R., Van de Vijver F. A simple test of the Law of Initial Values // *Psychophysiology.* – 1993. – Vol. 30. – P. 525-530.
35. Jin P. Toward a reconceptualization of the Law of Initial Value // *Psychol. Bull.* – 1993. – Vol. 111. – P. 176-184.
36. 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.
37. Lambiase M.J., Barry H.M., Roemmich J.N. Effect of a simulated active commute to school on cardiovascular stress reactivity // *Med Sci Sports Exerc.* – 2010. – Vol. 42(8). – P. 1609-1616.
38. Light K., Obrist P., James S., Strogatz D. Cardiovascular Responses to Stress: II. Relationships to Atrobie Exercise Patterns // *Psychophysiology.* – 1987. – Vol. 24, № 1. – P. 79-86.
39. Musante L., Raunika R.A., Treiber F. et al. Consistency of children's hemodynamic responses to laboratory stressors // *Int J Psychophysiol.* – 1994. – Vol. 17, № 1. – P. 65-71.

40. Obradović J., Bush N.R., Stamperdahl J. et al. Biological sensitivity to context: the interactive effects of stress reactivity and family adversity on socioemotional behavior and school readiness // *Child Dev.* – 2010. – V. 81, № 1. – P. 270-289.
41. Porges S.W. The polyvagal theory: phylogenetic contributions to social behavior // *Physiology and Behavior.* – 2003. – V. 79, № 3. – P. 503-513.
42. Roemmich J.N., Lambiase M., Salvy S.J., Horvath P.J. Protective effect of interval exercise on psychophysiological stress reactivity in children // *Psychophysiology.* – 2009. – Vol. 46, № 4. – P. 852-861.
43. Shapiro D, Jamner LD, Lane JD, Light KC, Myrtek M, Sawada Y, Steptoe A. Blood pressure publication guidelines. Society for Psychophysical Research *Psychophysiology.* – 1996. – Vol. 33(1). – P. 1-12.
44. 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.
45. Verhaaren H.A., Schieken R.M., Schwartz P. et al. Cardiovascular reactivity in isometric exercise and mental arithmetic in children // *J. Appl. Physiol.* – 1994. – Vol. 76, № 1. – P. 146-150.

МЕЖЭТНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НЕЙРОВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ РИТМА СЕРДЦА СТУДЕНТОК РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

В.П. Мальцев¹, Ж.Т. Суюндикова, Д.З. Шибкова
ФГБОУ ВПО «Челябинский государственный
педагогический университет», г. Челябинск

В статье приводятся данные нейровегетативного регулирования ритма сердца студенток 1-2 курса обучения, у которых отмечено доминирование симпатического (у обследованных лиц казахской национальности), либо парасимпатического влияния (у обследованных лиц славянских национальностей) над гуморально-метаболическим с хорошо выраженными волнами во всех спектрах сердечного ритма.

Ключевые слова: вегетативная нервная система, сердечный ритм, студентки.

Ethnic peculiarities of autonomic heart rate regulation (studied on Kazakhstan female students). The article presents the study of neurovegetative heart rate regulation in female students of the 1st-2^d years. The subjects demonstrated dominance of the sympathetic (Kazakh students) or parasympathetic influence (students of Slavic nationalities) over the humoral-metabolic one with a well-defined wavelength in all spectra of the heart rhythm.

Keywords: autonomic nervous system, heart rate, students.

Согласно исследованиям ряда авторов [1, 4, 10] изменения окружающей среды, интенсивные умственные нагрузки, гиподинамия вызывают у современных студентов напряжение компенсаторно-приспособительных механизмов, которые могут привести к срыву адаптации. Своевременное выявление лиц с повышенным риском срывов адаптационных механизмов позволит принять необходимые профилактические меры коррекции их неблагоприятных сдвигов [8].

Известно, что ведущую роль в осуществлении компенсаторно-приспособительных реакций играет сердечнососудистая система организма. В основном от ее резервных возможностей зависит способность организма приспосабливаться к новым и экстремальным условиям жизнедеятельности. Нервная регуляция гемодинамических функций организма позволяет прогностически охарактеризовать не только функции самого сердца, но и изменения функционального состояния организма в целом, так как нервная и гуморальная регуляция реагируют на изменения быстрее гемодинамических отклонений [4, 9].

Развитие организма происходит при постоянной адаптации его к воздействию внешней среды, выработке в связи с этим необходимых приспособительных механизмов, обеспечивающих эффективное функционирование и совершенствование всех органов и систем человека [5, 6].

Контакты:¹ Мальцев В.П. – E-mail: <mal585@mail.ru>

Цель выполненного исследования – выявление особенностей нейровегетативной регуляции ритма сердца у студенток 1-2-го года обучения с учетом их этнической принадлежности.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились на базе НИЛ «Адаптация биологических систем к естественным и экстремальным факторам среды» Челябинского государственного педагогического университета и естественно-математического факультета Костанайского государственного педагогического института. Всего обследовано 130 студенток 1-2 курсов. Общая выборка обследуемых была дифференцирована по критерию национальной принадлежности: первую группу (I гр.) составили студентки казахской национальности, вторую группу (II гр.) – студентки славянских национальностей пришлого населения. Регистрация сердечной деятельности проводилась в лаборатории в первой половине дня с 9.00 до 13.00 в межсессионный период, в соответствии с основными биоэтическими правилами, на добровольной основе.

Метод математического анализа сердечного ритма, в основе которого лежит оценка параметров его variability, в настоящее время является наиболее информативным, не инвазивным способом количественной оценки вегетативной регуляции деятельности сердца, в связи с надежностью и простотой регистрации [3, 14].

Сердечный ритм у студенток регистрировали с помощью аппаратно-программного комплекса «ВНС-микро» (фирма «Нейрософт», г. Иваново, Россия) в условиях покоя в положении сидя во втором стандартном отведении. Продолжительность короткой записи ритмограммы составляла 5 минут. Оценивали характер реакции различных звеньев регуляции ритма сердца. Анализ ритма сердца включал оценку его статистической структуры (временной анализ кардиоритма), анализ спектральных характеристик и показатели вариационной пульсометрии по Р.М. Баевскому. В работе представлены наиболее информативные и интегральные показатели: общая мощность спектра (TP, $\text{мс}^2/\text{Гц}$), очень низкочастотный диапазон спектра (VLF, $\text{мс}^2/\text{Гц}$); низкочастотные колебания (LF, $\text{мс}^2/\text{Гц}$); высокочастотные колебания (HF, $\text{мс}^2/\text{Гц}$); индекс вагосимпатического взаимодействия (LF/HF, усл. ед.); средняя длительность интервалов R-R (RRNN, мс); стандартное отклонение величин нормальных интервалов R-R (SDNN, мс); мода (Mo, с); амплитуда моды (AMo, %); Медиана (Me, с); вариационный размах (BP, с); индекс вегетативного равновесия (ИВР, усл. ед.); показатель адекватности процессов регуляции (ПАПР, усл. ед.); вегетативный показатель ритма (ВПР, усл. ед.); индекс напряжения (ИН, усл. ед.).

Оценку психодинамических показателей проводили по уровню личностной (ЛТ) и реактивной (РТ) тревожности, используя тест Ч.Д. Спилбергера в модификации Ю.Л. Ханина.

Математико-статистическая обработка результатов исследования проводилась при помощи программного обеспечения Microsoft Excel 2007 и Statistica v. 6.0, с использованием общепринятых методов вариационной статистики. Результаты считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Нами изучены статистические показатели variability сердечного ритма, обуславливающие степень реактивности организма в условиях учебно-профессиональной деятельности студенток с учетом этнической характеристики обследуемых. Полученные результаты variability сердечного ритма студенток естественно-математического факультета КГПИ представлены в таблице 1.

Таблица 1

Показатели variability сердечного ритма студенток разной этнической принадлежности, (M±m)

Показатели	Группа I (n=70)	Группа II (n=60)
TP, мс ² /Гц×1000	3,70±0,67*	5,27±1,23
VLF, мс ² /Гц ×1000	0,98±0,11	1,13±0,13
LF, мс ² /Гц ×1000	1,04±0,22*	1,47±0,36
HF, мс ² /Гц ×1000	1,68±0,40*	2,67±0,78
LF/HF	1,01±0,09	0,83±0,07
% VLF	33,83±1,94	29,63±1,88
% LF	29,01±1,23	27,88±1,06
% HF	37,13±11,98	42,42±2,04
RRNN, мс	805,49±113,89	827,33±14,43
SDNN, мс	54,11±3,78*	63,12±5,02
ЧСС, уд./мин	76,39±1,28	74,38±1,39
Mo, с	0,80±0,01	0,82±0,02
Амо, %	41,94±1,49	38,07±1,54
Me, с	0,80±0,01	0,83±0,01
BP, с	0,40±0,04	0,49±0,10
ИВР, усл. ед.	170,34±15,51*	127,37±12,56
ПАПР, усл. ед.	54,71±2,65	48,84±2,86
ВПР, усл. ед.	4,92±0,38	3,95±0,30
ИН, усл. ед.	116,59±12,33	85,05±10,93

*Примечание: * – достоверные различия в межпопуляционных показателях (p<0,05).*

Данные таблицы свидетельствуют о том, что все три вида анализа variability сердечного ритма обследуемых студенток демонстрируют однонаправленную тенденцию нейровегетативных механизмов регуляции кардиоритмов у представительниц разных национальностей. Показатели волновой структуры сердечного ритма обследуемых отражают преобладающее влияние рефлекторного симпато-парасимпатического звена регуляции над гуморально-метаболическим с хорошо выраженными волнами во всех спектрах сердечного ритма, что соответствует особенностям юношеского возраста [4, 7]. При этом сравнение фоновых

показателей спектрального анализа variability сердечного ритма выявило у студенток славянских национальностей (II группа) достоверно большие значения общей мощности спектра (на 30 %), низкочастотных (на 29 %) и высокочастотных флуктуаций (на 38 %). Показатели очень низкочастотного спектра (VLF спектр) variability ритма сердца достоверно не отличались.

Как известно [7] общая мощность спектра, отражая суммарную активность вегетативного воздействия на variability кардиоритма, возрастает при согласованном снижении симпатического и возрастании парасимпатического воздействия. Так, если рассмотреть среднегрупповые различия абсолютных значений LF и HF компонентов спектра у обследуемых групп студенток, то разница показателей низкочастотного спектра у обследуемых групп не превышает 450 мс^2 , в то время как по высокочастотному спектру различия более выражены и составляют 990 мс^2 . Данная тенденция наглядно продемонстрирована в показателях баланса LF/HF, который свидетельствует о преобладании симпатических влияний на ритм сердца в группе казашек.

Анализ структуры мощности спектра у обследуемых студенток обеих групп выявил однонаправленность разночастотных колебаний ритма сердца. Превалирующим в структуре спектральной мощности ритма сердца является HF компонент (37 % и 42 % соответственно в группе казашек и в группе сравнения). Однако доля вклада в структуру спектра сердечного ритма разнородна: различие между относительным вкладом VLF и HF волн в спектр в группе казашек составляет около 3 %, в то время как во второй группе более 12 %. Выявленная тенденция согласуется с абсолютными показателями распределения спектральной мощности нейровегетативной регуляции.

Показатели хронотропной реактивности (ЧСС, RRNN) обследуемых студенток не имеют достоверных межэтнических различий и соответствуют нормокардии. Однако тенденция к снижению в значениях длительности интервалов RR и достоверно меньшие показатели стандартного отклонения величин нормальных интервалов RR (SDNN), свидетельствуют об усилении симпатических влияний на регуляцию сердечного ритма у казахских студенток.

Интерпретация показателей вариационной пульсометрии демонстрирует аналоговую картину преобладания парасимпатической регуляции в ритме сердца у студенток II-ой группы. В частности, показатели AMo, BP, BIP отражают тенденцию, а показатель ИВР имеет значимые различия в исследуемых группах и свидетельствует о большем вкладе симпатического отдела вегетативной нервной системы в регуляторные процессы ритма сердца студенток казахской национальности. Данные результаты находят подтверждение в показателе ПАПР, свидетельствующем о более адекватном регулирующем влиянии вегетативной нервной системы на сердечный ритм во второй исследуемой группе студенток [11]. Также следует отметить тенденцию к преобладанию у студенток казашек центральных механизмов регуляции ритма сердца (показатели AMo, ИИ), при этом показатели активности преимущественно гуморального звена регуляции ритма сердца (Mo) у обследуемых студенток не имеют межэтнических различий. Наличие большего вклада в регуляцию сердечного ритма парасимпатического отдела вегетативной нервной системы студенток славянских национальностей характеризует состояние фоновой ваготонии и отражает более высокие адаптационные возможности последних.

Как известно [13] расчет среднестатистических норм зачастую искажает важные закономерности реагирования отдельных индивидуумов, отличающихся по физиологическим или психологическим показателям. В связи с чем дальнейший анализ в нашей работе был направлен на изучение нейрофизиологических реакций студенток с различным вегетативным статусом в состоянии относительного физиологического покоя. В качестве индикатора вегетативного баланса использовали индекс напряжения регуляторных систем (ИН). По результатам анализа вариабельности сердечного ритма студентки были разделены на три группы: «ваготоники», у которых ИН в норме не превышал 50 усл. единиц, «нормотоники», которые имели показатели ИН от 51 до 150 усл. ед. и «симпатикотоники» с показателями ИН от 151 до 300 усл. ед. Распределение студенческой популяции по критерию вегетативного баланса представлено на рис. 1.

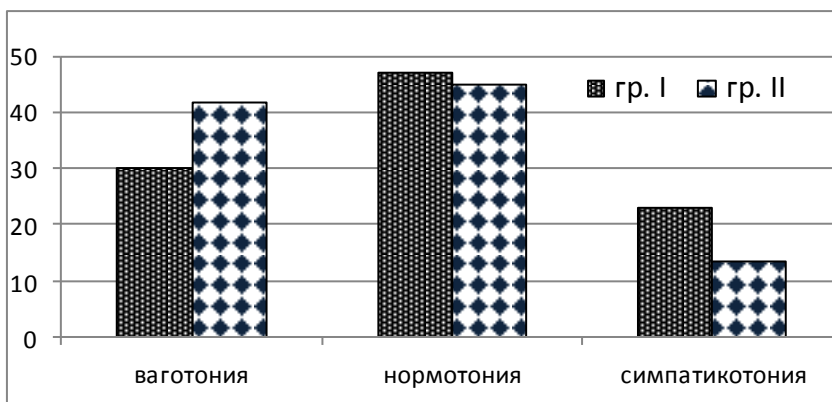


Рис. 1. Процентное распределение студенток исследуемых групп по показателю вегетативного баланса.

На рисунке видно, что количественное распределение в группе студенток казашек приближено к нормальному, в то время, как во второй группе отмечено левостороннее асимметричное смещение с примерно равным числом ваготоников и нормотоников. В исследуемой популяции студенток славянских национальностей пришлого населения в сравнении со студентками казашками отмечено преобладание относительного количества обследуемых с ваготоническим типом регуляторных воздействий (на 12 %) и меньшим относительным числом симпатикотоников (на 10 %). Таким образом, полученные результаты количественного распределения студенческой популяции отражают среднегрупповые качественные показатели нейровегетативной регуляции ритма сердца.

По данным ряда исследователей [4, 12] известно, что реакция вегетативной нервной системы во многом определяется исходным уровнем психоэмоционального напряжения организма индивида. С целью выявления особенностей психоэмоционального уровня реагирования студенток нами был проведен анализ уровня личностной и реактивной тревожности с учетом этнической принадлежности. Результаты психологической диагностики уровня тревожности обследуемых представлены в таблице 2.

Таблица 2

Показатели тревожности обследуемых студенток разной этнической принадлежности, балл (M±m)

Показатели	I группа (n=94)	II группа (n=94)
РТ	39,20±0,86	39,15±1,21
Уровень РТ	средний	средний
ЛТ	45,61±0,81*	41,89±1,04
Уровень ЛТ	высокий	средний

*Примечание: * – достоверные различия в межпопуляционных показателях ($p < 0,05$).*

Оценка тревожности студенток в зависимости от национальной принадлежности выявила, что показатели реактивной тревожности обследуемых не имеют достоверных различий и соответствуют среднему уровню выраженности, в то время как показатели личностной тревожности в группе казашек достоверно выше таковых значений студенток пришлого населения и соответствуют высокому уровню.

Проведённый корреляционный анализ нейровегетативных и психодинамических показателей не установил значимой корреляционной взаимосвязи изучаемых параметров, однако показал отчетливую тенденцию роста показателей тревожности с напряжением регуляторных механизмов кардиоритма.

Личностная тревожность является свойством индивида, отражающим субъективные переживания чувства тревоги, психическую напряженность, которые основаны на актуализации психического образа стрессогенной ситуации извлекаемой из памяти и/или на эффекте неопределённости и новизны определяющем угрозу возникновения стресса [9]. Данное базовое свойство личности, вероятнее всего, служит тем психодинамическим конструктом, обуславливающим выраженность различий в нейровегетативных механизмах регуляторного воздействия на вариабельность сердечного ритма.

ВЫВОДЫ

1. Полученные результаты свидетельствуют об эффективном нейровегетативном регулировании организма студенток обеих этнических групп, соответствующим юношескому возрасту: доминирование сегментарного контура регуляции над гуморально-метаболическим (по показателям спектрального анализа), преобладание числа обследуемых с нормокардией (по данным временного анализа и показателям кардиоинтервалографии).

2. В структуре вариабельности сердечного ритма выявлены межэтнические отличия, характеризующие преобладание симпатического воздействия с умеренно выраженным контуром централизации в регуляторных процессах в группе студенток казашек. У студенток пришлого населения в регуляторных влияниях преобладают парасимпатические рефлекторные воздействия на ритм сердца, что является наиболее эффективным механизмом нейровегетативного регулирования.

3. Уровни психоэмоционального напряжения студенток обследуемых групп

(личностная тревожность) достоверно различны и соответствуют высокому уровню в группе казашек, что вероятно и обуславливает межэтнические различия в нейровегетативных механизмах регуляции.

