

**Российская академия образования
Институт возрастной физиологии**



НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

№ 1(34) 2013

Выходит с 2001 г.

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

Главный редактор

Безруких Марьяна Михайловна

Заместитель главного редактора

Сонькин Валентин Дмитриевич

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Догадкина С.Б., к.б.н.

(ответственный секретарь)

Криволапчук И.А., д.б.н.

Адамовская О.Н., к.б.н.

Курганский А.В., к.б.н.

Мачинская Р.И., д.б.н.

Параничева Т.М., к.б.н.

Сельверова Н.Б., д.м.н.

Филиппова Т.А., к.б.н.

Шумейко Н.С., к.б.н.

СОСТАВИТЕЛЬ

Догадкина С.Б.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Баранов А.А., д.м.н., акад. РАМН

Безруких М.М., д.б.н., акад. РАО

Фельдштейн Д.И., д.псих.н., акад. РАО

Леонова Л.А., д.м.н., акад. РАО

Фарбер Д.А., д.б.н., акад. РАО

Безобразова В.Н., к.б.н.

Макеева А.Г., к.пед.н.

Полянская Н.В., к.м.н.

Рублева Л.В., к.б.н.

Рыбаков В.П., д.м.н.

Соколов Е.В., к.б.н.

Фишман М.Н., д.б.н.

Криволапчук И.А., д.б.н.

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

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

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

ВНИМАНИЕ!!!

Журнал распространяется:

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

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

Альманах «Новые исследования» - М.: Институт возрастной физиологии, 2013, № 1 (34) - 130 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВОЗРАСТНАЯ ПСИХОФИЗИОЛОГИЯ

ФОРМИРОВАНИЕ И РЕГУЛЯЦИЯ ТОНКО-КООРДИНИРОВАННЫХ
ЦИКЛИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЙ РУК У ДЕТЕЙ ПРЕДШКОЛЬНОГО И
МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА
Курганский А.В. 9

ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО
СОСТОЯНИЯ ДЕТЕЙ 9-10 ЛЕТ ПРИ ИНФОРМАЦИОННОЙ НАГРУЗКЕ
Чернова М.Б., Криволапчук И.А., Мышьяков В.В. 19

ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ВЗАИМОСВЯЗИ
КОМПОНЕНТОВ ЗРИТЕЛЬНОГО ВОСПРИЯТИЯ И РЕЧИ
У ДЕТЕЙ 5–6 И 7 ЛЕТ
Хрянин А.В., Хромова С.К., Терехова Н.Н. 28

К ВОПРОСУ О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛИНГВИСТИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК СЛОЖНОСТИ ТЕКСТА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ
ОКУЛОМОТОРНОЙ АКТИВНОСТИ ПРИ ЧТЕНИИ У ПОДРОСТКОВ
Иванов В.В. 42

ВОЗРАСТНАЯ МОРФОЛОГИЯ

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ СООТНОШЕНИЯ НЕЙРО-ГЛИО-СОСУДИСТЫХ
МИКРОСТРУКТУРНЫХ КОМПОНЕНТОВ ЛОБНОЙ КОРЫ БОЛЬШОГО
МОЗГА У ДЕТЕЙ ОТ РОЖДЕНИЯ ДО 3 ЛЕТ
Цехмистренко Т.А. 51

ОСОБЕННОСТИ АНСАМБЛЕВОЙ ОРГАНИЗАЦИИ В КОРЕ БОЛЬШОГО
МОЗГА У ДЕТЕЙ ОТ РОЖДЕНИЯ ДО 3 ЛЕТ
Васильева В.А., Шумейко Н.С. 59

ВОЗРАСТНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ РИТМОВ СЕРДЦА, АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ И
ДЫХАНИЯ У ДЕВОЧЕК ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА ПРИ УМСТВЕННОЙ
НАГРУЗКЕ ПО ДАННЫМ ВРЕМЕННОГО И СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА
Кузнецова О.В., Комкова Ю.Н. 64

ИНДИВИДУАЛЬНО-ТИПОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОСТОЯНИЯ
ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИИ ЛЕГКИХ И БИОМЕХАНИЧЕСКИХ
ФАКТОРОВ ДЫХАНИЯ У ДЕТЕЙ 9-13 ЛЕТ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ
Соколов Е.В., Разживина И.М. 79

ФИЗИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ, КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ ТЕЛА И УРОВЕНЬ ДГЭА У ДЕТЕЙ 9-15 ЛЕТ В ПЕРИОД ПОЛОВОГО СОЗРЕВАНИЯ Ермакова И.В., Бурая Т.И., Сельверова Н.Б.	102
---	-----

