

**Российская академия образования
Институт возрастной физиологии**



НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

№ 1(42) 2015

Выходит с 2001 г.

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

Главный редактор

Безруких Марьяна Михайловна

Заместитель главного редактора

Сонькин Валентин Дмитриевич

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Догадкина С.Б., к.б.н.

(ответственный секретарь)

Криволапчук И.А., д.б.н.

Адамовская О.Н., к.б.н.

Курганский А.В., к.б.н.

Мачинская Р.И., д.б.н.

Параничева Т.М., к.б.н.

Сельверова Н.Б., д.м.н.

Филиппова Т.А., к.б.н.

Шумейко Н.С., к.б.н.

Безобразова В.Н., к.б.н.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Баранов А.А., д.м.н., акад. РАМН

Безруких М.М., д.б.н., акад. РАО

Фельдштейн Д.И., д.псих.н., акад. РАО

Фарбер Д.А., д.б.н., акад. РАО

Тамбовцева Р.В., д.б.н., проф.

Макеева А.Г., к.пед.н.

Полянская Н.В., к.м.н.

Рублева Л.В., к.б.н.

Рыбаков В.П., д.м.н.

Соколов Е.В., к.б.н.

Криволапчук И.А., д.б.н.

СОСТАВИТЕЛЬ

Догадкина С.Б.

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

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

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

ВНИМАНИЕ!!!

Журнал распространяется:

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

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

Альманах «Новые исследования» - М.: Институт возрастной физиологии, 2015, № 1(42). - 76 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВОЗРАСТНАЯ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЯ

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОЛЬНОГО НАПРАВЛЕННОГО ВНИМАНИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗРИТЕЛЬНОГО ОПОЗНАНИЯ У ДЕТЕЙ 11-12 ЛЕТ Петренко Н.Е., Фарбер Д.А.	4
--	---

ЭЭГ-АНАЛИЗ ВОЗРАСТНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ВЛИЯНИЯ ПРОИЗВОЛЬНОЙ РЕЛАКСАЦИИ НА КОГНИТИВНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ У ДЕТЕЙ 10-12 ЛЕТ Горев А.С.	16
---	----

ВОЗРАСТНАЯ МОРФОЛОГИЯ

ОСОБЕННОСТИ ГЛИО-СОСУДИСТЫХ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ В КОРЕ БОЛЬШОГО МОЗГА У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ Цехмистренко Т.А.	27
---	----

ПРЕЕМСТВЕННОСТЬ РОСТА И СОЗРЕВАНИЯ В ДВУПОЛОМ ДЕТСТВЕ Тамбовцева Р.В., Панасюк Т.В.	33
---	----

ВОЗРАСТНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАРДИО-ВАСКУЛЯРНОЙ СИСТЕМЫ У МЛАДШИХ ШКОЛЬНИКОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ ВАРИАбельНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА Шарапов А.Н., Безобразова В.Н., Догадкина С.Б., Кмить Г.В., Рублева Л.В.	38
--	----

ВЛИЯНИЕ ПОЛОВОГО СОЗРЕВАНИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ БИОЭНЕРГЕТИКИ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МАЛЬЧИКОВ ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА Тамбовцева Р.В.	50
--	----

ОЦЕНКА ИНФОРМАТИВНОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ И ДВИГАТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ДЕТЕЙ 11-12 ЛЕТ НА ОСНОВЕ ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА Криволапчук И.А., Чернова М.Б., Герасимова А.А., Баранцев С.А., Мышьяков В.В., Просянкин В.В.	55
---	----

ВЛИЯНИЕ ОСТРОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ РАЗЛИЧНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ НА ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ДЕТЕЙ В КРИТИЧЕСКИЙ ПЕРИОД АДАПТАЦИИ К ШКОЛЕ Чернова М.Б., Полянская Н.В., Герасимов М.М.	62
--	----

ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА

ОБОСНОВАНИЕ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПРЫЖКА В ДЛИНУ С РАЗБЕГА УЧАЩИХСЯ IX КЛАССОВ Баранцев С.А., Сергеев А.П., Ведринцев А.В., Зайцев О.И., Мельников В.В.	70
---	----

ВОЗРАСТНАЯ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЯ

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОЛЬНОГО НАПРАВЛЕННОГО ВНИМАНИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗРИТЕЛЬНОГО ОПОЗНАНИЯ У ДЕТЕЙ 11-12 ЛЕТ

Н.Е. Петренко¹, Д.А. Фарбер
ФГБНУ «Институт возрастной физиологии
Российской академии образования», Москва

Комплексное исследование поведенческих и нейрофизиологических показателей функциональной организации мозга при опознании неполных изображений и в период подготовки к выполнению этой когнитивной задачи выявило участие префронтальной коры и в функциональной организации произвольного внимания при преднастройке к эффективному опознанию и при его осуществлении. Вместе с тем выявлено уменьшение к 11-12 годам роли произвольного внимания на этапе ожидания целевого изображения содержащего малое число фрагментов и трудно опознаваемого. Предполагается, что наблюдаемый факт связан со снижением мотивационной составляющей внимания на начальном этапе полового созревания, характеризующегося высокой значимостью положительного эмоционально-подкрепления и его низкой вероятностью при трудности выполнения задачи.

Ключевые слова: эффективность опознания, избирательное внимание, альфа-ритм, префронтальная кора, дети предпубертального возраста.

Functional organization of voluntary attention and effectiveness of visual recognition in 11-12-year-old children. *The paper presents a comprehensive study of behavioral and neurophysiological parameters of the brain functional organization during incomplete image recognition and preparation for this cognitive task. The study revealed the importance of prefrontal cortex in functional organization of voluntary attention both for pattern recognition and preparation for the task. At the same time, there was found out that voluntary attention decreases by 11-12 years at the stage of expectation of the incomplete and hard-recognizable image to appear. It is suggested that this fact is associated with lower motivational component of attention at the early stage of puberty. It is characterized by a high significance of positive emotional reinforcement and its low probability when the task is difficult.*

Keywords: identification efficiency, selective attention, alpha rhythm, prefrontal cortex, pre-adolescents.

Выяснение мозговых механизмов, обеспечивающих процесс преднастройки к опознанию, является актуальной проблемой для понимания возможностей познавательной деятельности школьников. Многочисленные исследования посвящены изучению процесса подготовки к выполнению когнитивной деятельности. Установлено, что важнейшим условием успешного выполнения когнитивных задач, прежде всего восприятия значимой информации, является преднастройка, в реа-

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

лизации которой важная роль принадлежит произвольному вниманию [4; 29; 37]. В процессе развития ребенка, включая младший школьный возраст, наблюдается прогрессивное структурно-функциональное созревание системы произвольного внимания [3; 5-7]. На начальном этапе полового созревания активизация нейрогормональной гипоталамо-гипофизарной системы приводит к интенсивной экскреции половых гормонов [1]. Согласно имеющимся в современной литературе данным половые гормоны оказывают непосредственное и неоднозначное влияние на морфно-функциональное созревание различных структур мозга [16; 17; 21; 27]. Следствием этого является гетерохрония развития и дисбаланс регуляторных систем разного уровня, что приводит как к позитивным, так и негативным изменениям когнитивных процессов, поведения и личности ребенка [7; 12-14; 17; 24].

С целью конкретизации времени изменений в системе произвольного внимания связанных с пубертатом нами предпринята серия исследований в пределах одного года жизни у детей в возрасте переходном от младшего школьного к подростковому. Результаты, полученные у детей 10-11 лет, опубликованы в нашей предыдущей статье [11].

Данная статья посвящена исследованию характера мозговой организации произвольного внимания в период подготовки к зрительному опознанию и его влияние на эффективность реализуемой деятельности у детей 11-12 лет.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании участвовали 21 ребенок (10 мальчиков и 11 девочек) в возрасте 11-12 лет (средний возраст – $11.2 \pm 0,2$) учащихся 5-6 классов общеобразовательной школы г. Москва, имеющих нормальное зрение.

Испытуемым предъявлялось 16 знакомых изображений предметов и животных из стандартного набора [34]. У всех испытуемых анализировались поведенческие показатели опознания и функциональная организация мозга в период подготовки к деятельности и ее реализации.

В поведенческом эксперименте анализировались точность опознания по числу ошибок, 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) и лобных (F3, F4, F7, F8, Fz) областей коры.

Для анализа периода преднастройки ЭЭГ в качестве меры функционального взаимодействия использовалась мнимая часть комплексной функции когерентности в альфа-диапазоне Ja (7.5-12.5 Гц). Более подробно модель эксперимента и метод оценки межкоркового взаимодействия описан нами ранее [9; 11]. Ja усреднялись для трех экспериментальных условий: ЭУ1 – неспецифическое внимание соответствовало отрезку ЭЭГ регистрируемому от фиксации взора на экране до появления предупреждающего стимула; ЭУ2 – ожидание целевой еще неопознанный стимул – ЭЭГ от предупреждающего стимула до появления целевого неполного фрагментарного изображения еще не опознанного; ЭУ3 – преднастройка к эффективному опознанию – ЭЭГ от предупреждающего стимула до появления

первых эффективно опознаваемых фрагментарных изображений. Статистический анализ J_a осуществлялся с использованием общей линейной модели в варианте ANOVA gm в двух подмножествах отведений включающих дорзолатеральные или вентролатеральные зоны префронтальной коры с другими корковыми зонами.

Для исследования функциональной организации мозга при опознании анализировались связанные с событием потенциалы (ССП) регистрируемые в различных корковых зонах. Усреднялись следующие классы ССП: ССП при регистрируемые при отсутствии опознания – фрагментарные изображения, на которые испытуемый отвечал "Не знаю" и ССП регистрируемые при опознании – те изображения, на которых объект был 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 rm). Использовались следующие факторы: ОПОЗНАНИЕ (опознанные, неопознанные); ПОЛУШАРИЕ (левое, правое); ОТВЕДЕНИЕ (7 пар отведений). Достоверность различий суммарных амплитуд 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 ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Поведенческие показатели опознания фрагментарных изображений. Анализ поведенческих показателей опознания фрагментарных изображений позволил выявить увеличение эффективности выполнения задания у детей 11-12 лет в сравнении с 10-11 летними детьми. Группа детей 11-12 лет, характеризовалась меньшим числом ошибок ($M=1.9\pm 0.33$, $Sd=1.54$), по сравнению с группой 10-11 летних детей, количество ошибок у которых составляло 4.19 ± 0.76 . Различия между возрастными группами по числу ошибок значимы ($F(1,53)=8,59$; $p=0,005$). Среднее значение опознаваемого уровня фрагментации изображения (порога опознания) в группе 11-12 летних составляет 5.177 ± 0.11 и значимо не отличается от порога опознания в группе 10-11 летних детей – 5.10 ± 0.12 . Значимых половых различий ни по количеству ошибок, ни по порогу опознания не в одной из исследуемых групп детей выявлено не было.

Анализ функциональной организации мозга при подготовке к зрительному опознанию

Для выявления специфики преднастройки проводилось сравнение ситуации неспецифического внимания (ЭУ1) с ситуацией ожидания целевого еще не опознаваемого стимула (ЭУ2) и с ситуацией эффективного опознания (ЭУ3).

Дисперсионный анализ проведенный для периода, предшествующего предъявлению целевого не опознаваемого стимула по 2 подмножествам пар отведений включающим дорзо- или вентролатеральные префронтальные корковые зоны (F3, F4 или F7, F8) с остальными отведениями проводился по схеме с факторами УСЛОВИЕ (ЭУ1, ЭУ2), полушарие первого отведения в паре ПОЛУШАРИЕ1

(левое, правое), полушарие второго отведения в паре ПОЛУШАРИЕ2 (левое, правое), ЛОКАЛИЗАЦИЯ (по числу разных пар отведений).

В отличие от на детей 10-11 лет, в группе 11-12 летних изолированное влияние фактора УСЛОВИЕ не было выявлено. Для пар отведений в которые в качестве первого отведения входили зоны F3, F4 на значимый уровень выходит взаимодействие факторов УСЛОВИЕ x ПОЛУШАРИЕ1 x ПОЛУШАРИЕ 2 ($F(1,21) = 8.403, p = 0.009$) и факторов УСЛОВИЕ x ЛОКАЛИЗАЦИЯ x ПОЛУШАРИЕ 1 ($F(2,50) = 3.414, p = 0.033$). Для областей F7, F8 получено значимое взаимодействие факторов УСЛОВИЕ x ЛОКАЛИЗАЦИЯ ($F(4,18) = 2.867, p = 0.053$) и УСЛОВИЕ x ПОЛУШАРИЕ1 x ПОЛУШАРИЕ 2 ($F(1,21) = 10.786, p = 0.004$).

Как видно на рисунке 1 изменения связей Ja в ситуации ожидания целевого неопознанного стимула в сравнении с неспецифическим вниманием, полученные методом парного сравнения, в 11-12 лет выражены значительно меньше по сравнению с 10-11 годами.

Иная картина наблюдается при анализе преднастройке к эффективному опознанию. Анализ *mtANOVA* проведенный по приведенной выше схеме также не выявил изолированного влияния фактора УСЛОВИЕ. Для обоих подмножеств отведений префронтальной коры на значимый уровень выходит взаимодействие факторов УСЛОВИЕ x ПОЛУШАРИЕ1 x ПОЛУШАРИЕ2 ($F3, F4: F(1,21) = 14.106, p = 0.001$; $F7, F8: F(1,21) = 11.464, p = 0.003$).

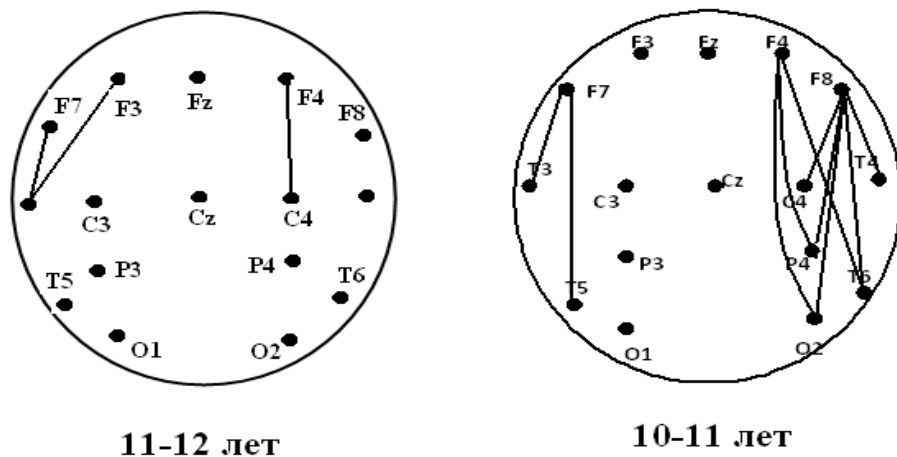


Рис 1. Сравнение динамики мнимой части функции когерентности альфа-ритма (Ja) при переходе от ситуации неспецифического внимания к ситуации ожидания целевого стимула у детей 11-12 и 10-11 лет.

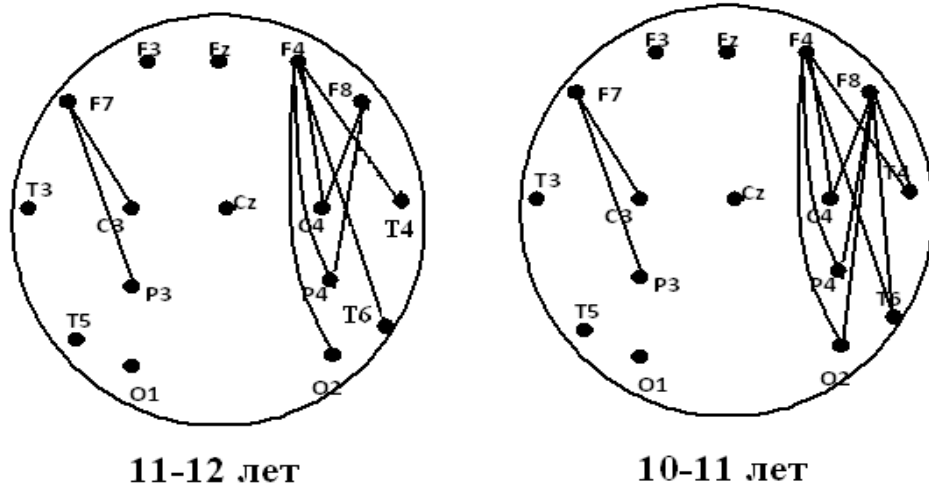


Рис 2. Сравнение динамика мнимой части функции когерентности альфа-ритма (Ja) при переходе от ситуации неспецифического внимания к преднастройке предшествующей эффективному опознанию фрагментарных изображений у детей 11-12 и 10-11 лет.

Парные сравнения Ja в ситуации неспецифического внимания (ЭУ1) с ситуацией преднастройки к эффективному опознанию фрагментарных изображений (ЭУ3) у детей 11-12 лет выявили значимые различия между парами отведений с фокусом в правой дорзо- и вентролатеральной префронтальной коре (отведения F4, F8) с каудальными, передне-височными и центральными областями этого же полушария (рис. 2). При этом, для дорзолатеральной префронтальной коры в 11-12 лет картина связей носит сходный характер, с таковыми в возрасте 10-11 лет; для вентролатеральной префронтальной коры количество связей меньше. В левом полушарии в 11-12 лет, так же как в 10-11 лет значимы взаимодействия в вентролатеральной префронтальной коре с центральной и теменной корой.

Анализ функциональной организации мозга при опознании фрагментарных изображений

Для сравнения специфики мозговой организации при эффективном опознании сопоставлялись ССП на опознанные и неопознанные стимулы.

Результаты дисперсионного анализа амплитуды ССП у детей 11-12 летнего возраста проведенный для опознанных и неопознанных фрагментарных изображений представлены в таблице 1. Как видно из таблицы 1 изолированное влияние фактора ОПОЗНАНИЕ, не выявлено для основного комплекса ССП, и значимо только во временных интервалах соответствующих позднему комплексу с 551 по 750мс. Взаимодействие факторов ОПОЗНАНИЕ x ПОЛУШАРИЕ значимо во временном интервале 151-200 мс.

Таблица 1

Дисперсионный анализ суммарных амплитуд ССП всех регистрируемых областей на опознанные и неопознанные фрагментарные изображения у детей 11-12 лет

	101-150 мс	151-200 мс	201-250 мс	251-300 мс	301-350 мс	351-450 мс	451-550 мс	551-650 мс	651-750 мс
опознание								F(1,18) =3.11 P=0.095	F(1,18) =5.09 P=0.037
опознание х полушарие		F(1,18) =5.52 P=0.03							
опознание х отведение	F(3,51) =2.85 P=0.049	F(4,62) =2.56 P=0.054	F(3,47) =3.143 P=0.04	F(6,108) =2.16 P=0.052	F(2,42) =3.36 P=0.037		F(3,53) =3.74 P=0.017	F(6,108) =2.18 P=0.05	
опознание х полушарие х отведение				F(3,51) =2.91 P=0.046		F(6,108) =2.29 P=0.04			

Взаимодействие фактора ОПОЗНАНИЕ с фактором ОТВЕДЕНИЕ проявляется практически на большинстве временных интервалах, затрагивая как достаточно ранние компоненты, начиная с 100 мс, соответствующие обработке модально-специфической информации, так и более поздние, связанные с когнитивными операциями. Совместное влияние факторов ОПОЗНАНИЕ х ПОЛУШАРИЕ х ОТВЕДЕНИЕ на значимый уровень выходит во временном интервале 251-300 мс и 351-450 мс.

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 факторами ОТВЕДЕНИЕ и ПОЛУШАРИЕ проводилось сопоставление амплитудных значений компонентов ССП методом парного сравнения. На рис. 3 приведены ССП в ответ на опознанные и неопознанные фрагментарные изображения у детей 11-12 лет. Для лобной коры различия между опознанными и неопознанными фрагментарными изображениями значимы только для негативно-го компонента N250-350, имеющего большую амплитуду при опознании, в дорзоплатеральной префронтальной коре левого полушария (251-300 мс: F3- Z =-2.091; p=0.037; 301-350 мс: F3- Z =-1.941; p=0.05). Увеличение амплитуды этого же компонента на опознанные стимулы наблюдается так же в передне-височной коре (151-200 мс: T4- Z =-2.315; p=0.021; 201-250 мс: T4- Z =-2.277; p=0.023; 251-300 мс: T4- Z =-2.315; p=0.021; 301-350 мс: T4- Z =-1.904; p=0.055).

Основные значимые изменения параметров ССП при сопоставлении опознанных и неопознанных фрагментарных изображений наблюдались в каудальных областях. Негативные компоненты N150 и N250 имеют большую амплитуду в ответ на опознанные изображения в нижне-височных (101-150 мс: T6- Z=-2.091; p=0.037; 150-200 мс: T6 - Z =-2.315; p=0.021; 201-250 мс: T5- Z =-1.904; p=0.05; T6- Z =-2.016; p=0.044; 251-300 мс: T6 Z =-2.315; p=0.021) и затылочной (251-300 мс: O2 Z=-1.904; p=0.05) областях коры.

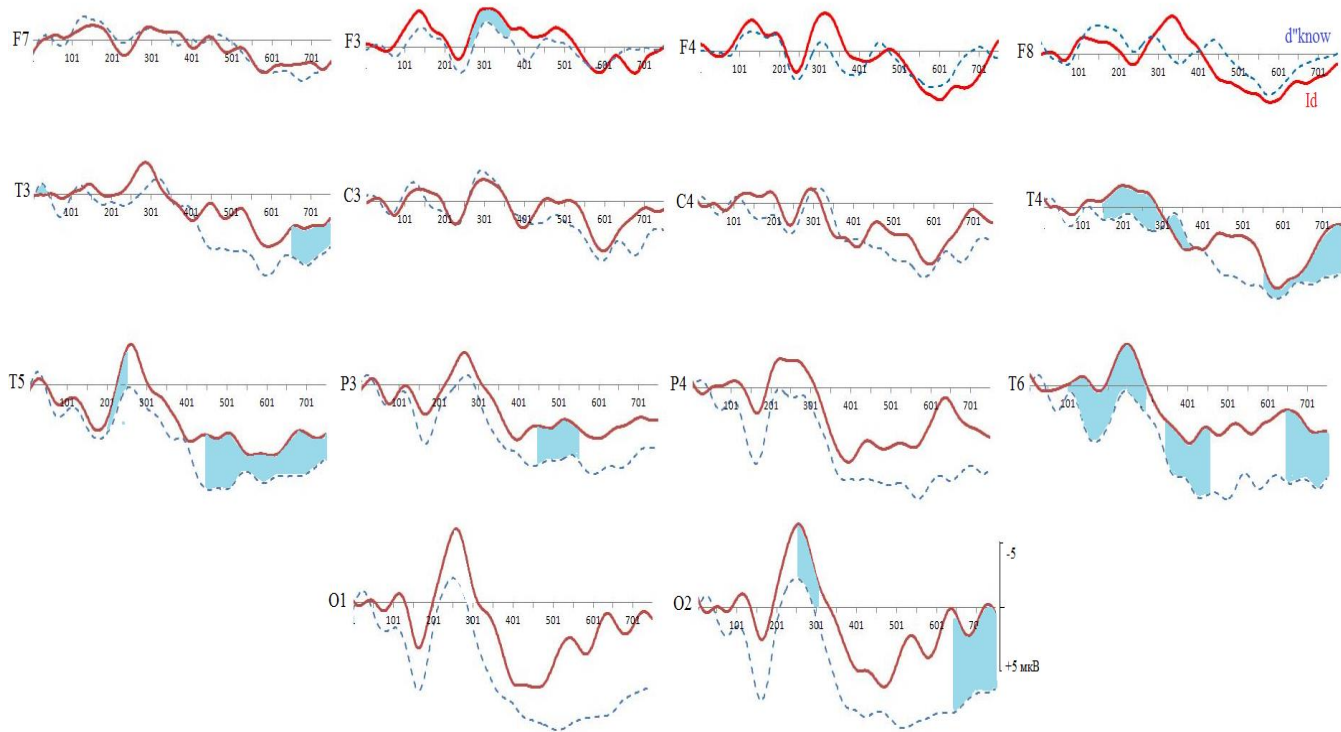


Рис 3 ССП разных областей коры на опознанные (толстая линия) и неопознанные (пунктир) фрагментарные изображения у детей 11-12 лет. Заштрихованные фрагменты – достоверные изменения амплитуды компонентов ССП ($p < 0.05$).

На более поздних временных интервалах отмечается возникновение генерализованной поздней позитивности, имеющей большую амплитуду в ответ на неопознанные стимулы как в каудальных (350-450 мс: T6- Z =-2.464; p=0.014; 450-550 мс: T5- Z =-2.165; p=0.03; P3- Z =-1.979; p=0.048; 550-650 мс: T5- Z =-2.091; p=0.037; 650-750 мс: T5- Z =-2.203; p=0.028; ; T6- Z =-2.128; p=0.033; O2- Z =-1.941; p=0.033), так и в передне-височных областях коры (451-550 мс: T4- Z =-2.389; p=0.017; 650-750 мс: T3- Z =-2.240; p=0.025; T4- Z =-2.120; p=0.03).