Работа выполнена в рамках государственного заказа (Минобрнауки РФ проект №4.1187.2011 «Межпопуляционные эколого-физиологические особенности учащейся молодежи Уральского региона РФ – структурно-содержательная основа модели управления здоровьесбережением в условиях информационной образовательной среды»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агаджанян Н.А., Баевский Р.М., Берсенева А.П. Проблемы адаптации и учение о здоровье – М.: Изд-во РУДН, 2006. – 284 с.
2. Баевский Р.М., Берсенева П.П. Адаптационный потенциал системы кровообращения и вопросы донозологической диагностики // Проблема адаптации детского и взрослого организма в норме и патологии. – М., 1990. – С. 25-31.
3. Баевский Р.М., Кириллов О.Н., Клецкин С.З. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. – М.: Наука, 1984. – 220 с.
4. Байгужин П.А. Закономерности психофизиологической адаптации организма студенток с различной пластичностью нервной системы в условиях учебно-профессиональной деятельности: автореф. дисс. ... докт. биол. наук. – Челябинск, 2012. – 47 с.
5. Будук-оол Л.К., Айзман Р.И. Сравнительная динамика показателей кардиореспираторной системы студентов южно-сибирского региона // Российский медико-биологический вестник им. Акад. И.П. Павлова. – 2008. – № 4. – С. 28-34.
6. Дубровинская Н.В., Фарбер Д.А., Безруких М.М. Психофизиология ребенка: Психофизиологические основы детской валеологии: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – М.: ВЛАДОС, 2000. – 144 с.
7. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца. Опыт практического применения метода. – Иваново, 2000. – 200 с.
8. Наумова В.В., Земцова Е.С. Медленные колебания гемодинамики у юношей и девушек в условиях покоя // БЮЛЛЕТЕНЬ СО РАМН. – 2008. – № 6 (134). – С. 174-181.
9. Судаков К.В. Индивидуальность эмоционального стресса // Журнал неврологии и психиатрии. – 2005. – Т. 105, № 2. – С. 4-12.
10. Судаков К.В. Избранные труды. Развитие теории функциональных систем. – М., 2007. – Т.1. – 343 с.
11. Флейшман А.Н. Медленные колебания гемодинамики. – Новосибирск: Наука, 1998. – 264 с.
12. Хаспекова Н.Б. Диагностическая информативность мониторингования вариабельности ритма сердца // Вестник аритмологии. – 2003. – Т. 32. – С. 15.
13. Щербатых Ю.В. Экзаменационный стресс: диагностика, течение и коррекция. – Воронеж, 2000. – 168 с.
14. Malliani A., Lombardi P., Pagani M. Power spectrum analysis of heart rate variability: a tool to explore neural regulatory mechanisms // Br. Heart J. – 1994. – V. 7. – P. 1-2.

ОСОБЕННОСТИ АВТОНОМНОЙ НЕРВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ, ЦЕНТРАЛЬНОГО И ПЕРИФЕРИЧЕСКОГО ОТДЕЛОВ КРОВООБРАЩЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ АДАПТАЦИИ К РАЗНОГО ВИДА НАГРУЗКАМ У ПОДРОСТКОВ 10-11 ЛЕТ

Шарапов А.Н., Безобразова В.Н., Догадкина С.Б.¹,
Кмить Г.В., Рублева Л.В., Лукьянчиков В.С.
ФГНУ Институт возрастной физиологии РАО

Проведено комплексное исследование автономной нервной регуляции сердечного ритма, биоэлектрических характеристик миокарда, сократительной функции миокарда и мозгового кровообращения у подростков 10-11 лет. Выявлены достоверные половые различия в значениях частотных характеристик вариабельности сердечного ритма, в фазовой структуре сердечного цикла и показателях ЭКГ у детей 10-11 лет. У девочек 10-11 лет по сравнению с мальчиками того же возраста отмечена более высокая суммарная активность нейрогуморальных влияний на сердечный ритм с преобладанием парасимпатических влияний. Срочная адаптация сердечно-сосудистой системы к динамической физической нагрузке у подростков 10-11 лет характеризуется уменьшением общей длительности сердечного цикла, времени предсердно-желудочковой проводимости, систолы и диастолы. Существенное снижение длительности сердечного цикла, происходящее за счет уменьшения продолжительности систолы и времени диастолы, свидетельствует о некотором напряжении механизмов адаптации сердечно-сосудистой системы к физической нагрузке. Срочная адаптация кровообращения головного мозга к умственной нагрузке у большинства мальчиков и девочек 10-11 лет носила благоприятный характер и сопровождалась существенным увеличением артериального притока, снижением тонуса мозговых артерий в лобных областях головного мозга. У части детей (21,0-21,7%) выявлено напряжение механизмов регуляции: снижение артериального притока, повышение тонуса мозговых артерий крупного и среднего калибра.

Ключевые слова: *сердечно-сосудистая система, ЭКГ, фазовая структура сердечного цикла, кровообращение головного мозга, динамическая физическая нагрузка, умственная нагрузка, подростковый возраст, адаптация*

Peculiarities of autonomic nervous regulation, central and peripheral blood systems in 10-11 year old children while adapting to different work. *The complex study of autonomic nervous regulation of heart rate, bioelectric characteristics of the myocardium, myocardial contractile function and cerebral blood flow was conducted on 10-11 year old teenagers. There were found out reliable sex differences among 10-11 year old children in heart rate frequency, in the phase structure of cardiac cycle and ECG indices. Girls aged 10-11 years old, in comparison with boys of the same age, demonstrated stronger summative neurohumoral influences on the heart rate, with predominant parasympathetic influences. Immediate adaptation of cardio-vascular system to dynamic physical work in teenagers of this age is characterized by shorter overall cardiac cycle,*

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

time of atrioventricular conduction, systole and diastole. Significant decrease of time of cardiac cycle, resulting from shorter systole and diastole, is a sign of certain tension in adaption of cardio-vascular system to physical work. Immediate adaptation of cerebral blood flow to mental tasks in most 10-11 year old boys and girls was favorable and was paired with significant growth of arterial flow, lower tone of cerebral arteries in frontal lobe. Some children (21,0-21,7 %) demonstrated tension in regulation mechanisms: lower arterial flow, higher tone in large and medium cerebral arteries.

Keywords: *cardiovascular system, ECG, phase structure of the heart, brain blood circulation, dynamic exercise, mental tasks, adolescence, adaptation*

Деятельность сердца и сосудов в подростковом возрасте имеет свои особенности, в значительной мере связанные с изменением гормонального статуса и автономной нервной регуляции сердечного ритма. Именно в этом периоде происходят бурные процессы роста и созревания в организме подростков, которые могут сопровождаться несбалансированностью формирования различных отделов сердечно-сосудистой системы, что может привести к напряжению процессов адаптации. Целью исследования явилось изучение функционального состояния и адаптационных возможностей сердечно-сосудистой системы к нагрузкам разного вида у подростков 10-11 лет.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Обследовано 40 детей (20 мальчиков и 20 девочек) 10-11 лет – учащихся общеобразовательной школы № 27 г. Москвы. Проведено комплексное исследование автономной нервной регуляции сердечного ритма, биоэлектрических характеристик миокарда, сократительной функции миокарда, мозгового кровообращения. Исследования проводились с письменного согласия родителей.

Автономную нервную регуляцию сердечного ритма (СР) оценивали методом спектрального анализа вариабельности ритма сердца (ВРС). В работе представлены наиболее информативные и интегральные показатели: общая мощность спектра (ТР, $\text{мс}^2/\text{Гц}$), очень низкочастотный диапазон спектра (VLF, $\text{мс}^2/\text{Гц}$); низкочастотные колебания (LF, $\text{мс}^2/\text{Гц}$); высокочастотные колебания (HF, $\text{мс}^2/\text{Гц}$); индекс вагосимпатического взаимодействия (LF/HF, усл. ед.); отношение LF/HF – характеризующее баланс симпатических и парасимпатических влияний.

Для определения показателя «адаптационные резервы» (АР), отражающего степень активации симпатоадреналовой системы относительно исходного уровня и реактивность парасимпатического отдела АНС, в качестве функционального теста применяли активную ортостатическую пробу [17].

Возбудимость и проводимость миокарда изучали методом электрокардиографии. Регистрация ЭКГ осуществлялась в 12 общепринятых отведениях. Длительность интервалов и зубцов ЭКГ определяли в II стандартном отведении. Анализировали: длительность сердечного цикла RR,с; продолжительность предсердно-желудочковой проводимости PQ,с; продолжительность внутрижелудочковой проводимости QRS,с; длительность электрической систолы желудочков QT,с; длительность зубцов P,с, Q,с и R,с; амплитуда зубцов P,мм, Q,мм, R,мм, S,мм, T,мм.

Сократительную функцию миокарда изучали методом поликардиографии. В ходе исследования проводилась синхронная регистрация ЭКГ (во II стандартном

отведении), фонокардиограммы (с точки Боткина) и каротидной сфигмограммы с использованием прибора Поли-Спектр-12. Анализ поликардиограммы базировался на сопоставлении элементов записанных кривых во времени по методике В.Л. Карпмана [9]. С помощью компьютерной обработки кривых вычисляли: продолжительность сердечного цикла (R-R), фазу асинхронного сокращения (ФАС), фазу изометрического сокращения (ФИС), период напряжения (Т), период изгнания (Е), механическую систолу (Sm), общую систолу (So), электрическую систолу (Sэ), диастолический интервал (D). Все величины измеряли в миллисекундах. Помимо указанных показателей, получаемых при непосредственном анализе кривых, определяли ряд производных или относительных величин: индекс напряжения миокарда (ИНМ); внутрисистолический показатель (ВСП); механический коэффициент Блумбергера.

Для оценки состояния мозгового кровообращения использовался метод биполярной реоэнцефалографии [33]. 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.

Вычислялись следующие параметры: амплитуда пульсовой волны (А, ом), показатели, характеризующие тонус артерий головного мозга большого и среднего калибра (а/Т, %) и малого калибра (дикротический индекс, di %), АЧП, у.е. – амплитудно-частотный показатель (отражает кровоток в единицу времени), а также частота сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин).

В качестве функциональной пробы использовалась умственная нагрузка, которая заключалась в выполнении испытуемыми устного счета в течение 10 минут: давалось задание от 200 вычитать 7. Регистрация изучаемых параметров проводилась на следующих этапах эксперимента: в состоянии покоя, на 10-й минуте выполнения задания.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты оценки вариабельности сердечного ритма у детей 10-11 лет представлены в таблице 1.

У большинства детей ритмограмма ВРС характеризуется хорошо выраженными волнами короткого, длинного и очень длинного периодов. Наибольший вклад в регуляцию сердечного ритма у детей 10-11 лет вносит парасимпатическая система (фоновая ваготония покоя). Данный вариант регуляции сердечного ритма отражает хорошее физическое состояние и стрессоустойчивость организма.

Спектральный анализ ВРС выявил половые различия в значениях показателей спектрального анализа у детей 10-11 лет. Отмечены достоверно более высокие значения показателей $HF(m^2)$ и $TP(m^2)$ у девочек по сравнению с мальчиками. У девочек отмечаются достоверно более высокие значения высокочастотных колебаний в абсолютных единицах и процентах. Показатель отношения низкочастотных колебаний к высокочастотным достоверно ниже у девочек 10-11 лет, что свидетельствует о преобладании у них парасимпатических влияний в регуляции сердечного ритма (табл. 1).

Таким образом, исследование вариабельности сердечного ритма детей 10-11 лет в состоянии относительного покоя показало, что значения спектральных и временных показателей ВРС соответствуют таковым, приводимым в ряде исследований [5,17] и указанным в международных стандартах [36]. У детей 10-11 лет выявлены достоверные половые различия в значениях частотных и временных показателей вариабельности сердечного ритма (ВРС). Так, показана более высокая суммарная активность нейрогуморальных влияний на сердечный ритм за счет достоверно более высоких величин показателей низко- и высокочастотных колебаний ВРС у девочек 10-11 лет, что свидетельствует о большей устойчивости девочек данного возраста к стрессирующим факторам в сравнении с мальчиками этого же возраста.

Таблица 1

Показатели спектрального анализа вариабельности сердечного ритма у учащихся 10-11 лет в покое и в ответ на ортостатическую пробу ($M \pm m$)

Группы	Состояние	TP, мс ²	VLF, мс ²	LF, мс ²	HF, мс ²	LF п.у.	HF п.у.	LF/HF п.у.	%VLF	%LF	%HF
М	покой	3589 ±675,1	950,5 ±115,2	885,0 ±169,9	1408,5 ±429,9	39,05 ±3,1	60,95 ±3,1	0,645 ±0,13	22,1 ±2,67	26,1 ±2,1	48,6 ±3,2
	ортостаз	5337 ±697,4	2098,0 ±422,6	1585,0 ±247,4	965,0 ±167,3	65,5 ±2,8	34,5 ±2,82	1,91 ±0,32	47,0 ±2,98	36,5 ±2,56	18,5 ±1,9
Д	покой	5531,0 * ±1059	936,0 ±279,1	1541,0 ±187,1	2142,0 * ±886,0	31,1 ±4,05	68,9 ±4,1	0,452 * ±0,14	23,9 ±3,7	24,4 ±2,6	47,1 ±4,8
	ортостаз	3060,1 * ±509,8	1550 * ±268,7	1096 * ±196,5	537,0 * ±144,3	64,2 * ±2,8	37,3 * ±2,8	1,8 ±0,26	42,2 * ±2,9	35,2 ±1,7	19,3 * ±2,4

Примечание: * – достоверность различий между показателями у мальчиков и девочек; # – достоверность различий между показателями в покое и во время ортостаза

Ортостатическая проба является одним из наиболее простых и безопасных функциональных тестов, который позволяет оценить резервные возможности системы регуляции кровообращения. Исследование вариабельности сердечного ритма при ортостатической пробе позволяет получить информацию о состоянии различных звеньев регуляторного механизма и об общей адаптационной реакции организма.

Анализ спектральных характеристик сердечного ритма (табл.1) выявил у всех детей существенное снижение мощности высокочастотного компонента спектра ВРС (в абсолютных, относительных единицах и в процентах), выраженное в большей степени у девочек, у мальчиков также отмечено достоверное повышение мощности очень низкочастотного и низкочастотного компонентов спектра ВРС. У всех испытуемых показатель отношения абсолютных значений LF и HF (LF/ HF) при ортопробе достоверно повышался.

У детей обоего пола выявлен существенный сдвиг автономной нервной регуляции в сторону симпатических влияний, что свидетельствует об адекватной ре-

акции АНС на ортостатическое воздействие [4, 7, 17, 26, 38].

На основании реакции сердечного ритма на активную ортостатическую пробу и характера спектра мощности ВРС были рассчитаны показатели функционального состояния, адаптационных резервов и физиологического состояния [17] (табл.2).

Таблица 2

Показатели адаптационных возможностей организма у детей 10-11 лет (M±m)

Группы	Функциональное состояние	Адаптационные резервы организма	Уровень функционирования ФС	ИАП
М	7.5±1,2	5,5±0,9	4,0±0,2	56,27±3,24
Д	12,0*±1,3	7,0*±0,8	4,0±0.18	62,37±4,9

Примечание: * – достоверность различий между показателями у мальчиков и девочек.

Более высокие значения показателей функционального состояния и адаптационных резервов организма выявлены у обследованных девочек 10-11 лет. У девочек 10-11 лет выявлено достоверное увеличение показателя адаптационного потенциала, рассчитанного по показателям временного и спектрального анализа ВРС в состоянии покоя, что свидетельствует о более высоком расходе адаптационных ресурсов у девочек в сравнении с мальчиками. Данный показатель характеризует расходование адаптационных ресурсов и у взрослых характеризует хорошее функциональное состояние организма при значениях менее 50 единиц [22].

По показателю LF/HF, характеризующему соотношение симпатических и парасимпатических влияний, все обследуемые дети были разделены на 3 группы. Дети с LF/HF > 1,0 составили 1-группу (с преобладанием симпатических влияний в регуляции сердечного ритма), дети с LF/HF от 0.5 до 0.9 составили 2 группу (со сбалансированной регуляцией сердечного ритма) и дети с LF/HF < 0.5 составили 3 группу (с преобладанием парасимпатических влияний в регуляции сердечного ритма).

В таблице 3 приведены показатели спектрального анализа ВРС у детей 10-11 лет с разным типом регуляции сердечного ритма.

Дети с преобладанием симпатической активности в регуляции сердечного ритма характеризуются достоверно более низкой общей мощностью спектра за счет более низкой мощности высокочастотного компонента ВРС (HF). У детей с преобладанием симпатических влияний в сравнении с детьми с преобладанием парасимпатических влияний структура симпатико-парасимпатического воздействия на сердечный ритм характеризуется большим вкладом в регуляцию СР центральных эрготропных и симпатических влияний.

Реакция сердечного ритма на ортостатическую пробу у детей 1-ой группы характеризуется отсутствием достоверной реакции низко- и высокочастотных колебаний на ортостатическое воздействие (табл.3), что свидетельствует о

преобладании неадекватной реакции на ортопробу и низких адаптационных возможностях у детей данной группы. У детей 2-ой группы отмечена адекватная реакция сердечного ритма на ортостаз со снижением высокочастотных компонентов и увеличением низкочастотных колебаний, а также оптимальным снижением показателей временного анализа ВРС, характеризующих парасимпатическую активность. У детей 3 группы отмечено существенное снижение мощности спектра высокочастотных и увеличение мощности низкочастотных колебаний.