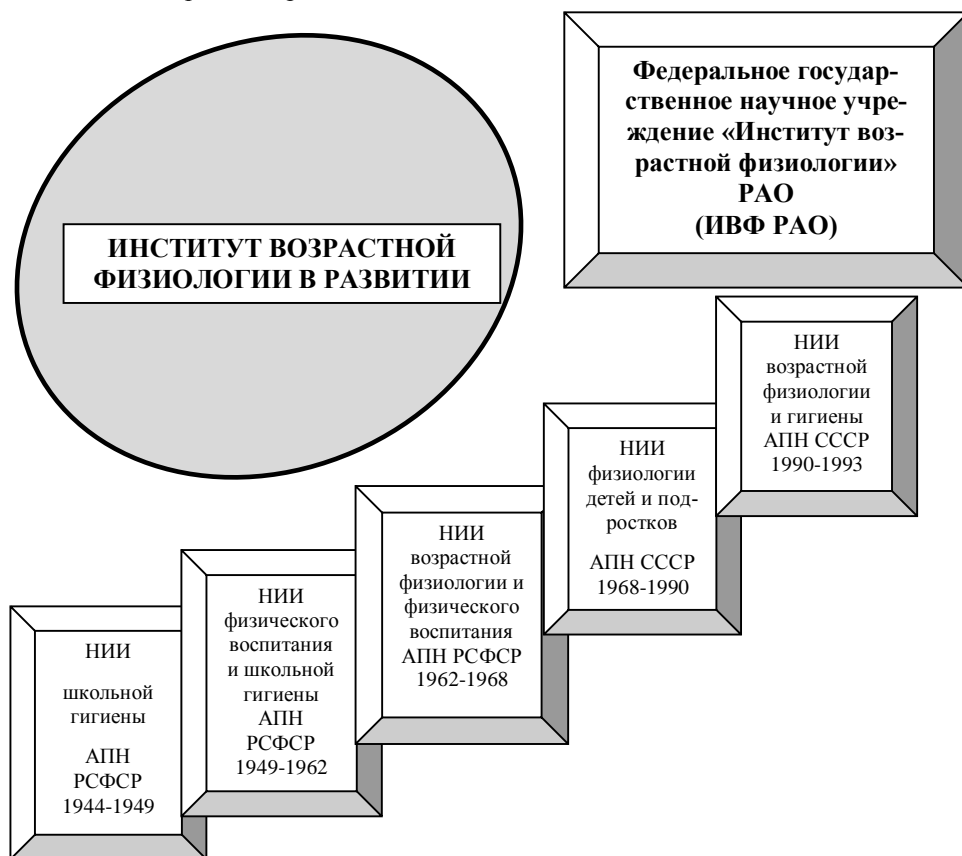
ФИЗИЛОГИЯ СПОРТА

ВЛИЯНИЕ ПСИХИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ НА ПАРАМЕТРЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБМЕНА ЮНЫХ СПОРТСМЕНОВ Тамбовцева Р.В.	112
---	-----

ОСОБЕННОСТИ ФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДЕВОЧЕК 9-10 ЛЕТ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ РАЗВИТИЯ «ВЕДУЩЕГО» ФИЗИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА <i>Сообщение 2:</i> Особенности двигательной подготовленности, физического развития, работоспособности и энергетического обеспечения мышечной деятельности девочек 9-10 лет с различным уровнем развития быстроты и скоростно-силовых качеств Криволапчук И.А., Мельников Д.В.	118
--	-----

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ИНСТИТУТ ВОЗРАСТНОЙ ФИЗИОЛОГИИ

Институт возрастной физиологии Российской академии образования – ведущее учреждение в России, обеспечивающее разработку проблем физиологии развития и здоровья дошкольников и школьников. Институт был создан в 1944 году в Москве в системе Академии педагогических наук РСФСР по инициативе и под руководством первого наркома здравоохранения Н.А. Семашко с целью научного обеспечения охраны здоровья детей.



Среди научных учреждений страны Институт возрастной физиологии РАО занимает лидирующие позиции по разработке таких фундаментальных направлений, как проблемы возрастной периодизации и теории онтогенеза, исследования развивающегося мозга (его структурной организации, интегративных функций и регуляторных механизмов взаимодействия мозговых структур, возрастной и индивидуальной организации поведенческих актов), изучения механизмов познавательной деятельности, физиолого-гигиенических и психофизиологических аспектов труд-

ностей обучения и методов их коррекции, проблем сохранения здоровья школьников, физиологических особенностей двигательного аппарата, эндокринной, дыхательной, сердечно-сосудистой систем растущего организма. Институтом успешно развиваются направления исследований, связанные с разработкой проблем взаимодействия висцеральных функций в процессе адаптации детского организма к различным видам деятельности, выявлением возрастных и половых особенностей реактивности физиологических систем детского организма при работе на компьютере, взаимодействия механизмов вегетативного и энергетического обеспечения в процессе адаптации к различным режимам двигательной активности у детей и подростков, разработкой теоретических, технологических и методических основ модернизации физкультурного образования. Прикладные исследования института связаны с ранней профилактикой наркотизма, формированием ценности здоровья и здорового образа жизни, физиолого-гигиеническим обоснованием новых информационных технологий обучения.