Анализ поведенческих и нейрофизиологических показателей опознания изображений разного уровня фрагментации выявил повышение эффективности опознания у детей 11-12 лет в сравнении с 10-11 летними. К 11-12 годам значительно уменьшается число ошибок; порог опознания, который как было показано нами раньше [11], уже в 10-11 лет достигает уровня близкого ко взрослому, в 11-12 лет практически не изменяется. Определенные отличия в 11-12 лет от 10-11 выявлены при изучении мозговой организации когнитивных процессов как в период преднастройки, так и при реализации деятельности. Показано, что в 11-12 лет взаимодействие дорзо- и вентролатеральных префронтальных корковых зон с другими отделами коры при переходе от не специфического внимания к периоду ожидания целевого еще не опознаваемого стимула отличается значительно меньше, чем в 10-11 лет и у взрослых [9].

На этом этапе подготовки к деятельности в 11-12 лет практически отсутствует увеличение внутрикортикального взаимодействия префронтальных корковых зон с зрительными корковыми структурами, что свидетельствует о более низком вовлечении механизмов произвольного внимания в ситуации ожидания целевого, но еще не опознаваемого стимула. В то же время на этапе преднастройки к эффективному опознанию отмечено значимое увеличение внутрикоркового взаимодействия префронтальной коры и каудальных корковых зон, участвующих в обработке и опознании зрительной информации. Это усиление больше выражено для подмножества отведений дорзолатеральной префронтальной коры и меньше, для вентролатеральной. Полученные данные свидетельствуют о различии мозговой организации периода подготовки к зрительному опознанию 11-12 лет по сравнению с 10-11 годами. Меньшая степень вовлечения механизмов произвольного внимания в период ожидания целевого еще не опознаваемого стимула в 11-12 лет может определяться трудностью опознания изображений содержащих малое число фрагментов. Может полагать, что наблюдаемый в 11-12 лет характер внутрикоркового взаимодействия на этом этапе подготовки к деятельности связан с началом полового созревания и свойственным этому этапу опережающим развитием глубинных структур относящихся к мотивационно-эмоциональной сфере в сравнении с префронтальными регуляторными структурами [17; 26]. Показано, что на этом этапе индивидуального развития дети склонны к выполнению заданий не требующим усилий и сопровождающихся положительным эмоциональным подкреплением [22; 28]. Можно полагать, что специфика внутрикоркового взаимодействия в период ожидания целевого трудно опознаваемого стимула определяется уменьшением роли мотивационно-эмоциональной составляющей произвольного внимания при трудно решаемой задаче. Наблюдаемая в 11-12 лет при преднастройке специфика функциональной организации мозга на разных этапах подготовки к зрительному опознанию соответствует характеру вовлечения раз-

личных корковых зон в опознание предъявляемых неполных изображений в этом возрасте. При сопоставлении ССП на опознанные и неопознанные стимулы установлены существенные отличия в степени вовлечения префронтальных корковых зон в процесс опознания. Установлено, что в 11-12 лет дорзолатеральная префронтальная кора, играющая важнейшую роль в опознании зрительных стимулов [15; 25], реагирует на опознанные стимулы так же как и у взрослых - наблюдается значимое увеличение амплитуды негативного компонента N250-350 на опознанные изображения в сравнении с неопознанными, в то время как в 10-11 лет при опознании значимое увеличение амплитуды этого компонента не наблюдалось. Связь этого компонента ССП префронтальной коры с зрительным опознанием отмечена в ряде исследований [6; 10; 31]. Участие дорзолатеральной префронтальной коры в зрительном опознании определяет ее возрастающее нисходящее влияние на зрительную кору (экстрастриарные и проекционные корковые зоны), что проявляется в значительном увеличении амплитуды основного комплекса ССП в ответ на опознанные изображения. На основании полученных данных можно считать, что префронтальная кора, осуществляя извлечение из памяти возможных следов предъявляемого изображения [8; 10; 15; 18; 25; 30] по нисходящим (top-down) связям передает эту информацию в зрительные области ключевые для опознания изображений [20; 32]. Это сказывается на повышении его эффективности, наблюдаемом как было показано выше в 11-12 лет в сравнении с 10-11 летними детьми. Полученные результаты согласуются с данными о прогрессивном созревании префронтальных корковых зон и их связей на начальном этапе полового созревания непосредственно связанном с организующим влиянием половых гормонов на нейрональный аппарат коры больших полушарий [33]. Анализ процесса преднастройки к эффективному опознанию свидетельствует о том, что в 11-12 лет механизмы произвольного внимания обеспечивают взаимодействие префронтальной коры с каудальными отделами адекватной реализуемой деятельности. В литературе имеются данные о том, что на начальном этапе полового созревания различные зоны префронтальной коры развиваются гетерохроно [17, 36]. Наряду с прогрессивным созреванием дорзолатеральной префронтальной коры и ее возрастающей ролью в регуляторных процессах [23; 26; 35], отмечается специфика вентролатеральных и вентромедиальных корковых зон связанных с мотивационно-эмоциональными системами, активируемыми на этом этапе развития преимущественно положительными эмоционально значимыми стимулами. Этому соответствуют результаты, полученным нами, свидетельствующие о снижении степени участия вентролатеральной коры при подготовке к опознанию еще трудно опознаваемых изображений и меньшей степенью ее вовлечения непосредственно в процесс опознания в 11-12 лет по сравнению с 10-11 годами. Сопоставление функциональной организации мозга в процессе деятельности и при подготовке к ней свидетельствуют о том, что в 11-12 лет механизмы произвольного внимания, обеспечивающие преднастройку к эффективному опознанию неполных изображений являются более зрелыми в сравнении с таковыми в 10-11 лет. Полученные данные соответствуют результатам многочисленных исследований [2; 7; 17; 19] о неоднозначных как позитивных, так и негативных изменениях различных регуляторных систем и дисбалансе когнитивной и мотивационной сфер на начальном этапе полового созревания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ функциональной организации мозга в период подготовки к опознанию неполных фрагментированных изображений у детей 11-12 лет выявил отсутствие динамики внутрикоркового взаимодействия префронтальной коры с корковыми зонами, участвующими в обработке и опознании зрительных стимулов, в ситуации ожидания целевого еще трудно опознаваемого стимула. Как следует из литературных данных для начального этапа полового созревания характерно интенсивное созревание мотивационно-эмоциональной регуляторной системы и высокая значимости положительного подкрепления реализуемой деятельности. В условиях ожидания трудно опознаваемого целевого стимула и низкой вероятности положительного эмоционального подкрепления мотивационно-эмоциональная составляющая произвольного внимания снижается, что и проявляется в отсутствии динамики внутрикоркового взаимодействия при переходе от неспецифического внимания к ожиданию целевого неопознаваемого стимула. Наряду с этим в 11-12 лет выявлена роль произвольного внимания в обеспечении преднастройки к эффективному опознанию и зрелого типа участие дорзолатеральной префронтальной коры в опознании неполных фрагментированных изображений, не наблюдаемое в 10-11 лет, что определяет возрастающую эффективности опознания неполных изображений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колесов Д. В., Сельверова Н. Б. Физиолого-педагогические аспекты полового созревания. – М., 1978. – 221 с.
2. Лебединская К.С., Лебединский В.В. Нарушения психического развития в детском и подростковом возрасте. – М.: Триста, 2011. – С. 155-168.
3. Мачинская Р.И., Дубровинская Н.В. Мозговая организация полушарий мозга при направленном внимании у детей 7-8 лет // Журнал высшей нервной деятельности им И.П. Павлова. – 1996. – Т. 46, № 3. – С. 437-446.
4. 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.
5. Мачинская Р.И., Семенова О.А. Функциональная организация внимания и произвольная организация деятельности // Развитие мозга и формирование познавательной деятельности ребенка / под ред. Д.А. Фарбер. М.М. Безруких. – М.: МПСИ; Воронеж: МОДЭК, 2009. – С. 161.
6. Мозговые механизмы формирования познавательной деятельности в дошкольном и младшем школьном возрасте / под ред. Р.И. Мачинской, Д.А. Фарбер. – М.: НОУ ВПО «МПСУ»; Воронеж: МОДЭК, 2014.
7. Развитие мозга и формирование познавательной деятельности ребенка / под ред. Д.А. Фарбер, М.М. Безруких. – М.: МПСИ; Воронеж: МОДЭК, 2009.
8. Фарбер Д. А., Бетелева Т. Г. Формирование мозговой организации рабочей памяти в младшем школьном возрасте // Физиология человека. – 2011. – Т. 37. № 1. – С. 5-15.

9. Фарбер Д.А., Мачинская Р.И., Курганский А.В., Петренко Н.Е. Функциональная организация мозга в период подготовки к опознанию фрагментарных изображений // Журнал высшей нервной деятельности им И.П. Павлова. – 2014. – т. 64, № 2. – С. 190-200.
10. Фарбер Д.А., Петренко Н.Е. Опознание фрагментарных изображений и механизмы памяти // Физиология человека. – 2008. – Т. 34. № 1. – С. 5.
11. Фарбер Д.А., Петренко Н.Е. Произвольное направленное внимание и эффективность опознания фрагментарных изображений у детей 10-11 лет // Новые исследования. – 2013. – № 3 (36). – С. 5-26.
12. Фельдштейн Д.И. Психология развивающейся личности. – М.: Издательство «Институт практической психологии», Воронеж: НПО «МОДЭК». – 1996. – 512 с.
13. Физиология подростка / под ред. Фарбер Д.А. – М.: Педагогика, 1988. – 167 с.
14. Физиология развития ребенка: Руководство по возрастной физиологии / Под ред. М.М. Безруких, Д.А. Фарбер. – М.: Издательство Московского психолого-социального института; Воронеж: Издательство НПО «МОДЭК», 2010. – 768 с.
15. Bar M. A cortical mechanism for triggering top-down facilitation in visual object recognition // J. Cogn. Neurosci. – 2003. – V. 15. – P. 600.
16. Bava S., Thayer R., Jacobus J. et al. Longitudinal characterization of white matter maturation during adolescence // Brain Res. – 2010. – V. 1327. – P. 38.
17. Casey B., Getz S., Galvan A. The Adolescents Brain // Dev. Rev. – 2008. – V. 28, № 1. – P. 62.
18. D'Esposito M. From cognitive to neural models of working memory // Philos. Trans. R Soc. Lond. B Biol. Sci 2007. 362(1481): 761-772.
19. Diamond A. Normal development of prefrontal cortex from birth to young adulthood / In D.T. Stuss, R.T. Knight (Eds.) Principles of frontal lobe function. – New York, NY: Oxford University Press. – 2002. – P. 466-503.
20. Doniger G. M., Foxe J. J., Schroeder C. E., Murray M.M., Higgins B. A., Javitt D. C. Visual perceptual learning in human object recognition areas: A repetition priming study using high-density electrical mapping // Neuroimage. – 2001. – V. 13, № 2. – P. 305-313.
21. Dumontheil I., Burgess P., Blakemore S-J. Development of rostral prefrontal cortex and cognitive behavioral disorders // Dev. Med. Ch. Neurol. – 2008. – V. 50. № 3. – P. 168.
22. Eshel N., Nelson E., Blair J. et al. Neural substrates of choice selection in adults and adolescents: development of ventrolateral and anterior cingulate cortices // Neuropsychologia. – 2007. – Vol. 45, № 6. – P. 270-279.
23. Gogtay N. et al. Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 2004. – Vol. 101, № 21. – P. 8174-8179.
24. Huizinga M., Dolan C.V., Molen M.W. Age-related change in executive function: Developmental trends and a latent variable analysis // Neuropsychologia. – 2006. – Vol. 44. – P. 2017-2036

25. Kveraga K., Ghuman A. S., Kassam K.S., Aminoff E. A., Hämäläinen M.S., Chaumon M., Bar M. Early onset of neural synchronization in the contextual associations network. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* – 2011.108(8): 3389-3394.
26. Lenroot R.K., Giedd J.N. Brain development in children and adolescents: Insights from anatomical magnetic resonance imaging // *Neuroscience & Biobehavioral Reviews.* – 2006. – V. 30. № 6. – P. 718.
27. Luna B., Padmanabhan A., O’Hearn K. What has fMRI told us about the development of cognitive control through adolescence? // *Brain Cogn.* – 2010. – V. 72, № 1. – P. 101.
28. Op de Macks Z., Gunther M., Overgaauw B. et al. Testosterone levels correspond with increased ventral striatum activation in response to monetary rewards in adolescents // *Dev.Cogn.Neurosci.* – 2011. – Vol. 1, N 4. – P. 506-516.
29. Posner M. I., Fan J. Attention as an organ system. *Topics in integrative neuroscience: From cells to cognition.* Ed. Pomerantz J. R. Cambridge: Cambridge University Press, 2008. P. 31-62.
30. Ruchkin D. S., Grafman J., Cameron K., Berndt R. S. Working memory retention systems: A state of activated long-term memory. *Behav. Brain. Sci.* 2003. 26(6): 709-728; discussion 728-777.
31. Schendan H. E., Maher S. M. Object knowledge during entry-level categorization is activated and modified by implicit memory after 200 ms. // *Neuroimage.* – 2009. – Vol. 44, № 4. – P. 1423-1438.
32. 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, № 2. – P. 605-618.
33. Sisk C., Zehr J. Pubertal Hormones organize the adolescent brain and behavior // *Front Neuroendocrinol.* – 2005. – V. 26, № 3-4. – P. 163.
34. 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.
35. Somerville L., Hare T., Casey B. Fronto-striatal maturation predicts cognitive control failure to appetitive cues in adolescents // *J. Cogn.Neurosci.* – 2011. – Vol.23, № 9. – P. 2123-2134.
36. Sowell E. R. et al. Longitudinal mapping of cortical thickness and brain growth in normal children // *J. Neurosci.* – 2004. – Vol. 24, № 38. – P. 8223-8231.
37. 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, № 4. – P. 115.

ЭЭГ-АНАЛИЗ ВОЗРАСТНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ВЛИЯНИЯ ПРОИЗВОЛЬНОЙ РЕЛАКСАЦИИ НА КОГНИТИВНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ У ДЕТЕЙ 10-12 ЛЕТ

А.С. Горев¹

ФГБНУ «Институт возрастной физиологии
Российской академии образования», Москва

В двух группах подростков 10-11 и 11-12 лет исследовалась способность к произвольной регуляции функционального состояния (релаксация). Показано, что даже неглубокая релаксация оказывает позитивное влияние на функциональное состояние ЦНС, что проявляется в улучшении в пострелаксационном состоянии произвольного внимания и кратковременной памяти. В группе подростков 10-11 лет этот эффект выражен сильнее. У подростков 10-11 лет более выражены и изменения в организации биоэлектрической активности коры головного мозга (высокочастотный диапазон альфа-полосы) при произвольном внимании на пострелаксационном фоне по сравнению с дорелаксационным. В обеих группах отмечается повышение уровня когерентности по связям лобных отделов коры мозга с каудальными областями. В группе 10-11 лет усиление кортико-кортикальных связей сопровождается появлением фокусов в лобных областях и нижневисочной области левого полушария.

Ключевые слова: функциональное состояние, релаксация, ЭЭГ, возрастные особенности, произвольное внимание, кратковременная память.

Age-specific neurophysiological basis of voluntary regulation of functional state in children aged 10-12. In two aged groups 10-11 and 11-12 years we studied the ability to control the functional state (relaxation). It was shown that even a slight relaxation can positively affect the functional state of the central nervous system resulting in the improvement of voluntary attention and short-term memory during the post relaxation period. In group 10-11 years the effect was more pronounced. In schoolchildren aged 10-11 changes in organization bioelectrical activity brain cortex (high frequency EEG alpha-range) during the post relaxation period(as compared to before relaxation) are more pronounced. In both groups there is an increase in the coherence of the frontal and caudal regions. In schoolchildren aged 10-11 there is and strengthening of the cortico-cortical connectivity between the central areas focused on the frontal and the left hemisphere inferior temporal regions.

Keywords: functional state, relaxation, EEG, age specificity. voluntary attention, short-term memory.

Одним из перспективных физиологически-ориентированных подходов к повышению психофизиологических ресурсов школьников является использование релаксационных методик. Известно, что в состоянии релаксации резко интенсифицируются процессы восстановления функциональных ресурсов мозга, что создает предпосылки для оптимизации работы всех его систем [4]. Эти процессы являются физиологической основой эффекта пострелаксационного

Контакты:¹ Горев А.С. – E-mail: <asgorev@rambler.ru>

улучшения психофизиологических функций – произвольного внимания и кратковременной памяти [7; 14].

Вышеизложенное определяет существующий на сегодняшний день интерес к изучению возможностей использования состояния релаксации для повышения эффективности когнитивной деятельности. Особенно актуальным представляется проведение подобного рода исследований в возрастном аспекте, поскольку их результаты позволяют учитывать возрастные особенности детей при создании физиологически-ориентированных технологий направленных на повышение эффективности школьного обучения. Вопрос о возрастных психофизиологических особенностях имеет особую значимость для подросткового возраста.

Как известно с этим периодом онтогенеза связан процесс полового созревания, когда, как у мальчиков, так и у девочек, отмечаются существенные сдвиги в функционировании системы нейроэндокринной регуляции. При этом нарушается устойчивая возрастная тенденция к повышению психофизиологического статуса. Признаки этого нарушения могут проявляться на всех уровнях регуляции: поведенческом, психическом, физиологическом, в том числе нейрофизиологическом [11; 12].

Учитывая особенности подросткового этапа развития и отсутствие четких данных о времени его наступления есть все основания полагать наличие у детей 10-12 лет выраженных особенностей в сфере произвольной (в данном случае релаксационной) регуляции.

Предмет данного исследования – изучение нейрофизиологического обеспечения произвольной релаксации и ее влияния на эффективность когнитивной деятельности у подростков 10-12 лет.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании приняли участие 32 подростка 10-11 лет и 28 подростков 11-12 лет. По результатам анализа ЭЭГ покоя из них были отобраны дети, в ЭЭГ которых не было выраженных признаков функциональной незрелости мозга [2; 10].

Эксперимент включал четыре экспериментальные ситуации (во всех ситуациях глаза закрыты). Первая ситуация – состояние спокойного бодрствования (ССБ). Для стандартизации этого состояния испытуемому предлагалась психологическая модель пассивного ожидания. Вторая ситуация – произвольное внимание (ПВ1) при восприятии значимой информации с необходимостью ее запомнить (проба на кратковременную память (КП)). Проведение слухоречевой пробы включало проведение шести последовательных циклов. Каждый цикл начинался с предупреждения "Приготовились", затем выдерживалась пауза 5 сек. По инструкции испытуемый в это время должен был наилучшим образом настроиться на восприятие слуховых стимулов. Далее зачитывался очередной блок из шести широко употребляемых слов со скоростью 1 слово в 2 сек. (в эксперименте использовалось шесть различных блоков). После зачитывания очередного блока испытуемому предлагалось воспроизвести

услышанные слова в любом порядке. Объем КП оценивался по среднему по шести блокам количеству правильно воспроизведенных слов.

Третья ситуация – состояние релаксации (СР). Для погружения в это состояние испытуемому предварительно объясняли простейшие приемы нервно-мышечной релаксации. Для более полного отключения от внешней обстановки и лучшего сосредоточения на собственном внутреннем состоянии создавался способствующий этому звуковой фон (использовалась магнитозапись шума морского прибоя). Уровень громкости звукового сигнала подбирался индивидуально и оценивался как субъективно приятный.

Четвертая ситуация – повторение второй ситуации на пострелаксационном фоне (ПВ2).

При первом выполнении слухоречевой пробы (ПВ1) испытуемому предлагалось вспомнить состояние, в котором он "работает" на уроке с учителем. При повторном ее проведении (ПВ2) ребенку предлагалось, не думая о результате, выполнять пробу, по возможности, оставаясь в том состоянии, которого ему удалось достичь в результате произвольной релаксации.

Контроль динамики общего функционального состояния испытуемого в процессе эксперимента осуществлялся по показателю электрокожной проводимости (ЭКП) с помощью прибора БИОС-ИП.

ЭЭГ регистрировали монополярно в затылочных (О1, О2), теменных (Р3, Р4), ниже-височных (Т5, Т6), центральных (С3, С4) и лобных (F3, F4) отведениях.

Для обработки в ситуациях (состояниях) ССБ, СР использовалось по десять 5-секундных участков ЭЭГ. При обработке ЭЭГ в ситуациях ПВ1 и ПВ2 использовалось по шесть 5-ти сек. отрезков (интервалы после получения испытуемым предупреждения «Приготовились» до начала предъявления слухоречевых стимулов). С помощью математического анализа рассчитывали спектральную плотность мощности (СПМ) и функции когерентности (Ког-показатели). Динамика ЭЭГ-показателей анализировалась в трех субдиапазонах альфа-полосы – 7-9, 9-11, 11-13 гц. и более низкочастотном эта диапазоне ЭЭГ – 5,5-7 гц.

У каждого испытуемого для выделенных субдиапазонов оценивали спектральную плотность мощности (СПМ) ЭЭГ в различных отведениях и когерентность (Ког) между отведениями (внутри и межполушарные связи). Использовался индивидуальный сравнительный статистический анализ по экспериментальным ситуациям (критерий Вилкоксона для сопряженных вариант).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ.

На рисунке 1 представлена динамика ЭКП испытуемых обеих обследованных возрастных групп в ходе последовательной смены экспериментальных ситуаций. Как известно из психофизиологических исследований, изменения величины ЭКП однозначно отражают изменения в уровне общей симпатической активации [13; 19]. С учетом этого обстоятельства характер изменений ЭКП при последовательной смене экспериментальных ситуаций может быть легко интерпретирован – он полностью соответствует функциональному состоянию испытуемых в различных экспериментальных ситуациях. Общей для обеих групп

закономерностью является повышение уровня ЭКП при переходе от ССБ к ситуации ПВ1, выраженное снижение в СР и его повышение при переходе к ПВ2. Повышение ЭКП в ситуации ПВ1 отражает повышение функциональной активности мозга во второй экспериментальной ситуации (направленное внимание). В ситуации произвольной релаксации ЭКП снижается. Для испытуемых обеих групп характерно соотношение: чем больше повышение ЭКП в ситуации ПВ1, тем менее выражено относительно фона (ССБ) снижение ЭКП в ситуации релаксации.

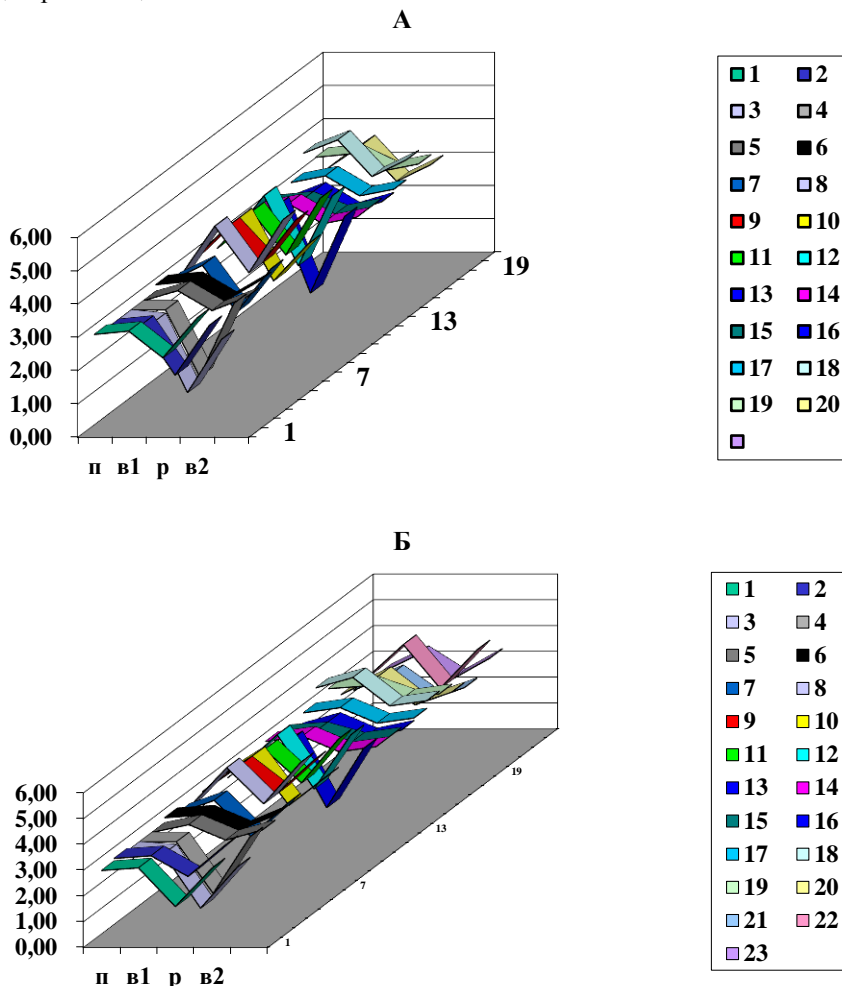


Рис. 1. Динамика индивидуальных значений электрокожной проводимости (в усл.ед.) по этапам эксперимента.