Таблица 3

Показатели спектрального анализа variability сердечного ритма у подростков 10-11 лет с разным типом автономной нервной регуляции (M±m)

тип АНР	Состояние	TP мс ²	VLF мс ²	LF мс ²	HF мс ²	LF n.u.	HF n.u.	LF/HF n.u.	VLF %	LF %	HF%
1	покой	3509,6 ±583,2	1054,3 ±168,1	1481,8 ±210,1	973,6 ±146,7	59,7 ±2,3	40,2 ±2,3	1,62 ±0,17	31,9 ±3,9	40,5 ±2,4	27,6 ±2,7
	ортостаз	3350,0 ±410,1	1481,0 ±182,8	1315,5 ±199,0	552,8 ±90,4	68,2 ±2,9	31,7 ±2,9	2,90 ±0,41	40,9 ±4,0	40,1 ±4,1	19,9 ±3,0
2	покой	3070,0 ±560,6*	855,3 ±122,0	921,7* ±183,4	1292,6 ±292,4	42,6 ±1,4	57,3* ±1,4	0,757* ±0,04	31,4 ±3,8	28,9* ±1,4*	39,7* ±1,6
	ортостаз	5900,6# ±568,5	2736,0# ±444,0	2054,3# ±248,6	1110,1 ±248,0	67,2# ±2,2	32,8# ±2,2	2,2# ±0,08	47,4# ±3,7	17,9# ±2,4	7,1# ±1,4
3	покой	7691,6* ±557,6	1333,1* ±91,8	1429,1 ±195,6	4869,0* ±318,0	24,0* ±1,6	75,9* ±1,6	0,326* ±0,03	19,9* ±2,1	18,9* ±1,3	61,2* ±3,1
	ортостаз	4944# ±626,	2183# ±282,6	1584 ±218,0	1176,6# ±157,2	57,1# ±3,2	42,8# ±3,2	1,57# ±0,08	41,6# ±2,8	33,4# ±2,4	25,0# ±2,3

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

Таким образом, при ортостатическом воздействии у детей 10-11 лет независимо от пола существенно изменяется симпато-парасимпатический баланс: усиливается преобладание симпатических влияний на сердечный ритм. Структура реакции показателей ВРС на ортостатическое воздействие определяется типом вегетативной нервной регуляции. У детей 10-11 лет с преобладанием симпатических влияний на ритм сердца выявлена неадекватная реакция на ортостатическую пробу, с незначительным снижением всех составляющих спектра, что указывает на сниженные адаптационные возможности у детей данной группы. У детей с сбалансированным и парасимпатическим типом автономной нервной регуляции сердечного ритма выявлен относительный рост низкочастотного и снижение высокочастотного показателей спектра ВРС, что указывает на активное включение вазомоторного центра в процесс регуляции сосудистого тонуса.

Состояние симпато-парасимпатического баланса АНС во многом определяет адаптационные возможности ребенка. Дети с преобладанием симпатических

нервных влияний на ритм сердца характеризуются сниженными адаптационными возможностями организма.

Проведенный нами анализ ЭКГ показал, что абсолютные значения большинства показателей ЭКГ обследованных детей в целом соответствуют возрастным нормативам, представленным в литературе [14, 19, 18, 25, 31]. Данные о длительности интервалов и амплитуде зубцов ЭКГ представлены в таблицах 4. 5.

Таблица 4

Временные характеристики основных зубцов и интервалов ЭКГ детей 10-11-летнего возраста в покое и при нагрузке ($M \pm m$)

Показатели								
Пол	Состояние	R-R, с	P-Q, с	QRS, с	QT, с	P, с	Q, с	R, с
М	покой	0,763± 0,0531	0,136± 0,0034	0,098± 0,0013	0,377± 0,0174	0,101± 0,0023	0,011± 0,0027	0,055± 0,0057
	нагр	0,737±* 0,0371	0,135± 0,0033	0,098± 0,0013	0,374±* 0,0135	0,105± 0,0013	0,013± 0,0027	0,049± 0,0047
Д	покой	0,831± 0,0531	0,126± 0,0034	0,097± 0,0014	0,391± 0,0173	0,096± 0,0023	0,009± 0,0027	0,052± 0,0042
	нагр	0,795±* 0,0371	0,124± 0,0033	0,097± 0,0013	0,379±* 0,0135	0,099± 0,0013	0,011± 0,0028	0,050± 0,0047

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

Таблица 5

Амплитудные характеристики основных зубцов ЭКГ детей 10-11-летнего возраста в покое и при нагрузке ($M \pm m$)

Пол	Сост	Отвед.	Показатели				
			P, мм	Q, мм	R, мм	S, мм	T, мм
М	покой	II	0,888 ±0,046	-0,266 ±0,062	10,416 ±0,514	-1,400 ±0,184	4,183 ±0,174
		V1	0,626 ±0,046	0	4,184 ±0,444	-8,694 ±0,743	-0,826 ±0,244
		V2	0,721 ±0,043	0	7,357 ±0,454	-13,268 ±1,024	4,668^ ±0,343
		V3	0,642 ±0,045	0	7,442 ±0,704	-11,205 ±0,749	4,847 ±0,429
		V4	0,673 ±0,032	-0,084 ±0,112	14,905 ±0,749	-8,036 ±0,597	6,500 ±0,266
		V5	0,594 ±0,024	-0,536 ±0,114	14,715 ±0,543	-3,700 ±0,344	5,847 ±0,184
		V6	0,560 ±0,044	-0,670 ±0,144	12,333 ±0,444	-1,510 ±0,148	4,726 ±0,249
		нагр	II	1,038* ±0,073	-0,294 ±0,063	10,438 ±0,318	-1,827* ±0,130
	V1	0,621	0	4,505	-9,336	-0,894	

			±0,063		±0,403	±0,753	±0,230
		V2	0,652 ±0,033	0	7,836 ±0,539	-19,631* ±1,042	3,726* ±0,319
		V3	0,568 ±0,033	0	8,563 ±0,636	-16,189* ±0,937	5,242* ±0,356
		V4	0,621 ±0,039	-0,163 ±0,103	15,073 ±0,847	-8,431 ±0,633	7,363* ±0,239
		V5	0,578 ±0,033	-0,689 ±0,123	15,284 ±0,632	-3,200* ±0,311	5,826 ±0,330
		V6	0,557 ±0,036	-0,810 ±0,103	11,452 ±0,350	-1,210* ±0,139	4,026* ±0,230
Д	покой	II	1,090 ±0,066	-0,310 ±0,062	9,736 ±0,417	-1,489 ±0,145	3,757 ±0,154
		V1	0,588 ±0,036	0	4,566 ±0,435	-8,972 ±0,665	-0,794 ±0,265
		V2	0,694 ±0,033	0	7,733 ±0,556	-10,966 ±1,026	3,711 ±0,363
		V3	0,677 ±0,026	0	8,461 ±0,606	-9,188 ±0,666	4,311 ±0,229
		V4	0,694 ±0,033	-0,222 ±0,113	13,016 ±0,639	-6,405 ±0,437	5,333 ±0,234
		V5	0,666 ±0,024	-0,577 ±0,114	12,433 ±0,574	-1,922 ±0,246	4,600 ±0,125
		V6	0,616 ±0,023	-0,622 ±0,143	10,883 ±0,436	-1,038 ±0,123	4,122 ±0,223
	нагр	II	1,196* ±0,071	-0,322 ±0,062	9,644 ±0,518	-1,666 ±0,190	3,383* ±0,171
		V1	0,505 ±0,063	0	4,588 ±0,403	-9,629 ±0,733	-0,788 ±0,230
		V2	0,634 ±0,032	0	7,976 ±0,579	-17,452* ±1,042	2,547 ±0,419
		V3	0,635 ±0,033	0	8,747 ±0,676	-13,047* ±0,967	4,164 ±0,356
		V4	0,682 ±0,029	-0,135 ±0,102	13,364 ±0,847	-7,323* ±0,643	5,782 ±0,279
		V5	0,653 ±0,033	-0,594 ±0,133	12,929* ±0,693	-2,594* ±0,313	4,576 ±0,230
		V6	0,602 ±0,033	-0,670 ±0,103	10,952 ±0,430	-1,270* ±0,193	3,600* ±0,220

Примечания: * - достоверность различий по сравнению с покоем.

Динамическая нагрузка вызывала у детей 10-11-летнего возраста следующие изменения ЭКГ (табл.4,5). Достоверно уменьшались общая длительность сердечного цикла, электрическая систола и время предсердно-желудочковой проводимости. Также в ответ на нагрузку как у мальчиков, так и у девочек, происходило достоверное увеличение зубца P_{II} и уменьшение зубца T_{II}. Уменьшение общей длительности сердечного цикла, времени предсердно-желудочковой проводимости и электрической систолы в ответ на нагрузку свидетельствует об усилении влияний на миокард со стороны симпатического отдела автономной нервной системы.

Увеличение амплитуды зубца Р связано, вероятно, с интенсификацией деятельности предсердий в ответ на нагрузку.

В исследовании была также изучена частота встречаемости некоторых функциональных изменений ЭКГ у детей 10-11 лет. Частота встречаемости аритмий составляла 16 % у мальчиков и 22 % – у девочек. Синусовая тахикардия наблюдалась в среднем у 15 % детей обоего пола. Синусовая брадикардия отмечалась у 2-4% школьников 10-11 лет. Нарушения внутрижелудочковой проводимости регистрировались в 13 % случаев. Нарушения процессов реполяризации миокарда наблюдались у 10 % школьников. В целом, частота встречаемости функциональных изменений ЭКГ у детей 10-11 лет существенно уменьшается по сравнению с младшими школьниками.

Нарушения сердечного ритма могут быть связаны с процессами формирования механизмов вегетативной регуляции сердца. В частности, тахикардия возможно обусловлена положительным хронотропным эффектом со стороны симпатических нервов. Такие функциональные изменения миокарда, как нарушения проведения в предсердиях, электрическая альтернация, нарушения внутрижелудочковой проводимости, нарушения процессов реполяризации миокарда связаны, вероятно, с морфологическим и функциональным созреванием сердечной мышцы на определенных этапах онтогенеза, а также с гетерохронностью процессов роста и развития сердца.

Изучение сократительной функции миокарда показало, что основной тенденцией изменения структуры сердечного цикла с возрастом является увеличение продолжительности фаз и периодов сердечного цикла [1, 8, 13, 20, 23, 27, 29].

В результате проведенного поликардиографического исследования получены данные по продолжительности основных фаз и периодов сердечного цикла у подростков 10-11 лет (таблица 6, 7). Исследование показало, что, полученные величины параметров сократительной функции миокарда детей 10-11 лет соответствуют литературным данным [8, 13, 23, 29]. Выявлено, что абсолютные величины ряда параметров сократительной функции миокарда значительно не отличались у мальчиков и девочек этого возраста, однако у девочек общая и электрическая систолы были существенно продолжительнее, чем у мальчиков. По данным ряда авторов [23, 27, 29] половые различия начинают проявляться с 10-летнего возраста.

Таблица 6

*Длительность фаз сердечного цикла у подростков 10-11 лет
в состоянии относительного покоя ($M \pm m$)*

ПАРАМЕТРЫ									
Пол	R-R, мс	ФАС, мс	ФИС, мс	T, мс	E, мс	Sm, мс	So, мс	Sэ, мс	Д, мс
М	761.5 ±24.1	58.1 ±1.6	26.4 ± 1.3	84.5 ± 2.0	243.7 ±8.4	270.2 ±5.1	328.3 ±4.8	336.9 ±4.6	436.4 ±23.9
Д	799.4 ±34.2	59.5 ±2.2	27.7 ±1.4	87.7 ±2.8	251.3 ±5.4	279.0 ±5.3	342.3 ±4.8*	351.8 ±4.6*	458.5 ±34.3

Таблица 7

*Поликардиографические индексы у подростков 10-11 лет
в состоянии относительного покоя ($M \pm m$)*

Пол	ВСП, %	ИНМ, %	МК, ед
М	90.0±0.73	25.9±1.09	2.9±0.14
Д	90.0±0.58	25.9±0.90	2.9±0.13

Для более полной оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы и характеристики сократительной функции миокарда подростков 10-11 лет было проведено изучение реакции центрального звена системы кровообращения на дозированную физическую нагрузку (табл. 8, 9).

Таблица 8

*Изменение длительности фаз сердечного цикла
при физической динамической нагрузке у подростков 10-11 лет ($M \pm m$)*

Момент исслед.	пол	R-R	ФАС	ФИС	T	E	Sm	So	Sэ	Д
Покой	М	761.5 ±24.1	58.1 ±1.6	26.4 ± 1.3	84.5 ± 2.0	243.7 ±8.4	270.2 ±5.1	328.3 ±4.8	336.9 ±4.6	436.4 ±23.9
Сразу после нагрузки		667.0 ±16.9*	61.3 ±2.25	25.2 ±1.8	86.5 ±2.94	201.7 ±7.86*	226.7 ±6.8*	238.1 ±6.3*	311.2 ±3.6*	373.9 ±17.3*
Покой	Д	799.4 ±34.2	59.5 ±2.2	27.7 ±1.4	87.7 ±2.8	251.3 ±5.4	279.0 ±5.3	342.3 ±4.8	351.8 ±4.6	458.5 ±34.3
Сразу после нагрузки		660.0 ±24.8*	58.5 ±1.9	25.2 ±1.8	83.7 ±2.8	213.3 ±5.9*	238.5 ±4.6*	297.0 ±5.3*	308.3 ±6.5*	362.8 ±23.7*

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

Таблица 9

*Изменение поликардиографических индексов
при физической динамической нагрузке у подростков 10-11 лет ($M \pm m$)*

Момент исслед.	пол	ВСП, %	ИНМ, %	МК, ед
Покой	М	90.0±0.73	25.9±1.09	2.9±0.14
Сразу после нагрузки		88.4±1.1	30.5±1.45*	2.4±0.16*
Покой	Д	90.0±0.58	25.9±0.90	2.9±0.13
Сразу после нагрузки		89.1±1.06	28.4±1.2	2.6±0.12

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

При изучении реакции сократительной функции миокарда на физическую динамическую нагрузку было показано, что у подростков 10-11 лет происходят существенные перестройки фазовой структуры сердечного цикла. Анализ результатов показал, что динамическая физическая нагрузка у детей обоего пола вызывает существенное снижение длительности сердечного цикла и диастолической паузы. Отмечено значительное укорочение механической, электрической и общей систол.

Помимо этого у мальчиков данного возраста в ответ на физическую динамическую нагрузку отмечено достоверное увеличение индекса напряжения миокарда ($t=2.5$) и снижение величины механического коэффициента ($t=2.3$).

Основным механизмом уменьшения длительности сердечного цикла при физической работе считают снижение тонуса блуждающих нервов и увеличение симпатических влияний на сердце. Отмеченное достоверное снижение длительности сердечного цикла, происходящее за счет уменьшения продолжительности систолы и времени диастолы, свидетельствует о некотором напряжении краткосрочной адаптации сердечно-сосудистой системы к физической нагрузке. При индивидуальном анализе было установлено, что у 20-23 % мальчиков и девочек 10-11 лет на физическую динамическую нагрузку отмечался фазовый синдром гипердинамии миокарда, который проявлялся в укорочении фазы изометрического сокращения, снижении времени изгнания крови и механической систолы.

У 10% девочек и 20 % мальчиков отмечен фазовый синдром гиподинамии миокарда, т. е. удлинение периода напряжения за счет фазы изометрического сокращения, снижение времени изгнания крови и механической систолы, а также увеличение индекса напряжения миокарда. У остальных детей фазовый синдром на нагрузку не определен, изменения показателей структуры сердечного цикла носили разнонаправленный характер.

Предполагается, что гипердинамический синдром перестройки сократительной функции миокарда является результатом повышенной активности симпатического отдела вегетативной нервной системы, а гиподинамический – парасимпатического отдела [8, 15, 16, 24, 29]. Гипердинамический тип реакции является, по мнению ряда авторов, более благоприятным и свидетельствует о хороших функциональных резервах сердца [9, 10, 29].

Результаты изучения кровообращения головного мозга не показали достоверных различий изученных показателей между мальчиками и девочками, как в 10, так и в 11 лет, а также не выявили достоверных различий значений параметров мозгового кровообращения между испытуемыми 10 и 11 лет. Все испытуемые были объединены в единую группу.

Для характеристики функционального состояния мозгового кровообращения детей 10-11 лет нами использована умственная нагрузка (табл. 10)

У всех испытуемых 10-11 лет умственная нагрузка сопровождалась достоверным снижением дикротического индекса (di) (табл. 10).

Таблица 10

*Динамика показателей мозгового кровообращения детей 10-11 лет
при действии умственной нагрузки (M±m)*

Группа	Показатели									
	А, Ом		АЧП, у.е.		di, %		a/T, %		ЧСС, уд/м	
	ИС	Н	ИС	Н	ИС	Н	ИС	Н	ИС	Н
Общая	0,245	0,234	3,53	3,46	58,3	51,5	19,6	20,1	85,8	90,2
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,011	0,012	0,18	0,19	1,23	1,34*	0,74	0,79	2,48	3,11
1	0,233	0,231	3,28	3,48	58,5	51,5	19,4	18,9	83,5	90,1
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,011	0,010	0,17	0,14*	1,19	1,37*	0,32	0,29*	2,67	2,64
2	0,244	0,231	4,36	3,38	57,6	49,4	20,4	24,1	93,6	105,1
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,012	0,011	0,16	0,12*	1,21	1,28*	0,28	0,19*	2,61	2,56*

*Примечание И.С. – исходное состояние; Н – умственная нагрузка; * – достоверные отличия показателей по сравнению с исходным состоянием; 1 группа – дети с увеличением АЧП; 2 группа – дети со снижением АЧП.*

Следовательно, краткосрочная адаптация мозгового кровообращения к умственной нагрузке характеризовалась существенным снижением тонуса мозговых артерий малого калибра, что соответствует результатам изучения мозгового кровообращения у детей школьного возраста при различных видах умственной деятельности [2, 21]. Результаты нашего исследования согласуются с данными комплексных электро- и реоэнцефалографических исследований при различных видах умственной деятельности у детей и взрослых испытуемых показавших, что повышение функциональной активности отдельных областей головного мозга сопровождается развитием регионарной функциональной гиперемии [11, 12, 37].

Таким образом, выявленное у детей 10-11 лет снижение тонического напряжения церебральных артерий малого калибра является проявлением ауторегуляции мозгового кровотока, направленной на поддержание адекватного кровоснабжения нервной ткани при повышении ее функциональной активности во время умственной деятельности.

Разнонаправленные изменения остальных показателей РЭГ обусловили проведение индивидуального анализа в соответствии с динамикой показателя АЧП. Все испытуемые были разделены на 2 группы. В группу 1 вошли дети с увеличением АЧП (77,3 % мальчиков и 79,0 % девочек). Группу 2 составили испытуемые со снижением АЧП (22,7 % мальчиков и 21,0 % девочек).