В структуре Института шесть лабораторий: лаборатория нейрофизиологии когнитивной деятельности, лаборатория комплексных исследований процессов адаптации, лаборатория функциональной морфологии и антропологии, лаборатория физиологии мышечной деятельности и физического воспитания, лаборатория физиолого-гигиенических исследований в образовании, лаборатория возрастной психофизиологии и диагностики развития.

Институт располагает высококвалифицированными кадрами. В нем работают 2 академика и 3 члена-корреспондента РАО, 17 докторов и 39 кандидатов наук. Сотрудники Института – специалисты в области нейро- и психофизиологии, возрастной физиологии, биохимии и морфологии, школьной гигиены, физического воспитания; врачи-эндокринологи, кардиологи, педиатры, гигиенисты; педагоги-методисты.

При Институте работает диссертационный совет, принимающий к защите кандидатские и докторские диссертации по специальностям: 03.03.01 – физиология; 19.00.02 – психофизиология; 13.00.04 – Теория и методика физического воспитания, спортивной тренировки, оздоровительной и адаптивной физической культуры.

В Институте имеется отдел аспирантуры, осуществляющий подготовку специалистов высшей квалификации (кандидатов и докторов наук), а также стажировку и повышение квалификации кадров научных и учебных учреждений России и стран СНГ по трем направлениям, соответствующим специализации диссертационного совета.

С 2001 года в Институте возрастной физиологии РАО издается периодическое издание – «Новые исследования» – специализированное рецензируемое издание, посвященное современным проблемам возрастной физиологии, психофизиологии, морфологии, биохимии, антропологии, физического воспитания и культуры здоровья. Комплексный подход к формированию тематики журнала имеет своей целью удовлетворить определенную читательскую аудиторию, а именно научных работников, занимающихся исследованиями разнообразных аспектов возрастного развития, а также аспирантов, докторантов, преподавателей и студентов университетов, педагогических и психологических ВУЗов, работников общего, специального и дополнительного образования. Журнал включен ВАК в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых публикуются материалы диссертационных исследований.

В Институте работает консультативный центр, в котором специалисты по проблемам адаптации к школе, преодолению разнообразных школьных трудностей, а также по укреплению здоровья средствами физической культуры и рациональной организации режима труда и отдыха оказывают практическую помощь детям, имеющим особенности развития, трудности обучения, нарушение поведения, и их родителям. На базе консультативного центра ведется активная работа с родителями – для них читаются лекции, проводятся семинары, особое внимание уделяется родителям детей с СДВГ

В рамках международного сотрудничества Институт взаимодействует с научными и образовательными учреждениями стран мира, основными партнерами являлись Норвегия, Финляндия, Мексика, Италия, Польша, Туркмения, Украина, Молдова. Международное сотрудничество Институт ведет в различных формах:

- Проведение совместных научных исследований с зарубежными коллегами (Гродненский Государственный университет им. Я. Купалы (Беларусь); факультеты физического воспитания Университетов г. Бяла Подляска и Краков (Польша); кафедра анатомии Университета Лозанны (Швейцария); Университет Оулу (Финляндия); Университет Калабрии (Италия); 2-й Римский Университет «Тог Vergata» (Италия); Государственный Университет г. Пуэбла, Мексика).
- Обмен научно-практическим опытом (Казахстан, Армения, Украина, Голландия, Китай, Беларусь, Узбекистан, Канада, Дания, Финляндия и др.)
- Участие в деятельности международных научных обществ и организаций (Европейская ассоциация госпитальной педагогики; International Association of Sports Kinetics; European Anthropological Association; Международная ассоциация миологии; Handwriting Interest Group; International Psychophysiology Association; International Society for Gravitational Physiology; Arctic Social Sciences; International Arctic Science Committee; International Network for Circumpolar Health Research).
- Участие в работе Международных научных конференций, конгрессов, симпозиумов, семинаров, проводимых за рубежом

Институт ведет большую работу по координации научной и научно-методической работы с широким кругом соисполнителей из многих субъектов Российской Федерации и стран ближнего зарубежья. Эта работа ведется на основе двусторонних и многосторонних договоров о сотрудничестве, и позволяет вовлекать в решение актуальных научных проблем специалистов из педагогических ВУЗов и Университетов России и стран СНГ. Соисполнители Института участвуют в научных мероприятиях, организуемых Институтом, включая конференции и семинары, издание научных монографий, широко публикуются в издаваемом Институтом журнале «Новые исследования».

Важной формой координации научных исследований Институт считает проведение научных и научно-практических конференций, семинаров, круглых столов и т. п. Эта форма научного сотрудничества обеспечивает выработку научным сообществом согласованных позиций по важнейшим направлениям исследований, а также по формам и методам практической реализации научных и методических разработок.