Примечание: А – группа 10-11 лет, Б- группа 11-12 лет, п – состояние спокойного бодрствования, в1 – произвольное внимание в привычном состоянии, р – релаксация, в2 – произвольное внимание в пострелаксационном состоянии. 1,2,3.....n – порядковые номера испытуемых.

Как показал анализ частотных характеристик ЭЭГ (рассматривалась частота пика доминирующего ритма в затылочной области левого полушария) при смене экспериментальных ситуаций выявляются определенные их изменения (табл. 1).

Таблица 1

Возрастные особенности изменения частоты доминирующего ритма при смене экспериментальной ситуации

Экспер. сит.	ССБ Гц	ПВ1 Гц	СР Гц	ПВ2 Гц
Среднее по группе 10-11 лет	9,3±0,1	9,6±0,1*	9,2±0,1	9,8±0,1**
Среднее по группе 11-12 лет	9,1±0,1	9,4±0,1*	9,0±0,1	9,4±0,1*

* – увеличение относительно ССБ, $P < 0,05$

** – увеличение относительно ССБ, $P < 0,01$

Как видно из таблицы 1, выявленные закономерности в группах 10-11 лет и 11-12 лет носят сходный характер. При смене экспериментальных ситуаций отмечаются значимые изменения, проявляющиеся в повышении пиковой частоты доминирующего ритма в ситуациях ПВ относительно ситуаций ССБ и СР. Вместе с тем видно, что пострелаксационный эффект – большее повышение значения пиковой частоты доминирующего ритма в ситуации ПВ2 по сравнению с ситуацией ПВ1, отчетливо проявляющийся у подростков 10-11 лет, в возрастной группе 11-12 лет практически отсутствует.

Имеющиеся в литературе данные о наличии положительных корреляций между частотой доминирующего ритма и скоростью оперативной переработки информации [8] позволяют рассматривать выявленный эффект как отражение позитивного влияния СР на функциональное состояние мозга, более характерного для 10-11, чем для 11-12 лет.

Как видно из таблицы 2, сравнительный анализ динамики показателей кратковременной памяти выявляет определенные различия между группами подростков 10-11 лет 11-12 лет: в старшей группе эффект пострелаксационного повышения объема КП выражен слабее. Что позволяет говорить о меньшей выраженности в группе 11-12 лет позитивного влияния релаксации на эффективность мнестической деятельности в пострелаксационном состоянии.

Таблица 2

Возрастные особенности изменения в объеме кратковременной памяти после релаксации.

Объем КП	до релаксации слов	после релаксации слов
Подростки 10-11 лет	4,45±0,13	4,83±0,11**
Подростки 11-12 лет	4,75±0,15	5,02±0,13*

Примечание: * – $P < 0,05$, ** – $P < 0,01$.

Совместное рассмотрение динамики показателей ЭКП и частоты доминирующего ритма и объема КП, имеющих различную физиологическую природу и характеризующих различные уровни регуляции в нервной системе (а-ритм – центральный, ЭКП – вегетативный, КП – поведенческий), позволяет говорить об оптимизирующем эффекте релаксации – повышение функционального состояния коры (повышение частоты альфа-ритма, улучшение КП по данным слухоречевой пробы) без повышения уровня вегетативного напряжения (близкие значения ЭКП в ситуациях ПВ1 и ПВ2). Иными словами повышение эффективности когнитивной деятельности имеет место без роста ее физиологической стоимости.

Сравнительный анализ ЭЭГ данных показал, что в обеих группах амплитуда доминирующего ритма (среднечастотная составляющая альфа-полосы) в СР у большей части испытуемых оказалась более низкой, чем в ситуации ССБ. При этом практически у всех испытуемых подобные сдвиги сочетались с динамикой показателя ЭКП, свидетельствующей о снижении при релаксации уровня симпатической активации. Это позволяет говорить о наличии определенных качественных особенности состояния релаксации: сочетание признаков активации и дезактивации. Таким образом подтверждается правомерность подхода к релаксации как к определенному виду деятельности (активности), направленной не на внешний объект, а на собственное функциональное состояние [17]. Несомненно использование психотехнических приемов для усиления процессов тормозного контроля при релаксации требует определенного рода активности, что может быть причиной отмеченного выше снижения амплитуды доминирующего ритма, которое можно интерпретировать как повышение уровня корковой активации. Это повышение, по-видимому, касается каких-то специфических для произвольной релаксации нейрофизиологических структур. Если же рассматривать изменения активации на поведенческом уровне, где она рассматривается как готовность реагировать на внешние стимулы, то релаксация несомненно приводит к ее снижению, что отражается в соответствующей динамике вегетативных показателей.

Анализ динамики спектров ЭЭГ испытуемых исследуемых групп при переходе к ситуациям произвольного внимания в обеих группах выявил тенденцию к снижению мощности ритмических составляющих ЭЭГ в ситуациях ПВ1и ПВ2, что вполне соответствует содержанию этих экспериментальных ситуаций (преднастройка на восприятие значимой информации). Отмеченное снижение мощности было более выраженным в задних областях, в особенности в затылочных и характерно для всех ритмических составляющих альфа-диапазона ЭЭГ. В большинстве случаев изменения носили симметричный по полушариям характер.

Анализ динамики показателей когерентности ритмических составляющих (КОГ) при сопоставлении ситуаций СР и ССБ, также не выявил существенных различий между обследованными группами. В обеих группах повышение уровня когерентности по связям переднецентральных отделов с каудальными корковыми областями наблюдается в основном в низко- и среднечастотном поддиапазонах альфа-полосы. Подобная картина отмечалась нами ранее для школьников 9-10 лет

[5; 6]. При отмеченном сходстве исследуемых групп отмечается более низкая частота встречаемости значимых сдвигов в группе 11-12 лет.

Наибольший интерес в соответствии с основной задачей исследования представлял анализ показателей когерентности при сопоставлении ситуаций ПВ1 и ПВ2 (произвольное внимание до и после релаксации). Проведенный для обеих групп сравнительный анализ индивидуальных значений Ког-показателей в ситуациях ПВ1 и ПВ2 по сравнению с ССБ показал, что при наличии выраженной индивидуальной вариативности в топографии значимых сдвигов наибольшая частота встречаемости характерна для дистантных внутрислоушарных и межполушарных связей в средне- и высокочастотном диапазоне. При этом частота встречаемости этих изменений в ситуации ПВ2 выше.

Сравнение рисунков 2 и 3 дает возможность сопоставить исследованные возрастные группы по выраженности пострелаксационного эффекта: отчетливо видна большая выраженность пострелаксационного эффекта в группе 10-11 лет.

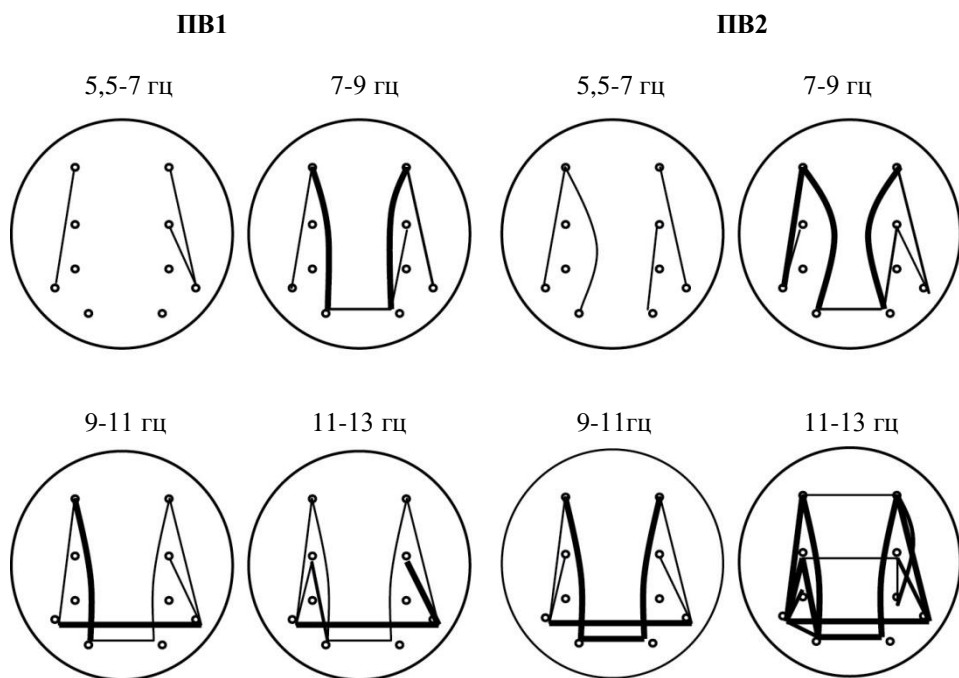


Рис. 2. Частота встречаемости и топография межцентральных связей, для которых отмечается повышение (относительно спокойного бодрствования) уровня когерентности в ситуации преднастройки на прослушивание и удержание в памяти слуховых стимулов до (ПВ1) и после (ПВ2) релаксации.

Подростки 10-11 лет.

— - повышение уровня когерентности не менее чем в 20 % случаев

— — - не менее чем в 40% случаев

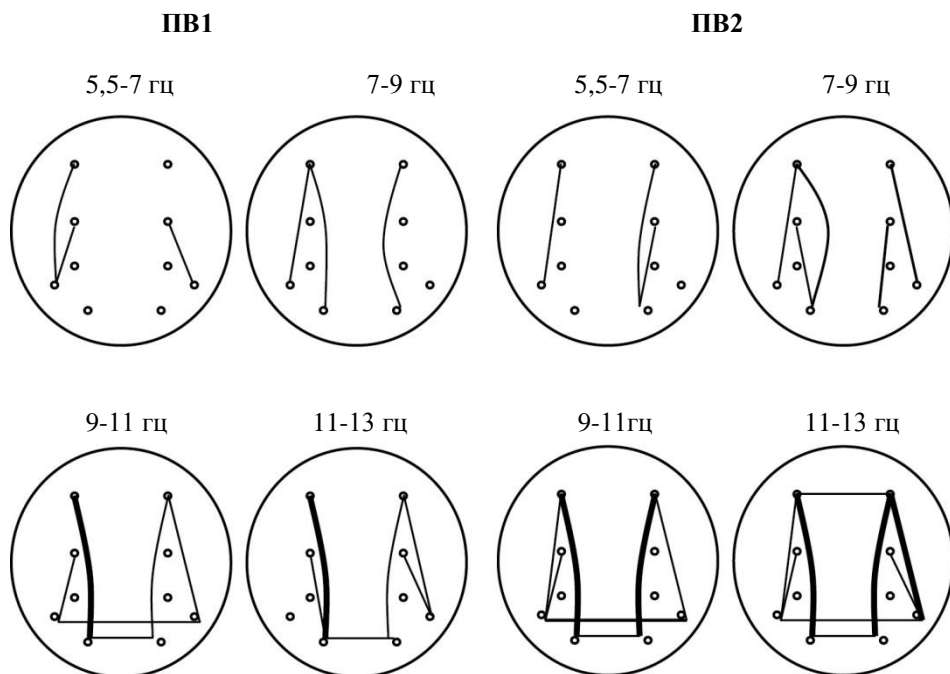


Рис. 3. Частота встречаемости и топография межцентральных связей, для которых отмечается повышение (относительно спокойного бодрствования) уровня когерентности в ситуации преднастройки на прослушивание и удержание в памяти слуховых стимулов до (ПВ1) и после (ПВ2) релаксации. Подростки 11-12 лет.

— - повышение уровня когерентности не менее чем в 20% случаев
 ——— - не менее чем в 40% случаев

Хотя в группе 11-12 лет тоже можно констатировать повышение частоты встречаемости случаев повышения когерентности по дистантным и межполушарным связям в ситуации ПВ2 относительно ПВ1 и также преимущественно в диапазоне 11-13 гц, видно, что тенденции эти в группе 11-12 лет проявляются слабее. В особенности это относится к высокочастотному альфа-диапазону альфа-полосы 11-13 гц. В старшей группе отсутствуют дистантные связи с фокусом в лобных и височных областях характерные для группы 10-11 лет.

Принимая во внимание имеющиеся в литературе данные о функциональной специфике высокочастотной ритмической составляющей альфа-полосы [15; 18] выявленный в отношении этого поддиапазона пострелаксационный эффект в ситуации внимания можно связать с повышением в пострелаксационном состоянии эффективности функционирования механизмов локальной избирательной активации коры больших полушарий, в данном случае, височных зон и обеспечения их взаимосвязей. Характер топографии значимых изменений в

уровне когерентности исследованных ритмических составляющих ЭЭГ в состоянии преднастройки на восприятие значимых стимулов выявляет сложную перестройку межцентральных отношений корковых структур, в частности, функциональную значимость лобных областей и левой височно-теменно-затылочной области.

Функциональная значимость лобных областей хорошо согласуется с данными нейропсихологических и нейрофизиологических исследований, указывающих на ключевую роль фронтального неокортекса в системе регуляции корковой активации [1; 9; 16]. Об этом свидетельствуют и результаты электрофизиологических исследований, согласно которым именно лобным областям принадлежит ведущая роль в организации дистантных связей фронтального неокортекса с задними корковыми областями [20].

Что касается левой височно-теменно-затылочной области, то она, как и фронтальный неокортекс, относится к числу наиболее молодых корковых формаций, с деятельностью которых связываются наиболее сложные формы поведения [3]. В этом плане заслуживает внимание тот факт, что связи с фокусом в левой височно-теменно-затылочной области в ситуации произвольного внимания выявились только на пострелаксационном фоне (ПР2). С учетом результатов поведенческого эксперимента (улучшение запоминания) активацию этой системы межцентральных связей можно рассматривать как отражение позитивных изменений в функциональном состоянии ЦНС (влияние релаксации) и соответственно в когнитивном функционировании мозга (организация произвольного внимания).

Как было отмечено выше, влияние релаксации на функциональное состояние ЦНС подростков в возрасте 11-12 лет в ситуации произвольного внимания оказалось менее выраженным, чем в возрасте 10-11 лет. По-видимому, этот факт отражает процесс снижения эффективности в работе регулирующих систем мозга подростков в связи с процессом полового созревания, что согласуется с физиологическими данными о существенных перестройках в этом возрасте в системе нейроэндокринной регуляции организма.

ВЫВОДЫ

1. В группах детей 10-11 и 11-12 лет динамика показателей электрокожной проводимости, кратковременной памяти и спектральных параметров ЭЭГ носит сходный характер

2. Различия выявляются в динамике показателей когерентности. У детей 10-11 лет по сравнению с детьми 11-12 лет в пострелаксационном состоянии наблюдается более частая встречаемость роста значений функции когерентности в диапазонах высокочастотного альфа-ритма в парах отведений, включающих лобную или нижневисочную корковые зоны.

3. По результатам мнестической деятельности у подростков 11-12 лет выявляется снижение позитивного влияния релаксации на когнитивные процессы по сравнению с 10-11 летним возрастом: повышение объема кратковременной памяти в старшей группе оказывается менее выраженным.

4. Полученные данные рассматриваются как следствие отрицательного влияния на регуляторные функции нейроэндокринных изменений на начальном этапе полового созревания в возрасте 11-12 лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батуев А.С. Высшие интегративные системы мозга. – Л.: Наука, 1981. – 252 с.
2. Безруких М.М. Комплексная методика диагностики познавательного развития детей дошкольного возраста и первоклассников: Методическое пособие / М.М. Безруких, Е.И. Логинова, Р.И. Мачинская, О.А. Семенова, Т.А. Филиппова. – М., МГПИ, 2006. – 124 с.
3. Бехтерева Н.П. Здоровый и больной мозг человека. – Л.: Наука, 1988. – 260 с.
4. Гримак Л.П. Психология активности. Психологические механизмы и приемы саморегуляции. – М.: Либроком, 2010. – 378 с.
5. Горев А.С. Динамика ЭЭГ-параметров младших школьников при изменении функционального состояния (релаксация) под воздействием ритмической стимуляции // Физиология человека. – 2000. – Т. 26, № 2. – С. 37-41.
6. Горев А.С. Влияние кратковременной релаксации на организацию биоэлектрической активности мозга в состоянии спокойного бодрствования у младших школьников // Физиология человека. – 2004. – Т. 30, № 5. – С. 30.
7. Горев А.С. Влияние произвольной регуляции функционального состояния (релаксация) на организацию корковых процессов при мнестической деятельности у школьников 9-10 лет // Физиология человека. – 2007. – 33, № 2. – С. 35-42.
8. Забродин Ю.М., Лебедев А.Н. Психофизиология и психофизика. – М.: Наука, 1977. – 288 с.
9. Лурия А.Р. Функциональная организация мозга // Естественно-научные основы психологии / под ред. А.А. Смирнова, А.Р. Лурия, В.Д. Небылицына. – М., 1978. – С. 120.
10. 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. 26-36.
11. Развитие мозга и формирование познавательной деятельности ребенка / Под ред. Д.А. Фарбер, М.М. Безруких. – М.: Изд-во МПСИ, Воронеж, 2009. – 432 с.
12. Структурно-функциональная организация развивающегося мозга. – Л., Наука, 1990. – 177 с.
13. Хэссет Дж. Введение в психофизиологию. – М.: Мир, 1981. – 228 с.
14. Lindsay WR, Morrison FM The effects of behavioural relaxation on cognitive performance in adults with severe intellectual disabilities // J Intellect Disabil Res. – 1996. – Aug; 40 (Pt 4):285-90.
15. Osaka M., Peak alpha frequency of EEG during a mental task: task difficulty and hemispheric differences // Psychophysiol. – 1984. – Vol. 21. – P. 101.

16. Pribram K.H. The frontal cortex as executive processor: proprieties, priorities and practical inference // *Downward Proctss in the Perception Representation Mechanisms* / Eds.i-Ferreti Cl. and Musio K. – Singapore, New-Jersey, London, Hong-Kong.: World Scientific, 1998. – P. 546.
17. Sebastiani L, Simoni A, Gemignani A, Ghelarducci B, Santarcangelo EL. Relaxation as a cognitive task // *Arch Ital Biol.* – 2005. – Vol. 143(1). – P. 1-8.
18. Sheferd R., Gale a. EEG correlates of hemispheric differences during a rapid calculation task // *Brit. J. Psychol.* – 1982. – V. 73. – P. 73.
19. Steptoe A., Greer K. Relaxation and skin conductance feedback in the control of reactions to cognitive Tasks // *Biol Psychol.* – 1980. – V. 10, № 2. – P. 127.
20. Wang G, Takigawa M., Matsushita T. Correlation of alpha-activity between the frontal and occipital cortex // *Japanize journal of physiology.* – 1992. – V. 42, № 1. – P. 1.

ВОЗРАСТНАЯ МОРФОЛОГИЯ

ОСОБЕННОСТИ ГЛИО-СОСУДИСТЫХ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ В КОРЕ БОЛЬШОГО МОЗГА У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ

Т.А. Цехмистренко¹

ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов»,
ФГБНУ «Институт возрастной физиологии
Российской академии образования», Москва

С помощью гистологических методик, компьютерного анализа изображений и стереометрического метода в глазодвигательном поле 8 и речедвигательном поле 45 лобной области коры большого мозга человека (65 левых полушарий) от 4 до 16 лет в годовых интервалах изучали удельные объемы глиоцитов и кровеносных сосудов. Показана гетерохронность и зональные отличия в формировании микроструктурных компонентов фронтальной коры на этапах первого и второго детства, а также в подростковый период.

Ключевые слова: микроструктура фронтальной коры, постнатальный онтогенез, стереометрический метод

Peculiarities of relationship between glial and vascular components in cerebral cortex of children and adolescents. The article presents the study of specific volumes of glial components and blood vessels in sublayer III³ of 8 and 45 frontal areas in human cerebral cortex (65 left hemispheres) from 4 to 16 years old. Regional differences in the formation of microstructure components of frontal cortex during first and second childhood, and also during adolescence are shown.

Key words: microstructure of frontal cortex, postnatal ontogeny, stereometric method.

В настоящее время представления о модульном принципе организации нервных центров экранного типа не вызывают сомнений [5].

Несмотря на разнообразие подходов к выявлению модульных единиц коры больших полушарий, большинство исследователей согласны с тем, что основу внутрикорковых модулей составляют определенным образом ассоциированные и вертикально упорядоченные группы нейронов разных типов. Такие группы оказываются способными включаться в качестве так называемых функциональных единиц в распределенные нейронные сети разного функционального уровня, начиная от контроля базовых функций жизнеобеспечения организма и до наиболее сложных форм психической деятельности и поведения в целом [3]. Известно, что структурно-функциональная специализация отдельного нейрона в пределах локального (модульного) объединения определяется системой его межнейронных связей, формирование которых, в свою очередь, зависит от сроков развития нейрона и места в пределах того или иного цитоархитектонического слоя в ходе

Контакты: ¹Цехмистренко Т.А. – E-mail: <tsekhmistrenko2010@yandex.ru>

стратификации коры. В то же время для функциональной специализации групп нейронов, или нейронных ансамблей, определяющее влияние оказывают обширные ассоциативные и проекционные связи, обеспечивающие интеграцию структурных компонентов различных функциональных систем мозга в ходе реализации его высших психических функций [15].

Ранее нами было показано, что нейронные группировки в нейро-глио-сосудистых ансамблях коры больших полушарий проходят значительные структурные преобразования, сопровождающиеся нарастанием их размеров, изменением композиции, качественного и количественного состава нейронов на протяжении различных этапов постнатального онтогенеза [10]. Усложнение структурной организации нейронных группировок различных отделов коры в постнатальном онтогенезе по ряду показателей свидетельствует о том, что они представляют собой функционально значимую единицу в составе внутрикорковых модулей [14].

В связи с этим особый интерес вызывает вопрос о возрастных преобразованиях внутрикорковых сосудов и глиоцитов, участвующих в метаболическом обеспечении нейронных группировок в составе нейро-глио-сосудистых ансамблей [6; 12; 13]. Задачей настоящего исследования было изучение в лобной коре большого мозга детей и подростков от 4 до 16 лет объемных соотношений внутрикорковых сосудов и глиоцитов с целью выявления особенностей их количественных изменений на разных этапах постнатального онтогенеза.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

С помощью гистологических и количественных методик были изучены кусочки коры большого мозга, полученные из 65 левых больших полушарий от трупов людей обоего пола в возрасте от 4 до 16 лет, погибших насильственной смертью без травм мозга. Кусочки вырезали в области речедвигательного поля 45 (зона Брока) и глазодвигательного поля 8.

Материал исследования группировали в годовых интервалах. Фиксацию мозга производили в 10 % нейтральном формалине с последующим обезвоживанием в спиртах восходящей концентрации. Парафиновые срезы толщиной 10 мкм изготавливали во фронтальной проекции и окрашивали крезоловым фиолетовым по Нисслю, а также импрегнировали нитратом серебра методом Петерса в модификации [4]. Часть материала в кусочках импрегнировали нитратом серебра по методу Гольджи в модификации [2]. Серийные срезы с целлоидиновых блоков толщиной 100 мкм заключали в бальзам.

Компьютерный анализ оптических изображений препаратов проводился с применением программы Image-Tools (National Institutes of Health, USA). Объемные соотношения структурных элементов лобной области коры в различных возрастах определяли с помощью стереологического метода [8] в собственной модификации. Выявляли относительные удельные объемы (УО) глиоцитов и сосудов в Π^3 подслое коры при увеличении 15x40 (с иммерсией) при помощи встроенной в программу 4-узловой оптической сетки со случайным шагом. Среднее число узлов (точек) морфометрической сетки, случайно попавших на исследуемые структуры, определяло среднюю долю их от общего объема органа (в %). Всего производилось по 850 измерений изучаемых структурных компонентов в каждом

возрасте при достижении критерия надежности $P=95\%$. С целью унификации количественных данных, полученных с различных срезов, использовалась формула А. Аберкромби [1] для подсчета истинного числа микрообъектов с учетом толщины среза. Достоверность различий между средними величинами изучаемых параметров различных возрастных групп или разных корковых полей в одной возрастной группе определяли методами вариационной статистики с вычислением ошибки средней и доверительного интервала с уровнем значимости $P=95\%$ [9].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение соотношения УО глиоцитов и внутрикорковых кровеносных сосудов в III^3 подслое фронтальной коры позволило установить, что у 4-летних детей относительное содержание глиоцитов значимо различается в исследованных полях в 1,2 раза, составляя $28,9 \pm 2,0\%$ в поле 45 и $34,7 \pm 1,1\%$ в поле 8 ($p < 0,05$). УО кровеносных сосудов ансамблеобразующего слоя верхнего этажа коры в поле 45 в 1,3 раза больше, чем в поле 8 и составляет $23,3 \pm 2,0\%$ и $18,6 \pm 1,7\%$ соответственно (рис. 1).