Умственная нагрузка вызывала у испытуемых 1 группы (табл. 10) достоверное повышение показателя АЧП, снижение дикротического индекса и a/T. Следовательно, реакция мозгового кровообращения характеризовалась существенным увеличением артериального притока, снижением тонуса мозговых артерий крупного, среднего и малого калибра в лобных областях головного мозга. Выявленные

изменения кровообращения головного мозга согласуются с результатами исследований у детей младшего школьного возраста и подростков, показавших возрастание пульсового кровенаполнения, объемного мозгового кровотока и снижение тонического напряжения церебральных артерий при различных видах умственной деятельности [2, 3]. Выявленные у детей 10-11 лет изменения мозгового кровообращения при умственной деятельности (возрастание артериального притока и снижение тонуса церебральных артерий в лобных областях головного мозга) свидетельствуют об отсутствии значительного напряжения механизмов регуляции. Это согласуется с результатами исследований, показавших, что данная реакция системы мозгового кровообращения на умственную деятельность не сопровождается существенным напряжением механизмов адаптации [3, 6, 21].

У детей 2 группы наблюдалось достоверное снижение АЧП, дикротического индекса и возрастание a/T , а также достоверное увеличение ЧСС (табл.10). Следовательно, реакция мозгового кровообращения характеризовалась снижением артериального притока, повышением тонуса крупных и средних мозговых артерий в лобных областях головного мозга на фоне значительного возрастания ЧСС.

Отмеченное снижение артериального притока и повышение тонуса церебральных артерий крупного калибра можно характеризовать как проявление реакции ауторегуляции мозгового кровообращения, обусловленное изменениями параметров центральной гемодинамики [34, 35]. Выявленное повышение тонического напряжения церебральных артерий характеризует напряжение механизмов регуляции мозгового кровообращения при умственной деятельности, что соответствует результатам исследований, проведенных у взрослых людей и школьников [3, 28, 30].

Выявленные изменения изученных параметров мозгового кровообращения указывают на генерализованный характер реакции сердечно-сосудистой системы, что в условиях умственной деятельности характеризует напряжение механизмов адаптации системы кровообращения [3, 21, 30, 32].

ВЫВОДЫ

1. У детей 10-11 лет наблюдаются достоверные половые различия в значениях частотных показателей вариабельности сердечного ритма. У девочек в сравнении с мальчиками отмечена более высокая активность парасимпатического отдела автономной нервной системы, что свидетельствует о более высоких адаптационных возможностях организма девочек. У мальчиков и девочек, характеризующихся сбалансированным и парасимпатическим типом регуляции вариабельности сердечного ритма, выявлены наиболее высокие адаптационные возможности и хорошее функциональное состояние организма.

2. Выявлены половые различия в фазовой структуре сердечного цикла и показателях ЭКГ у детей 10-11 лет. У девочек общая и электрическая систолы и продолжительность сердечного цикла были существенно больше, чем у мальчиков.

3. Динамическая физическая нагрузка приводит у детей 10-11 лет к интенсификации деятельности предсердий, а также уменьшению общей длительности сердечного цикла, времени предсердно-желудочковой проводимости и электрической систолы, что свидетельствует об усилении влияния на миокард со стороны симпатического отдела автономной нервной системы.

4. Динамическая физическая нагрузка у детей обоего пола вызывает существенное снижение длительности сердечного цикла и диастолической паузы, укорочение механической, электрической и общей систол. Существенное снижение длительности сердечного цикла, происходящее за счет уменьшения продолжительности систолы и времени диастолы, свидетельствует о некотором напряжении механизмов адаптации сердечно-сосудистой системы к физической нагрузке.

5. Срочная адаптация кровообращения головного мозга к умственной нагрузке у большинства мальчиков и девочек 10-11 лет носила благоприятный характер и сопровождалась существенным увеличением артериального притока, снижением тонуса мозговых артерий в лобных областях головного мозга. У части детей 10-11 лет (21,0-21,7%) срочная адаптация к умственной нагрузке характеризовалась напряжением механизмов регуляции: снижением артериального притока, повышением тонуса мозговых артерий крупного и среднего калибра при существенном возрастании частоты сердечных сокращений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамова Е.И. Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы детей школьного возраста (по данным механо- и поликардиографии): автореф. дис. ... канд. мед. наук. – М., 1970. – 24 с.

2. Безобразова В.Н. Динамика показателей мозгового и системного кровообращения у школьников 9-10 и лет под влиянием умственной нагрузки // Новые исследования по возрастной физиологии. – М., 1982. – Вып. 2.– С. 9-11.

3. Безобразова В.Н., Догадкина С.Б., Пономарева Т.А. Возрастное развитие периферического отдела сердечно-сосудистой системы // Физиология развития ребёнка: руководство по возрастной физиологии / под ред. М.М. Безруких, Д.А. Фарбер. – М. - Воронеж: МПСИ, 2010.– 767 с.

4. Берсенева И.А. Оценка адаптивных возможностей организма у школьников на основе анализа вариабельности сердечного ритма в покое и при ортостатической пробе: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – 2000. – 17 с.

5. Галеев А.Р. Взаимосвязь типа вегетативной регуляции и потребности в двигательной активности / А.Р. Галеев, Л.Н. Игишева – 2002. – <http://www.ortoplus.da.ru/>; ortoplus@mail.ru

6. Зиненко Е.С. Срочная адаптация центральной гемодинамики и кровообращения головного мозга детей дошкольного возраста к умственной нагрузке: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – М., 2010. – 19 с

7. Игишева, Л.Н. Возрастные индивидуально-типологические особенности вариабельности ритма сердца у детей и подростков / Л.Н. Игишева, А.Р. Галеев, Е.А. Анисова // Вестник аритмологии. – 2000. – № 18. – С. 86.

8. Индивидуальные особенности развития системы кровообращения школьников / Под ред. И.О. Тупицына. – М, 1995. – 64 с.

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

10. Кмить Г.В., Колодько О.Е. Влияние локальной статической нагрузки на сократительную функцию левого желудочка сердца у детей 6-7 лет // Физиология человека. – 1990. – Т. 16, № 3. – С. 55-58.

11. Князева М.Г. Кровообращение и биоэлектрическая активность мозга детей младшего школьного возраста при различных функциональных состояниях: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – М., 1979. – 16 с.
12. Князева М.Г. Соотношение показателей ЭЭГ и мозгового кровообращения подростков в покое и при умственной деятельности // Функционирование сердечно-сосудистой системы ребёнка в процессе развития и под влиянием учебной деятельности: Сборник научных трудов. – М., 1985. – С. 85-93.
13. Колесниченко С.М. Функциональное состояние миокарда левого желудочка у детей 7-12 лет (по данным эхо- и электрокардиографии): автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – М., 1988. – 18 с.
14. Справочник педиатра-кардиоревматолога / Под ред. Р.Э. Мазо. – Минск: Наука и техника, 1982. – 342 с.
15. Макаридзе О.В. Влияние орто- и антиортостатической пробы на фазы сердечного цикла левого и правого желудочков у здоровых лиц и больных ишемической болезнью сердца // Кардиология. – 2000. – Т. 40, № 7. – С. 22-26.
16. Меерсон Ф.З. Адаптация сердца к большой нагрузке и сердечная недостаточность. – М.: Наука, 1975. – 263 с.
17. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения. – Иваново: Иван. Гос. Мед. академия, 2002. – 290 с.
18. Мурашко Е.В. Стандартная электрокардиография в педиатрической практике // Лечащий врач. – 2005. – N 1. – С. 52-57.
19. Макаров Л. М., Киселева И. И., Долгих В. В. и др. Нормативные параметры ЭКГ у детей // Педиатрия. – 2006. – N 2. – С. 4-10.
20. Мchedlishvili Г.И. Регуляция мозгового кровообращения. – Тбилиси: Мецниереба, 1980. – 158 с.
21. Осколкова М.К. Кровообращение у детей в норме и патологии. – М., 1976. – 310 с.
22. Пономарёва Т.А. Срочная адаптация системы кровообращения детей младшего школьного возраста к работе на компьютере: автореф. дисс. канд. биол. наук. – М., 2005. – 20 с.
23. Пономарев С.Б. Способ оценки адаптационного потенциала организма человека. Описание изобретений к патенту. Патент № 2008105181/14. / Пономарев С.Б., А.А. Половникова, А.Б. Александров // Бюл. Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам. – 2009. – № 13. – С. 1-4.
24. Преснякова Н.М. Взаимосвязь сократительной функции миокарда с основными показателями гемодинамики у современных школьников 7-17 лет: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – М., 1979. – 24 с.
25. Прокофьева В.Н., Кузнецов В.И., Корневская А.А. Зависимость продолжительности фаз и периодов сердечного цикла у спортсменов от направленности тренировочного процесса // Физиология человека. – 2007. – Т. 33, № 6. – С. 71-78.
26. Рублева Л.В. Развитие основных функций миокарда детей 7-15 лет, проживающих в различных экологических условиях: дисс. ... канд. биол. наук. – М., 1999. – 188 с.
27. Рябыкина Г.В., Соболев А.В. Вариабельность ритма сердца. – М.: изд-во "Оверлей", 2001. – 200 с.

28. Сенько Ф.Н., Петров С.В. Адаптация сократительной функции миокарда к учебным нагрузкам у детей, начавших обучение с 6 лет // Материалы VII съезда Белорусского физиол. общества. – Витебск, 1987. – С. 219-220.
29. Соколов Е.И., Белова Е.В. Эмоции и патологии сердца. – М.: Наука, 1983. – 303 с.
30. Тупицын И.О. Возрастная динамика и адаптационные изменения сердечно-сосудистой системы школьников: автореф. дисс. ... докт. мед. наук. – М., 1986. – 42 с.
31. Фёдоров Б.М. Стресс и система кровообращения. – М.: Медицина, 1991. – 319 с.
32. Хомич М.М. Возрастные изменения временных показателей электрокардиограммы у детей // Вопр. соврем. педиатрии. – 2006. – № 2. – С. 17-19.
33. Шварков С.Б. Синдром вегетативной дистонии у детей и подростков: автореф. дисс. ... докт. мед. наук. – М., 1993. – 70 с.
34. Яруллин Х.Х. Клиническая реоэнцефалография. – М.: Медицина, 1983. – 217 с.
35. Aaslid R., Lash S.R., Bardy G.H. et al. Dynamic pressure – flow velocity relationships in the human cerebral circulation // Stroke. – 2003. – Vol. 34. – P. 326-341.
36. Hamner J.W., Michael A.C., Seiji M. Spectral indices of human cerebral blood flow control: responses to augmented blood pressure oscillations // J. Physiol. – 2004. – Vol. 559. – P. 965-973.
37. Heart rate variability. Standards of Measurement, Physiological interpretation and clinical use. // Circulation. – 1996. – 93. – P. 1043-1065.
38. Tolonen U., Sulg I.A. Comparison of quantitative EEG parameters from four different analysis techniques in evaluation of relationships between EEG and CBF in brain infarction // Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol. – 1981. – Vol. 51. – P. 177-185.
39. Topcu B Akalin The autonomic nervous system dysregulation in response to orthostatic stress in children with neurocardiogenic syncope // Cardiol Young. – 2010. Vol. 20, N 2. – P. 165-72.

ШКОЛА И ЗДОРОВЬЕ

ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ НАПРЯЖЕННОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ У ДЕТЕЙ 5-6 ЛЕТ

И.А. Криволапчук^{1*}, С.А. Кесель^{**}

*ФГНУ “Институт возрастной физиологии” РАО, Москва

**УО “Гродненский государственный университет имени Янки Купалы”, Гродно

Результаты исследования свидетельствуют о возможности управления учебной деятельностью детей старшего дошкольного возраста на основе совершенствования регуляции их функционального состояния (ФС) средствами физического воспитания. Реализация данного подхода может способствовать оптимизации процесса обучения в условиях современной образовательной среды.

Ключевые слова: функциональное состояние, интеллектуальная деятельность, физические нагрузки, аэробная и анаэробная направленность, эффективность и психофизиологическая цена.

The influence of physical activity on the efficiency of intellectual activity in 5-6 year old children. The results of the study show that the enhancement of the functional state regulation through physical education may be used as the means of control of the educational activity in senior preschool children. Such approach may help to optimize the process of education in current educational environmental conditions.

Key words: functional state, intellectual activity, physical exertion, aerobic and anaerobic activity, effectiveness and psychophysiological cost.

Хорошо известно, что в практике дошкольного и школьного образования, управление процессом обучения детей производится, главным образом, на основе учета результатов их успеваемости. При этом, без внимания остается вопрос о том, является ли выбранный режим выполнения значимой для ребенка интеллектуальной деятельности оптимальным с точки зрения психофизиологических затрат организма [3]. Поскольку в процессе интенсивной деятельности ребенок дошкольного возраста испытывает, на фоне низких резервных возможностей организма, более высокое психическое напряжение, чем взрослый человек, поиск ответа на данный вопрос является особенно важным. Это требует разработки новых, эффективных и более физиологичных способов управления процессом обучения и воспитания, базирующихся на учете психофизиологической цены напряженной учебной деятельности, обеспечивающих позитивное влияние педагогических технологий на здоровье и развитие учащихся [4, 14, 17]. Учитывая данное обстоятельство, современная система обучения должна основываться не только на оценке приобретенных знаний, но и на мониторинге интегральных параметров функ-

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

ционального состояния (ФС) организма. К таким наиболее общим показателям ФС относятся эффективность и цена деятельности [9, 8, 10]. Изменения эффективности выполнения интеллектуальной деятельности и ее психофизиологической цены, являются аутентичными критериями оценки динамики ФС учащихся [3]. Располагая совокупностью данных о результатах обучения, скорости и качестве переработки информации, числе ошибок и сбоях при выполнении учебных заданий, а также степени соответствия ответа функциональных систем содержанию решаемых задач и величине психофизиологических затрат организма на их реализацию, можно надежно судить об изменении ФС в процессе учебной деятельности.

Данные большого количества хорошо организованных исследований указывают на то, что физические упражнения, оказывают положительное влияние не только на уровень двигательной подготовленности и физической работоспособности, но и на ФС учащихся в условиях эмоционального и информационного стресса [21, 22, 26, 27, 29, 30]. Выявлена взаимосвязь физиологических и психологических показателей ФС организма детей школьного возраста с уровнем их физической работоспособности и двигательной подготовленности [22, 26, 27]. Вместе с тем анализ специальной литературы, свидетельствует, что рандомизированные исследования влияния систематических занятий физическими упражнениями различной направленности на динамику интегральных показателей ФС организма здоровых детей дошкольного возраста в условиях напряженной интеллектуальной деятельности не проводились.

В связи с вышеизложенным целью настоящей работы явилось изучение влияния занятий физическими упражнениями аэробной и анаэробной направленности на эффективность реализации информационных нагрузок различной степени напряженности у детей 5-6 лет.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании принимали участие здоровые дети в возрасте 5-6 лет (n=90), отнесенные к основной медицинской группе. Родители обеспечили письменное согласие на основе полной информации на участие их ребенка в обследовании. Из общего числа испытуемых методом рандомизации было сформировано 4 экспериментальные (ЭГ) и 1 контрольная (КГ) группы. В экспериментальных группах в содержание физкультурных занятий были включены специально разработанные комплексы физических упражнений различной направленности. В ЭГ-1 и ЭГ-2 программа была ориентирована на преимущественное развитие аэробных возможностей. В ЭГ-3 и ЭГ-4 направленность педагогических воздействий обеспечивала преимущественное развитие анаэробных возможностей. Объем экспериментальной нагрузки развивающего характера не превышал 50% от времени отдельного физкультурного занятия. Средняя интенсивность нагрузки в экспериментальных группах находилась в диапазоне 70-80 % индивидуального резерва ЧСС [25], в КГ – не превышала 40-50 %. Занятия, с применением специально разработанных программ, проводились 2 раза в недельном цикле с суммарным объемом экспериментальной нагрузки 36 минут (ЭГ-1, ЭГ-3) и 5 раз с объемом 90 минут (ЭГ-2, ЭГ-4). Продолжительность педагогического эксперимента составила 34 недели.

Интенсивность применяемых упражнений, их модулей и комплексов оценивали по величинам ЧСС и показателю интенсивности накопления пульсового долга (ИНПД). Были составлены варианты комплексов для детей с высоким, низким и средним уровнем физической подготовленности и работоспособности [5, 6]. Для расчета средней интенсивности нагрузки в экспериментальных комплексах использовали формулу В.С. Келлера, Л.В. Сайчука. В содержание экспериментальных программ были включены основные виды движений, средства и методы ритмической и психогимнастики, базовые элементы спортивных упражнений, подвижные игры, элементы йоги и др. Развитие двигательных способностей осуществлялось с помощью направленного применения методов, методических подходов и технологий, принятых в практике дошкольного физического воспитания [1, 12, 13, 15, 18, 16]. Планирование физкультурных занятий осуществлялось с учетом сезонно-климатических условий.

Моделью информационной нагрузки служила работа с фигурными таблицами в модификации ФГНУ РАО. Обследование производилось в состоянии покоя и в двух режимах работы: 1) автотемп; 2) максимальный темп при наличии звуковых помех и «угрозы наказания». Продолжительность нагрузки на каждом уровне составляла 2 минуты, а интервалов отдыха – 3 минуты. Применяемые в настоящем исследовании режимы информационной нагрузки характеризуют различные формы ФС напряженности [7]. Детальное описание модели используемых нагрузок и данные о добротности процедуры тестирования представлены в другой работе авторов настоящей статьи, опубликованной в данном номере журнала.

Функциональное состояние детей оценивали посредством исследования вегетативных реакций и показателей эффективности деятельности.

Умственная работоспособность изучалась на основании расчета показателей объема (А) и продуктивности (Q) деятельности [11]. Параллельно регистрировался ритм сердца и артериальное давление крови.

Запись сердечного ритма проводилась на электрокардиографе ЭКГ-07 «Аксион» с дополнительной возможностью подключения к персональному компьютеру. Определяли частоту сердечных сокращений (ЧСС), моду, амплитуду моды и вариационный размах. На этом основании рассчитывали стресс-индекс (SI) [2, 19]. Измерения систолического и диастолического артериального давления крови осуществляли с помощью метода Н.С. Короткова с использованием манжетки соответствующего размера. По результатам этих измерений определяли двойное произведение (ДП).