Ежегодно (с 1998г.) на базе Института проводится Школа-семинар «Возрастная физиология и организация здоровьесберегающей деятельности в образовательных учреждениях», в работе которой принимают участие десятки специалистов из различных регионов России, получающих по завершении работы Школы-семинара удостоверение государственного образца о повышении квалификации в объеме 72 часов. Слушатели Школы-семинара имеют возможность прослушать лекции ведущих специалистов Института, познакомиться с работой всех подразделений, согласовать планы совместных исследований, получают обширный методический материал и другую помощь в своей работе.

Регулярно организуются и проводятся научные конференции «Физиология развития человека», международные конференции по когнитивной науке, научно-практические конференции по проблемам физического воспитания учащихся "Человек, здоровье, физическая культура и спорт в изменяющемся мире", неизменно вызывающие большой интерес научной общественности, как в России, так и за рубежом. Сотрудниками Института совместно с региональными Департаментами образования ведется научно-методическая, научно-практическая и информационная работа по проблемам предшкольного образования, школьным трудностям и организации здоровьесберегающей деятельности в образовательных учреждениях.

Дорогие коллеги!

Российская академия образования – это содружество профессионалов, обладающих неиссякаемым творческим потенциалом. Каждый из вас вносит свою лепту в нелегкое дело заботы о детях, каждый мечтает, чтобы российская школа стала не только источником знаний, но растила здоровых гармонично развитых людей.

Фундаментальные и прикладные научные исследования сотрудников РАО находят широкое применение в практике образования и при подготовке и переподготовке педагогов, психологов и других специалистов.

От лица Института возрастной физиологии Российской академии образования поздравляем ваш дружный коллектив с наступающей датой – 70-летием основания Российской академии образования – желаем дальнейших творческих успехов, открытий и побед, сил и здоровья для решения актуальных проблем, стоящих перед российской школой!

Коллектив Института возрастной физиологии РАО

ВОЗРАСТНАЯ ПСИХОФИЗИОЛОГИЯ

ФОРМИРОВАНИЕ И РЕГУЛЯЦИЯ ТОНКО-КООРДИНИРОВАННЫХ ЦИКЛИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЙ РУК У ДЕТЕЙ ПРЕДШКОЛЬНОГО И МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

А.В. Курганский¹,
ФГНУ "Институт возрастной физиологии"
Российской академии образования, Москва

В работе рассматривается роль центральных механизмов в формировании и регуляции тонкой координационной структуры циклических движений рук у детей предшкольного и младшего школьного возраста. Обсуждаются различные аспекты координационной и серийной сложности движений, а также сенсомоторная координация на примере зрительно-моторной синхронизации. Анализа таппинга и графических движений различной координационной и серийной сложности показывает ведущую роль центральных процессов в наблюдаемых возрастных трендах в скорости выполнения тонко-координированных движений. Сопоставление характеристик фазы инициации зрительно-моторной синхронизации и серийного научения при воспроизведении последовательности, заданных зрительным образцом, указывает на то, что по достижении младшего школьного возраста формируются эффективные механизмы сенсомоторной адаптации и серийного научения.

Ключевые слова: предшкольники, младшие школьники, циклические движения рук, центральные процессы, серийная и координационная сложность, двигательное научение

Formation and regulation of cyclic finely coordinated hands movements in children of pre-school and primary school age. This paper concerns the role of central mechanisms in the formation and regulation of the fine cyclic hands movements in children of pre-school and primary school age. Various aspects of coordination and serial movements complexity are discussed. Sensorimotor coordination by the example of visual-motor synchronization is studied. Tapping and graphic analysis of movements of various coordination and complexity reveals the leading role of central processes for the speed of finely coordinated hands movements. The comparison of the initiation phase of visual-motor synchronization and serial learning, while reproducing the visual stimuli, indicates that by the primary school age, efficient mechanisms of sensorimotor adaptation and serial learning develop.

Keywords: preschool children, early school children, cyclic hands movements, central processes, coordination and complexity, motor learning.

Контакты: ¹ Курганский А.В., E-mail: <akurg@yandex.ru>

Двигательный репертуар человека складывается в результате долгого процесса индивидуального развития. Изучение этого процесса представляет собой и фундаментальную научную задачу и метод исследования, поскольку позволяет понять каждую стадию развития как обусловленную предыдущей и обуславливающую последующую. Именно с этих позиций в настоящей работе рассматривается та роль, которую играют центральные механизмы в формировании и регуляции тонкой координационной структуры циклических движений рук у детей дошкольного и младшего школьного возраста.

Ключевым для всей науки о движениях человека является понятие координации. Хотя термин "координация" нередко ассоциируется с координацией механических степеней свободы движущейся конечности, понятие координации существенно шире и применимо к взаимодействию человека с внешней средой, а также к процессам немеханической природы, происходящим на разных уровнях двигательной системы человека вплоть до центральных ее отделов.