В поле 45 в течение пятого года жизни относительное количество глии в III^3 подслое нарастает в 1,2 раза, в то время, как УО сосудов уменьшается в 1,3 раза ($p < 0,05$). От 6 к 7 годам УО внутрикорковой глии остается стабильным, в то время, как содержание кровеносных сосудов достоверно уменьшается в 1,2 раза по сравнению с пятью годами и составляет $14,2 \pm 1,7\%$. К 8 годам УО глиоцитов снова нарастает в 1,2 раза по сравнению с показателем детей 5 лет и составляет $43,1 \pm 4,8\%$ ($p < 0,05$). В последующие годы относительное содержание глии значимо не изменяется и к 16 годам составляет $34,8 \pm 4,8\%$. УО кровеносных сосудов к 9-10 годам снижается в 1,4-1,5 раза по сравнению с 7 годами и в 1,8-1,9 раза по сравнению с 5-летними детьми. К 10 годам относительное содержание сосудов в коре составляет $9,9 \pm 0,8\%$. В 11 лет УО сосудов вновь нарастает до $12,7 \pm 0,9\%$ и в последующие годы остается практически стабильным, составляя к 16 годам $12,2 \pm 1,7\%$ (см. рис. 1).

В поле 8 на пятом году жизни УО глиоцитов в мозговой ткани нарастает в 1,2 раза, а относительное содержание сосудов уменьшается в 1,5 раза по сравнению с четырьмя годами ($p < 0,05$). После 5 лет УО внутрикорковой глии стабилизируется и составляет к 16 годам $48,8 \pm 6,2\%$. Относительное содержание кровеносных сосудов в глазодвигательном поле коры детей от 8 до 10 лет снижается в 1,5-1,7 раза по сравнению с пятью годами. В 10 лет их содержание составляет всего лишь $8,4 \pm 1,1\%$. Однако, так же, как и в поле 45, в 11 лет УО сосудов вновь нарастает и достигает уровня $12,7 \pm 0,9\%$, после чего стабилизируется. К 16 годам этот показатель в поле 8 составляет $10,1 \pm 2,6\%$. Необходимо также отметить, что у детей в период от 5 до 9 лет УО сосудов в поле 45 в 1,3-1,4 раза больше, чем в поле 8, тогда как УО глиоцитов практически не имеет значимых различий.

Полученные данные свидетельствуют о том, что в период от 4 до 16 лет нарастание глиального компонента в изученных полях отмечается в поле 45 – к 5 и 8-9 годам, в поле 8 – только к 5 годам и сопровождается снижением удельных

объемов внутрикорковых сосудов. Особенно ярко этот процесс наблюдается в поле 45 у детей 8-9 лет.

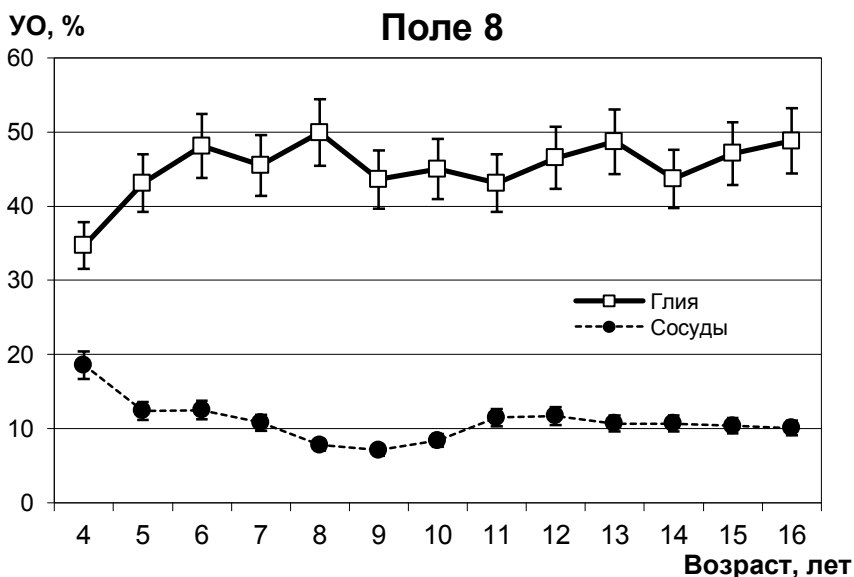
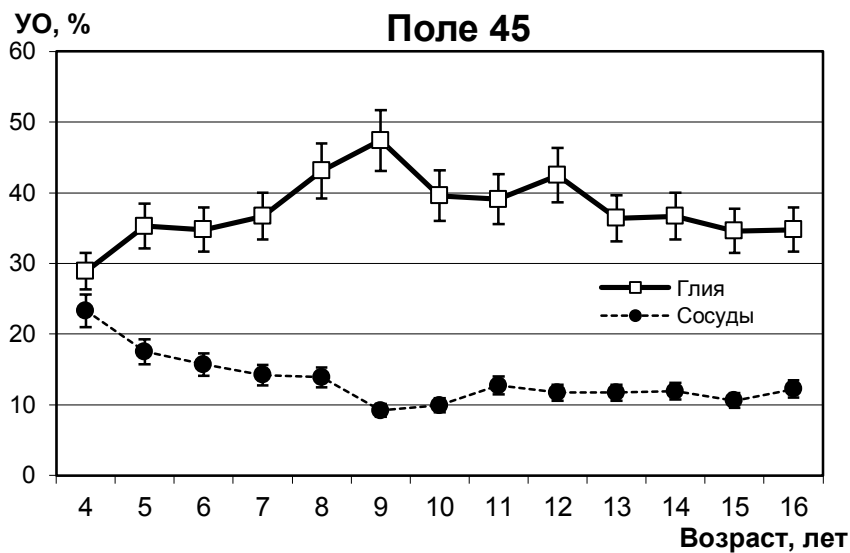


Рис. 1. Изменение удельных объемов глиоцитов и кровеносных сосудов в П³ подслое полей 8 и 45 лобной области коры от 4 до 16 лет. Вертикальные отрезки – значения доверительного интервала.

По-видимому, снижение УО сосудов необходимо рассматривать в системе комплексных микроструктурных перестроек нейро-глио-сосудистых ансамблей коры к этому возрасту. Как показано нами ранее, в полях фронтальной коры к 9-11 годам наблюдается нарастание содержания нейронов крупноклеточных классов, а также интенсивное развитие волокон III слоя, обеспечивающих внутрикорковые ассоциативные связи [11].

Интерес представляет тот факт, что у детей от 5 до 9 лет в поле 45 отмечается более интенсивная васкуляризация коры по сравнению с полем 8. Возможно, это связано с локальными особенностями процессов, протекающих в речедвигательных корковых зонах в этот период, когда происходит смена мозговых механизмов анализа и обработки информации при общем повышении роли лобной области коры в управлении активационными процессами [7].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, структурные преобразования, отражающие возрастание специализации фронтальной коры и усиление ее роли в реализации психических функций, затрагивают не только нейроны, глию, внутрикорковые волокна, синаптический аппарат коры, но и сосуды в составе слагающих ее нейро-глио-сосудистых ансамблей. По нашему мнению, группировки нейронов, относительно обособленные петлями питающих их сосудов, совместно с сопутствующим глиальным компонентом (сателлитной и свободнолежащей глией) представляют собой, в первую очередь, нейротрофические единицы. В то же время тенденция нейронов к группированию, отчетливо прослеживаемая нами в ансамблеобразующих слоях III и V префронтальной коры, создает предпосылки для пластичности корковых модулей при реализации интегративных функций мозга. Одновременно группировки нейронов в составе модульной организации коры обеспечивают функциональную устойчивость и надежность распределенных сетей, создают предпосылки для дублирования функций, поддержания различных уровней активности функциональных систем мозга и пр. Таким образом, структурно-функциональная организация группировок нейронов как функциональных и нейротрофических единиц определяется не только функциональной активностью нейронного ансамбля, но и метаболическими процессами, связанными с возрастными преобразованиями его глиального и сосудистого компонентов. Это косвенно подтверждается поэтапным уменьшением васкуляризации ансамблеобразующих слоев в полях 45 и 8 лобной коры, а также компенсаторным нарастанием относительного содержания глиоцитов. Выявленные нами особенности глио-сосудистых взаимоотношений в коре большого мозга у детей и подростков позволяют предположить, что изменение функциональной активности мозга и совершенствование механизмов мозговой деятельности детей и подростков с возрастом является результатом не только усложнения системы проекционных и ассоциативных связей и длительного созревания нейронов префронтальной коры, но и следствием перестройки глио-сосудистого компонента коры, способствующего интенсификации метаболических процессов при экономизации мозгового кровотока с возрастом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автандилов Г.Г. Медицинская морфометрия. – М.: Медицина, 1990. –384 с.
2. Антонова А.М. Модификация метода Гольджи с применением вольфрамвокислого натрия // Бюлл. эксперим. биологии. – 1967. – Т. 63, вып. 3. – С. 123-124.
3. Антонова А.М. Нейроархитектоника и межнейронные связи как основа соматотопической организации коры мозга человека // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. – 1981. – Т. 80, № 3. – С. 18-27.
4. Антонова А.М., Степанова С.Б. Модификация метода Петерса применительно к цитологическим исследованиям // Бюлл. эксперим. биологии. – 1973. – Т. 75, вып. 4. – С. 122-124.
5. Батуев А.С. Модульная организация коры головного мозга/ А.С. Батуев, В.П. Бабминдра // Биофизика. – 1993.– Т. 38, № 2. – С. 351-359.
6. Боголепова И.Н. Нейроглиальные взаимоотношения как один из показателей индивидуальной вариабельности мозга человека // Морфология. – 1993. – Т. 105, № 7-8. – С. 21-22.
7. Мачинская Р.И., Семенова О.А. Функциональная организация внимания и произвольная регуляция деятельности // Развитие мозга и формирование познавательной деятельности ребенка / Под ред. Д.А. Фарбер, М.М. Безруких. – М.-Воронеж: Изд-во НПО «МОДЭК», 2009. – С. 161-224.
8. Стефанов С.Б., Кухаренко Н.С. Ускоренные способы количественного сравнения морфологических признаков и систем. – Благовещенск: ВСХИ, 1989. – 65 с.
9. Стрелков Р.Б. Экспресс-метод статистической обработки экспериментальных и клинических данных. – М.: Изд. П МОЛГМИ, 1986. – 86 с.
10. Цехмистренко Т.А. Постнатальные преобразования микроструктуры фронтальной коры большого мозга человека // Новые исследования. – 2011. – № 3 (28). – С. 57-64.
11. Цехмистренко Т.А., Васильева В.А, Шумейко Н.С. Структурные преобразования коры большого мозга и мозжечка человека в постнатальном онтогенезе // Развитие мозга и формирование познавательной деятельности ребенка / Под ред. Д.А. Фарбер, М.М. Безруких. – М. - Воронеж: Изд-во НПО «МОДЭК», 2009. – С. 9-75.
12. Costa M.R., Götz M., Berninger B. What determines neurogenic competence in glia? // Brain Research Reviews. – 2010. – № 63. – P. 47-59.
13. Pfrieger F.W. Role of glial cells in the formation and maintenance of synapses // Brain Research Reviews. – 2010. – № 63. – P. 39-46.
14. Tsekhmistrenko T.A. Chernikh N.A., Shehovtsev I.K. From a Birth Till 20 Years Structural Transformations of Cyto- and Fibroarchitectonics of the Human Frontal Cerebral Cortex// Human physiology. – 2010. – Vol. 36, № 1. – P. 26-33.
15. Tsekhmistrenko T.A., Chernykh N.A. Developmental characteristics of the microstructure of layer V of the frontal cortex in humans// Neuroscience and Behavioral Physiology. – 2013. – Т. 43, № 5. – С. 582-586.

ПРЕЕМСТВЕННОСТЬ РОСТА И СОЗРЕВАНИЯ В ДВУПОЛОМ ДЕТСТВЕ

*Р.В. Тамбовцева¹, Т.В. Панасюк
ФГБНУ «Институт возрастной физиологии
Российской академии образования», Москва
Российский государственный университет физической культуры,
спорта, молодежи и туризма, Москва*

Целью настоящего эксперимента явилось изучение преемственности роста детей в первом и втором детстве и установление связи его с созреванием. Было проведено лонгитудинальное исследование на девочках от 7 до 10 лет г. Москвы. Изучено 23 антропологических признака. Показано, что преемственность в росте между первым и вторым детством значительнее, чем в созревании, что связано с изменением приоритетов в критериях биологической зрелости: в конце первого детства важнейший критерий – смена зубов, а в конце второго детства – приобретает важность половое созревание.

Ключевые слова: антропология, биологическая зрелость, двуполое детство, признак, размеры тела, молочные и постоянные зубы.

Continuity of growth and maturing in the bisexual childhood. *The experimental research was aimed at studying continuity of child growth during first and second childhood and its connection to maturing. There was held a longitudinal study on girls from 7 to 10 years old from Moscow. 23 anthropological characteristics were studied. It was shown that the growth continuity between the first and second childhood is higher, than in maturing. It results from priority change of criteria of biological maturity: at the end of the first childhood the major criterion is teeth change, and at the end of the second childhood it is puberty.*

Keywords: *anthropology, biological maturity, bisexual childhood, characteristic, body sizes, milk teeth and molars.*

Современная интегративная антропология рассматривает онтогенез человека как целостный процесс, управляемый единым генным комплексом, вследствие чего как характер, темпы роста, созревания и старения организма одинаковы [4, 5, 6]. Однако это не исключает изменений в темпах роста и развития организма по мере его взросления, так как рост человека, как и у большинства млекопитающих, аллометричен [1], и управляющие им гены включаются поочередно на разных этапах онтогенеза [3; 4]. В литературе встречаются сведения о том, например, что дети астеноидного соматотипа быстрее растут в первом детстве и медленнее после 7 лет [9]. Дж. Таннер [7] ввел понятие компенсаторного роста, согласно которому ребенок, рост которого был чем-либо задержан в предшествующий период, наверстывает его в последующем независимо от того, в какой фазе онтогенеза произошла задержка. Однако ретроспективное исследование десятилетней динамики длины тела выпускников школ показало, что большинство из них сохраняют исходные различия этого признака на протяжении всего рассматриваемого перио-

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

да [8]. Кроме того рост и созревание организма – это процессы, хотя и взаимосвязанные, но не слишком жестко. В свое время В.Г. Властовский [2] обнаружил у школьников 9 различных сочетаний скоростей роста и созревания. У большей части детей темпы созревания и роста совпадали, но варианты ускоренного роста с замедленным созреванием, наоборот, были отнюдь не единичны.

Поэтому целью настоящего исследования явилось изучение преемственности роста детей в первом и втором детстве и установлении связи роста с созреванием.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В данном лонгитудинальном эксперименте приняли участие девочки школьного возраста (от 7 до 10 лет) г. Москвы в количестве 88 человек. Была исследована связь между размерами тела и показателями биологической зрелости школьниц в начале и конце первого двуполого детства. Лонгитудинально по стандартной методике [1] были исследованы 23 антропометрических признака (табл. 1).

Таблица 1

Абсолютные размеры тела у 10-летних девочек в трех группах

Показатели	1 группа		2 группа		3 группа	
	X	сигма	X	сигма	X	сигма
Масса тела (кг)	20,8	3,9	22,8	3,1	25,3	4,3
Длина тела (см)	120	6,7	123	5,3	125	5,9
Длина туловища (см)	35	3,2	36	1,7	36,4	2,4
Длина руки (см)	50,8	3,5	52,6	2,9	51,9	4,4
Длина ноги (см)	62,9	3,2	65,1	3,7	66,3	3,2
Обхват груди (см)	57	3,9	58,2	3,0	62	4,4
Обхват плеча (см)	16,1	1,7	17,7	1,5	191	2,1
Обхват предплечья (см)	16,5	1,1	17,7	1,3	18,5	1,2
Обхват бедра (см)	33,7	3,0	36,7	3,6	39	3,4
Обхват голени (см)	23,9	1,9	25,6	2,0	26,9	1,9
Ширина плеч (см)	25,7	1,9	26,3	1,0	26,4	1,2
Ширина таза (см)	18,7	1,3	18,8	1,2	19,4	1,3
Толщина кожно-жировых складок (мм):						
на спине	4,71	1,1	5,6	1,6	8,64	4,1
на плече сзади	8,14	1,4	9,3	3,3	11,5	3,1
на плече спереди	4,71	1,8	5,4	1,9	7,82	2,7
на предплечье	4,57	1,5	5,7	2	8,18	2,8
на животе	5,14	2,5	6,6	3,2	12,4	6,5
на бедре	7,14	2,1	9	4	12,6	4,1
на голени	8	1,4	9,1	3,2	11,5	3,4
Толщина эпифизов (мм):						
плеча	48,7	4,7	51,8	3,0	52,4	3,3
предплечья	38,7	3,4	40,3	2,8	41	3,5
бедра	72,7	5,2	77,7	4,9	83,9	7,0
голень	53,6	4,5	57,9	3,4	59,8	12

Биологический возраст детей в 7 лет оценивался по соматическому («Филиппинский тест») и зубному критериям, а в 10 лет дополнительно к смене зубов оценивались начальные стадии полового созревания и рассчитывался интегральный показатель биологической зрелости на основе которого выборка была разделена на 3 группы с замедленным (1 группа), средним (2) и ускоренным (3) созреванием.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ абсолютных размеров тела в этих трех группах показал, что в 10 лет тотальные размеры тела, ширина плеч и таза, а также жиротложение, массивность скелета и обхваты сегментов конечностей изменяются равномерно.

Таблица 2

Показатели биологической зрелости у девочек в 7 и 10 лет

Показатели	1 группа		2 группа		3 группа	
	7 лет	10 л	7 лет	10 л	7 лет	10 л
Филиппинский тест (балл)	1,43	3	1,7	3	1,59	3
Молочные зубы (кол-во)	13	5,57	14,4	5,2	12,6	4,36
Постоянные зубы (кол-во)	9	16,1	6,9	16,5	9,73	18,6
Женская форма таза (балл)	-	0	-	0,9	-	0,64
Рост волос под мышкой (балл)	-	0	-	0	-	0,27
Рост волос на лобке (балл)	-	0	-	0	-	0,46
Развитие молочных желез	-	0,143	-	0,25	-	1,41
Интегральная характеристика полового созревания (балл)	-	0,143	-	1,15	-	2,77

Морфологические показатели у 7-летних девочек увеличиваются от первой группы к третьей. Различия в длине туловища, рук и ног несколько противоречивы. Ретроспективный анализ размеров тела в тех же группах в 7 лет показал, что аналогичная тенденция прослеживается в отношении всех признаков, за исключением ширины плеч и таза. Плечи у 7-летних девочек 1 группы уже, а 2 и 3 групп – одинаковы. Ширина таза, наоборот, одинакова в 1 и 2, и больше – в 3 группе. Учитывая особенности формирования пропорций в двуполом детстве, можно сделать вывод, что у девочек 3-й группы уже в 7 лет начинает складываться женская форма тела.

Сопоставление результатов «Филиппинского теста», числа молочных и постоянных зубов в 7 и 10 лет не обнаружило такой согласованности в увеличении показателей биологического возраста от 1 группы девочек к третьей, как в размерах тела (табл. 2). Дети, чья биологическая зрелость в 10 лет стала средней, в 7 лет были самыми зрелыми, несмотря на средние размеры тела. Это объясняет, почему трехгодичные приросты всех антропометрических признаков (в абсолютном и относительном выражении) во второй группе меньше, чем в первой и третьей (табл. 3).

Таблица 3

*Морфологические показатели у 10-летних девочек
и их трехгодичные приросты (%)*

Показатели	1 группа			2 группа			3 группа		
	X	сигма	%	X	сигма	%	X	сигма	%
Масса тела (кг)	24,5	4,4	33,6	30,4	5,4	33,3	36,4	6,76	43,8
Длина тела (см)	135	6,8	12,5	138	5,9	12,1	143	6,4	14,4
Длина туловища	38,7	2,0	10,5	39,8	2,1	10,5	40,8	2,2	12,0
Длина руки (см)	58,9	3,4	15,9	59,5	2,3	13,1	61,5	3,2	18,4
Длина ноги (см)	74,0	4,8	17,6	75,4	4,1	15,8	78,1	4,2	17,7
Обхват груди (см)	62,3	3,2	9,29	63	4,1	8,24	71,2	7,0	14,8
Обхват плеча (см)	18,4	1,5	14,2	19,5	2,0	10,1	21,6	2,5	13,0
Обхват предплечья (см)	17,9	1,4	8,48	18,9	1,4	6,77	19,8	1,4	7,02
Обхват бедра (см)	38,3	3,1	13,6	40,2	4,6	9,53	44	4,9	12,8
Обхват голени (см)	27,1	2,2	13,3	28,3	2,5	10,5	30,6	2,5	13,7
Ширина плеч (см)	28,7	1,9	11,6	29,5	1,2	12,1	29,8	1,6	12,8
Ширина таза (см)	20,3	1,1	8,55	21,2	1,3	12,7	22,5	1,6	15,9
Толщина кожно-жировых складок (мм):									
на спине	6	1,6	27,3	6,5	2,0	16,0	12,7	7,3	46,9
на плече сзади	10,1	1,8	24,0	10,2	4,2	9,67	13,3	4,0	15,6
на плече спереди	5,71	1,2	21,2	6,3	2,5	16,6	9,18	3,8	17,3
на предплечье	5,71	1,3	24,9	6,3	2,4	10,5	9,27	3,7	13,3
на животе	8	3,1	55,6	8,6	4,2	30,3	16,9	9,4	36,2
на бедре	10,9	4,3	52,6	8	3,6	-11	14,4	6,9	14,2
на голени	10,6	1,9	32,5	9	2,7	-1	12,5	2,4	8,69
Толщина эпифизов (мм):									
плеча	54,3	3,7	11,4	54,3	2,8	4,82	57,5	3,9	9,73
предплечья	42,6	3,4	10,0	43,6	2,3	8,18	44,6	2,8	8,78
бедра	81,6	6,3	12,2	84,2	6,6	8,36	91,6	9,2	9,17
голени	59,1	5,2	10,2	62,5	3,1	7,94	61,2	6,3	2,34

Примечание: приросты рассчитаны в % от начальной величины признака

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Принимая во внимание тот факт, что размеры тела и показатели биологической зрелости в 7 лет – это результат развития ребенка в период первого детства (3-7 лет), можно сделать вывод, что преемственность в росте между первым и вторым детством значительнее, чем в созревании. Это может быть связано с изменением приоритетов в критериях биологической зрелости: в конце первого детства важнейший критерий – смена зубов, а в конце второго детства – приобретает важность половое созревание. Замедленный рост исходно более зрелой группы детей подтверждает наблюдение Дж. Таннера [7] о существовании компенсаторного роста.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бунак В.В. Закономерности относительного роста как основного фактора формообразования в позднем (постэмбриональном) онтогенезе // Арх. анат., гист. и эмбр. – 1961. – Т. 40, Вып. 2. – С. 3-16.
2. Властовский В.Г. Возрастная периодизация человеческой жизни и биологический возраст ребенка // Вопросы антропологии. – 1976. – Вып. 52. – С. 191-195.
3. Изаак С.И., Панасюк Т.В., Тамбовцева Р.В. Конституциональный фактор роста и созревания ребенка // Физиология человека. – 2001. – Т. 27, № 6. – С. 29-37.
4. Никитюк Б.А. Интеграция знаний в науке о человеке. – М.: Спортакадем-пресс, 2000. – 440 с.
5. Сонькин В.Д., Тамбовцева Р.В. Развитие мышечной энергетики и работоспособности в онтогенезе. – М.: книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 368 с.
6. Тамбовцева Р.В. Возрастные изменения типов телосложения школьников // Новые исследования. – 2010. – № 1. – С. 84-90.
7. Таннер Д. Рост и конституция человека // Биология человека. – М., 1979. – С. 366-471.
8. Федотова Т.К. Влияние фактора конституции на темпы развития школьников // Новые исследования по генетике развития человека. – М., 1977. – С. 67-72.
9. Conrad K. Der Konstitutionstypen // Berlin-Gottingen-Heidelberg. – 1963. – 246 s.

ВОЗРАСТНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАРДИО-ВАСКУЛЯРНОЙ СИСТЕМЫ У МЛАДШИХ ШКОЛЬНИКОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА

*А.Н. Шаранов, В.Н. Безобразова, С.Б. Догадкина¹, Г.В. Кмить, Л.В. Рублева
ФГБНУ «Институт возрастной физиологии
Российской академии образования», Москва*

Проведено исследование функционального состояния сердечно-сосудистой системы детей 7-10 лет, относящихся к разным типам вегетативной нервной регуляции сердечного ритма. Показано, что ВНС оказывает существенное влияние на морфо-функциональные и биоэлектрические параметры миокарда, адаптационные возможности организма ребёнка.

Ключевые слова: *сердечно-сосудистая система, вариабельность сердечного ритма, школьники.*

Functional characteristics of cardio vascular system in primary school children with different types of heart rate variability. *The paper presents the study of the functional state of cardiovascular system in 7-10-year-old children, with different types of autonomic regulation of the heart rate. It is shown that the ANS has a significant impact on the morphological and functional parameters and bioelectrical myocardial adaptation abilities of the child.*

Keywords: *cardio vascular system, heart rate variability, school children.*

Одной из актуальных проблем, требующей особого внимания, является изучение функционального состояния сердечно-сосудистой системы кровообращения детей младшего школьного возраста. Именно в этом возрасте происходят интенсивные изменения сердечно-сосудистой системы: увеличиваются масса и объёмы полостей сердца, изменяется соотношение его отделов, совершенствуется нервная регуляция деятельности сердца, дифференцируется гистологическая структура сердца и сосудов

Относительную незрелость механизмов регуляции сомато-висцеральных взаимоотношений в организме ребёнка в процессе возрастного развития, очевидно, следует рассматривать в качестве одного из аспектов недостаточно совершенного взаимодействия вегетативной нервной и какой-либо из висцеральных систем (сердечно-сосудистой, пищеварительной, дыхательной и т.д.), имеющего свои особенности на каждом этапе онтогенеза.

В настоящее время изучение вариабельности СР получило широкое распространение. Однако определение вариабельности СР в комплексе с традиционными методами исследования сердечно-сосудистой системы (электрокардиография, поликардиография) не столь часты.

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

Комплексный подход, включающий оценку вегетативного баланса в управлении сердечным ритмом (СР) и функционального состояния миокарда, позволяет более полно охарактеризовать динамику развития системы кровообращения на столь важном этапе онтогенеза каковым является младший школьный возраст.

Целью настоящего исследования явилось комплексное исследование функционального состояния центрального отдела сердечно-сосудистой системы детей младшего школьного возраста в зависимости от типа вегетативной регуляции сердечного ритма.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Обследовано 160 детей (девочек – 75, мальчиков – 85) 7-10 лет – учащихся общеобразовательных школ г. Москвы. Проведено комплексное исследование вегетативной нервной регуляции сердечного ритма, биоэлектрических характеристик миокарда, сократительной функции миокарда с использованием прибора «Поли-Спектр-12». Исследования проводились с письменного согласия родителей.

Автономную нервную регуляцию СР изучали методом спектрального анализа variability ритма сердца (ВРС). Определяли: общую мощность спектра (TP, mc^2); высокочастотные колебания (HF, mc^2 , п.у., %); низкочастотные колебания (LF, mc^2 , п.у., %); очень низкочастотные (сверхнизкочастотные) колебания (VLF, mc^2 , п.у., %); мощность в диапазоне высоких частот, выраженную в нормализованных единицах: $HFn.u.=HF/(TP-VLF)*100$; мощность в диапазоне низких частот, выраженную в нормализованных единицах: $LFn.u.=LF/(TP-VLF)*100$; отношение LF/HF – характеризующее баланс симпатических и парасимпатических влияний.

Для определения показателя «адаптационные резервы» (АР), отражающего степень активации симпатoadренальной системы относительно исходного уровня и реактивности парасимпатического отдела АНС, в качестве функционального теста применяли активную ортостатическую пробу [12].

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. Анализ поликардиограммы базировался на сопоставлении элементов записанных кривых во времени по методике В.Л. Карпмана [7]. 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 ве-

личины 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 Блюмбергера.

Экспериментальные данные обработаны общепринятыми методами вариационной статистики. Оценку степени достоверности различий между показателями средних величин определялась по t-критерию Стьюдента. Во всех случаях граничным считался уровень значимости при $p < 0,05$. Все расчёты проводили с помощью компьютерной программы Statistica.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По данным спектрального анализа ВРС обследованные школьники 7-10-летнего возраста характеризуется четко выраженными волнами высокой, низкой и очень низкой частот (табл. 1). При этом не отмечено достоверных различий между изученными параметрами ВРС у мальчиков и девочек. Выявлен ряд возрастных особенностей частотных компонентов спектра ВРС. К 9 годам отмечено достоверное снижение общей мощности спектра (TP), мощности сверхнизкочастотного (VLF) и низкочастотного (LF) компонентов спектра ВРС в абсолютных единицах. У детей 9 и 10 лет по сравнению с 7-летними выявлены существенно более высокие значения показателей высокочастотного компонента (HF %) наряду с более низкими значениями низкочастотного компонента (LF %) спектра ВРС; у всех детей к 10 годам наблюдается значимое снижение LFn.u. и увеличение HFn.u. Все это свидетельствует о преобладании парасимпатических влияний на сердечный ритм школьников 9-10-летнего возраста.

Таблица 1

Показатели спектрального анализа вариабельности сердечного ритма у младших школьников 7-10-летнего возраста ($M \pm m$)

Возраст	Показатели									
	TP, мс ²	VLF, мс ²	LF, мс ²	HF, мс ²	LF, н.у.	HF, н.у.	LF/HF	%VLF	%LF	%HF
7	6875,1 ±667,8	2043,3 ±857,6	1571,1 ±372,7	3260,7 ±492,4	39,3 ±2,4	60,6 ±2,4	0,764 ±0,077	22,6 ±2,4	29,4 ±1,7	47,9 ±2,9
8	5649,0 ±894,4	1044,0 ±117,0	1438,0 ±215,8	2396,0 ±798,4	37,0 ±2,5	63,0 ±2,5	0,586 ±0,120	22,0 ±1,6	28,8 ±1,8	47,2 ±2,8
9	4702,7 ±235,2*	857,7* ±150,5	992,0* ±128,8	2853,0 ±155,7	33,4 ±3,0	66,6 ±2,0	0,575 ±0,082	21,9 ±1,9	27,8 ±3,1	51,3* ±2,5
10	4753,0 ±816,7	836,3 ±132,9	1004,9 ±111,0	2911,5 ±706,0	31,7* ±2,8	68,2* ±1,8	0,528 ±0,115	21,5 ±4,8	23,7* ±2,3	54,6* ±2,3

Примечания: * – достоверные различия в сравнении с 7-летним возрастом.

Кластерный анализ, проведенный на основании данных о величинах мощности HF и LF компонентов спектра ВРС у детей с разными типами автономной нервной регуляции, позволил разделить всех испытуемых на 3 группы, примерно равных по наполняемости. Дети 1 группы (28-36 % всех испытуемых) характери-

зовались преобладанием симпатических влияний на СР, испытуемые 2 группы (32-44 % всех испытуемых) имели сбалансированный тип регуляции СР, испытуемые 3 группы (26-38 % всех детей) характеризовались преобладанием парасимпатических влияний на СР.

Нами были проанализированы показатели спектрального анализа ВРС у детей с разным типом регуляции сердечного ритма (табл. 2). Проведенный анализ не выявил достоверных возрастных и половых различий параметров ВРС у детей с одинаковым типом регуляции СР.

Таблица 2

Показатели спектрального анализа variability сердечного ритма у младших школьников с разным типом вегетативной регуляции (M±m)

Группа	TP мс ²	VLF мс ²	LF мс ²	HF мс ²	LF п.у.	HF п.у.	LF/HF	% VLF	% LF	% HF
1	1967,0 ±545,4	481,4 ±102,9	871,6 ±260,6	614,1 ±119	59,2 ±1,3	40,7 ±1,3	1,50 ±0,09	28,9 ±3,9	42,0 ±2,3	29 ±1,9
2	11578,8 ±751,2*	976,4 ±180,5*	2493,9 ±211,4*	3108,3 ±111*	43,1 ±1,6*	56,8 ±1,6*	0,70 ±0,05*	27,6 ±4,5*	31,1 ±2,2*	41,2 ±3,0*
3	7716,2 ±438,0*	867,4 ±143,9*	1327,9 ±188,9	5521 ±215,1*	23,7 ±1,9*	76,3 ±1,9*	0,32 ±0,03	13,7 ±2,1*	20,2 ±1,6*	66 ±2,7*

*Примечания: 1 группа – дети с преобладанием симпатических влияний на СР; 2 группа – дети со сбалансированной регуляцией СР; 3 группа – дети с преобладанием парасимпатических влияний на СР; * – достоверные различия показателей по сравнению с 1 группой.*

Дети 1 группы характеризуются достоверно более низкой общей мощностью спектра в сравнении с детьми 2-й и 3-й групп за счет более низкой мощности всех трех волновых компонентов (VLF, LF и HF). Структура симпатико-парасимпатического воздействия на СР у детей 1 группы значительно отличается от таковой у детей 3-й группы и характеризуется большим вкладом в регуляцию СР центральных эрготропных (VLF) и симпатических влияний (LF). Следует отметить, что у детей 3 группы общая мощность спектра достоверно ниже, чем у детей 2 группы, но выше, чем в 1 группе.

Таким образом, количественные показатели спектральных параметров ВРС детей 7-10 лет вполне сопоставимы с таковыми, приводимыми в международных стандартах [24] и в работах последних лет [2; 6; 12]. Частотный спектр ВРС у всех обследованных детей характеризовался хорошо выраженными волнами высокой, низкой и очень низкой частот, при этом у большинства обследованных школьников суммарная мощность спектра в диапазонах низких и высоких частот доминировала над величинами мощности спектра в сверхнизкочастотном диапазоне. Это свидетельствует о преобладании модулирующего симпато-парасимпатического регуляторного влияния над гуморально-метаболическим и центральными эрготропными регуляторными стимулами [12]. Выявленное у детей 9-10 лет усиление парасимпатических влияний на СР согласуется с результатами исследований, показавших, что к 10-летнему возрасту, развитие регуляторных механизмов АНС

достигает максимального уровня [2], а также завершается миелинизация нервных волокон, увеличивается количество нейрональных синапсов, максимально усложняются рецепторные аппараты внутренних органов и сами вегетативные центры [21].

Изучение реакции сердечного ритма на ортостатическую пробу (табл. 3) у детей с разными типами ВРС показало, что дети 1-й группы характеризуются снижением мощности как низкочастотных, так и высокочастотных колебаний. У детей 2-й и 3-й групп отмечена адекватная реакция сердечного ритма на ортостаз с четким снижением высокочастотных компонентов и увеличением низкочастотных колебаний.

Относительный рост LF у детей со сбалансированным и парасимпатическим типом автономной нервной регуляции сердечного ритма указывает на активное включение вазомоторного центра в процесс регуляции сосудистого тонуса. В то же время у детей с преобладанием симпатических влияний на ритм сердца выявлена неадекватная реакция на ортостатическую пробу, со значительным снижением всех составляющих спектра, что косвенно указывает на относительно сниженные адаптационные возможности у детей данной группы [12].

На основании реакции ВРС на активную ортостатическую пробу нами рассчитан показатель «адаптационные резервы» обследованных детей [12]. Согласно этому показателю наиболее высокими адаптационными возможностями обладают дети с парасимпатическим типом автономной нервной регуляции СР ($6,0 \pm 1,30$) в сравнении с детьми с симпатическим типом регуляции СР ($-1,00 \pm 1,1$).

Таблица 3

Изменение показателей спектрального анализа ВРС на ортотробу у младших школьников с разным типом вегетативной регуляции в процентах к исходному уровню

Группа	TP	VLF	LF	HF	LFn	HFn	%VLF	%LF	%HF
1	-11,00	13.7	-29.17	-11.3	-5.7	-8.5	32,0	-19,0	0
2	14.46	239.78	22.38	-6.8	20.35	-15.28	99.1	-12.3	-54.0
3	11,00	234.3	38,0	-145.4	98.4	-46.8	380.4	46.9	-149.8

По-видимому, состояние симпато-парасимпатического баланса АНС, отражая уровень гомеостатической регуляции вегетативных функций организма способно определять и уровень адаптационных возможностей растущего организма. Следовательно, дети младшего школьного возраста с преобладанием симпатических нервных влияний на СР характеризуются относительно сниженными адаптационными резервами организма, что подтверждается исследованиями, проведенными у детей и подростков [9; 12].

Электрокардиографический анализ показал, что абсолютные значения большинства показателей ЭКГ обследованных детей в целом не выходят за рамки воз-

растных нормативов, представленных в литературе [10; 11; 13; 20].

Таблица 4

*Амплитудные характеристики основных зубцов ЭКГ
младших школьников с разным типом вегетативной регуляции (M±m)*

возр	группа	Показатели				
		P, мм	Q, мм	R, мм	S, мм	T, мм
Мальчики						
7	1	0,992± 0,131	-0,502± 0,225	12,146± 1,979	-2,406± 0,662	4,562± 0,619
	3	0,710± 0,098*	-0,440± 0,277	10,840± 0,906	-2,220± 0,706	3,660± 0,289*
8	1	1,469± 0,133	-0,589± 0,228	13,260± 1,509	-2,330± 0,424	3,919± 0,253
	3	1,193± 0,157*	-0,770± 0,230	12,672± 1,007	-1,998± 0,486	3,625± 0,398
9	1	1,497± 0,135	-0,593± 0,228	13,569± 1,503	-1,330± 0,324	3,922± 0,252
	3	1,202± 0,157*	-0,771± 0,230	12,694± 1,008	-1,298± 0,422	3,655± 0,344
10	1	1,360± 0,123	-0,689± 0,238	12,160± 1,501	-1,630± 0,464	4,919± 0,223
	3	1,110± 0,085	-0,660± 0,157	11,800± 0,811	-1,490± 0,317	4,060± 0,288*
Девочки						
7	1	0,963± 0,163	-1,100± 0,120	14,643± 1,179	-1,170± 0,697	3,077± 0,732
	3	0,650± 0,065*	-1,125± 0,125	7,075± 1,116*	-1,725± 0,579	2,275± 0,392*
8	1	1,543± 0,108	-0,759± 0,340	19,448± 2,091	-1,606± 0,296	3,941± 0,212
	3	1,375± 0,119	-0,513± 0,255	15,363± 1,134*	-1,842± 0,771	3,547±* 0,262
9	1	1,753± 0,108	-0,799± 0,349	18,448± 2,092	-1,106± 0,246	4,941± 0,216
	3	1,383± 0,091*	-0,517± 0,258	15,867± 1,134*	-1,042± 0,774	3,567± 0,266*
10	1	1,983± 0,108	-0,789± 0,342	15,448± 1,000	-1,106± 0,288	4,944± 0,272
	3	1,455± 0,119*	-0,517± 0,275	13,366± 1,130*	-1,042± 0,772	3,740± 0,272*

Примечания: 1 группа – дети с преобладанием симпатических влияний на СР, 2 группа – дети со сбалансированной автономной регуляцией СР, 3 группа – дети с преобладанием парасимпатических влияний на СР; * – достоверность различий по сравнению с 1 группой.

Таблица 5

Временные характеристики основных зубцов и интервалов ЭКГ детей младшего школьного возраста с разным типом вегетативной регуляции ($M \pm m$)

возр	группа	Показатели					
		R-R, с	P-Q, с	QRS, с	QT, с	Q, с	R, с
Мальчики							
7	1	0,684± 0,0178	0,109± 0,0061	0,080± 0,0031	0,315± 0,0062	0,009± 0,0047	0,040± 0,0124
	3	0,784± 0,0349*	0,122± 0,0070*	0,081± 0,0033	0,336± 0,0115*	0,011± 0,0047	0,045± 0,0070
8	1	0,643± 0,0154	0,124± 0,0046	0,080± 0,0035	0,326± 0,0034	0,010± 0,0032	0,043± 0,0042
	3	0,685± 0,0365	0,144± 0,0058*	0,083± 0,0037	0,341± 0,0084*	0,015± 0,0036	0,047± 0,0013
9	1	0,713± 0,0154	0,125± 0,0046	0,080± 0,0039	0,331± 0,0034	0,011± 0,0030	0,042± 0,0041
	3	0,785± 0,0365	0,142± 0,0058*	0,082± 0,0037	0,344± 0,0084	0,014± 0,0036	0,046± 0,0019
10	1	0,679± 0,0222	0,125± 0,0025	0,074± 0,0026	0,326± 0,0021	0,011± 0,0033	0,041± 0,0040
	3	0,774± 0,0230*	0,128± 0,0021	0,077± 0,0029	0,331± 0,0022	0,013± 0,0030	0,047± 0,0035
Девочки							
7	1	0,677± 0,0213	0,116± 0,0152	0,078± 0,0041	0,322± 0,0106	0,010± 0,0100	0,034± 0,0117
	3	0,765± 0,0437*	0,128± 0,0051*	0,081± 0,0030	0,336± 0,0102*	0,009± 0,0043	0,045± 0,0088
8	1	0,644± 0,0162	0,121± 0,0062	0,080± 0,0020	0,338± 0,0063	0,011± 0,0042	0,038± 0,0029
	3	0,696± 0,0309	0,136± 0,0080	0,084± 0,0023	0,351± 0,0052	0,010± 0,0035	0,047± 0,0080
9	1	0,637± 0,0141	0,123± 0,0052	0,081± 0,0011	0,334± 0,0080	0,012± 0,0021	0,039± 0,0026
	3	0,696± 0,0301*	0,139± 0,0070*	0,084± 0,0022	0,353± 0,0052*	0,011± 0,0031	0,048± 0,0090
10	1	0,673± 0,0221	0,120± 0,0037	0,078± 0,0014	0,339± 0,0039	0,011± 0,0022	0,039± 0,0027
	3	0,725± 0,0220	0,122± 0,0035	0,079± 0,0011	0,348± 0,0033	0,012± 0,0033	0,049± 0,0091

Примечания: см. табл. 4

Сравнительный анализ показателей биоэлектрической активности миокарда детей 7-10 лет с разными типами автономной нервной регуляции СР (табл. 4, 5) выявил ряд особенностей. В 3-й группе детей (с преобладанием парасимпатических влияний на СР) в сравнении с 1 группой (с преобладанием симпатических

влияний на СР) отмечается достоверно большая длительность сердечного цикла, продолжительность предсердно-желудочковой, внутрижелудочковой проводимости и электрической систолы, при более низких значениях амплитуды зубцов Р, R и Т ($p < 0,05$).

Показатели ЭКГ, характерные для детей с преобладанием парасимпатических влияний на СР, могут объясняться отрицательным хронотропным эффектом блуждающего нерва. Напротив, укорочение большинства интервалов электрокардиограммы у детей с относительным преобладанием симпатических влияний на СР связано с положительным хронотропным влиянием на миокард симпатических нервов.

У детей с преобладанием парасимпатических влияний на СР, обнаружены более низкие значения амплитуды зубцов Р, R и Т, чем у детей с преобладанием симпатических влияний на СР ($p < 0,05$). Эти данные согласуются с результатами других исследований [4, 9] и отражают влияние автономной нервной системы на регуляцию биоэлектрических функций миокарда [17].

Нами изучена частота встречаемости некоторых функциональных изменений ЭКГ у детей 7-10 лет с различными типами автономной нервной регуляции СР. Установлено, что у детей с преобладанием парасимпатических влияний на СР выше распространенность синусовой аритмии, чем у детей со сбалансированной автономной регуляцией и с преобладанием симпатических влияний на СР: в 7 лет – 25 %, 12 % и 5 % соответственно, в 8 лет – 15 %, 8 % и 5 %, в 9 лет – 12 %, 10 % и 5 % и в 10 лет – 26 %, 13 % и 8 % соответственно.

Синусовая аритмия является одним из наиболее распространенных нарушений СР в детском возрасте [8; 16; 22]. В нашем исследовании отмечена более высокая частота встречаемости синусовых аритмий у детей с преобладанием парасимпатических влияний на СР. Это подтверждает нашу точку зрения о том, что, именно, физиологические обусловленные формы синусовой аритмии, в первую очередь, связаны с усилением парасимпатических влияний на СР [13; 18; 23]. Видимо возникающее при действии блуждающего нерва замедление синусового ритма, понижение проводимости атриовентрикулярного узла ослабляют тормозное влияние синусового водителя ритма сердца на нижележащие очаги автоматизма, и они могут становиться источниками ритмически возникающих возбуждений, поэтому на фоне повышенной активности парасимпатической нервной системы могут возникать различные нарушения ритма сердца.

Проведенное поликардиографическое исследование выявило особенности фазовой структуры сердечного цикла у детей 7-10 лет с разным типом автономной нервной регуляции СР (табл. 6). Нами не отмечено достоверных различий между изученными параметрами у мальчиков и девочек.

Продолжительность основных фаз и периодов сердечного цикла в зависимости от типа автономной нервной регуляции СР представлена в таблице 6. Установлено, что в 1 группе школьников, характеризующихся более выраженными симпатическими влияниями на СР, время изгнания крови достоверно меньше, а диастола существенно продолжительнее по сравнению с детьми 3 группы (с преобладанием парасимпатических влияний на СР). Эти факты согласуются с представлением о том, что стимуляция симпатических нервов приводит к увеличению силы и частоты сердечных сокращений, скорости проведения возбуждения по

проводящей системе сердца и сократительному миокарду. Длительность диастолы при этом увеличивается, что способствует большему диастолическому наполнению желудочков и увеличению силы сокращения миокарда [19].

Таблица 6

Длительность фаз сердечного цикла у младших школьников с разным типом автономной нервной регуляции сердечного ритма (M±m)

Воз- раст лет	Тип	R-R, мс	ФАС, мс	ФИС, мс	T, мс	E, мс	Sm, мс	So, мс	Sэ, мс	Д, мс
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
7	1	645.6± 23.2	42.7 ±7.0	25.3 ±5.2	68.0 ±7.5	220.1 ±8.2	241.6 ±12.6	314.0 ±21.9	316.0 ±22.3	431.7 ±13.0
	2	704.4± 26.5	42.8 ±5.6	32.6 ±6.2	75.4 ±9.7	236.8 ±8.5	279.6 ±11.6	314.3 ±25.9	322.3 ±21.3	380.1 ±17.9
	3	714.4± 24.5*	47.0 ±4.3	44.9 ±7.3*	91.9 ±9.0*	238.5 ±7.5*	278.9 ±12.9	319.9 ±20.5	319.7 ±24.3	378.1 ±14.0*
8	1	678.2 ±22.6	44.4 ±4.52	30.8 ±3.4	75.2 ±7.6	228.4 ±10.4	276.7 ±14.4	315.1 ±16.2	212.0 ±18.3	405.5 ±17.4
	2	725.6 ±25.5	47.9 ±5.85	33.5 ±3.4	81.4 ±7.8	239.9 ±10.0	272.2± 13.4	323.3 ±15.1	230.8 ±17.1	398.4 ±17.9
	3	762.3 ±24.6*	46.0 ±4.36	40.8 ±3.6*	86.8 ±6.3	247.4 ±9.5*	269.8± 15.8	324.0 ±14.1	230.5 ±12.3	372.8 ±11.7*
9	1	690.2 ±26.6	47.4 ±6.51	34.8 ±3.6	81.2 ±7.5	225.4 ±9.4	277.2 ±13.4	317.0 ±14.2	214.0 ±21.3	425.5 ±19.4
	2	735.6 ±26.5	49.8 ±4.85	36.5 ±4.2	86.3 ±7.8	240.6 ±11.0	277.2± 15.4	324.3 ±18.1	228.8 ±21.1	408.6 ±17.9
	3	766.3 ±23.7*	47.9 ±6.36	44.8 ±2.6*	92.9 ±9.1	250.4 ±9.1*	269.2± 16.8	327.0 ±17.1	229.5 ±16.3	370.8 ±12.8*
10	1	636.3 ±20.6	50.1 ±6.1	34.3 ±2.6	84.4 ±8.2	222.7 ±8.4	259.3 ±18.4	309.7 ±19.3	271.5 ±22.3	515.5 ±19.4
	2	741.4 ±25.3	46.0 ±5.3	31.6 ±7.5	77.5 ±8.3	249 ±11.3	280.6 ±15.9	326.7 ±15.7	277 ±26.8	415.0 ±28.5
	3	870.0 ±23.0*	48.6 ±4.5	41.6 ±2.4*	89.2 ±7.1	259.6 ±8.2*	286 ±12.6	334.6 ±15.7	247.1 ±28.2	358.4 ±20.3*

*Примечание: 1 группа - дети с преобладанием симпатических влияний на СР; 2 группа - дети со сбалансированной автономной регуляцией СР; 3 группа - дети с преобладанием парасимпатических влияний на СР; *- достоверные различия между 1 и 3 группами.*

Показано, что при стимуляции симпатических ветвей происходит укорочение периода изометрического сокращения и периода изгнания [25]. В нашем исследовании продолжительность фазы изометрического сокращения была достоверно короче у детей с преобладанием симпатических влияний по сравнению с детьми, у которых преобладали парасимпатические влияния. На продолжительность фазы изометрического сокращения оказывают влияние разные факторы: венозный при-

ток крови к сердцу, величина диастолического давления в крупных сосудах, сократительная способность миокарда, степень пресистолического напряжения миокарда [5; 8; 10; 18]. Фаза изометрического сокращения характеризует сократительные свойства миокарда, в этой фазе расходуется большое количество энергии. По-нашему мнению, симпатическая регуляция инотропной функции сердца, благодаря стимуляции освобождения и использования энергии, обеспечивает уменьшение продолжительности ФИС, т. е. усиление сократительной способности миокарда.