Эффективность деятельности определяли на основании соотнесения результативности работы с величиной вегетативных сдвигов при ее выполнении. Для этого определяли показатели: А/ЧСС, Q/ЧСС, А/ДП, А/SI, Q/SI. Увеличение этих переменных отражает уменьшение цены деятельности. Регистрация описанных выше параметров осуществлялась дважды: в начале и в конце формирующего педагогического эксперимента.

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета статистических программ Statistica 6.0. Значимость различий средних величин показателей ФС детей экспериментальных и контрольной групп выявлялась посредством применения параметрических и непараметрических критериев достоверности оценок.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Под влиянием условий педагогического эксперимента отмечены существенные изменения ФС детей 5-6 лет во всех рассматриваемых экспериментальных ситуациях. Прослеживается определенная взаимосвязь наблюдаемых изменений ФС с интенсивностью, объемом и направленностью программ педагогических воздействий.

Анализ полученных результатов показал, что за время исследования у испытуемых экспериментальных групп произошло существенное ($p < 0,05-0,001$) увеличение показателей объема (А) и продуктивности (Q) интеллектуальной деятельности, отмечаемое как в комфортных условиях (рис.1), так и при работе с максимальной скоростью (рис. 2).

В конце педагогического эксперимента обнаружено статистически значимое увеличение ($p < 0,05-0,01$) в ЭГ1–ЭГ4 показателей А/ЧСС, А/ДП, А/ИН, Q/ЧСС, Q/ДП, Q/ИН при реализации тестовой информационной нагрузки с комфортной скоростью. Исключение составил недостоверный ($p > 0,05$) сдвиг параметра А/ДП, выявленный в группе детей, применяющих нагрузки преимущественно анаэробного характера, объемом 36 минут в недельном цикле (ЭГ-3).

В процессе исследования установлено, что дошкольники экспериментальных групп (ЭГ1–ЭГ4), по величине приростов изучаемых показателей, характеризующих эффективность реализации информационной нагрузки, достоверно ($p < 0,05-0,001$) превосходили своих сверстников из контрольной группы (см. рис. 1): в ЭГ1 различия отмечены в отношении А, А/ЧСС, А/ДП, Q/ЧСС, Q/ДП; в ЭГ2 – А, А/ЧСС; в ЭГ3 – А, А/ЧСС, А/ДП, Q, Q/ЧСС, Q/ДП; в ЭГ4 – А/ЧСС, А/ДП, Q, Q/ЧСС, Q/ДП.

Таким образом, обнаружены выраженные приросты средних величин большинства рассматриваемых переменных при работе в режиме автотемпа, в группах детей, использующих программы физических упражнений развивающего характера 2 и 5 раз в неделю с интенсивностью 70-80 % резерва ЧСС, по сравнению с контрольной группой, применяющей нагрузки интенсивностью 40-50 % резерва ЧСС 2 раза в неделю.

При сопоставлении сдвигов используемых показателей ФС при работе в индивидуально оптимальном темпе в зависимости от объема физической нагрузки, выявлены две противоположные тенденции. Одна тенденция характеризуется снижением показателей эффективности с увеличением недельного объема нагрузки высокой интенсивности, а другая – повышением эффективности деятельности с увеличением объема высокоинтенсивных упражнений. Следует подчеркнуть, что при использовании комплексов упражнений преимущественно аэробного характера, проявилась только первая тенденция, тогда как, под влиянием занятий преимущественно анаэробного характера – обе тенденции. В последнем случае показатели эффективности, рассчитанные на основе коэффициента продуктивности интеллектуальной деятельности (Q), с увеличением объема физической нагрузки возрастали, а показатели, учитывающие скорость работы (А), наоборот, снижались.

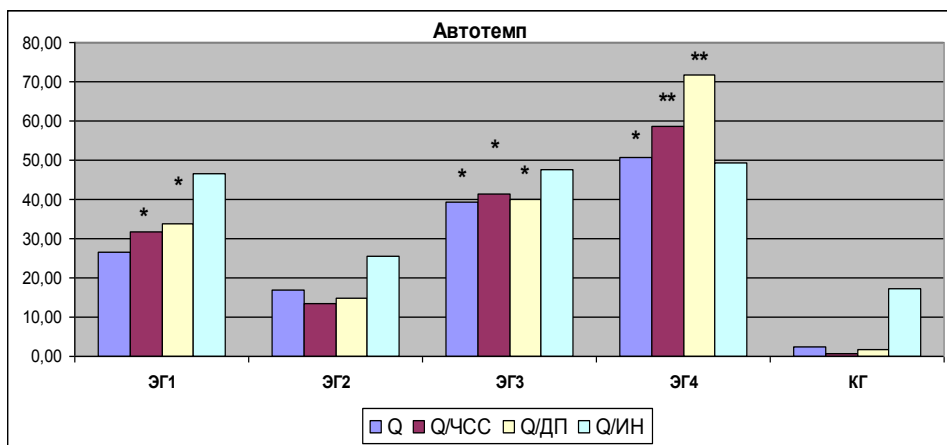
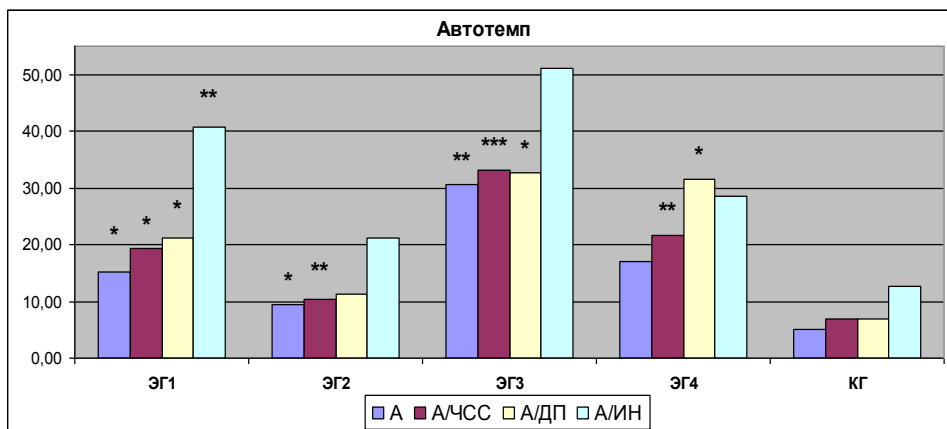


Рис. 1. Изменение (в %) эффективности реализации информационной нагрузки у детей 5-6 лет при работе с комфортной скоростью после педагогического эксперимента.

Примечание: Достоверность отличий экспериментальных групп (ЭГ) от контрольной группы (КГ): * – $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$, *** – $p < 0,001$.

Величины сдвига показателя Q/ИН уменьшены на порядок.

Иная динамика рассматриваемых показателей ФС, обнаружена при работе с максимальной скоростью (см. рис. 2). Сопоставление ФС детей экспериментальных групп при напряженной информационной нагрузке с учетом недельной продолжительности занятий, выявило зависимость сдвигов рассматриваемых показателей ФС от объема физических нагрузок развивающей интенсивности. Установлено, что испытуемые, реализующие программы занятий преимущественно аэробной (ЭГ3) и анаэробной (ЭГ4) направленности продолжительностью 90 минут в неделю, превосходили своих сверстников, использующих физические

нагрузки развивающего характера 36 минут в неделю (ЭГ-1, ЭГ-2) по сдвигам ряда показателей ФС.

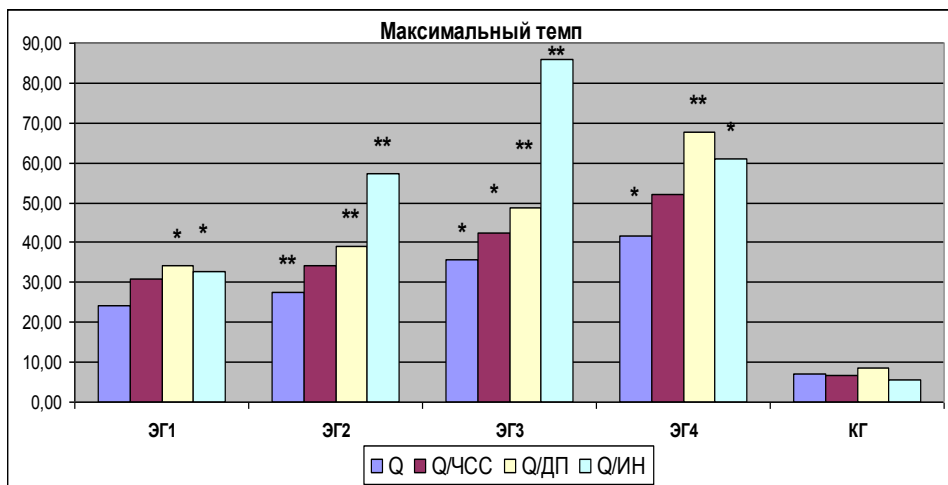
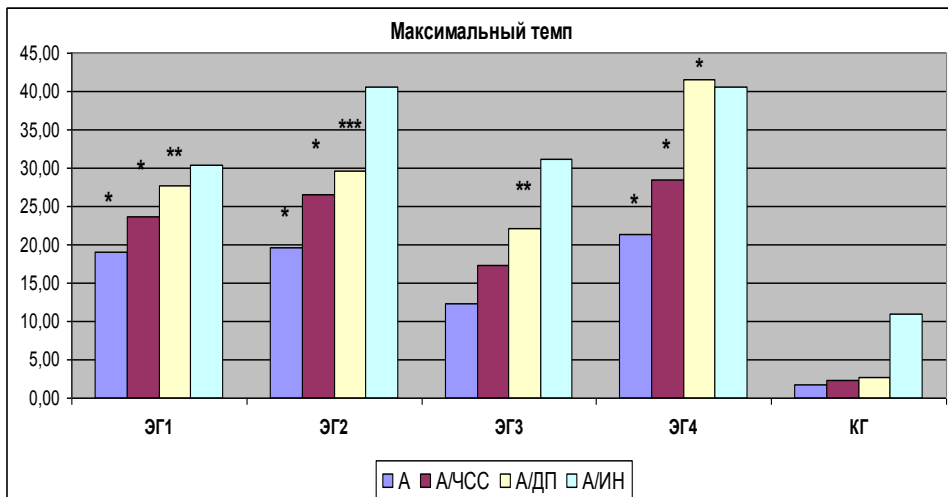


Рис. 2. Изменение (в %) эффективности реализации информационной нагрузки у детей 5-6 лет при работе с максимальной скоростью после педагогического эксперимента

Примечание: Обозначения те же, что на рисунке 1.

Это свидетельствует о том, что у детей старшего дошкольного возраста, использующих программы занятий, базирующиеся на направленном применении комплексов физических упражнений “тренирующего” характера объемом 90 минут в неделю, произошли наиболее выраженные приросты рассматриваемых по-

казателей эффективности деятельности, реализуемой в режиме максимального темпа. На закономерный характер полученных изменений указывает наличие существенных межгрупповых различий, обусловленных общей продолжительностью физических нагрузок развивающей интенсивности.

Установлено, что занятия с низкой интенсивностью физической нагрузки (40-50 % резерва ЧСС), не оказывают оптимизирующего воздействия на ФС детей дошкольного возраста при напряженной интеллектуальной деятельности. В то же время материалы исследования указывают на то, что с увеличением средней интенсивности используемых комплексов упражнений (до 70-80 % резерва ЧСС) при сохранении неизменными недельного объема и преимущественной направленности нагрузки, наблюдается повышение эффективности деятельности и снижение ее психофизиологической цены во всех рассматриваемых экспериментальных ситуациях. Увеличение эффективности реализации информационной нагрузки, выполняемой в удобном и максимальном темпе, обусловлено, с одной стороны, повышением экономичности ее вегетативного обеспечения, а с другой – улучшением качества и скорости переработки информации при напряженной деятельности. С ростом недельного объема физической нагрузки, обнаруженные тенденции усиливаются. Так, динамика рассматриваемых показателей ФС детей в условиях интеллектуальной деятельности, осуществляемой с максимальной скоростью, при применении занятий с суммарным объемом экспериментальной нагрузки 90 минут, оказалась более выраженной, по сравнению с использованием занятий с объемом экспериментальной нагрузки 36 минут в неделю.

Полученные данные, возможно, свидетельствуют о том, что для коррекции состояний функционального комфорта и психической напряженности необходимо использовать различные по своим параметрам программы направленных занятий физическими упражнениями. Однако, для подтверждения или опровержения данного предположения необходимы дальнейшие исследования рассматриваемого вопроса с участием репрезентативных выборок детей и подростков разного возраста.

Материалы исследования согласуются с результатами ряда работ, указывающими на то, что увеличение недельного объема физической нагрузки в рамках оптимального диапазона, отражающего приспособительные возможности организма детей, способствует более существенному улучшению их ФС в условиях психической напряженности и профилактике широкого спектра неинфекционных заболеваний [19, 20, 24, 23, 28]. В исследованиях детей разного возраста показано, что применение в процессе физического воспитания нагрузок развивающего характера, улучшает работу систем вегетативного обеспечения деятельности, благоприятно влияет на умственную работоспособность, способствует снижению избыточной психофизиологической реактивности и тревожности при стрессе [21, 22, 26, 27, 29].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования свидетельствуют о возможности управления учебной деятельностью детей дошкольного возраста на основе совершенствования регуляции их ФС средствами физического воспитания. Реализация данного под-

хода может способствовать оптимизации процесса обучения в условиях современной образовательной среды.

ВЫВОДЫ

1. Результативность направленного применения комплексов физических упражнений для совершенствования регуляции ФС детей 5-6 лет при напряженной интеллектуальной деятельности, определяется соотношением основных параметров физической нагрузки.

2. Оптимизирующий эффект занятий физическими упражнениями в отношении ФС детей в условиях напряженной интеллектуальной деятельности, зависит от средней интенсивности, объема и преимущественной направленности нагрузки.

3. Введение в содержание физкультурно-оздоровительных занятий комплексов упражнений аэробной и анаэробной направленности, включающих адекватные приспособительным возможностям с детей старшего дошкольного возраста нагрузки, способствует снижению психофизиологической цены напряженной интеллектуальной деятельности и повышению ее эффективности.

Работа поддержана грантом РГНФ (№13-06-00191а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабанкова И. К. Использование различных методических подходов к организации физкультурных занятий с дошкольниками // Фізична культура і здоров'я. – 2002. – № 1. – С. 47-51.

2. Баевский Р.М., Кириллов О.И., Клецкин С.З. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. – М.: Медицина, 1984. – 220 с.

3. Данилова Н.Н. Психобиология. – М.: Аспект Пресс, 2008. – 372 с.

4. Дубровинская Н.В., Фарбер Д.А., Безруких М.М. Психобиология развития: Психобиологические основы детской валеологии. – М.: Владос, 2000. – 144 с.

5. Корниенко И.А., Сонькин В.Д. «Биологическая надежность», онтогенез и возрастная динамика мышечной работоспособности // Физиология человека, – 1999. – Т. 25, № 1. – С. 98-108.

6. Криволапчук И.А. Энергообеспечение мышечной деятельности детей 5-6 лет и комплексная оценка физической работоспособности // Физиология человека. – 2009. – Т. 35, № 1. – С. 76-87.

7. Криволапчук И.А., Чернова М.Б. Разработка модели тестовых нагрузок для изучения стрессовой реактивности подростков // Новые исследования. – 2010. – № 3 (24). – С. 25-37.

8. Леонова А.Б. Комплексная методология анализа профессионального стресса: от диагностики к профилактике и коррекции // Психологический журнал. – 2004. – № 2. – С. 76-85.

9. Леонова А.Б. Психодиагностика функциональных состояний человека. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1984. – 200 с.

10. Медведев В.И. Адаптация человека. – СПб.: Институт мозга РАН, 2003. – 584 с.
11. Методические рекомендации по физиолого-гигиеническому изучению учебной нагрузки / Под общ. ред. М.В. Антроповой. – М.: Изд-во АПН СССР, 1984. – 67 с.
12. Ноткина Н.А. Двигательные качества и методика их развития у дошкольников: учеб. пособие. – СПб.: Образование, 1993. – 33 с.
13. Осокина Т.И. Физическая культура в детском саду. – М.: Просвещение, 1990. – 324 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. Симошина Л.Е. Методика и организация физкультурно-оздоровительной работы в дошкольном учреждении: к проблеме оптимизации физического состояния детей 3-7 лет // Физическая культура. – 1997. – № 1. – С. 15-20.
16. Фараджева Н.А. Обоснование эффективности физкультурно-оздоровительных занятий с детьми 5-7 лет: Автореф. дисс. ... канд. пед. наук. – Улан-Удэ, 2004. – 21 с.
17. 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.
18. Шестакова Т.Н., Логвина Т.Ю. Оздоровительная и лечебная физкультура для дошкольников: пособие для педагогов и мед. работников дошкол. учреждений. – Мн.: Польша, 2000. – 176 с.: ил.
19. Шлык Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов. – Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2009. – 259 с.
20. Шлык Н.И. Сердечный ритм и центральная гемодинамика при физической активности у детей. – Ижевск: Филиал издательства Нижегородского университета, 1991. – 418 с.
21. 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. 144-120.
22. Ferrara L.A., Mainenti G., Fasano M.L. et al. Cardiovascular response to mental stress and to handgrip in children. The role of physical activity // Jpn Heart J. – 1991. – Vol. 32, № 5. – P. 645-654.
23. Global Recommendations on Physical activity for Health. – Geneva: World Health Organization, 2010. – 60 p.
24. Janssen I, Leblanc A. Systematic Review of the Health Benefits of Physical Activity in School-Aged Children and Youth // International Journal of Behavioural Nutrition and Physical Activity. – 2010. – Vol. 7, № 40. – P. 1-16.
25. Karvonen M.J., Vuorimaa T. Heart rate and exercise intensity during sport activities: Practical application // Sports Medicine. – 1988. – № 5. – P. 303-312.
26. 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.