Координация в пространстве предполагает, что эффектор занимает вполне определенное положение относительно других эффекторов или внешних предметов. Временной аспект координации предполагает согласованное во времени движение нескольких эффекторов или согласование движения эффекторов с внешними событиями. Уже на механическом уровне обнаруживается существенная избыточность числа степеней свободы, что приводит к необходимости для ЦНС решать задачу связывания избыточных степеней свободы [5].

Между пространственным и временным аспектами координации существует глубокая фундаментальная связь. Это немедленно обнаруживается, как только мы от рассмотрения движения рабочей точки переходим к рассмотрению движения отдельных механических степеней свободы. Так, для того чтобы нарисовать на листе бумаги отрезок прямой линии или окружность требуется, чтобы координаты кончика карандаша определенным образом зависели от времени. Траектория будет отрезком прямой, если координаты грифеля карандаша удовлетворяют соотношению $x(t) = a \times f(t)$; $y(t) = b \times f(t)$; траектория будет дугой окружности, если координаты связаны соотношением $x(t) = r \times \cos(f(t))$; $y(t) = r \times \sin(f(t))$. Здесь $f(t)$ – произвольная функция времени, определяемая согласованной работой мышечного аппарата. Такой произвол в выборе конкретного характера зависимости мышечного усилия во времени связан с наличием избыточных степеней свободы на мышечном уровне. Дело осложняется еще и неоднозначной связью между мышечной активностью и движением звеньев кинематической цепи – причина, по которой Н.А. Бернштейн [5] ввел понятие дополнительных "динамических" степеней свободы, которые также должны быть скоординированы для достижения целесообразного результата. Координация мышечных степеней свободы частично обеспечивается спинальными механизмами рекрутирования двигательных единиц, возвратного и реципрокного торможения, а также центральными генераторами паттернов (central pattern generator) – нейронными сетями, порождающими ритмические управляющие движениями сигналы [24]. Однако этих механизмов не достаточно для выбора вполне определенной функции $f(t)$, что привело к развитию теоретического направления, в рамках которого рассматриваются модели оптимального выбора траектории [23].

Понятие "степени свободы" естественным образом обобщается не только на мышцы, но и на центральные структуры двигательной системы, где мы можем говорить о нейронных (в случае микроскопического описания) или функциональных (при макроскопическом описании на уровне функциональных систем) степенях свободы. Следует отметить, что представление о немеханических, нейронных степенях свободы является центральным в теории функциональных систем П.К. Анохина [1]. В широком смысле механизмы центрального управления движениями можно рассматривать как механизмы координации центральных степеней свободы. Для понимания координационной структуры движений человека и закономерностей ее развития в онтогенезе невозможно ограничиться уровнем механических степеней свободы и "жесткими" физиологическими координационными механизмами на уровне спинного мозга. Задача, с которой сталкивается двигательная система человека, не сводится к формированию успешных координаций для реализации лишь отдельных движений, таких как преследование цели и ее захват и т. д. Движения как таковые составляют лишь технический аспект целенаправленного и осмысленного действия. Более того, действия не предполагают немедленную реализацию, и могут быть отсрочены до определенного момента, наступление которого обусловлено многими обстоятельствами. Потребность в сложно обусловленной отсрочке действия предъявляет высокие требования к рабочей памяти, что, в свою очередь, ставит вопрос о формах представления движения в ней – вопрос о структуре внутренней репрезентации движения. Изучение координаций на этом уровне оказывается невозможным без использования таких понятий, как "информация" и "управляющий сигнал", а активный и целенаправленный характер движений – без привлечения понятий: "цель", "план", "прогноз" и "принятие решения".

Простейшим целенаправленным движением является движение к пространственной цели – "дотягивание" (reaching, aiming, pointing). Устойчивая способность дотягиваться рукой до предмета появляется к 4-месячному возрасту. В первые месяцы обретения этой способности движения характеризуются низкой пространственной точностью, их траектория фактически представляет собой ломаную линию из множества сегментов, каждому из которых соответствует кинематическая единица движения – фаза ускорения, сменяемая фазой торможения [13]. По мере взросления движение в направлении цели приближается к прямой линии, и число пар "ускорение-торможение" уменьшается [22]. Стабильные координации сегментов кинематической цепи руки начинают появляться к 12-15 месячному возрасту и продолжают совершенствоваться вплоть до трех лет [16].

Отсюда следует один из основных методических приемов, который позволяет оценить вклад центральных механизмов в наблюдаемую координационную структуру движений – анализ движений, построенных из двигательных примитивов типа "дотягивания", но при этом, взятые как целое, различающихся по своей сложности. В этом случае любые изменения в координационной структуре элементов, а также появление пауз между ними следует отнести на счет центральных процессов. Примерами таких движений являются таппинг и графические движения.