У детей с преобладанием парасимпатических влияний в регуляции СР отмечена значительно большая продолжительность сердечного цикла и фазы изометрического сокращения по сравнению с детьми с преобладанием симпатических влияний на СР, что можно объяснить отрицательным хронотропным воздействием парасимпатического отдела АНС на миокард.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выявленные у детей от 7 к 10 годам изменения в структуре variability сердечного ритма, характеризуются постепенным увеличением общей мощности спектра variability СР, смещением вегетативного баланса в управлении СР в сторону преобладания парасимпатических нервных влияний и обусловлены процессами морфофункционального созревания детского организма.

Дети с преобладанием симпатических нервных влияний на СР характеризуются меньшей зрелостью механизмов регуляции АНС в сравнении со сверстникам с другими типами нейровегетативной регуляции, это обуславливает относительно сниженные адаптационные возможности организма, что подтверждается характером реакции ВРС на ортопробу. Данные, полученные электро- и поликардиографическими методами подтвердили выраженное влияние АНС на продолжительность фаз сердечного цикла, возбудимости и проводимости миокарда. Так, у школьников 7-10 лет с преобладанием симпатических влияний на СР по сравнению с детьми, характеризующимися выраженными парасимпатическими влияниями на СР, отмечены меньшая продолжительность сердечного цикла, фазы изометрического сокращения, времени изгнания крови и большая длительность диастолы наряду с увеличением амплитуды зубцов Р, R и Т, что также, свидетельствует о менее зрелом, энергозатратном типе регулирования гомеостаза в ССС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берсенева И.А. Оценка адаптационных возможностей организма у школьников на основе анализа variability сердечного ритма в покое и при ортостатической пробе: автореф. дис.... канд. биол. наук. – 2000. – 17 с.
2. Галеев А.Р., Игишева Л.Н. Взаимосвязь типа вегетативной регуляции и потребности в двигательной активности. 2002. URL: <http://www.ortoplus.da.ru/>
3. Галстян А.А. Электромеханическая активность сердца и центральная гемодинамика у здоровых детей школьного возраста. – Ереван: Айастан, 1989. – 161 с.
4. Глазачев О.С. Вегетативная нервная система: принципы строения, функции, методы исследования. – М., 1995. – 98 с.

5. Индивидуальные особенности развития системы кровообращения школьников/Под ред. И.О.Тупицына. – М.:ИВФ РАО, 1995. – 64 с.
6. Казин Э.М. Комплексное лонгитудинальное исследование особенностей физического и психофизиологического развития учащихся на этапах детского, подросткового и юношеского периодов онтогенеза / Э.М. Казин, Н.Г. Блинова, Т.В. Душенина, А.Р. Галеев // Физиология человека. – 2003. – Т. 29, № 1. – С. 70-76.
7. Карпман В.Л. Фазовый анализ сердечной деятельности. – М.: Медицина, 1965. – 159 с.
8. Кондрюкинский Е.Л., Макаров Л.М., Пономарева Р.И., с соавт. Клинико-электрокардиографическая характеристика детей с симптоматическими сердечными аритмиями // Матер. Конгресса "Детская кардиология 2000". – М., 2000.
9. Крысюк О.Н. Возрастные, типологические и индивидуальные особенности биоэлектрической активности миокарда и автономная нервная регуляция сердечного ритма у детей 7-11 лет: Дис. ... канд. биол. наук. – М., 2007. – 198 с.
10. Макаров Л. М., Киселева И. И., Долгих В. В. С соавт. Нормативные параметры ЭКГ у детей и подростков. Есть ли изменения в 21 веке? // Функциональная диагностика. – 2007. – № 1. – С. 8-14.
11. Макаров Л.М., Киселева И.И., Долгих В.В., с соавт. Нормативные параметры ЭКГ у детей//Педиатрия. - 2006. – № 2. – С. 4-10.
12. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения. – Иваново: Иван. Гос. Мед. академия, 2002. – 290 с.
13. Морфофункциональное созревание основных физиологических систем организма детей дошкольного возраста / Под ред. М.В. Антроповой, М.М. Кольцовой. – М.:, 1983. – 159 с.
14. Мурашко Е. В. Стандартная электрокардиография в педиатрической практике // Лечащий врач. – 2005. – № 1. – С. 52-57.
15. Осколкова М.К. Кровообращение у детей в норме и патологии. – М.: Медицина, 1976. – 310 с.
16. Рублева Л.В. Развитие основных функций миокарда детей 7-15 лет, проживающих в различных экологических условиях: Дисс. ... канд. биол. наук. – М., 1999. – 188 с.
17. Руткай-Недецьки И. Проблемы электрокардиологической оценки влияния вегетативной нервной системы на сердце // Вестник аритмологии. – 2001. – № 22. – С. 56-60.
18. Трефни З., Берсенева И.А. Вегетативная регуляция сердечного ритма и аритмии у школьников // Матер. междунар. симп. «Компьютерная электрокардиография на рубеже столетий». – М., 1999.
19. Физиология кровообращения. Регуляция кровообращения. – Л.: Наука, 1987. – 639 с.
20. Хомич М. М. Возрастные изменения временных показателей электрокардиограммы у детей // Вопр. соврем. педиатрии. – 2006. – № 2. – С. 17-19.
21. Швалёв В.Н., Тарский Н.А. Феномен ранней возрастной инволюции симпатического отдела вегетативной нервной системы // Кардиология. – 2001. – № 2. – С. 10-14.

22. Школьникова М. А. Аритмии у детей. Атлас электрокардиограмм. – М.: Медпрактика, 2006. – 148 с.
23. Chess G.F., Tam R., Calaresu F.H. Influence of cardiac neural inputs on rhythmic variations of heart period in the cat. // Am. J. Physiol. – 1975. – Vol. 228, № 3. – P. 775-780.
24. Heart rate variability. Standards of Measurement, Physiological interpretation and clinical use // Circulation. – 1996. – V. 93. – P. 1043-1065
25. Sfnoff S.F., Mitchell J.H. The control of the function of the heart // Handb. of Physiol. sect. 2. Circulation. – 1962. – Vol. 1. – P. 489-532

ВЛИЯНИЕ ПОЛОВОГО СОЗРЕВАНИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ БИОЭНЕРГЕТИКИ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МАЛЬЧИКОВ ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

Р.В. Тамбовцева¹

РГУФКСМиТ

ФГБНУ «Институт возрастной физиологии

Российской академии образования», Москва

Данное научное исследование проводилось на мальчиках в возрасте от 7 до 17 лет. Использовались антропометрические, эргометрические и газометрические методы исследования. Было показано, что развитие важнейших показателей аэробного и анаэробного механизмов энергообеспечения напрямую зависит от стадий полового созревания. Обнаружено, что уже до начала пубертатного периода формируются аэробные механизмы, а в процессе полового созревания разворачиваются анаэробные механизмы, достигая дефинитивного развития на завершающих этапах полового созревания. В интервале от 7 до 17 лет выявляются шесть возрастных этапов, отражающих качественные перестройки энергетики мышечной деятельности.

Ключевые слова: половое созревание, аэробный и анаэробный процессы, развитие, ротовые процессы, онтогенез, энергетика мышечной деятельности.

Influence of puberty on the development of muscular bioenergetics in boys of school age. This scientific research was conducted on boys aged 7-17 years old. Anthropometrical, ergometric and gas-metric methods were used. It is found that the development of major indexes of aerobic and anaerobic mechanisms of power supply directly depends on puberty stages. It is revealed that aerobic mechanisms develop even before the puberty starts. And during puberty, anaerobic mechanisms take place, reaching certain development at the final stages of puberty. Between 7 and 17 years old there can be distinguished six age stages, reflecting qualitative changes in muscle energy supply.

Keywords: puberty, aerobic and anaerobic processes, development, oral processes, ontogenesis, muscle energy supply.

Проблема возрастных преобразований энергетического и вегетативного обеспечения мышечной деятельности изучается физиологами уже более 80 лет, начиная с работ S. Robinson [9], который впервые исследовал возрастную динамику максимального потребления кислорода. Многочисленные данные по возрастной физиологии и биохимии свидетельствуют о неравномерном развитии не только всех энергетических источников, но и механизмов, обеспечивающих энергоснабжение живых организмов [1; 2; 3; 4; 5; 6; 10; 11]. Однако на любом этапе изучения этой важной проблемы, всегда возникают определенные вопросы, касающиеся динамики метаболических состояний в каждом конкретном периоде онтогенетического развития.

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

Целью настоящего исследования явилось изучение влияния половых процессов на динамику метаболических состояний детей и подростков.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Данное исследование было проведено на базе школ г. Москвы. В эксперименте приняли участие мальчики в возрасте от 7 до 17 лет в количестве 188 человек. Все испытуемые на момент обследования по заключению врачей были здоровы. Были использованы антропометрические [8], эргометрические и газометрические методы исследования [3; 4]. Половое созревание определяли по методу Таннера [7]. Статистическая обработка результатов исследования была проведена с помощью компьютерной программы EXCEL.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Оценка полученных параметров показали, что половое созревание напрямую влияет на динамику ростовых процессов и биоэнергетику мышечной деятельности. В таблице 1 показано, что наибольшие приросты массы тела отмечаются при переходе от 2-й стадии к 3-й и от 4-й к 5-й. Такие особенности распределения ростовых процессов по стадиям оказывают существенное влияние на динамику созревания энергетических и вегетативных систем обеспечения мышечной деятельности.

Достоверный прирост физической работоспособности по тесту PWC_{170} наблюдается при переходе с 3-й на 4 стадию полового созревания. При этом, однако, не отмечено достоверных изменений в величинах $W_{кр.}$ и МПК. Мощность анаэробного вентиляторного порога (АВП) несколько возрастает на 3 стадии, оставаясь на остальных стадиях на одном уровне. Однако по потреблению кислорода на уровне АВП, выраженному в процентах от МПК, различий между подростками на разных стадиях полового созревания нет.

Таким образом, параметры аэробного энергообеспечения мышечной работы мало зависят от уровня полового созревания. В значительно большей степени они увязаны с календарным возрастом подростков. По-видимому, высокий уровень развития аэробных систем энергообеспечения, сложившийся уже к началу полового созревания, обуславливает сравнительно слабую зависимость этих механизмов от тех гормональных перестроек, которые происходят в организме в пубертатный период.

Анализ динамики параметров анаэробного энергообеспечения по стадиям полового созревания показывает, что величина общего кислородного долга (ОКД), как и величина медленной фракции (МФ), наиболее значительно возрастает лишь на 5-й стадии, то есть в самом конце пубертатного периода. Приведенные данные в таблице 1 свидетельствуют о том, что окончательно структура энергетического обеспечения мышечной деятельности формируется лишь на 5-й, завершающей стадии полового созревания.

По величине быстрой фракции ОКД достоверных различий между стадиями полового созревания не выявлено, хотя тенденция к увеличению выражена отчетливо. Структура общего кислородного долга изменяется неоднозначно, показывая

достоверное увеличения быстрой фракции на 3-й стадии полового созревания, которая более всего соответствует возрасту 14 лет.

Полученные нами данные и анализ мировой литературы позволяет сформулировать общую схему развития энергетики скелетных мышц, которая заключается в том, что уже до начала пубертатного периода формируются аэробные механизмы, а в процессе полового созревания разворачиваются анаэробные механизмы, достигая дефинитивного уровня развития на завершающих этапах полового созревания.

При сравнении скоростей роста массы тела и биоэнергетических показателей, было показано, что величина МПК в период от 10 до 12 лет увеличивается медленнее, чем масса тела, сравнительно быстро нарастает от 12 до 14 лет, затем ее прирост равен нулю, а в период от 15 до 17 лет прирост МПК пропорционален увеличению размеров тела. В динамике возрастных изменений PWC_{170} заметны существенные отличия от динамики роста МПК. В интервалах: от 10 до 12 лет, от 12 до 14 лет, от 14 до 15 лет и от 15 до 17 лет отмечается неуклонное увеличение PWC_{170} , причем скорость роста показателя всегда выше, чем скорость роста массы тела. По-видимому, это означает, что у детей и подростков, величина PWC_{170} не является простым отражением уровня аэробной производительности и не может служить мерилем МПК. Однако данный показатель показывает четкую зависимость от уровня двигательной подготовленности и ряда других факторов.

Динамика возрастных изменений анаэробного вентиляторного порога, выраженной в абсолютных единицах мощности (Вт), показывает, что в период от 10 до 12 лет данный показатель растет пропорционально массе тела. В возрасте от 12 до 14 лет АБП несколько обгоняет массу тела по скорости увеличения, однако затем снижается в 5 раз быстрее, чем в период 14-15 лет. Такая резкая перестройка динамики изменений показателя отражает, по-видимому, целый комплекс изменений в организме подростков, происходящих как на тканевом уровне, так и на уровне регуляторных систем. На заключительном этапе полового созревания к 17 годам анаэробный вентиляторный порог продолжает снижаться, но значительно медленнее.

Критическая мощность, при которой достигается МПК, наиболее интенсивно увеличивается в период от 14 до 15 лет, то есть уже после пубертатного скачка роста, более чем в 6 раз опережая по скорости роста в это время прирост массы тела. Это не совпадает с периодом наибольшего прироста МПК, что означает качественное изменение энергообеспечения работы в зоне критической мощности в данном возрастном диапазоне. Это же подтверждается данными по величине ОКД: именно в период от 14 до 15 лет ОКД растет почти в 9 раз интенсивней, чем масса тела. Такой прирост ОКД обусловлен резкой активацией тканевых гликолитических механизмов. Это приводит к тому, что в период от 14 до 15 лет именно медленная фракция общего кислородного долга растет в 20 раз быстрее массы тела. Для понимания этого факта нужно учесть значительную перестройку морфофункциональных свойств скелетных мышц [4,6]. Как показали исследования, проведенные на тканевом уровне, к концу пубертатного периода происходит значительное увеличение доли анаэробно-гликолитических волокон в мышцах конечностей [2]. На этот же период приходится резкое повышение активности и

изменение изоферментного спектра лактатдегидрогеназы в сторону преобладания форм, обеспечивающих гликолиз в анаэробных условиях [1].

Прирост быстрой фракции общего кислородного долга в период от 14 до 15 лет пропорционален увеличению массы тела, а наиболее существенный прирост этого показателя, характеризующего возможности фосфагенного анаэробного источника энергии, наблюдается на завершающих этапах полового созревания в период от 15 до 17 лет. Таким образом, все три энергетического источника развиваются гетерохронно, и для каждого из них характерен свой «критический период» в развитии. В период от 7 до 10 лет значительно увеличивается мощность аэробного источника, тогда как мощность анаэробных механизмов меняется сравнительно мало. После 10 лет и вплоть до юношеского возраста, напротив, мощность аэробного источника не меняется, тогда, как мощность анаэробных энергетических механизмов неуклонно возрастает.

Таким образом, оценка полученных данных позволяет выявить несколько этапов развития энергетики мышечной деятельности мальчиков школьного возраста. По динамике мощности энергетических систем в скелетных мышцах мальчиков школьного возраста, четко выделяются два периода: детский, для которого характерно увеличение только аэробной мощности, и подростково-юношеский, в котором расширение диапазона доступных нагрузок происходит только за счет увеличения анаэробной мощности. При этом, емкость энергетических систем увеличивается на протяжении рассматриваемого периода онтогенеза как в аэробной, так и в анаэробной частях функционального диапазона скелетных мышц. Этот процесс также протекает гетерохронно.

ВЫВОДЫ

1. 1 этап – возраст от 7 до 9 лет – период поступательного развития всех механизмов энергетического обеспечения с преимуществом аэробных систем.

2. 2 этап – возраст 9-10 лет – период «расцвета» аэробных возможностей. Роль анаэробных механизмов незначительна.

3. 3 этап – период от 10 до 12-13 лет – отсутствие приростов аэробных возможностей. Умеренный прирост анаэробных возможностей. Развитие фосфагенного и анаэробно-гликолитического механизмов протекает синхронно.

4. 4 этап - возраст от 13 до 14 лет – существенный прирост аэробных возможностей. Торможение прироста анаэробно-гликолитического механизма энергообеспечения. Фосфагенный механизм развивается пропорционально увеличению массы тела.

5. 5 этап – возраст 14-15 лет – прекращение роста аэробных возможностей, резкое увеличение емкости анаэробно-гликолитического процесса. Развитие фосфагенного механизма по-прежнему растет пропорционально увеличению массы тела.

6. 6 этап – период от 15 до 17 лет – аэробные возможности растут пропорционально массе тела. Продолжают быстро нарастать анаэробно-гликолитические возможности. Значительно ускоряется развитие механизмов фосфагенной продукции. Завершается формирование дефинитивной структуры энергообеспечения мышечной деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Демин В.И. становление тканевых механизмов энергетического обеспечения скелетных мышц: Автореф. дисс. ... к.б.н. – М.: Институт возрастной физиологии АПН СССР, 1987. – 25 с.
2. Корниенко И.А., Сонькин В.Д., Тамбовцева Р.В. Возрастное развитие энергетики мышечной деятельности. Сообщение 3. Эндогенные и экзогенные факторы, влияющие на развитие энергетики скелетных мышц // Физиология человека. – 2007. – Т. 33, № 6. – С. 94-99.
3. Сонькин В.Д. Физическая работоспособность и энергообеспечение мышечной функции в постнатальном онтогенезе // Физиология человека. – 2007. – Т. 33, № 3. – С. 1-19.
4. Сонькин В.Д., Тамбовцева Р.В. Развитие мышечной энергетики и работоспособности в онтогенезе. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 368 с.
5. Тамбовцева Р.В. Физиологические основы развития двигательных качеств // Новые исследования. – 2011. – № 1. – С. 5-15.
6. Тамбовцева Р.В. Общие и частные закономерности возрастного развития энергообеспечения мышечной деятельности // Новые исследования. – 2011. – № 2. – С. 73-83.
7. Таннер Д. Рост и конституция человека // Биология человека. – М., 1979. – С. 399-471.
8. Хит Б.Х., Картер Д.Л. Современные методы соматотипологии // Вопросы антропологии: Ч.1. – 1968. – С. 20-40.
9. Robinson S. Experimental studies of physical fitness in relation to age // Arbeitsphysiol. – 1938. – 10. – № 3. – P. 251-323.
10. Sonkin V.D., Gutnik B.J., Tambovtseva R.V. and Nash D. Ergometric Investigation of Work Capacity Ontogeny: Influence of Exogenic and Endogenic Factors // Advances in Medicine and Biology. – 2010. – V. 1. – P. 129-165.
11. Sonkin V., Tambovtseva R. Energy metabolism in children and adolescent // Energetics. – Chorvatia, 2011.

ОЦЕНКА ИНФОРМАТИВНОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ И ДВИГАТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ДЕТЕЙ 11-12 ЛЕТ НА ОСНОВЕ ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА

И.А. Криволапчук*¹, М.Б. Чернова*, А.А. Герасимова*, С.А. Баранцев*,
В.В. Мышьяков**, В.В. Просьянкин***

*ФГБНУ «Институт возрастной физиологии
Российской академии образования», Москва

**Учреждение образования «Гродненский государственный
университет имени Янки Купалы», Гродно

***Актюбинский государственный университет
имени К. Жубанова, Актюбе

В работе выявлены наиболее значимые факторы, определяющие структуру физической работоспособности и двигательной подготовленности детей 11-12 лет: аэробная емкость (фактор I), аэробная мощность (фактор II); общая работоспособность (фактор III); анаэробная работоспособность (фактор IV). Выделены группы взаимосвязанных признаков, характеризующих различные аспекты физического состояния школьников рассматриваемого возраста. На этой основе определена факторная информативность показателей физической работоспособности и двигательной подготовленности в различных зонах относительной мощности.

Ключевые слова: физическая работоспособность, двигательная подготовленность, факторная структура, информативность тестов.

Evaluation of indices of physical performance and motor readiness in 11-12-year-old children with the use of factor analysis. Research presents the most valuable factors, determining physical performance and motor readiness in 11-12-year-old children: aerobic capacity (factor I), aerobic power (factor II); general working capability (factor III); anaerobic working capability (factor IV). There were distinguished several groups of interrelated features, characterizing different aspects of physical state of schoolchildren. There was stated out the factorial characteristic of physical performance indexes and motor readiness in different zones of relative power.

Key words: physical performance, motor readiness, factorial structure, tests efficiency.

В настоящее время не подлежит сомнению тот факт, что физическую работоспособность и двигательную подготовленность школьников в широком диапазоне доступных нагрузок нельзя измерить с помощью какого-либо одного теста [9; 12; 16]. Несмотря на многочисленные попытки до сих пор не найден универсальный тест диагностики физических возможностей человека. Поэтому для всесторонней оценки работоспособности и двигательной подготовленности

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

необходимо использовать совокупность аутентичных показателей, характеризующих различные аспекты физического состояния ребенка.

Широкое использование тестов двигательных достижений обусловлено тем обстоятельством, что они дают возможность проводить исследование наиболее важных аспектов физических возможностей человека [5; 16; 14]. Сегодня разработано такое большое количество разнообразных тестов, что выбор из их числа наиболее информативных критериев оценки тех или иных сторон физической работоспособности и двигательной подготовленности детей, представляет определенную трудность. Это связано с тем, что далеко не все тесты являются аутентичными (надежными и информативными) применительно к конкретному возрастному контингенту обследуемых.

Научно обоснованная теория тестирования двигательных способностей, опирается, как известно, на ряд фундаментальных положений и математических моделей, позволяющих разрабатывать контрольные упражнения и функциональные пробы, удовлетворяющие требованиям надежности и информативности. Тесная связь теории тестирования двигательных способностей с концепциями о структуре физических возможностей человека обусловила применение для оценки эмпирической надежности и информативности тестов двигательных достижений факторного анализа [2], позволяющего выделять устойчивые группы взаимосвязанных признаков, объединяя их в отдельные относительно независимые факторы [7; 10; 11]. Необходимо отметить, что подобное использование факторного анализа типично для массовой физической культуры, где нет единичного теста-критерия определения информативности тестов [4; 13].

Несмотря на то, что проблема методов контроля состояния и двигательной подготовленности является одной из наиболее разработанных в системе наук о физическом воспитании [9], по-прежнему, нерешенным остается вопрос о выборе наиболее информативных моторных, эргометрических и функциональных тестов для оценки физических возможностей детей в различных зонах относительной мощности.

Целью исследования явилось определение эмпирической информативности показателей, характеризующих физическую работоспособность и двигательную подготовленность детей 11-12 лет в широком диапазоне доступных нагрузок.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании приняли участие дети 11-12 лет, отнесенные по состоянию здоровья к основной медицинской группе. Работа проводилась в соответствии с требованиями Хельсинской декларации.

Для решения вопроса о ведущих факторах в структуре физической работоспособности и двигательной подготовленности детей 11-12 лет и отбора наиболее информативных показателей их оценки применялся факторный анализ – метод главных компонент с последующим вращением референтных осей по Варимакс-критерию. В целях получения воспроизводимых результатов факторного анализа обследовалась выборка испытуемых (n=150) по объёму, значительно превышающая количество изучаемых переменных.

Гетерогенная батарея контрольных упражнений состояла из показателей,

характеризующих уровень развития кондиционных физических качеств: 1) бег 20 метров с хода; 2) прыжок в длину с места; 3) челночный бег 4x9 м; 4) шестиминутный бег; 5) поднимание туловища из положения «лёжа на спине» за 1 минуту; 6) наклон вперёд. По результатам тестирования определяли общую оценку физической подготовленности (ОФП).