27. Lambiase M.J., Dorn J., Roemmich J.M. Systolic Blood Pressure Reactivity During Submaximal Exercise and Acute Psychological Stress in Youth // *Am J Hypertens.* – 2013. – Vol. 26, №3. – P. 409-415.
28. Physical Activity Guidelines Advisory Committee Report, 2008. Washington, DC, US Department of Health and Human Services, 2008. – 683 p.
29. Roemmich J.N., Lambiase M., Salvy S.J., Horvath P.J. Protective effect of interval exercise on psychophysiological stress reactivity in children // *Psychophysiology.* – 2009. – Vol. 46, № 4. – P. 852-861.
30. Verhaaren H.A., Schieken R.M., Schwartz P. et al. Cardiovascular reactivity in isometric exercise and mental arithmetic in children // *J. Appl. Physiol.* – 1994. – Vol. 76, № 1. – P. 146-150.

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ СКРИНИНГ ДЕТЕЙ 7-8 ЛЕТ НА ЭТАПЕ АДАПТАЦИИ К ОБУЧЕНИЮ ШКОЛЕ

А.А. Шибков¹, Н.В. Ефимова
ФГБОУ ВПО «Челябинский государственный
педагогический университет», г. Челябинск

Проведен морфофункциональный скрининг состояния здоровья и физического развития 343 детей 7-8 лет на этапе адаптации к обучению в школе. Представлен анализ распределения первоклассников г. Челябинска по группам здоровья, рейтинг заболеваний и функциональных нарушений основных систем организма, гендерные отличия в антропометрических показателях детей на этапе поступления в школу. Выявлена положительная динамика полугодовых приростов исследуемых соматометрических и физиометрических показателей, гармоничности физического развития детей в течение первого года обучения.

Ключевые слова: дети 7-8 лет, морфофункциональный скрининг, адаптация к обучению в школе

Morphofunctional screening of 7-8 year old children adapting to schooling. *The article presents the results of morphofunctional screening of health and physical development in 7-8 year old children (n=343) during the period of adaption to school. The paper presents the analysis of distribution of first graders of Chelyabinsk into health groups; the rating of diseases and the functional problems of the main systems of an organism; gender differences within antropometric indexes in children just starting school. There was revealed semi-annual growth of somatometric and physiometric indices, and positive dynamics of physical development in children within the first year of schooling.*

Key words: 7-8 year old children, morphofunctional screening, adaptation to school learning

В условиях реализации программы по внедрению ФГОС второго поколения начального образования проведена комплексная оценка уровня физического развития и состояния здоровья учащихся первых классов на базе пяти экспериментальных площадок г. Челябинска. В исследовании приняло участие 343 первоклассника.

Социально-экономические преобразования в стране предъявляют особые требования к уровню интеллектуальной подготовки, биологическим и социальным возможностям, состоянию физического и психического здоровья выпускников системы образования [16]. Развивающийся рынок труда выдвигает свои требования к управлению образовательным процессом, при этом школа должна удовлетворять потребностям рынка, развивая индивидуально-личностные качества учащихся [3]. Адекватное равновесие между социально-экономическими целями развития общества и задачами системы образования может быть достигнуто на основе инновационной деятельности учителя. Особая ответственность лежит на

Контакты:¹ Шибков А.А. – E-mail: <shibkova2006@mail.ru>

начальной школе, так как у детей младшего возраста онтогенетическая адаптация наслаивается на процессы психоэмоционального и функционального приспособления к учебным нагрузкам [21].

В условиях внедрения федеральных государственных образовательных стандартов содержание образования, как модель социального заказа, в различных типах школ различается, что делает необходимым мониторинг влияния реализуемых конкретных систем организации и содержания учебно-воспитательного процесса на здоровье учащихся [28]. В системе социально-гигиенического мониторинга оценка показателей физического развития детей и подростков занимает прочные позиции, как в отношении жителей различных климато-географических регионов, так и детей, воспитывающихся в образовательных учреждениях различного типа [6, 7].

Следует отметить, что данные о физическом развитии и состоянии здоровья современных детей и подростков неоднозначны. На ухудшение соматического здоровья и физического развития указывают [2, 4, 6]. На доминирование в обследуемых популяциях школьников средних половозрастных параметров физического и психофизиологического развития указывают О.А. Макунина (2005) [14] и М.В. Семенова (2012) [22]. Ряд авторов отмечают, что более выражены функциональные сдвиги и ухудшение здоровья в регионах с высоким антропогенным воздействием, особенно в критические периоды роста и развития [1, 5].

Из довольно обширно представленной информации о морфофункциональном статусе школьников наше внимание акцентировано на исследованиях, в которых дана характеристика антропометрических и функциональных показателей детей на этапе адаптации к образовательному процессу, т.е. 7-8 лет.

Динамика формирования антропометрических параметров лежит в основе возрастной периодизации, согласно которой дети 7 лет находятся на этапе конечного цикла первого детства, а дети 8 лет на начальном цикле второго детства [9]. Согласно медико-биологической классификации возрастных периодов детства (Институт физиологии детей и подростков РАО) в 6-7 лет наблюдается усиление ростовых процессов, высокая пластичность сенсорных систем обеспечивает возможность обучения, повышается прочность динамического стереотипа, развивается абстрактное мышление. Согласно данной классификации дети, начиная с 8 лет, отличаются по темпам развития в зависимости от пола, типам дыхания, уравновешенности нервных процессов. Вместе с тем дети 5-7 лет находятся во втором критическом периоде, который характеризуется дисгармоничностью развития в связи с увеличением темпов роста (полуростовой скачок), изменением деятельности физиологических систем, высших психических функций [25].

На этапе поступления в образовательное учреждение дети 6, 6,5 и 7 лет могут находиться в разной степени готовности к обучению, что убедительно показано в работах Н.З. Бакиевой, Н.Н. Гребневой (2011) [5], Т.М. Параничевой, Е.В. Тюриной (2012) [18, 20]. Заслуживает внимания мнение Н.Б. Панковой (2009) [17], которая отмечает односторонность оценки роли образовательной среды только как фактора риска для здоровья учащихся. Автор считает, что на фоне патогенетических факторов, в том числе индуцированных влиянием образовательной среды, активируются саногенетические факторы, которые обеспечивают восстановление равновесия в организме, что часто упускается из виду.

Таким образом, начальный этап адаптации к образовательно-воспитательному процессу в различных типах образовательных учреждений в условиях реализации единых федеральных образовательных стандартов может сопровождаться разнонаправленными изменениями морфофункциональных параметров организма учащихся. Эти изменения могут выходить за рамки возрастно-половых нормативов либо колебаться в их пределах, что может в дальнейшем определять развитие патогенетических или саногенетических процессов.

Целью нашего исследования являлось определение состояния здоровья и приростов основных антропометрических показателей учащихся в динамике первого года обучения.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В условиях реализации программы по внедрению ФГОС второго поколения начального образования проведена комплексная оценка уровня физического развития и состояния здоровья учащихся первых классов на базе пяти экспериментальных площадок г. Челябинска согласно договору о научно-педагогическом сотрудничестве между Управлением по делам образования г. Челябинска и ФГБОУ ВПО «Челябинский государственный педагогический университет». Оценка морфофункционального статуса первоклассников осуществлялась в рамках деятельности научно-исследовательской лаборатории «Адаптация биологических систем к естественным и экстремальным факторам среды» ЧГПУ. В исследовании приняло участие 343 человека: 196 девочек, 147 мальчиков.

Анализ состояния здоровья школьников проводился по данным медицинских карт. Схема оценки основывалась на изучении школьной медицинской документации (индивидуальная карта ребенка № 26). При изучении данных особое внимание уделялось результатам диспансеризации детей перед поступлением в школу, в частности, осмотра узкими специалистами и отнесение ребенка в соответствующую группу здоровья.

Анализ физического развития школьников проводился по основным антропометрическим показателям (длина и масса тела, окружность грудной клетки, сила мышц-сгибателей кисти, сила мышц-разгибателей спины) с последующим расчетом индекса Рорера, как показателя гармоничности физического развития детей. Анализ состояния сводов стопы учащихся проводили методом плантографии по В.А. Штритеру. Все измерения проводили по общепринятым при массовых исследованиях методикам с соблюдением требований, описанных в соответствующих руководствах [11 и др.]. Обследование учащихся проводили в октябре месяце, после этапа срочной адаптации детей к условиям обучения и в апреле, т.е. ровно через полугодовой интервал.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Важнейшими интегральными показателями популяционного состояния здоровья детей являются: распределение детей по группам здоровья, по уровню и гармоничности физического развития, а также рейтинговая оценка заболеваемости.

Результаты проведенного нами исследования [26] показали, что доля практически здоровых первоклассников (детей с I группой здоровья) составила 12,5 %; более половины первоклассников (60,5 %) имели II группу здоровья и 26,9 % исследуемого контингента учащихся были отнесены к III группе здоровья. Аналогичные данные были получены Безруких М.М. с соавт. для дошкольников г. Томска [8], Казаковой О.В. с соавт. [12] и Манюхиным А.И. [15] для популяций детей 7-8 лет Челябинска и Самары. Наибольшие отличия имеют данные по популяции детей 8 лет, проживающих в Москве [19], где доля учащихся с I и II группами здоровья превысила средние данные по Челябинску и Самаре на 6 и 13 % соответственно, а количество детей с III группой здоровья снижено в 4-5 раз в зависимости от пола. Согласно показателю «распределение по группам здоровья» здоровье обследуемых нами 7-8 летних девочек несколько лучше, чем мальчиков, в основном за счет большего процента детей с I группой здоровья.

Полученные нами новые данные принципиально не отличаются от результатов мониторингового исследования состояния здоровья школьников, проведенного в 2001-2003 г.г. [23], когда количество первоклассников г. Челябинска с I, II и III группой здоровья составило 10,6, 50,2 и 28,6 % соответственно. Ретроспективный анализ данных свидетельствует об отсутствии значимых изменений в состоянии здоровья младших школьников г. Челябинска в динамике последних 10-12 лет.

Ранжирование частоты отклонений в состоянии различных систем организма детей на этапе поступления в школу представлено на рис. 1.



Рис. 1. Рейтинговое распределение заболеваний и функциональных нарушений основных систем организма детей на этапе поступления в школу (в %).

Только 25 % детей не имеют хронической патологии. Ведущее значение в рейтинговом распределении заболеваний и функциональных нарушений основных систем организма детей на этапе поступления в школу занимают нарушения

опорно-двигательного аппарата, ЛОР- и сердечнососудистые заболевания (34,0, 13,4 и 7,6 % диагнозов соответственно), что вполне согласуется с данными по московской популяции детей [18, 19]. Однако вклад этих нарушений в общую заболеваемость детей составил 55 % в популяции челябинских школьников и 80% в московской популяции [18]. Следующие рейтинговые позиции занимают заболевания пищеварительной системы и органа зрения (6,5 и 5,0 % соответственно). В популяции московских детей 4-5 позиции занимают заболевания органа зрения и нервной системы (12,6 и 6,7 % соответственно). По сравнению с ранее проведенными исследованиями (2001-2003 г.г.) [14, 23] доля нарушений опорно-двигательного аппарата и сердечнососудистых заболеваний у учащихся первых классов г. Челябинска снизилась в 2 раза, заболеваемость органов дыхания уменьшилась в 3,7 раза.

Однако полученные нами данные мониторинговых исследований отражают более выраженные отклонения в функциональном состоянии опорно-двигательного аппарата по сравнению с данными медицинских карт.

Антропометрические показатели обследуемой популяции детей г. Челябинска на этапе поступления в школу представлены в табл. 1.

Таблица 1

*Антропометрические показатели детей
на этапе поступления в школу ($M \pm m$, min-max, Cv)*

Мальчики (n=147)			Девочки (n=196)		
длина тела, см	масса тела, кг	ОГК, см	длина тела, см	масса тела, кг	ОГК, см
127,35±0,47*	27,72±0,46*	63,12±0,46*	125,22±0,41	25,21±0,40	61,79±0,38
111,0-143,0	19,8-49,0	53,0-83,0	110,0-142,5	16,0-44,0	54,0-83,0
4,1%	18,2%	8,0%	4,2%	20,1%	8,0%
сила мышц правой кисти, кг	сила мышц левой кисти, кг	стандартная сила, кг	сила мышц правой кисти, кг	сила мышц левой кисти, кг	стандартная сила, кг
7,63±0,24*	6,25±0,22*	24,16±0,92*	5,90±0,17	4,96±0,17	16,31±0,69
2,00-13,00	1,00-11,00	5,00-55,00	0,20-13,00	0,50-10,00	0,30-50,00
33,8%	38,2%	40,0%	36,7%	43,1%	51,9%

Примечание: * – достоверные отличия между мальчиками и девочками ($p < 0,05$).

Согласно представленным данным, мальчики обследуемой популяции первоклассников г. Челябинска имеют достоверно большие значения показателей физического развития по сравнению с девочками; разница в массе тела составила 10%. Аналогичные результаты были получены при обследовании детей 7-летнего возраста г. Сургута [13]: продольно-поперечные соматические параметры в группе мальчиков достоверно выше на 4-5 %, а масса тела – на 15 % (табл. 2). При обследовании детей 7 лет г. Кирова [24] статистически значимые гендерные отличия выявлены для таких показателей физического развития как масса тела и окружность грудной клетки, значения данных показателей у мальчиков были на 4% выше, чем у девочек. Таким образом, на примере детей-северян и детей

Уральского региона мы можем констатировать усиление гендерных отличий у детей на этапе поступления в школу. Однако, в популяции детей г. Самары достоверные половые отличия в антропометрических показателях отсутствовали [15]. Региональные антропометрические константы мальчиков-первоклассников г. Павлодара [10] наиболее приближены к данным, полученным при обследовании детей Поволжья.

В целом необходимо отметить, что среди сравниваемых популяций детей наиболее высокий уровень физического развития имеют первоклассники г. Сургута, проживающие в гипокомфортных климатогеографических условиях Тюменского Севера, что отражает региональные особенности адаптации – опережение темпов ростовых процессов в онтогенезе детей.

Таблица 2

Региональные особенности антропометрических показателей детей на этапе поступления в школу

Мальчики			Девочки		
длина тела, см	масса тела, кг	ОГК, см	длина тела, см	масса тела, кг	ОГК, см
Самара, 2009 [15] (n= 80 и 84 соответственно), M±σ, min-max, Cv					
123,63±4,94	23,69±3,14	61,63±3,68	123,27±4,66	23,14±3,22	60,67±4,10
110,0-142,0	16,0-58,0	52,5-71,0	108,0-137,0	16,5-35,0	53,0-67,0
4,0%	13,3%	6,0%	3,8%	13,9%	6,8%
Киров, 2001 [24], (n=339 и 285 соответственно), M±m					
124,53±0,28	25,04±0,21*	61,83±0,20*	123,8±0,31	23,98±0,22	59,63±0,22
Сургут, 2006 [13] (n=54 и 55 соответственно), M±m					
133,80±0,57*	30,00±0,37*	64,71±0,35*	128,37±0,97	26,11±0,32	61,72±0,35
Павлодар, Казахстан, 2006 [10] (n=38), M±m					
124,3±0,7	23,9±0,7	57,4±0,6			

Примечание: * – достоверные отличия между мальчиками и девочками ($p < 0,05$).

Анализ данных динамометрии (табл. 1) выявил статистически значимые гендерные различия у детей на этапе поступления в школу – значения силовых показателей мальчиков превышали значения, полученные для девочек, в 1,3 раза (кистевая динамометрия) – 1,5 раза (становая динамометрия). И для мальчиков, и для девочек выявлены достоверные отличия в показателях кистевой динамометрии для правой и левой руки, т.е. функциональная асимметрия – сила мышц правой кисти была на 20 % больше по сравнению со значениями для левой кисти.

Результаты исследования антропометрических показателей первоклассников показали, что наиболее генетически детерминированными в возрасте 7 лет являются такие параметры физического развития как длина тела и окружность грудной клетки, коэффициенты вариации которых составили порядка 4% и 6-8% соответственно. Большая вариабельность значений отмечена для такого антропометрического параметра как масса тела, коэффициент вариации которого составил 18-20 % в популяции детей г. Челябинска и 13-14 % – детей г. Самары. Наибольшую вариативность демонстрируют значения силовых показателей, диапазон ко-

лебаний которых составил 34-43 % (кистевая динамометрия) и 40-52 % (становая динамометрия).

В ходе возрастного развития у детей закономерно возрастали все исследуемые показатели физического развития, за исключением окружности грудной клетки у девочек обследуемой популяции первоклассников г. Челябинска (рис. 2). Неблагоприятной динамики антропометрических показателей нами не было выявлено. Приросты длины и массы тела первоклассников за рассматриваемый период времени (начало – конец учебного года) составили порядка 36-40 % и 30-46 % от нормативов годовых приростов [20] соответственно, вариативность определялась гендерными особенностями.

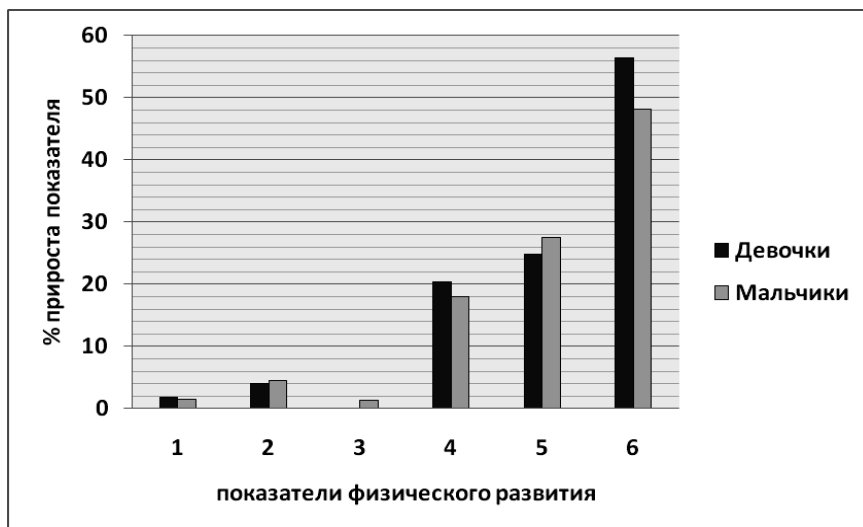


Рис. 2. Относительные приросты (%) показателей физического развития детей 7-8 лет г. Челябинска, обучающихся в 1 классе (начало – конец учебного года): 1 – длина тела, 2 – масса тела, 3 – окружность грудной клетки, 4 – сила мышц правой кисти, 5 – сила мышц левой кисти, 6 – сила мышц спины (становая сила).