Таппинг представляет собой последовательность быстрых ударов кончиком указательного пальца по твердой поверхности. Характерной чертой этого вида движений является относительно низкие требования к пространственной точности. Действительно, до начала очередного движения указательный палец, которым чаще всего выполняют таппинг, расположен на небольшом расстоянии (менее 1 см)

от цели – кнопки или телеграфного ключа, – характерный размер которой обычно превышает это расстояние. В таких условиях показатель трудности Фиттса [14] не превышает двух, что соответствует практически свободному (т. е. неограниченному соображениями пространственной точности) движению. Более того, остановка движения происходит не в результате тормозящей активности мышц, как это имеет место при движении к пространственной цели, а путем гашения скорости за счет столкновения с твердой поверхностью. Поэтому отдельные движения в таппинге являются максимально простыми в координационном отношении, что позволяет варьировать серийную сложность движения независимо от координационной сложности делает таппинг идеальным объектом для исследования серийной организации движений. Таппинг позволяет также исследовать влияние координационной сложности, которая может быть контролируемым образом привнесена в это серийное движение за счет бимануальных координаций и координаций разных пальцев одной руки.

В отличие от таппинга, графическое движение требует высокой пространственной точности, поскольку его цель – вполне определенная траектория. Критерием успешности выполнения графического движения является соответствие траектории выполненного движения требуемому зрительному образу, что предполагает, как минимум, узнаваемость нарисованной фигуры. Помимо серийной сложности, которая тем выше, чем больше число элементов в последовательности и чем больше их разнообразие, для анализа графических движений необходимо принимать во внимание еще и координационную сложность элемента, определяемую характером координации звеньев кинематической цепи руки.

Еще один способ исследования центральных процессов заключается в систематическом исследовании продолжительности латентного периода движения (времени реакции). Сложность процессов планирования, принятия решения и инициации серии движений можно оценить, сравнивая время сложной реакции – выполнения серии движений в ответ на предъявление зрительного стимула – со временем простой сенсомоторной реакции. Полезным оказывается и сопоставление временной структуры циклических движений со временем простой сенсомоторной реакции.

Сравнительный анализ выполнения простого периодического таппинга и таппинга, структурированного во времени (группы по три удара, разделенные увеличенным временным интервалом) в широком временном диапазоне от 6 до 11 лет показал, что у детей 6 и 7 лет внутренний (короткий) интервал в структурированном таппинге больше, чем в простом таппинге, а по достижении 8 лет различия в длительности этих интервалов исчезают, и в дальнейшем оба эти интервала остаются идентичными [7].

Графические движения различной серийной и координационной сложности, выполняемые циклически в максимально быстром темпе, исследовались в работе [9]. В этом исследовании участвовали праворукие испытуемые, принадлежавших к четырем возрастным группам: дети 5-6 лет, дети 8-9 лет, дети 11-12 лет и группа взрослых. Испытуемые выполняли четыре вида движений. Два из них были простые движения вдоль прямой линии: движение в сагиттальном (от себя – к себе) направлении (ЛС) и движение в трансверсальном (налево-направо) направлении (ЛТ). Два других были движение вдоль окружности (ОК) и движение вдоль сторон квадрата (КВ), ориентированного вдоль сагиттальной линии. Рисование квадрата

требует построение серии, в которой чередуются движения в сагиттальном и трансверсальном направлении. В этом смысле, КВ содержит те же элементы, что и ЛС и ЛТ, но характеризуется большей серийной сложностью. Окружность представляет собой более сложно-координированное движение, которое можно представить как выполнение продольного (ЛС) и поперечного (ЛТ) движений с фазовым сдвигом в четверть периода (90°).

Оказалось, что характерные длительности движений элементов у взрослых испытуемых почти не зависят от сложности. Так периоды полных циклов в ЛТ, ЛС и ОК составили 213, 218, 243 мс, а четверть длительности периода в КВ – 244 мс, что практически точно совпадает с периодом ОК и лишь немногим – около 30 мс – больше, чем периоды ЛТ и ЛС. Для детей младшей возрастной группы (5 – 6 лет) картина оказалась существенно иной: если период движение ЛС у этих детей был лишь немногим больше (около 300 мс), чем у взрослых, то выполнение координационно (ОК) и серийно (КВ) более сложных движений требовало существенно больше времени (более 750 и более 650 мс, соответственно, для ОК и КВ). Однако, к 8 – 9 годам такая чувствительность к сложности резко снижается, и к этому возрасту появляется сопоставимая со взрослыми по своей эффективности способность выполнения движений, сложных в координационном и серийном отношениях.

Между прочим, прямое сопоставление возрастной динамики времени простой зрительно-моторной реакции с динамикой интервала простого периодического таппинга показывает, насколько велики временные затраты в центральных отделах двигательной системы, и в какой мере снижение удельного веса этих затрат определяет характер возрастной динамики даже такой простой задачи, как двигательная реакция на простой зрительный сигнал (см. рис. 1, А, в [4]). Аналогичную картину дает и сопоставление периода ЛТ с длительностью аналогичного движения при выполнении циклической задачи Фиттса [14], требующей точного совмещения рабочей точки с пространственной целью (см. рис. 1, Б, в [4]).