Для оценки физической работоспособности использовался комплекс функциональных и эргометрических тестов. Определяли максимальное потребление кислорода (МПК), интенсивность накопления пульсового долга (ИНПД), ватт-пульс (ВтП), мощность нагрузки при пульсе 170 уд/мин (PWC170), максимальную силу (МС) и предельное время работы (t_1 , t_2) при выполнении «до отказа» нагрузок мощностью 2 и 4 Вт/кг [6; 12]. Отказ от выполнения работы фиксировали при снижении частоты педалирования более чем 10 %. На основе уравнения Muller определялись величины мощности нагрузок, максимальное время реализации которых составляло 1 (W1), 40 (W40), 240 (W240), 900 с (W900), коэффициенты, отражающие емкость аэробного (b) и соотношение возможностей аэробного и анаэробно-гликолитического источников (a) [12]. Обработка данных осуществлялась с использованием стандартной программы в пакете Statistica.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На рисунке 1 представлены результаты факторизации матриц интрокорреляции показателей физической работоспособности и двигательной подготовленности школьников 11-12 лет. Были получены четыре значимых фактора, описывающих более 75 % общей дисперсии выборки. Факторные нагрузки, отражающие степень корреляции используемых показателей физической работоспособности и двигательной подготовленности с выделенными факторами в целом характеризовались сильной ($r=0,99-0,7$), средней ($r=0,69-0,5$) и слабой ($r=0,49-0,3$) степенями статистической связи.

Фактор I, объясняющий 48 % дисперсии выборки, включал в свой состав 7 основных показателей. С положительными нагрузками в него вошли W_{900} , T_1 , W_{240} , коэффициенты A и B уравнения Muller, шестиминутный бег. Отрицательным факторным весом характеризовалась величина ИНПД после нагрузки большой мощности. Исходя из содержания показателей, объединенных в данный фактор, он интерпретируется как аэробная емкость.

В фактор II (11 % дисперсии) со значимыми весами вошли 4 показателя, характеризующих аэробную производительность организма. Он объединил относительные значения МПК, PWC₁₇₀, ВтП и T_1 . Мы рассматриваем его как аэробную мощность.

Фактор III (10 % дисперсии) объединил 8 показателей физического состояния. В него вошли PWC170, ВтП, ОФП, W240, челночный бег, прыжок в длину, бег 20 м с хода, W40. Этот фактор можно легко идентифицировать как общую работоспособность.

В фактор IV (8 % дисперсии) выделилась группа показателей, характеризующих главным образом рабочие возможности организма в зонах максимальной и субмаксимальной мощности. Он обозначен как анаэробная работоспособность. Данный фактор включает переменные, относящиеся к фосфагенному и

гликолитическому механизмам энергообеспечения. В него вошли T2, W40, MC, ИНПД после работы максимальной и субмаксимальной мощности, результат прыжка в длину, ОФП, бег 20 м, W1.

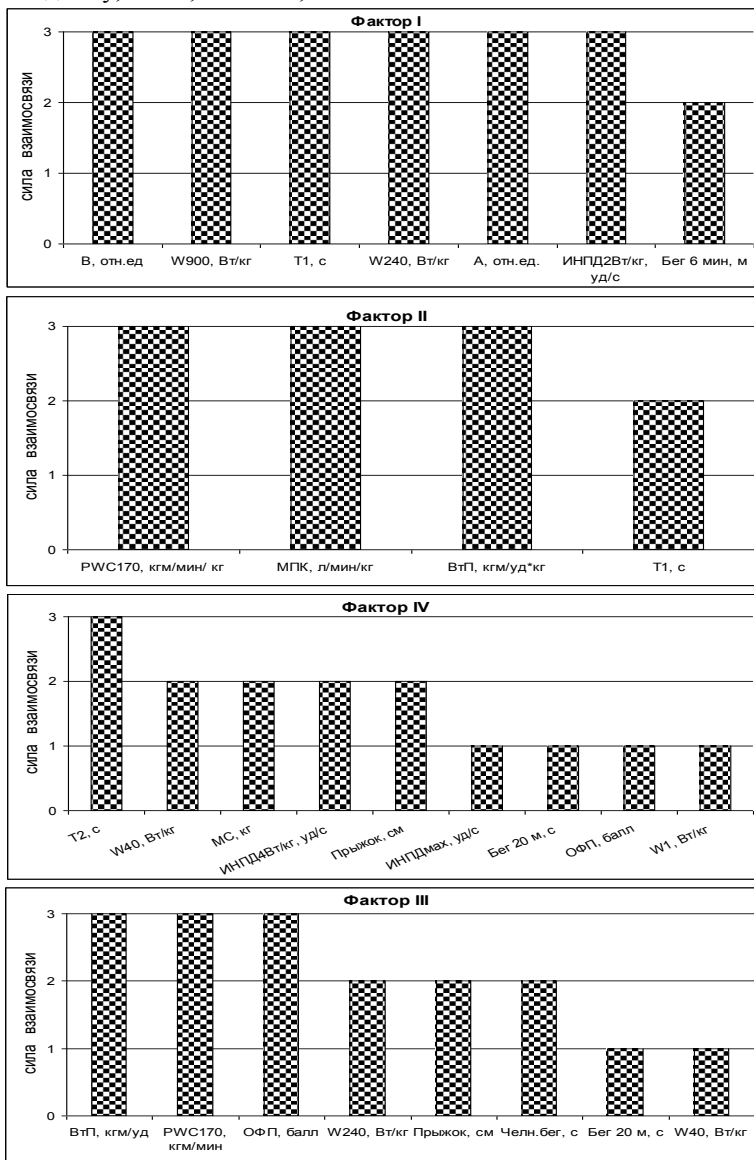


Рис. 1. Факторы, определяющие структуру физической работоспособности и двигательной подготовленности детей 7-8 лет

Примечание: 3 – сильная статистическая взаимосвязь показателя с фактором ($r=0,99-0,70$); 2 – средняя статистическая взаимосвязь ($r=0,69-0,50$); 1 – слабая статистическая взаимосвязь ($r=0,49-0,30$).

Необходимо отметить, что аналогичные факторы выделены нами в структуре физической работоспособности и двигательной подготовленности детей других возрастных групп [8; 15].

Полученные данные о том, что в структуре физической работоспособности и двигательной подготовленности детей 11-12 лет ведущее значение принадлежит факторам аэробной емкости и аэробной мощности, косвенно подтверждают представление о том, что к началу периода полового созревания аэробные возможности более дифференцированы, а их развитие достигает своего расцвета, тогда как за счет анаэробных механизмов энергообеспечения дальнейшее повышение работоспособности происходит в процессе полового созревания [12].

Информация о факторной информативности рассматриваемых тестов физической работоспособности и двигательной подготовленности школьников 11-12 лет, представлена в табл. 1. Наиболее информативными показателями среди отобранных оказались по первому фактору – коэффициент В, W_{900} , T_1 , по второму – относительные значения PWC_{170} , МПК, ВтП, по третьему – ВтП, PWC_{170} и ОФП, по четвертому – T_2 , W_{40} , МС. Эти 12 тестов являются наиболее информативными.

Таблица 1

Факторная информативность показателей физической работоспособности и двигательной подготовленности школьников 11-12 лет

Фактор	Тест	Коэффициент информативности
Анаэробная работоспособность (зоны максимальной и субмаксимальной мощности)	T_2 , с	0,820
	W_{40} , Вт/кг	0,633
	МС, кг	0,569
Аэробная мощность (зона большой мощности)	PWC_{170} , кгм/мин/ кг	0,932
	МПК, л/мин/кг	0,895
	ВтП, кгм/уд*кг	0,707
Аэробная емкость (зона умеренной мощности)	В, отн.ед	0,967
	W_{900} , Вт/кг	0,957
	T_1 , с	0,915
Общая работоспособность	ВтП, кгм/уд	0,895
	PWC_{170} , кгм/мин	0,880
	ОФП, балл	0,875

Важно отметить, что факторы аэробной работоспособности характеризуют физические возможности организма при работе в зоне умеренной и большой мощности. Фактор анаэробной работоспособности отражает способность к выполнению работы субмаксимальной и максимальной мощности. И, наконец, фактор общей работоспособности определяет двигательные возможности, связанные с выполнением работы во всем диапазоне доступных нагрузок. Материалы исследования подтверждают представление о том, что биоэнергетические способности являются важнейшим аспектом, определяющим физическую работоспособность человека и уровень развития кондиционных двигательных способностей [3; 8; 12; 14].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ показателей физического состояния детей 11-12 лет позволил выявить наиболее значимые факторы, определяющие структуру их физической работоспособности и двигательной подготовленности во всем диапазоне доступных нагрузок. К ним относятся аэробная емкость (фактор I), аэробная мощность (фактор II); общая работоспособность (фактор III); анаэробная работоспособность (фактор IV).

Выделены группы взаимосвязанных признаков, характеризующих различные аспекты физического состояния школьников 11-12 лет. На этой основе определена факторная информативность показателей физической работоспособности и двигательной подготовленности детей в различных зонах относительной мощности. *Работа поддержана РГНФ (грант № 15-06-18014е).*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белоцерковский З.Б. Эргометрические и кардиологические критерии физической работоспособности у спортсменов. – М.: Советский спорт, 2009. – 348 с.
2. Благуш П. К теории тестирования двигательных способностей. – М.: Физкультура и спорт, 1982. – 165 с.
3. Волков Н.И., Осипенко А.А., Несен Э.Н., Корсун С.Н. Биохимия мышечной деятельности. – Киев: Олимпийская литература, 2000. – 503 с.
4. Годик М.А. Спортивная метрология. – М.: Физическая культура и спорт, 1988. – 192 с.
5. Зацюрский В.М. Основы спортивной метрологии. – М.: Физкультура и спорт, 1979 – 152 с.
6. Карпман В.Л., Белоцерковский З.Б., Гудков И.А. Тестирование в спортивной медицине. – М.: Физкультура и спорт, 1988. – 208 с.
7. Клайн П. Справочное руководство по конструированию тестов. Введение в психометрическое конструирование. – Киев: ПАН ЛТД, 1994. – 286 с.
8. Криволапчук И.А. Энергообеспечение мышечной деятельности детей 5-6 лет и комплексная оценка физической работоспособности // Физиология человека.– 2009.– Т. 35, № 1. – С. 76-87.
9. Лях В.И. Физическая культура. Тестовый контроль. – М.: Просвещение, 2012. – 160 с.
10. Митина О.В. Разработка и адаптация психологических опросников. – М.: Смысл, 2011. – 235 с.
11. Общая психодиагностика / Под ред. А.А. Бодалева, В.В. Столина. – М.: Изд-во Московского университета, 1987. – 304 с.
12. Сонькин В.Д., Тамбовцева Р.В. Развитие мышечной энергетики и работоспособности в онтогенезе. – М.: Книжный дом «Либроком», 2011. – 368 с.
13. Спортивная метрология / Под ред. В.М. Зацюрского. – М.: Физкультура и спорт, 1982 – 256 с.
14. Kenney W.L., Wilmore J., Costill D. Physiology of Sport and Exercise. – Published by Champaign, IL; Human Kinetics, 2011. – 640 p.

15. Krivolapchuk I. A. Peculiarities of preschool aged boys' and girls' physical state // *Medicina dello Sport*. – 2014. – 67(2). – P. 241-250.
16. Ruiz J.R., España Romero V., Castro Piñero J. et al. ALPHA-fitness test battery: health-related field-based fitness tests assessment in children and adolescents // *Nutr Hosp*. – 2011. – V. 2

ВЛИЯНИЕ ОСТРОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ РАЗЛИЧНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ НА ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ДЕТЕЙ В КРИТИЧЕСКИЙ ПЕРИОД АДАПТАЦИИ К ШКОЛЕ

М.Б. Чернова¹, Н.В. Полянская, М.М. Герасимов
ФГБНУ «Институт возрастной физиологии
Российской академии образования», Москва

Полученные результаты свидетельствуют о том, что в критический период адаптации учащихся к образовательной среде острая физическая нагрузка преимущественно аэробной направленности вызывает улучшение функционального состояния по ряду психологических и поведенческих показателей. Изучение динамики психологических и поведенческих показателей функционального состояния детей в период реституции после мышечной деятельности показало, что наиболее значительное уменьшение тревожности, а также улучшение самочувствия и настроения занимающихся отмечается через 60 минут после окончания физической нагрузки. Анализ сдвигов изучаемых показателей функционального состояния в зависимости от интенсивности мышечной деятельности позволил установить, что наиболее сбалансированное их улучшение происходит под влиянием физической нагрузки интенсивностью 50-55 % максимального пульсового резерва.

Ключевые слова: нагрузка аэробной направленности, срочный эффект, тревожность, самочувствие, настроение, критический период развития.

Effect of acute physical stress of varying intensity on the psychological aspects of functional state of children during critical period of adaptation to school. *The results indicate that during the critical period of students' adaptation to the educational environment, acute physical stress, mainly aerobic, evokes the functional state improvement in a number of psychological and behavioral indices. The study of dynamics of psychological and behavioral indices of the functional state in children after physical stress showed that the most significant anxiety decrease, and mood and well-being improvement takes place 60 minutes after the exercise. Indices analysis, depending on the intensity of muscle activity, revealed that the most balanced improvement occurs under the influence of exercise intensity of 50-55 % of the maximum pulse reserve.*

Keywords: aerobic load, urgent effect, anxiety, mood, mood, critical period of development.

Вопрос о том, как влияют физические упражнения на тревожность человека в последние 20 лет привлекает внимание специалистов из различных областей научного знания. За этот период получены данные о том, что острая физическая нагрузка вызывает снижение уровня ситуативной тревожности и способствует общему психологическому благополучию человека [2; 12; 13; 14; 20; 21]. Установлено, что благоприятное влияние физических упражнений на уровень тревож-

Контакты: ¹ Чернова М.Б. –E-mail: <mashacernova@mail.ru>

ности в послерабочий период находит проявление в динамике как психологических, так поведенческих и физиологических показателей [12; 21]. Показано, что оно, в определенной мере, зависит от объема, интенсивности и направленности нагрузки [10; 20; 21].

Важно отметить, что подавляющее большинство опубликованных работ посвящено исследованию влияния физической активности на уровень ситуативной тревожности у взрослых, тогда как возрастной аспект рассматриваемой проблемы является практически неизученным. Имеется лишь незначительное количество исследований, касающихся срочных и долговременных эффектов влияния физических упражнений на тревожность, самочувствие и настроение здоровых детей школьного возраста [6; 11; 16; 18; 19; 22].

Вместе с тем в научной литературе не получил должного освящения вопрос о влиянии острой физической нагрузки на уровень тревожности детей в критические периоды развития.

Цель исследования – изучить влияние острой физической нагрузки различной интенсивности на психологические аспекты функционального состояния детей в начальный период адаптации к обучению в школе.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании приняли участие здоровые дети 6-8 лет (ученики первых классов) (n=16).

Исследование проводилось с одобрения этического комитета ФГБНУ «ИВФ РАО». Влияние острой физической нагрузки (ФН) исследовалось в три этапа с недельными перерывами между нагрузками. На I, II, III этапах соответственно выполнялись ФН средней интенсивностью 25-30, 50-55, 75-80 % пульсового резерва и длительностью 20-25 минут. Применялись комплексы физических упражнений преимущественно аэробного характера. Для определения физиологической интенсивности отдельного упражнения или серии упражнений применяли метод M.J. Karvonen, позволяющий выражать нагрузку в % от величины максимального пульсового резерва с учетом возраста и уровня подготовленности занимающихся [15]. Интенсивность физической нагрузки регулировали с помощью кардиоанализатора фирмы «Polar».

Для изучения психологических аспектов функционального состояния детей использовались модифицированная методика шкалированной самооценки Т.В. Дембо – С.Я. Рубинштейн [7; 8], зрительно-аналоговая шкала тревоги Э. Хорнблота [9], методика оценки тревожности Р. Тэммла [3].

Тестирование осуществлялось индивидуально с каждым школьником. После сообщения инструкций технологию работы с методиками в качестве примеров демонстрировали на доске. Ребенок получал бланки с заранее подписанной фамилией и всей необходимой информацией.

Тревожность диагностировалась с помощью проекционной методики Р. Тэммла в модификации Р.В. Овчаровой. Экспериментальный материал – 14 рисунков размером 8,5x11 см. Каждый рисунок выполнен в двух вариантах: для девочки и для мальчика. Выбор ребенком соответствующего лица и словесные высказывания фиксировались в специальном протоколе. Все протоколы подвига-

лись количественному и качественному анализу. Количественный анализ данных базировался на вычислении индекса тревожности (ИТ), который равен процентному отношению числа эмоционально негативных выборов (печальное лицо) к общему числу рисунков. В необходимых случаях проводилась качественная оценка, для этого каждый ответ анализировался отдельно.

Модифицированная методика Дембо–Рубинштейн использовалась для непосредственного оценивания школьниками своего состояния. Обследуемым предлагалось на вертикальных линиях длиной 100 мм отметить определенными знаками актуальный уровень самочувствия (С) и настроения (Н). Инструкция испытуемым давалась перед каждой линией. При этом самочувствие оценивалось на основе шкал «самочувствие хорошее–самочувствие плохое». Настроение оценивалось на основе шкал «хорошее настроение–плохое настроение. По каждой из шкал определялась высота самооценки – от «0» до соответствующего знака. Теоретически такая оценка могла быть в диапазоне от 0 до 100 баллов.

Аналогичным образом использовалась зрительно-аналоговая шкала тревоги Э. Хорнблоу. Детям предлагалось на горизонтальной линии длиной 100 мм отметить определенными знаками актуальный уровень тревожности (шкала «совсем не тревожен–очень тревожен»). Отметка на правом конце линии означала максимально высокую тревогу, на левом ее конце – отсутствие тревоги (СТ).

Измерение ситуативной тревожности, настроения и самочувствия занимающихся осуществлялось перед ФН, сразу после ее окончания, на 20 и 60 минутах восстановления. Проективная методика Р. Тэммл использовалась перед нагрузкой и после 60 минуты реституции.

Полученные данные обрабатывались с использованием пакета программ Microsoft Exel Windows 98. Достоверность различий оценивали с помощью параметрических и непараметрических критериев для корреляционно связанных выборок.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ полученных результатов, представленных на рисунке 1, показывает, что острая физическая нагрузка преимущественно аэробной направленности (продолжительностью 15-25 минут; интенсивностью 25-80 % МПР) в целом оказывает благоприятное влияние на динамику рассматриваемых психологических показателей ФС первоклассников в период восстановления после выполнения мышечной деятельности.

Так, показатель самооценки уровня ситуативной тревожности, полученный с помощью зрительно-аналоговой шкалы (СТ) характеризовался постепенным уменьшением по мере увеличения продолжительности периода реституции (см. рис. 1).

Под влиянием комплекса упражнений интенсивностью 25-30 % МПР статистически значимые сдвиги ($p < 0,05-0,01$) уровня СТ отмечались после 20 и 60 минут восстановления.

Нагрузка интенсивностью 50-55 % МПР обуславливала достоверное ($p < 0,05$) уменьшение уровня СТ сразу после ее окончания, и еще более значимое ($p < 0,01$) через 20 и 60 минут.

После выполнения комплекса упражнений интенсивностью 70-80 % МПР происходило менее заметное снижение показателя СТ, достигающее значимых величин ($p < 0,05$) на 20 и 60 минутах отдыха.

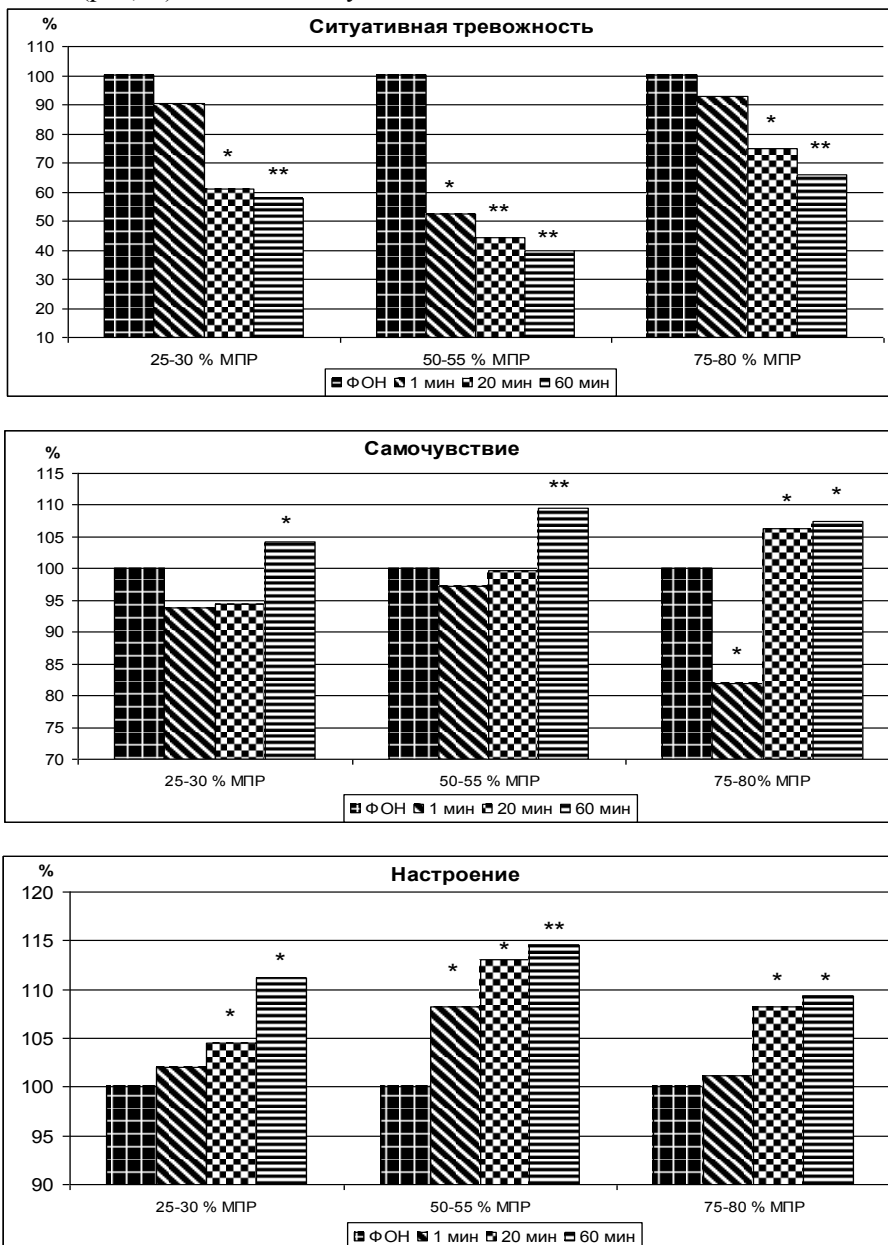


Рис. 1. Влияние острой физической нагрузки на уровень ситуативной тревожности, самочувствие и настроение детей

Количественный анализ данных использования проекционной методики Р. Тэммл позволил выявить различия между фоновым уровнем индекса тревожности и его изменениями в период реституции (рис. 2). Следует отметить, что на 60 минуте восстановления после выполнения всех нагрузок проявлялась тенденция снижения индекса тревожности. Однако, статистически значимые ($p < 0,05$) сдвиги ИТ наблюдались только после нагрузки интенсивностью 50-55 % МПР (рис. 2).

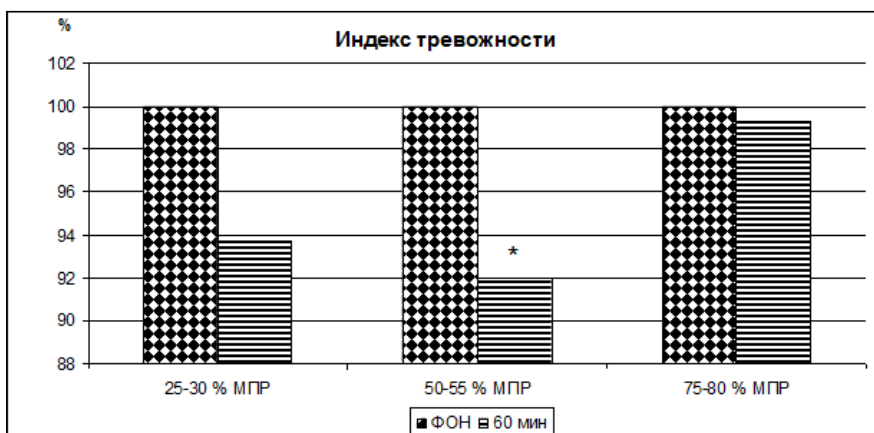


Рис. 2. Влияние острой физической нагрузки на индекс тревожности

Как показало изучение динамики самочувствия (С) и настроения (Н) у детей при помощи теста самооценки состояния (методика Дембо–Рубинштейн) под влиянием нагрузки отмечались существенные сдвиги этих показателей. После упражнений наблюдались изменение самочувствия и улучшение настроения занимающихся.

Нагрузка интенсивностью 25-30 % МПР вызвала достоверное ($p < 0,05$) увеличение ($p < 0,05$) уровня С через 60 минут реституции.

Под воздействием комплекса упражнений интенсивностью 50-55 % МПР статистически значимые сдвиги ($p < 0,01$) уровня С отмечались после 60 минут восстановления.