Относительный прирост длины тела первоклассников в течение учебного года составил 1,5 % для мальчиков и 1,8 % – для девочек, что в 1,5-2 раза меньше значений данного показателя, полученных в ходе мониторинговых исследований О.В. Туляковой с соавт. (2001) [24]. Приросты массы тела и окружности грудной клетки также оказались ниже значений, полученных ранее [14, 24]. Принимая во внимание ретроспективные данные мониторинговых исследований физического развития детей 7-8 лет, можно констатировать замедление темпов прироста продольно-поперечных соматометрических показателей у современных первоклассников г. Челябинска.

Заслуживает особого внимания приросты значений физиометрических параметров (рис. 2). Прирост силовых показателей в среднем по популяции составил 19 % для силы мышц правой кисти, 26 % для силы мышц левой кисти и 52 % для силы мышц спины. При этом вариативность значений (коэффициент вариации) снизилась в 3-4 раза для показателей кистевой динамометрии и в 1,5 раза – для

становой силы. Значимым является факт сокращения различий в показателях кистевой динамометрии для правой и левой кисти (у мальчиков с 22 до 13 %, у девочек с 19 до 15 %). Следовательно, у первоклассников наряду с относительно низкими приростами соматометрических показателей (в пределах 1,2-4,4 %) нами выявлено статистически значимые приросты динамометрических параметров (в пределах 18-56 %), характеризующих прогрессивное развитие мышц-сгибателей кисти и мышц-разгибателей спины. Аналогичные результаты получены при обследовании популяции детей 7-8 лет г. Павлодара (Северный Казахстан) [10], однако относительные приросты силовых показателей составили только 9 % и 14 % для кистевой и становой динамометрии соответственно.

Результаты определения гармоничности физического развития первоклассников представлены в табл. 3.

Таблица 3

Гармоничность физического развития детей на начальном этапе адаптации к обучению в школе (% детей на начало – конец учебного года)

Степень гармоничности физического развития детей	Челябинск, 2010 (на основании индекса Рорера)		Самара, 2009 [15] (на основании индекса массы тела, ИМТ)	
	мальчики (n=120)	девочки (n=159)	мальчики (n=80)	девочки (n=84)
Гармоничное физическое развитие	60,0% – 60,8%	66,7% – 75,9%*	34,9% – 25,6%	46,5% – 56,1%
Дисгармоничное физическое развитие (дефицит массы тела)	5,0% – 2,5%	8,8% – 3,7%*	46,5% – 34,9%	44,2% – 27,3%*
Дисгармоничное физическое развитие (избыток массы тела)	35,0% – 36,7%	24,5% – 20,4%	18,6% – 39,5%*	9,3% – 16,6%

*Примечание: * – достоверные внутригрупповые отличия в динамике учебного года ($p < 0,05$)*

В обследуемой популяции детей г. Челябинска на этапе поступления в школу гармоничное физическое развитие имело 66,7 % девочек и 60,0 % мальчиков. К концу учебного года число девочек с гармоничным физическим развитием достоверно возросло на 11 %, при этом в 2 раза сократилась доля девочек с дефицитом массы тела ($p < 0,05$). В группе мальчиков в течение учебного года не произошло существенных изменений в распределении по степени гармоничности физического развития, хотя, так же как и в группе девочек, снизилось число детей с дефицитом массы тела.

В популяции первоклассников г. Самары [15] процент детей с гармоничным физическим развитием составил 46,5 % для девочек и 34,9 % для мальчиков. Как

и в популяции челябинских детей к концу учебного года выявлена тенденция к росту числа девочек с гармоничным физическим развитием; при этом наблюдается как снижение доли детей с дефицитом массы тела, так и противоположная ситуация – увеличение числа детей, имеющих избыточную массу тела. В отличие от мальчиков г. Челябинска в группе самарских мальчиков в течение 1-го года обучения происходит снижение доли гармонично развитых детей с 34,9 % до 25,6 %, что обусловлено ростом числа детей с избыточной массой тела. Таким образом, адаптация к процессу обучения в начальной школе сопровождается повышением степени гармоничности физического развития в обеих обследуемых популяциях девочек и снижением значений данного показателя в группе мальчиков, проживающих в г. Самаре.

Анализ состояния сводов стопы учащихся 1-х классов г. Челябинска (оценка плантограмм по методу В.А. Штритера) показал, что нормальный свод стопы имеют не более 15 % детей (20 % девочек и только 6,6 % мальчиков). Количество детей с плоским сводом стопы составило в среднем 55,2 % (47,9 % для девочек и 65,3 % для мальчиков) [27]. По сравнению с данными начала десятилетия [14] доля первоклассников с плоским сводом стопы увеличилась в 2 раза, а доля детей с нормальным сводом снизилась в 3,5 раза.

Таким образом, современные исследования [19, 26] свидетельствуют о том, что в начальной школе процент детей, имеющих гармоничное физическое развитие, не превышает 67%; порядка 30% детей с дисгармоничным физическим развитием уже на этапе поступления в школу могут быть отнесены к группе повышенного риска в связи с несовершенством механизмов адаптации. Следовательно, мониторинг состояния здоровья учащихся является индикатором, обуславливающим необходимость и направленность разработки профилактических и реабилитационных мероприятий по сохранению здоровья подрастающего поколения.

ВЫВОДЫ

1. На этапе поступления в школу только 12,5 % обследуемой популяции детей г. Челябинска были практически здоровыми (I группа здоровья), 60,5 % первоклассников имели различные функциональные отклонения (II группа здоровья) и 26,9 % детей – хронические заболевания (III группа здоровья).

2. В структуре заболеваемости первоклассников г. Челябинска преобладали функциональные отклонения и заболевания опорно-двигательного аппарата, ЛОР-органов и сердечнососудистой системы, на долю которых приходится порядка 55% от общего числа заболеваний.

3. В обследуемой популяции детей г. Челябинска на этапе поступления в школу гармоничное физическое развитие имели 66,7 % девочек и 60,0 % мальчиков (на основании индекса Рорера), отклонения в состоянии сводов стопы – плоскостопие (плантография по В.А. Штритеру) выявлены у 47,9 % девочек и 65,3 % мальчиков.

4. Гендерные отличия выявлены практически по всем исследуемым антропометрическим показателям: разница в длине тела между мальчиками и девочками обследуемой популяции составила 1,7 %, в массе тела – 10,0 %, в окружности грудной клетки – 2,2 %, в кистевой динамометрии – 27,8 %, в становой динамометрии – 48,1 % ($p < 0,05$).

5. Динамика полугодических приростов исследуемых антропометрических параметров имела положительную направленность: прирост соматометрических параметров (длина и масса тела, окружность грудной клетки) составил от 1,2 до 4,4 %, прирост физиометрических (силовых) показателей – 18-27,5 % (кистевая динамометрия) и 48,1-56,3 % (становая динамометрия; на 11 % увеличилось количество девочек с гармоничным физическим развитием ($p < 0,05$)).

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства образования и науки РФ (проект № 4.1187.2011).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агаджанян Н.А. Проблемы адаптации и учение о здоровье / Н.А. Агаджанян, Р.М. Баевский, А.П. Берсенева. – М.: Изд-во РУДН, 2006. – 284 с.
2. Айзман Р.И. Здоровьесбережение участников образовательного процесса – ключевая задача современной системы образования / Р.И. Айзман А.Д. Герасёв // Адаптация биологических систем к естественным и экстремальным факторам среды: материалы IV Международной науч.-практич. конф. (Челябинск, 8-9 октября 2012г.). – Челябинск: Изд-во Челяб. гос. пед. ун-та, 2012. – С. 221-230.
3. Асмолов А.Г. Шок настоящего / А.Г. Асмолов // Образовательная политика. – 2010. – № 3 (41). – С. 2-4.
4. Баевский Р.М. Основы экологической валеологии человека / Р.М. Баевский, А.Л. Максимов, А.П. Берсенева. – Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2001. – 267 с.
5. Бакиева Н.З. Антропо-физиологическая характеристика детей дошкольного возраста / Н.З. Бакиева, Н.Н. Гребнева // Вестник Тюменского государственного университета. Серия: Медико-биологические науки. – 2011. – № 6. – С. 116-122.
6. Баранов А.А. Оценка состояния здоровья детей. Новые подходы к профилактической и оздоровительной работе в образовательных учреждениях: руководство для врачей / А.А. Баранов, В.Р. Кучма, Л.М. Сухарева. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 437 с.
7. Баранов А.А. Физическое развитие детей и подростков на рубеже тысячелетий / А.А. Баранов, В.Р. Кучма, Н.А. Скоблина. – М.: Издатель Научный центр здоровья детей РАМН, 2008. – 216 с.
8. Безруких М.М. Диагностика развития детей старшего дошкольного возраста как способ раннего выявления рисков дисадаптации / М.М. Безруких, Т.А. Филиппова, В.А. Байдина, Ю.В. Чигиринская, А.В. Рязанова // Новые исследования. – 2012. – № 1 (30). – С. 145-157.
9. Бунак В.В. Антропометрия: Краткий курс / В.В. Бунак. – М.: Учпедгиз, 1965. – 368 с.
10. Даирбаева С.Ж. Сравнительная характеристика морфофункциональных показателей мальчиков 7-15 лет в условиях Северного Казахстана / С.Ж. Даирбаева, А.А. Муханова // Сборник научных работ студентов и молодых ученых. – Новосибирск: Изд-во ГЦРО, 2006. – Вып. 8. – Ч. 1. – С. 67-71.
11. Игнатова Л.Ф. Оценка адаптационных возможностей организма в системе социально-гигиенического мониторинга детского населения: Методическое посо-

бие / Л.Ф. Игнатова Л.Ф., А.П. Берсенева // Под редакцией А.Г. Сухорева, Р.М. Баевского. – М.: МИОО, 2006. – 64 с.

12. Казакова О.В. Анализ физического развития учащихся на этапе поступления в школу / О.В. Казакова, А.А. Шибков, М.А. Силкина // Психолого-педагогические и медико-биологические проблемы физической культуры, спорта, туризма и олимпизма: инновации и перспективы развития: материалы Международной научно-практической конференции. – Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2011. – Ч. 2. – С. 79-81.

13. Литовченко О.Г. Основные антропометрические и функциональные показатели детей 7-9 лет г. Сургута с различным уровнем двигательной активности / О.Г. Литовченко, Ж.И. Бушева // Вестник Тюменского государственного университета. – 2006. – № 5. – С. 93-98.

14. Макунина О.А. Динамика морфофункциональных показателей учащихся 7-10 лет в зависимости от профиля обучения: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.13 – физиология / Ольга Александровна Макунина. – Челябинск, 2005. – 153 с.

15. Манюхин А.И. Современный образовательный процесс и физическое развитие школьников г. Самара / А.И. Манюхин // Аспирантский вестник Поволжья. – 2009. – № 3-4. – С. 154-188.

16. Панкова Н.Б. Методологические подходы к оценке здоровьесберегающего потенциала образовательных стандартов нового поколения / Н.Б. Панкова, М.Ю. Карганов // Здоровьесберегающее образование. – 2012. – № 1. – С. 87-92.

17. Панкова Н.Б. Патофизиологический анализ влияния факторов риска образовательной среды на функциональное состояние организма учащихся: доктологическое исследование: автореф. дис. ... докт. биол. наук: 14.00.16 – патологическая физиология; 03.00.13 – физиология / Наталия Борисовна Панкова. – М, 2009. – 48 с.;

18. Параничева Т.М. Динамика состояния здоровья детей дошкольного и школьного младшего возраста / Т.М. Параничева, Е.В. Тюрина // Новые исследования. – 2012. – № 4 (33). – С. 68-78.

19. Параничева Т.М. Состояние здоровья и возрастно-половые особенности физического развития мальчиков и девочек младшего школьного возраста / Т.М. Параничева, Е.А. Бабенкова, Е.В. Тюрина, К.В. Орлов // Новые исследования. – 2011. – № 3 (28). – С. 33-45.

20. Параничева Т.М. Функциональная готовность к школе детей 6-7 лет / Т.М. Параничева, Е.В. Тюрина // Новые исследования. – 2012. – № 1 (30). – С. 135-144.

21. Сабирьянов А.Р. Современные особенности морфофункционального состояния сельских и городских детей младшего школьного возраста / А.Р. Сабирьянов, Е.С. Сабирьянова, О.Э. Возницкая // Педиатрия. – 2006. – № 5. – С. 105-107.

22. Семенова М.В. Половозрастные особенности морфофункционального и психофизиологического развития учащихся 7-16 лет музыкального и хореографического профилей обучения: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.03.01 – физиология / М.В. Семенова. – Челябинск, 2012. – 24 с.

23. Смирнова Ю.В. Управление качеством образования на основе мониторинга здоровья учащихся: монография / Ю.В. Смирнова, Д.З. Шибкова, О.А. Макунина. – Челябинск: Издательство ООО «Полиграф-мастер», 2007. – 364 с.

24. Тулякова О.В. Региональные особенности физического развития мальчиков и девочек г. Кирова при рождении, в 1 год и в 7 лет / О.В. Тулякова, М.С. Авдеева, Е.Н. Сизова // Новые исследования. – 2012. – № 3 (31). – С. 74-87.

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

26. Шибков А.А. Морфофункциональный статус детей на этапе поступления в школу, проживающих в промышленном центре Южного Урала – г. Челябинск / А.А. Шибков, Н.В. Ефимова // Высокие технологии, фундаментальные и прикладные исследования в физиологии и медицине: сборник трудов Второй Международной научно-практической конференции, 26-28.10.2011, Санкт-Петербург. – СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2011. – Т. 2. – С. 363-365.

27. Шибков А.А. Популяционная характеристика состояния опорно-двигательной системы детей на этапе поступления в школу / А.А. Шибков // Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование, здравоохранение, физическая культура». – 2012. – Вып. 33. – С. 158-159.

28. Шибкова Д.З. Организация здоровьесформирующей среды с использованием автоматизированной программы «Мониторинг здоровья»: монография / Д.З. Шибкова, П.А. Байгужин. – Челябинск: Изд-во Челяб. гос. пед. ун-та, 2011. – 153 с.

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ЦНС ДЕТЕЙ МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА В ПРОЦЕССЕ РАБОТЫ НА КОМПЬЮТЕРЕ

Л.В. Макарова¹, Г.Н. Лукьянец
ФГНУ ИВФ РАО, Москва

Исследовалось функциональное состояние центральной нервной системы (ЦНС), лабильности зрительного анализатора до и после непрерывной работы на компьютере у мальчиков и девочек 6, 7, 8, 9 и 10 лет. По результатам исследования делается вывод о повышении устойчивости организма младших школьников с увеличением их возраста к нагрузкам, связанным с работой на компьютере. Так, случаи выраженного ухудшения показателей ЦНС, свидетельствующие о неблагоприятных изменениях в корковом звене зрительного анализатора, у старших детей (8-10 лет) отмечались реже, чем у детей 6-7 лет. Выявлены и половые различия: в восьмилетнем возрасте по многим показателям функционального состояния организма в процессе работы на компьютере девочки имели преимущество перед мальчиками; в десятилетнем возрасте, напротив, у девочек было больше неблагоприятных изменений функционального состояния организма, чем у мальчиков.

Ключевые слова: младшие школьники, лабильность зрительного анализатора, ЦНС, компьютер.

The functional state of the central nervous system primary school children during work on a computer The functional state of the central nervous system (CNS), lability of the visual analyzer before continuous operation on the computer at boys and girls of 6, 7, 8, 9 and 10 years was investigated. By results of research the conclusion about increase of stability of an organism of younger school students with increase in their age to the loadings connected with work on the computer is drawn. So, cases of the expressed deterioration of an indicators CNS testifying to adverse changes in a cortical link of the visual analyzer, at the senior children (8-10 years) were noted less than children have 6-7 years. Identified and sex differences: in the age of eight, in many respects the functional state of the organism in the process of working on the computer girls have an advantage over boys, the age of ten, on the contrary, the girls had more adverse changes in the functional state of the organism than in boys.

Key words: younger school students, lability of the visual analyzer, CNS, computer

Введение занятий на компьютере в расписание детей младшей школы является частью более масштабного вовлечения детей в мир информационных и компьютерных технологий. Но поскольку занятия в школе проходят систематически и строго ограничены во времени, имеется возможность проследить функциональное состояние организма детей. Задачей данной работы было исследовать состояние центральной нервной системы (ЦНС) у детей 6-10 лет в процессе 15-минутной непрерывной работы за компьютером. При неправильном использовании компь-

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

ютера, при грубых нарушениях режима работы на нем может возникать перенапряжение ЦНС, которое является частой причиной дезадаптации к учебному процессу. Некоторые авторы находят, что удовлетворительная адаптация к условиям окружающей среды наблюдается только у 50-70% детей. Наибольшее число школьников с напряжением механизмов адаптации и с неудовлетворительной адаптацией (около 30% соответственно) выявлено в возрастных группах 7-8 и 11-13 лет. При этом в младшем возрасте большую часть составляют мальчики, в возрасте 11-13 лет – девочки [4].

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для выявления влияния комплекса факторов, связанных с использованием компьютера, на состояние ЦНС детей мы использовали два метода: хронорефлексометрию и определение критической частоты слияния световых мельканий (КЧСМ). Был проведен лабораторный и естественный эксперимент на базе ГОУ ЦО №1498, ГОУ № 1147 г.Москвы. Организация работы в кабинете информатики соответствовала СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [17]. Исследование функционального состояния ЦНС, лабильности зрительного анализатора до и после 15-минутной непрерывной работы на компьютере у мальчиков и девочек 6, 7, 8, 9, 10-летнего возраста. Для обеспечения соответствующей нагрузки использовались специальные программы для детей. Одновременно во время занятий с использованием компьютера проводился хронометраж работы и метод наблюдения, и контролировались санитарно-гигиенические условия в кабинете ЭВТ. Наполняемость каждой возрастано-половой группы составляла не менее 20 человек.

Лабильность зрительного анализатора оценивалась с помощью компьютерной методики исследования критической частоты слияния мельканий (КЧСМ). Значимым изменением показателя считалось его отклонение на 5-7% от исходного значения, что составляет в среднем 2-3 Гц.