Важную роль в двигательной активности человека играет сенсомоторная координация. Примером такой координации является сенсомоторная синхронизация – выполнение движений, синхронизованных с периодической последовательностью сенсорных сигналов [18, 19]. В этой задаче имеем дело с теми же простейшими движениями, которые были элементами таппинга, однако на сей раз сложность определяется требованием точной координации инициации этих движений с предсказуемой последовательностью сенсорных событий. Отметим, что синхронное с сенсорными сигналами выполнение движений достигается не сразу: движения, соответствующие первым нескольким стимулам являются реакциями; лишь после построения внутренней модели, осуществляющей прогноз в отношении времени появления очередного сигнала, достигается устойчивая синхронизация. Этот начальный этап перехода от реагирования на сенсорный сигнал к основанной на антиципации синхронизации называется фазой инициации сенсомоторной синхронизации. Соответственно, сенсомоторная координация в этой задаче характеризуется, во-первых, диапазоном темпов задающей последовательности стимулов, в котором еще возможна устойчивая синхронизация, во-вторых, точностью синхронизации, которая измеряется величиной асинхронности – временного рассогласования (опережения или запаздывания) между двигательным ответом и моментом предъявления стимула и, наконец, продолжительностью фазы инициации [6].

Особенности зрительно-моторной синхронизации у детей 7-8 лет исследовались в работе [10]. В эксперименте участвовали 17 взрослых (18-24 года) и 22 младших школьника (7-8 лет). Задача испытуемых состояла в том, чтобы выполнять тап-пинг синхронно с изохронной последовательностью зрительных стимулов, период которой варьировал в диапазоне от 500 до 2000 мс.

Полученные в этом исследовании данные показывают, что нижняя граница диапазона устойчивой зрительно-моторной синхронизации у детей 7-8 лет лежит в интервале 600-700 мс, что выше, чем у взрослых, у которых она по данным [18] составляет 460 мс. Верхняя граница у детей 7-8 (1700 – 2000 мс) лет, напротив, лежит ниже, чем у взрослых, у которых она значительно превышает 2000 мс [6; 17; 18]. Верхняя граница определяется возрастанием доли ответов-реакций по сравнению с долей антиципирующих движений, причем ответы-реакции появляются у детей при меньших значениях периода, чем у взрослых (1100 мс против 1700 мс). Таким образом, диапазон устойчивой зрительно-моторной синхронизации с изохронной последовательностью коротких зрительных стимулов у детей 7-8 лет оказывается уже, чем у взрослых. В пределах этого диапазона поддержание синхронности у детей 7-8 лет характеризуется большей, чем у взрослых, вариативностью величины асинхронности и менее стабильно, выражается в более частых и продолжительных сбоях синхронизации.

Исследование кривых релаксации – зависимостей величины асинхронности от порядкового номера пробы – показало, что продолжительность фазы инициации мало различаются у взрослых и детей 7-8 лет. Более того, по-видимому, и у детей 7-8 лет, и у взрослых испытуемых наблюдаются одни и те же характерные типы кривых релаксации (линейные, экспоненциальные и ступенчатые). Эти данные свидетельствуют о практически одинаковой скорости адаптации у взрослых и детей 7-8 лет, иначе говоря, в пользу того, что механизмы антиципации, обеспечивающие переход от реагирования на сенсорный сигнал к зрительно-моторной синхронизации, в 7-8 лет уже сформированы. Такая картина хорошо согласуется с полученными в работе [21] данными, показывающими что дети, начиная с 6 лет, столь же эффективно, как и взрослые, адаптируются к внешнему силовому полю и, следовательно, обладают столь же эффективными механизмами построения внутренних моделей.

Вывод о сопоставимой эффективности процессов научения и адаптации у детей 7-8 лет и у взрослых подтверждается данными по серийному научению, полученными в работе [8]. В этом исследовании группа взрослых и группа младших школьников 7-8 лет выполняли задачу воспроизведения последовательности заданную зрительным образцом. Испытуемым предлагалось как можно быстрее выполнить последовательность движений, порядок которых задан последовательностью появления стимула в трех разнесенных в пространстве экрана рамках (рис. 1, [8]). Использовались две последовательности: i-g-i-m и i-g-m-m, каждая из которых включала движение указательным (i), средним (m) и безымянным (g) пальцами правой руки. От пробы к пробе эти две последовательности предъявлялись в случайном порядке, и в блоке проб происходило серийное научение, сопровождавшееся сокращением латентного периода (времени реакции) и увеличением темпа выполнения движений. Анализ усредненных по группам испытуемых кривых научения – зависимостей времени реакции от порядкового номера пробы – показал, что, и для

детей, и для взрослых кривые научения носят качественно сходный характер: в течение первых 10–12 проб у детей и 5–7 проб у взрослых время реакции значительно уменьшается (примерно на 400 мс), после чего и у той и у другой группы наблюдается медленное почти линейное уменьшение времени реакции на протяжении оставшихся проб.