Комплекс упражнений интенсивностью 70-80 % МПР вызывал значимые изменение показателя С на всех этапах восстановительного периода, причем сразу после окончания нагрузки самочувствие значимо ($p < 0,05$) снижалось, тогда как на 20 и 60 минутах, напротив, улучшалось ($p < 0,05$).

Важно подчеркнуть, что между самочувствием и настроением детей в постнагрузочный период отмечалась некоторая дивергенция. Это связано с тем, что показатель настроения, в отличие от показателя самочувствия, после нагрузки постепенно увеличивался, т. е. изменялся однонаправленно.

После выполнения аэробных упражнений средней интенсивностью 25-30 % МПР происходило повышение уровня настроения, достигающее значимых величин ($p < 0,05$) на 20 и 60 минутах восстановления.

Под воздействием упражнений интенсивностью 50-55 % МПР достоверные сдвиги ($p < 0,05-0,01$) уровня настроения отмечались на протяжении всего постагрузочного периода (сразу, через 20 и 60 минут).

Комплекс упражнений интенсивностью 75-80 % МПР вызывал значимое ($p < 0,05$) улучшение показателя Н через 20 и 60 минут после мышечной деятельности.

Материалы исследования выступают в поддержку представления о том, что острая физическая нагрузка аэробного характера обладает мощным транквилизирующим эффектом [2; 6; 13; 14; 20; 21;]. Выявленная у учащихся первых классов зависимость уровня ситуативной тревожности, самочувствия и настроения от интенсивности мышечной деятельности, находит подтверждение и в других работах [10; 14; 21]. Предполагается, что в основе данного эффекта лежат несколько различных механизмов, анализ взаимодействия которых является одной из важнейших задач будущих исследований в данной области [13; 17; 21].

Анализ сдвигов рассматриваемых показателей под влиянием физических нагрузок позволил установить, что послерабочие изменения в значительной степени зависели от их фоновой величины. У детей с высокими исходными величинами СТ и ИТ после физических нагрузок происходило, как правило, их весьма существенное снижение, тогда как у испытуемых с низким уровнем тревожности, изменения, наблюдаемые после выполнения упражнений, были незначительными. Сходная тенденция, отражающая влияние фонового уровня показателя на его динамику после работы, выявлена и в отношении самочувствия и настроения. У детей с низкими исходными уровнями С и Н после завершения мышечной деятельности отмечалось их значимое улучшение, тогда как у испытуемых с уже высокими значениями данных показателей их сдвиги были минимальными. Это согласуется с данными научно-методической литературы [1; 2; 13; 14] и результатами, полученными нами ранее [4; 5].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты свидетельствуют о том, что в критический период адаптации учащихся к образовательной среде острая физическая нагрузка преимущественно аэробной направленности (продолжительностью 15-25 минут) вызывает улучшение функционального состояния по ряду психологических и поведенческих показателей.

Изучение динамики психологических и поведенческих показателей функционального состояния детей в период реституции после мышечной деятельности показало, что наиболее значительное уменьшение тревожности, а также улучшение самочувствия и настроения занимающихся отмечается через 60 минут после окончания физической нагрузки. Установлено, что послерабочие изменения тревожности, самочувствия и настроения в значительной степени зависят от исходного уровня функционального состояния детей.

Анализ сдвигов изучаемых показателей функционального состояния в зависимости от интенсивности мышечной деятельности позволил установить, что наиболее сбалансированное их улучшение происходит под влиянием физической нагрузки интенсивностью 50-55% пульсового резерва.

Материалы исследования выступают в поддержку представления о том, что в основе срочного оптимизирующего эффекта физических нагрузок аэробной направленности лежат несколько различных механизмов, взаимодействие которых определяет конкретный приспособительный результат. Работа поддержана грантом РГНФ (14-06-00212а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Криволапчук И.А. Психофизиологические показатели у детей 6–8 лет при информационной нагрузке в зависимости от тревожности как устойчивой индивидуальной характеристики // Физиология человека. – 2006. – Т. 32, № 6. – С. 13-21.
2. Криволапчук И.А. Эффективность использования физических упражнений для управления функциональным состоянием тревожных детей 6-8 лет // Физиология человека. – 2011. – Т. 37, № 5. – С. 61-72.
3. Овчарова Р.В. Практическая психология в начальной школе. – М.: Сфера, 1996 – 240 с.
4. Полянская Н.В., Криволапчук И.А., Чернова М.Б. Физическое состояние тревожных детей 9-10 лет // Новые исследования. – 2013. – № 3. – С. 34-40.
5. Полянская Н.В., Криволапчук И.А., Чернова М.Б., Герасимов М.М. Особенности функционального состояния тревожных детей в критический период адаптации к образовательной среде // Новые исследования. – 2014. – № 1. – С. 83-91.
6. Полянская Н.В. Срочные эффекты влияния физических нагрузок на уровень ситуативной тревожности и работоспособность подростков / Н.В. Полянская, М.Б. Чернова, М.М. Герасимов, М.Н. Арсеньева // Физическая культура, спорт, туризм: научно-методическое сопровождение: сб. матер. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. Участием / Перм. гос. гуманит.-пед. ун-т. – Пермь: Астер, 2014. – С. 267-269.
7. Прихожан А.М. Применение методов прямого оценивания в работе школьного психолога // Научно-методические основы использования в школьной психологической службе конкретных психодиагностических методик: Сб. научн. тр. / Ред. кол.: И.В. Дубровина (отв. ред.) и др. – М.: изд. АПН СССР, 1988. – С. 110-128.
8. Прихожан А.М. Психология тревожности: дошкольный и школьный возраст. – СПб.: Издательство «Питер», 2007. – 192 с.
9. Хорнблэу Э.Р. Применение зрительно-аналоговой шкалы для оценки тревоги // Стресс и тревога в спорте: Международный сборник научных статей / Сост. Ю.Л. Ханин. – М.: Физкультура и спорт, 1983. – С. 165-173.
10. Bibeau W.S., Moore J.B., Mitchell N.G., Vargas-Tonsing T., Bartholomew J.B. Effects of acute resistance training of different intensities and rest periods on anxiety and affect // J Strength Cond Res. – 2010. – 24(8). – P. 2184–2191.
11. Crews D.J., Lochbaum M.R., Landers D.M. Aerobic physical activity effects on psychological well-being in low-income Hispanic children // Percept. Mot. Skills. – 2004. – 98(1). – P. 319-324.

12. Etnier J.L., Nowell P.M., Landers D.M., Sibley B.A. A meta-regression to examine the relationship between aerobic fitness and cognitive performance // *Brain Res.Rev.* – 2006. – 52(1). – P. 119-130.
13. Guskowska M. State/trait anxiety and anxiolytic effects of acute physical exercises // *Biomedical Human Kinetics.* – 2009. – 1. – P. 6-10.
14. Hale B.S., Koch K.R., Raglin J.S. State anxiety responses to 60 minutes of cross training // *Br. J. Sports Med.* – 2002. – V. 36. – P.105-107.
15. Karvonen M.J., Viorimaa T. Heart rate and exercise intensity during sport activities: Practical application // *Sports Medicine.* – 1988. – № 5. – P. 303-312.
16. Kirkcaldy B.D., Shephard R.J., Siefen R.G. The relationship between physical activity and self-image and problem behaviour among adolescents // *Soc. Psychiatry Psychiatr.Epidemiol.* – 2002. – 37(11). – P. 544-550.
17. Morgan W.P. *Physical activity & mental health.* Washington DC: Taylor and Francis, 1997.
18. Parfitt G., Eston R.G. The relationship between children's habitual activity level and psychological well-being // *Acta Paediatr.* – 2005. – 94(12). – P. 1791-1797.
19. Pastor Y., Balaguer I., Pons D., Garcia-Merita M. Testing direct and indirect effects of sports participation on perceived health in Spanish adolescents between 15 and 18 years of age // *J.Adolesc.* – 2003. – 26(6). – P. 717-730.
20. Patrick WC Lau, CW Yu, Antoinette Lee, Rita YT Sung The physiological and psychological effects of resistance training on Chinese obese adolescents // *J. Exercise Science and Fitness.* – 2004. – 2(2). – P. 115-120.
21. Petruzzello S.J., Landers D.M., Hatfield B.D., et al. A meta-analysis on the anxiety-reducing effects of acute and chronic exercise. Outcomes and mechanisms // *Sports Med.* – 1991 – Vol. 11, № 3, pp. 143-182.
22. Strong W.B., Malina R.M., Blimkie C.J. et al. Evidence based physical activity for school-age youth // *J. Pediatr.* – 2005. – 146(6). – P. 732-737.

ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА

ОБОСНОВАНИЕ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПРЫЖКА В ДЛИНУ С РАЗБЕГА УЧАЩИХСЯ IX КЛАССОВ

С.А. Баранцев*, А.П. Сергеев¹**, А.В. Ведринцев**,
О.И. Зайцев**, В.В. Мельников***

*ФГБНУ «Институт возрастной физиологии
Российской академии образования», Москва

**Липецкий филиал РАНХиГС

***Липецкий институт кооперации

В исследовании используется новая технология разработки методики обучения технике основных видов движений школьников центральное место в которой отводится обоснованию педагогических задач совершенствования, в частности кинематической структуры прыжков в длину с разбега. Были определены следующие педагогические задачи совершенствования компонентов техники прыжков в длину с разбега учащихся XI классов общеобразовательной школы: совершенствование разбега (с акцентом на повышение скорости); постановки ноги на опору: увеличение угла в коленном суставе опорной ноги и уменьшения угла наклона туловища вперед при постановке ноги на опору (юноши); отталкивания: увеличение подъема бедра маховой ноги при завершении отталкивания и амплитуды движений руками; развитие скоростно-силовых возможностей (юноши и девушки); быстроты, силы мышц-разгибателей ног, способности дифференцировать движения в пространстве (юноши); силовых возможностей и способности дифференцировать движения во времени (девушки).

Ключевые слова: Кинематическая структура движения, прыжки в длину с разбега, двигательная подготовленность, биомеханический анализ

Rationale for improving kinematic structure of the long jump with running start in schoolchildren of the ninth form. The article reveals new technology to develop methods for teaching students basic kinds of movements. Special attention is paid to pedagogical objectives in improving the kinematic structure of long jump from running start. According to the age of students (9th form), the following pedagogical objectives in improving the kinematic structure of long jump with running start were identified: improving take-off (with the focus on speed increase); setting foot on a support: increase in the angle of the knee joint (the supporting leg) and reduction in the torso angle forward while setting the foot on a support (boys); repulsions: increase in the rise of hip (flight leg) at the end of repulsion and amplitude of movements with hands; development of: "speed-and- power" capabilities (boys and girls), agility, strength of the extensor muscles of legs, ability to differentiate movements in space (boys), power capabilities, and ability to differentiate movements in time (girls).

Контакты:¹ Сергеев А.П. – E-mail: <sl_sergeev@mail.ru>

Key words: *kinematic structure of movement, long jump with running start, motor fitness, biomechanical analysis.*

Как показал анализ литературных источников, методики обучения детей школьного возраста прыжкам в длину с разбега в условиях общеобразовательной школы заимствованы из спорта и не учитывают возрастные физиологические и кинематические особенности формирования локомоций учащихся. В то же время, учет закономерностей развития движений мог бы способствовать адекватному и реальному использованию способностей детей и подростков в овладении основными видами локомоций. Поэтому в процессе управления развитием локомоторной функции школьника необходимо учитывать возрастно-половые кинематические особенности формирования структуры изучаемого движения и осуществлять возрастную дифференцировку средств и методов формирования переместительных локомоций [3].

Организация учебной работы педагогов, основанная на учете возрастных особенностей формирования кинематической структуры движений детей, является новым направлением и еще не используемым резервом повышения эффективности физического воспитания учащихся.

Цель работы заключалась в обосновании педагогических задач совершенствования кинематической структуры прыжков в длину с разбега учащихся IX классов.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

- 1) Педагогические: тестирование двигательных способностей.
- 2) Антропометрические: определение длины, массы тела, весо-ростового индекса.
- 3) Биомеханические: киноциклография.
- 4) Математико-статистические методы: регрессионный анализ, корреляционный анализ (определение коэффициента корреляций - r и корреляционных отношений - η).
- 5) Анализ данных литературы.

Тестирование двигательных способностей

Измерение абсолютной и относительной сила мышц-разгибателей спины [11; 17] и ног [8; 13], результатов прыжков в длину и вверх с места на максимальный результат [1; 4] и на 50 % от максимального результата [5; 7], времени бега на 10 м с хода на максимальный результат и на 50 % от максимального результата [9], результатов наклона вперед [6].

Киноциклография

Киносъемка изучаемого движения проводилась с частотой до 120 кадров в секунду на фоне тест-объекта. Маркировка центра вращения суставов проводилась по методике, описанной В.М. Зацюрским с соавт. [14], по совпадающим антропометрическим точкам. Полученные киноматериалы вводились в ПК и обрабатывались по специальным программам. Метрологическая оценка показала, что используемый измерительный комплекс отвечает необходимым требованиям, для изучения исследуемого движения [3].

Кинематику ПД изучали по 54 показателям, включая временные, угловые, скоростные (вертикальная, продольная, результирующая) характеристики, механическую энергию, мощность отталкивания, амплитуду перемещения ОЦМТ и отдельных звеньев тела в начале и конце фазы амортизации и в конце фазы отталкивания, угол вылета ОЦМТ. Момент окончания фазы амортизации определялся по наименьшему углу сгибания опорной ноги в коленном суставе за период опоры [10; 16].

В эксперименте приняли участие 24 юноши и 21 девушка школы-гимназии №710 г. Москвы. Все испытуемые по состоянию здоровья относились к основной медицинской группе. Обоснование педагогических задач совершенствования компонентов техники прыжков в длину с разбега учащихся XI классов проводили, в основном, при помощи корреляционного анализа кинематических характеристик исследуемых движений и показателей двигательной подготовленности учащихся экспериментальных классов, результатов педагогических наблюдений и анализа литературы [15]. Киносъемку движений, тестирование двигательных способностей проводили перед педагогическим экспериментом в начале каждого учебного года. На основании анализа литературы подбирали упражнения для решения конкретных педагогических задач, разрабатывали методики совершенствования техники движения. Кроме того, в ходе занятий фиксировали типичные ошибки при выполнении прыжков (например, индивидуальный подбор длины разбега, темпо-ритмовая структура разбега, постановка ноги на опору, техника приземления и др.).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

У мальчиков и девочек IX классов экспериментальной группы отмечена линейная взаимосвязь результатов прыжков в длину с разбега со скоростью разбега ($r = 0,543$ и $r = 0,560$; $p < 0,05$ - соответственно). Следовательно, увеличение скорости разбега будет способствовать повышению результатов прыжков.

Отмечена зависимость результатов прыжков от показателей угла отталкивания ($\eta = 0,773$ и $r = 0,848$; $p < 0,01$ - соответственно, юноши и девушки) и вертикального перемещения ОЦМТ в фазе отталкивания ($r = 0,651$ и $r = 0,950$; $p < 0,01$) и за период опоры ($r = 0,945$; $p < 0,01$ - девушки). В то же время, между углом отталкивания и углом разгибания толчковой ноги в коленном суставе при завершении отталкивания у юношей зарегистрирована достоверная взаимосвязь ($r = 0,527$; $p < 0,05$). У девушек такая взаимосвязь отмечается с углом разгибания толчковой ноги в голеностопном суставе ($r = 0,785$; $p < 0,01$). Следовательно, увеличению результатов прыжков в длину будет способствовать увеличение вертикального перемещения тела в фазе отталкивания и угла отталкивания за счет более полного разгибания толчковой ноги в коленном суставе (юноши) и в голеностопном суставе (девушки) при завершении отталкивания.

Юношам необходимо стремиться к увеличению угла в коленном суставе при постановке опорной ноги на опору. Об этом свидетельствует зависимость между результатами прыжков и углом сгибания опорной ноги в коленном суставе ($\eta = 0,489$; $p < 0,05$). Кроме того, у юношей отмечена взаимосвязь результатов прыжков в длину со скоростью махового движения ногой в начале фазы амортизации ($r =$

0,702; $p < 0,01$) и углом наклона туловища ($r = -0,496$; $p < 0,05$). Это свидетельствует о необходимости уменьшения наклона туловища вперед и увеличении скорости махового движения ногой в начале фазы амортизации. У девушек отмечена достоверная взаимосвязь с углом наклона туловища при завершении отталкивания ($r = -0,493$; $p < 0,05$).

У девушек результаты прыжков взаимосвязаны с вертикальной скоростью махового движения ногой в конце фазы амортизации ($r = 0,906$; $p < 0,01$). Следовательно, девушкам нужно обратить внимание на увеличение махового движения ногой с большей направленностью вверх.

У юношей и девушек зарегистрирована взаимосвязь результатов прыжков с углом наклона бедра маховой ноги в конце фазы отталкивания ($r = -0,470$ и $r = -0,861$; $p < 0,05$ и $p < 0,01$) и с амплитудой движений рук ($r = 0,664$ и $r = 0,793$; $p < 0,01$). Следовательно, при совершенствовании компонентов техники прыжков в длину с разбега акцент учащимся IX классов необходимо делать на больший подъем бедра маховой ноги при завершении отталкивания и увеличении амплитуды движений рук.

Интересной является взаимосвязь результатов прыжков в длину и показателей углов сгибания маховой ноги в коленном суставе в конце фазы отталкивания как у ношей, так и у девушек ($r = 0,524$ и $r = 0,714$; $p < 0,05$ и $p < 0,01$ - соответственно) и у девушек в конце фазы амортизации – $r = 0,829$; $p < 0,01$. Следовательно, учащимся IX классов ненужно стремиться к увеличению сгибания маховой ноги в коленном суставе.

Обращает на себя внимание взаимосвязь результатов прыжков с показателями весо-ростового индекса ($r = 0,502$; $p < 0,05$), массы тела ($r = 0,586$; $p < 0,05$) и зависимость от длины тела ($\eta = 0,614$; $p < 0,05$). У девушек результат зависит от длины тела ($\eta = 0,743$; $p < 0,01$).

Результаты прыжков в длину с разбега юношей имеют взаимосвязь с показателями двигательной подготовленности: с результатами прыжков вверх ($r = 0,589$; $p < 0,01$) и в длину с места ($r = 0,859$; $p < 0,01$), с силой мышц-разгибателей ног ($r = 0,598$; $p < 0,01$), временем бега на 10 м с хода ($r = -0,704$; $p < 0,01$), с коэффициентом K_1 ($r = -0,486$; $p < 0,05$). Результаты прыжков в длину с разбега девушек взаимосвязаны с показателями прыжков в длину ($r = 0,599$; $p < 0,01$) и вверх с места ($\eta = 0,520$; $p < 0,05$), относительной силой мышц-разгибателей спины ($\eta = 0,483$; $p < 0,05$), со способностью дифференцировать движения во времени ($\eta = 0,497$; $p < 0,05$).

Таким образом, методика совершенствования компонентов техники прыжков в длину с разбега должна предусматривать развитие скоростно-силовых возможностей юношей и девушек; быстроты, силы мышц-разгибателей ног, способности дифференцировать движения в пространстве – у юношей; силовых возможностей и способности дифференцировать движения во времени – у девушек.

Для определения соотношения средств, направленных на развитие двигательных способностей и совершенствование компонентов техники движения учащихся IX классов, был проведен множественный регрессионный анализ. Техника прыжков в длину с разбега представлена показателями скорости перемещения ОЦМТ в начале (V_1), в конце фазы амортизации (V_2) и в конце фазы отталкивания (V_3), а двигательная подготовленность – скоростно-силовыми

возможностями (прыжок в длину с места), быстротой (бег на 10 м с хода) и относительной силой (значения силы мышц разгибателей спины относительно массы тела). Определяли процентный вклад каждого из вышеперечисленных показателей в достижение результатов прыжков в длину с разбега, а также суммарный вклад параметров, характеризующих технику бега и двигательную подготовленность. У юношей IX классов суммарный вклад V_1 , V_2 и V_3 к суммарному вкладу показателей двигательной подготовленности был равен 1:1,4. Т.е., результат прыжков в длину с разбега юношей IX классов в большей мере (на 40 %) зависит от развития двигательных возможностей, чем показателей техники движения. На этом основании можно предположить, что при совершенствовании прыжков в длину с разбега девятиклассникам следует больше внимания уделять развитию необходимых двигательных качеств.

У девушек вклад исследуемых показателей в результат прыжков в длину с разбега соответствовал 1:5. Следовательно, девушкам IX классов значительно больше внимания нужно уделять развитию необходимых двигательных качеств по сравнению с совершенствованием компонентов техники прыжков в длину с разбега.

На основании результатов исследования были определены педагогические задачи совершенствования следующих компонентов техники прыжков в длину с разбега учащихся IX классов:

- разбега (с акцентом на повышение скорости);
- постановки ноги на опору: увеличение угла в коленном суставе опорной ноги и уменьшения угла наклона туловища вперед при постановке ноги на опору (юноши);
- отталкивания: увеличение подъема бедра маховой ноги при завершении отталкивания и амплитуды движений руками; увеличение угла отталкивания за счет более полного разгибания толчковой ноги в коленном суставе (юноши) и голеностопном суставе (девушки); уменьшение наклона туловища вперед при завершении отталкивания (девушки);
- увеличение скорости махового движения ногой;
- развитие скоростно-силовых возможностей (юноши и девушки); быстроты, силы мышц-разгибателей ног, способности дифференцировать движения в пространстве (юноши); силовых возможностей и способности дифференцировать движения во времени (девушки).

Кроме того, при совершенствовании компонентов техники прыжков в длину с разбега учащимся не следует стремиться к увеличению сгибания маховой ноги в коленном суставе при отталкивании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абалаков В.М. Новая аппаратура для изучения спортивной техники. – М., ФиС, 1960. – 40 с.
2. Баранцев С.А. Кинематическая структура основных естественных локомоций детей и подростков: закономерности формирования и технология совершенствования: Автореф. дис. ... докт. пед. наук. – М., 2002. – 39 с.

3. Баранцев С.А., Якунин Н.А. Комплекс технических средств для изучения локомоций человека и его метрологическая оценка // Новые методы и средства обучения: Сб. науч. трудов межвузовский / Под общ. ред. Н.Н. Евтихьева. – М., 1993. – С. 98-101.
4. Бондаревский Е.Я. Надежность тестов, используемых для характеристики моторики человека // Теор. и практ. физ. Культуры. – 1970. – № 5. – С. 15-18.
5. Вайнер И.М. Использование количественной информации в совершенствовании управления безопорной фазой прыжка: Автореф. дисс. ... канд. пед. наук. – М., 1972. – 24 с.
6. Васильев Е.П. Исследования гибкости тела и экспериментальное обоснование средств и методов ее воспитания: Автореф. дис. ... канд. пед. наук. – М., 1966. – 21 с.
7. Васютина А.И. Изменение пространственной оценки движений у детей дошкольного и школьного возраста // Труды II научн. конф. по вопр. возрастной морфологии, физиологии, биохимии. – М., 1955. – 279 с.
8. Дежников А.Г. Исследование вопросов обучения детей младшего школьного возраста умениям оценивать пространственные, временные и силовые характеристики движений : Автореф. дис. ... канд. пед. наук. – М., 1977. – 25 с.
9. Дешле С.А. Методика педагогического контроля за уровнем физической подготовленности учащихся I-III классов: Автореф. дисс. ... канд. пед. наук. – М., 1982. – 23 с.
10. Донской Д.Д. Биомеханика: Учебное пособие для студентов фак. физ. воспитания пед. ин-тов. – М.: Просвещение, 1975. – 239 с.
11. Зациорский В.М. Физические качества спортсмена: (Основы теории и методики воспитания). – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Физкультура и спорт, 1970. – 200 с.
12. Зациорский В.М. Биомеханика двигательных конечностей // Биомеханика. – М., 1979. – 264 с.
13. Зациорский В.М. Основы спортивной метрологии. – М.: Физкультура и спорт, 1979. – 152 с.
14. Зациорский В.М., Аруин А.С., Селуянов В.Н. Биомеханика двигательного аппарата человека. – М.: Физкультура и спорт, 1981. – 143 с.
15. Сергеев А.П. Методика совершенствования техники прыжков в длину с разбега у учащихся 9-10 классов на основе особенностей кинематико-динамической структуры движения: Дис. ... канд. пед. наук. – М., 2004. – 234 с.
16. Шалманов А.А. Взаимодействие с опорой как предмет обучения: Автореф. дис. ... канд. пед. наук. – М., 1986. – 20 с.
17. Шлемин А.М., Дежников А.Г. Умение различать временные параметры // Физическая культура в школе. – 1977. – № 7. – С. 32

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 26.03.2015.

Усл. п. л. 4,75. Тираж 500 экз.

Отпечатано ИП Скороходов В.А.

111401, г. Москва, ул. 3-я Владимирская, 11-18