Для изучения функционального состояния ЦНС определялись следующие показатели: латентный период (ЛП) простой зрительно-моторной реакции (ЗМР), ЛП сложной ЗМР, количество ошибок на дифференцировку. Помимо среднестатистических данных анализировались индивидуальные изменения показателей ЗМР. Был проведен анализ распределения всех испытуемых по направленности сдвигов изучаемых показателей зрительно-моторной реакции от начала к концу работы на компьютере. На их основании давалась комплексная оценка показателей ЗМР с определением степени утомления каждого испытуемого за исследуемый промежуток работы с экраном компьютера.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования лабильности зрительного анализатора детей при работе на компьютере свидетельствуют о том, что по уровню исходных среднестатистических величин показателя КЧСМ девочки и мальчики значимо не отличались друг от друга. Однако динамика этих показателей в процессе работы на компьютере у них была различной. У мальчиков 8-10 лет она характеризовалась отсутствием достоверных изменений от начала к концу работы на компьютере. У

девочек того же возраста к концу работы имело место достоверное снижение показателей как левого ($t=3,2$, $p<0,05$), так и правого глаза ($t=2,2$, $p <0,05$).

Случаи выраженного ухудшения показателя КЧСМ (на 4Гц и более), свидетельствующие о неблагоприятных изменениях в корковом звене зрительного анализатора, у детей 8- 10 лет, как у мальчиков, так и у девочек, отмечались в два с лишним раза реже, чем у детей 7 лет. Обращает на себя внимание и тот факт, что случаи выраженного ухудшения показателя КЧСМ (на 4 Гц и более) у девочек 7, 9 и 10 лет отмечались чаще, чем у мальчиков (табл. 1). У детей 8 лет эта закономерность не проявлялась.

Таблица 1

Выраженное ухудшение показателя КЧСМ (на 4 Гц и более) у детей 7-10 лет в процессе работы на компьютере (число случаев, в %%)

Глаз	7 лет		8 лет		9 лет		10	
	Дев.	Мал.	Дев.	Мал.	Дев.	Мал.	Дев.	Мал.
левый	25,9	11,3	3,8	12,1	12,5	8,5	17,5	12,5
правый	24,3	14,8	1,7	0	11,1	7,3	7,5	5,0

Характер динамики средних показателей КЧСМ подтверждается и результатами индивидуального анализа данных. Так, отсутствие значимых изменений показателя КЧСМ отмечалось примерно в равном проценте случаев: у девочек в 45,0-47,5 % , у мальчиков – в 42,5-52,5 %. При этом снижение показателя КЧСМ на 2 Гц и более у девочек 10 лет наблюдалось практически в 2 раза чаще, чем у мальчиков того же возраста, а увеличение его, напротив, отмечалось в 1,5 раза реже (рис. 1). Случаи выраженного ухудшения показателя КЧСМ (на 4Гц и более) у девочек 10 лет также отмечались несколько чаще, чем у мальчиков. Такая же особенность была выявлена нами у детей 6 и 7 лет (у девочек в 1,5-2,3 раза чаще регистрировались неблагоприятные изменения по сравнению с мальчиками того же возраста). У детей 8-9 лет эта закономерность не проявлялась. Характер динамики показателей у мальчиков и девочек этого возраста был более сходным.

Данные результаты могут свидетельствовать о большей по сравнению с мальчиками реактивности организма девочек 10 лет к нагрузкам, связанным с работой на компьютере.

У детей 10 лет реже, по сравнению с дошкольниками регистрировались случаи выраженного ухудшения показателя КЧСМ (на 4Гц и более): в 5 – 17,5 % случаев против 11,3 – 25,9 % (табл. 1, рис. 2). Такая же закономерность отмечалась нами и в предыдущем возрасте (8-9 лет). Это свидетельствует о большей устойчивости организма младших школьников по сравнению с дошкольниками к нагрузкам, связанным с работой на компьютере. Об этом свидетельствуют и исследования других авторов [18].

Между тем, обращает на себя внимание и тот факт, что в 10-летнем возрасте неблагоприятные изменения чаще регистрировались у девочек, чем у мальчиков.

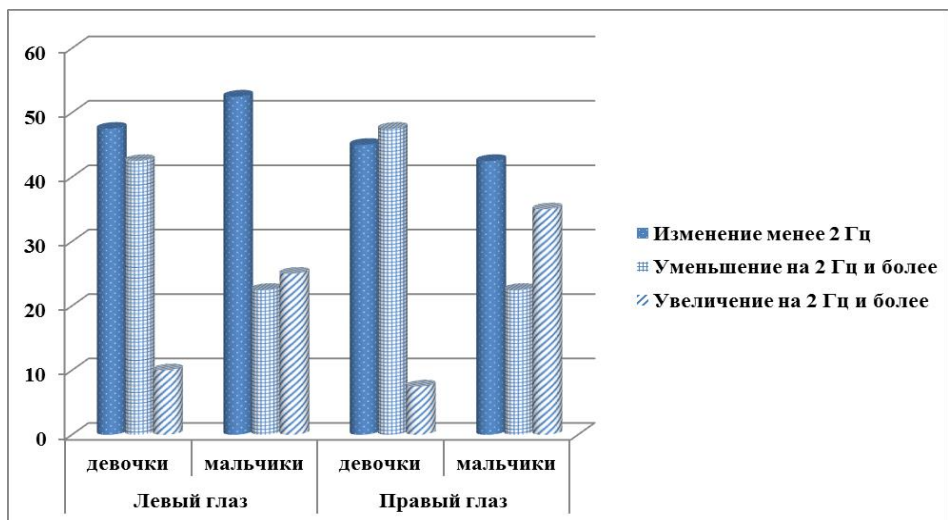


Рис.1. Распределение девочек и мальчиков 10 лет по характеру изменения показателя КЧСМ в процессе работы на компьютере (число случаев в %).

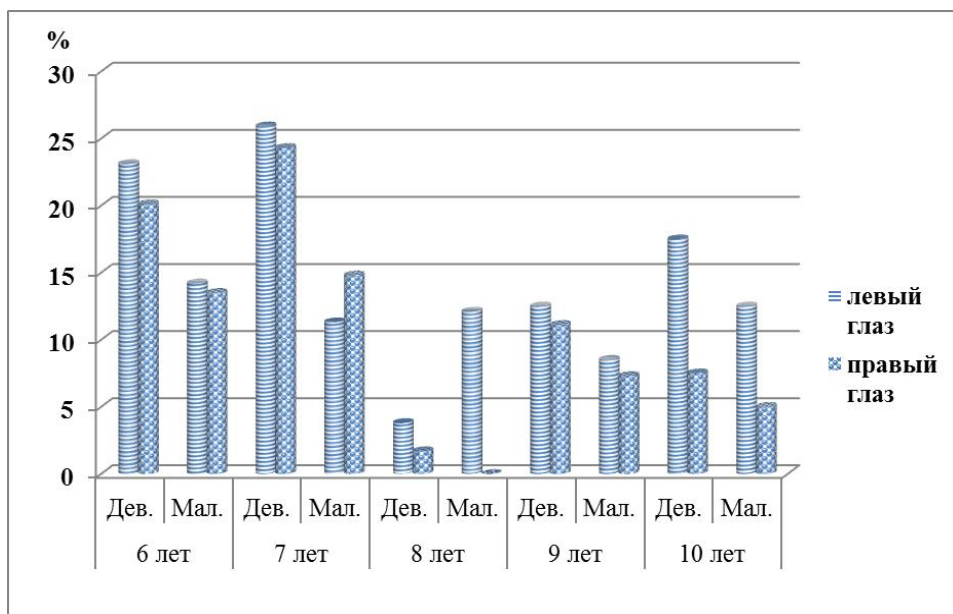


Рис.2. Выраженное ухудшение показателя КЧСМ (на 4Гц и более) у детей 6-10 лет в процессе работы на компьютере (число случаев в %).

Изучение функционального состояния ЦНС методом хронорефлексометрии показало, что по сравнению с детьми 8- и 9-летнего возраста дети 10 лет имеют более высокую скорость реакции. Так, среди 10-летних ЛП простой ЗМР был на 64 мс у мальчиков и на 73 мс у девочек больше, чем у мальчиков и девочек 8-9 лет. Разница между ЛП сложной ЗМР у 8-9-летних и 10-летних детей составляла 90 мс. И в том, и в другом случае различия достоверны.

В процессе работы на компьютере выявились некоторые различия в реакции организма девочек и мальчиков, в частности, по комплексному показателю работоспособности ЦНС (табл. 2). Так, к концу непрерывной работы на компьютере в состоянии утомления и выраженного утомления находилось больше девочек, чем мальчиков. Среди 7-летних их было 30 % против 20 %; среди 8-летних – 35 % против 20 %; среди 9-летних – 25 % против 15 % и среди 10-летних – 20 % против 10 %.

Таблица 2

Распределение детей 6-10 лет по степени утомления (по показателям ЗМР) в %.

Пол	Возраст, лет	Врабатывание	Начальное утомление	Утомление	Выраженное утомление
Мальчики	6	55,0	12,5	27,5	5,0
	7	60,0	20,0	15,0	5,0
	8	50,0	30,0	15,0	5,0
	9	65,0	20,0	10,0	5,0
	10	70,0	20,0	10,0	0
Девочки	6	27,5	22,5	37,5	15,0
	7	40,0	25,0	20,0	10,0
	8	52,5	12,5	25,0	10,0
	9	60,0	15,0	15,0	10,0
	10	65,0	15,0	15,0	5,0

Таким образом, результаты исследования состояния ЦНС показали, что за время работы на компьютере достаточно высокий уровень работоспособности сохранялся как у мальчиков, так и у девочек. Различия в характере распределения по степени утомления у мальчиков и девочек 10 лет также незначительны. В состоянии утомления к концу занятий находилось 20 % девочек и 10 % мальчиков. В состоянии вработывания было 60 % мальчиков и 65 % девочек. У детей 8-9 лет была выявлена несколько иная динамика показателей ЗМР: мальчики 8-9 лет отличались от девочек несколько более высокой скоростью ЗМР (на 20 мс до занятий на компьютере и на 30 мс после занятий на компьютере). За время занятий на ПЭВМ существенных изменений не произошло по средним данным. В группе мальчиков выявлена выраженная тенденция к укорочению ЛП сложной ЗМР (на 20 мс, $p < 0,05$). Количество ошибок при выполнении теста ЗМР не изменялось за время работы на компьютере ни у мальчиков, ни у девочек.

Результаты распределения показателей ЗМР по направленности изменения величины ЛП ЗМР и у мальчиков и девочек были примерно одинаковы. Показатель качества дифференцировок при предъявлении сигналов сложной ЗМР к кон-

цу занятий имел тенденцию к улучшению: у мальчиков и у девочек коэффициент продуктивности увеличивался на 15 %. Абсолютные величины этого показателя были выше у девочек по сравнению с мальчиками.

По сравнению с детьми 8- и 9-летнего возраста дети 10 лет (независимо от пола) имеют более высокую скорость реакции. Так, среди 10-летних ЛП простой ЗМР был на 64 мс у мальчиков и на 73 мс у девочек больше, чем у мальчиков и девочек 8-9 лет. Разница между ЛП сложной ЗМР у 8-9-летних и 10-летних детей составляла 90 мс. И в том, и в другом случае различия достоверны.

Из литературы известно, что и по другим показателям, особенно касающихся физической работоспособности мальчики 7 лет и старше отличаются от девочек. Так, по данным целого ряда авторов сила кисти у мальчиков больше, чем у девочек, выше многие показатели физического развития [10, 13 и др.]; с возрастом увеличивается способность мальчиков адаптироваться к гипоксии [1]. Выносливость мышц к статическим усилиям также значительно ниже у девочек, чем у мальчиков [12]. Другие авторы отмечают больший ЖЕЛ и объем форсированного выдоха у мальчиков, начиная с 6 лет [16]. Авторы Н.О. Березин и И.П. Лашнева [3] выявили преимущество мальчиков перед девочками по дальности броска мяча и более низкие у мальчиков показатели скорости бега и длины прыжка с места.

Имеются также данные о более высоких показателях скорости реакции, психомоторного темпа у мальчиков 10 лет по сравнению с девочками того же возраста [11]. Вместе с тем, имеется немало указаний авторов и на то, что в 10-летнем возрасте происходит ряд функциональных изменений в организме ребенка, приводящих к улучшению состояния адаптации его к учебным нагрузкам. В.А. Васильева [2] отмечает выраженные количественные изменения фиброархитектоники в полях зрительной и заднеассоциативной коры. И.А. Пономарева с соавторами [14] указывает на 10-летний возраст как на период увеличения диаметра артерий головного мозга, приводящего к постепенной смене «сонного» типа кровоснабжения (внутренняя сонная артерия) полушарий головного мозга на смешанный тип.

Этот возраст относят к узловому периоду в развитии сократительной функции миокарда [15] и формировании клеток крови. Как отмечает А.Д. Дмитриев [8], в возрасте 8-9 лет количество красных и белых кровяных клеток и содержание гемоглобина уменьшается относительно 7-летнего возраста. А в возрасте 10 лет эти показатели увеличиваются.

В возрасте 9-11 лет по данным [7], у детей улучшается проходимость движения воздушного потока по дыхательным путям, благодаря чему увеличивается величина объемных скоростей спокойного и форсированного выдоха. Такие морфо-функциональные перемены дыхательных путей увеличивают возможности сопротивления организма детей к заболеваниям и способствуют снижению процента часто болеющих детей. Неслучайно, как отмечают некоторые исследователи, к 4-му классу у детей повышается уровень адаптации, снижается число отклонений, обусловленных нарушениями вегетативного гомеостаза [3, 5, 6, 9].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, исследования показателей функционального состояния центральной нервной системы, детей 6-10 лет показали, что в процессе работы на

компьютере происходит постепенная адаптация детей к данному виду деятельности и по мере увеличения возраста повышается устойчивость организма к нагрузкам, связанным с работой на компьютере.

Вместе с тем, отмечено преимущество девочек перед мальчиками по уровню функционального состояния организма и характеру реактивности на нагрузку, связанную с работой на компьютере в восьмилетнем возрасте, а также преимущество мальчиков перед девочками в тех же случаях в 10-летнем возрасте.

Одной из причин более выраженной реактивности организма девочек 10 лет по сравнению с мальчиками того же возраста может быть начало пубертатного периода у девочек, которое по данным литературы как раз приходится на этот возраст.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абзалов Р.А., Нигматуллина Р.Р., Морозова С.В. и др. Показатели адаптации растущего организма к различным двигательным режимам // Физиология развития человека. – М., 2000. – С. 57-58.

2. Васильева В.А. Особенности архитектоники полей затылочной области и височно-теменной подобласти коры большого мозга детей от рождения до 12 лет // Новые исследования: Возрастная физиология – этапы развития. – 2003. – № 1. – С. 167-175.

3. Березина Н.О., Лашнева И.П. Гигиенические аспекты тестирования физической подготовленности детей // Гигиена и санитария. – 2005. – № 2. – С. 51-54.

4. Берсенева А.П., Чуудиновских А.В. Возрастная динамика адаптации организма школьников к условиям окружающей среды // Возрастные особенности физиологических систем детей и подростков. – М., 1985. – С. 46-47.

5. Глушкова Е.К., Сазанюк З.И., Степанова М.И. Влияние внеучебных занятий с компьютером на функциональное состояние организма детей 7-13 лет // Гигиена и санитария. – 1993. – № 7. – С. 52-54.

6. Гончарова Г.А. Особенности нервно-психических нарушения у младших школьников в динамике обучения // Российский педиатрический журнал. – 2009. – № 2. – С. 23-28.

7. Гурова О.А. Состояние кардиореспираторной системы у часто болеющих детей 9-11 лет // Новые исследования. – 2003. – № 2. – С. 16-23

8. Дмитриев А.Д. Возрастные особенности гематологических и гемодинамических показателей детей острова Сахалин // Возрастные особенности физиологических систем детей и подростков. – М., 1985. – С. 122.

9. Журавишникова Е.Г. О возрастно-половых особенностях учебной адаптации школьников // Альманах современной науки и образования. – 2008. – № 5 (12). – С. 61-63.

10. Зайцева В.В., Горев А.С., Пискова Д.М. Использование средств физической культуры для оптимизации функционального состояния тревожных школьников младших классов // Новые исследования. – 2005. – № 2. – С. 54-67.

11. Звягина Н.В., Морозова Л.В. Возрастные особенности умственной работоспособности и внимания у детей и подростков // Новые исследования. – 2011. – № 1. – С. 66-76.

12. Леонова Л.А., Ножкина В.Н. Возрастные особенности мышечной силы и выносливости школьников 70-х годов // Биологический возраст и возрастная периодизация. – М., 1978. – С. 51-56.

13. Поварго Е.А., Запгитбаев Р.Н., Шубина Х.З. Основные тенденции в физическом развитии детей младшего школьного возраста // Гигиена и санитария – 2007. – № 4. – С. 71-73.

14. Пономарева И.А., Вахов В.П., Низамов Ф.Х. Основные направления возрастной изменчивости артериального круга большого мозга человека // Возрастные особенности физиологических систем детей и подростков. – М., 1985. – С. 272-273.

15. Прокофьева В.Н., Кузнецов В.И. Возрастные особенности адаптации сердечно-сосудистой системы школьников 1-8-х классов к физическим нагрузкам // Возрастные особенности физиологических систем детей и подростков. – М., 1985. – С. 279.

16. Селитреникова Т.А., Османов Э.М., Дерябина Г.И. Особенности показателей внешнего дыхания у школьников младших классов // Образование и воспитание детей и подростков: гигиенические проблемы. – М, 2002. – С. 313-314.

17. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы: санитарно-эпидемиологические правила и нормативы (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03). – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. – 20 с.

18. Степанова М.И. Гигиенические основы организации начального обучения детей в современной школе: Автореф. дисс. ... доктора мед. наук. – М., 2003. – 48 с.

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

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

При направлении статьи в редакцию рекомендуется руководствоваться следующими правилами:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Статьи следует направлять по адресу:

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

Номер подписан в печать 15.09.2013.
Усл. п. л. 7,25. Тираж 500 экз.
Отпечатано ИП Скороходов В.А.
111401, г. Москва, ул. 3-я Владимирская, 11-18