Рассмотренные выше экспериментальные данные позволяют отнести особенности координационной структуры сложных движений на счет центральных процессов, однако мозговая организация этих процессов и их возрастная специфика не могут быть непосредственно исследованы с помощью методов экспериментальной психологии. Экспериментальный подход к исследованию центральных процессов регуляции движений основан на том, что координированная работа различных структур мозга в рамках единой функциональной системы, обеспечивающей реализацию двигательной задачи, достигается посредством обмена сигналами между этими структурами. Электрофизиологическим коррелятом такого обмена являются функциональные корковые взаимодействия – статистические взаимосвязи между ЭЭГ, отводимой от разных участков скальпа. Таким образом, измерение силы функциональных корковых связей является одним из методов, хотя и косвенным, исследования координированной активности корковых отделов – центральных координаций, что позволяет делать выводы о структуре и динамике мозговой функциональной системы.

В работе М.Г. Князевой и соавторов [15] было выполнено исследование зависимости силы функциональных межполушарных связей, оцениваемой с помощью функции когерентности, при выполнении в максимально быстром темпе простого и сложного (как унимануального, так и бимануального) видов таппинга. Оказалось, что возрастание (по сравнению с фоном) в центральных, фронтальных и теменных областях межполушарной когерентности в альфа-диапазоне более выражено при выполнении более сложного в координационном отношении бимануального таппинга по сравнению с унимануальными последовательностями.

Корковые функциональные взаимодействия у детей 6-10 лет, как в период подготовки движения, так и на стадии его выполнения, были исследованы М.М. Безруких [2, 3]. Это исследование показало, что характер корково-корковых связей претерпевает существенные возрастные изменения в направлении большей дифференцировки и большего участия центральных и префронтальных отделов коры.

В исследовании Д.А. Фарбер и И.О. Анисимовой [12] показано, что в процессе выполнения испытуемыми трех возрастных групп (7-8 лет, 9-10 лет, взрослые) графической пробы "забор" [11] с открытыми и закрытыми глазами корковые функциональные связи существенно зависят от наличия зрительной обратной связи, причем характер этих различий специфичен для каждой из возрастных групп. При этом, как и в рассмотренных выше работах, обнаружился существенно биполушарный характер мозговой организации.

Уже цитированное выше исследование А.В. Курганского и П.П. Григала [8] показало, что картины корковых функциональных взаимодействий различны не только для различных двигательных задач, но и различным режимам серийного научения (быстрой и медленной его фазам) также соответствуют разные структуры функциональных корковых связей в предстимульном периоде. Взрослые испытуемые, которым присуще только медленное научение, характеризуются большим направленным влиянием сагиттальной коры; испытуемые, для которых типично

быстрое научение, характеризуются большим влиянием правой заднетеменной коры. У детей, демонстрирующих медленное научение, в γ -диапазоне частот наблюдается существенно большее влияние центральной сагиттальной коры (отведение Cz) на ближайшие фронтально-центральные области, чем у детей, для которых характерна кривая научения с одной только фазой быстрого научения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренные выше экспериментальные данные, как представляется, убедительно показывают, что начиная, по крайней мере, с дошкольного возраста формирование и регуляция тонко-координированных движений рук определяется, главным образом, центральными механизмами – механизмами формирования подвижных функциональных систем, обеспечивающих реализацию двигательной задачи. Это делает исследование процесса формирования таких систем одной из важнейших научных задач. При этом едва ли не единственным непосредственным экспериментальным методом такого исследования оказывается применение нейровизуализационных и электрофизиологических методов, позволяющих оценить функциональные взаимодействия различных отделов мозга, которые можно рассматривать как аналог "координации центральных степеней свободы".

С точки зрения практики, преобладающая роль центральных процессов в формировании координационной структуры движений показывает, что диагностика индивидуальных координационных способностей должна основываться на сопоставлении эффективности (затрат времени и точности) ряда двигательных задач различной сложности. При этом, как следует из рассмотренных в настоящей работе экспериментальных данных, можно считать, что степень развития тонких координаций будет тем выше, чем менее эффективность зависит от сложности задачи.

Период развития ребенка, соответствующий дошкольному и младшему школьному возрасту, характеризуется значительным, по сравнению с предыдущими этапами развития, снижением зависимости от сложности двигательных задач, и в достаточной мере сформированными механизмами двигательной адаптации и серийного научения, сопоставимыми по эффективности с аналогичными механизмами у взрослых. Именно это сочетание позволяет приступить к успешному обучению детей этого возраста тем видам деятельности, которые требуют тонкокоординированных движений рук.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анохин П.К. Узловые вопросы теории функциональной системы. – М.: Наука, 1980.
2. Безруких М.М. Центральные механизмы организации и регуляции произвольных движений у детей 6-10 лет. Сообщение I. Электрофизиологический анализ процесса подготовки к движениям // Физиология человека. – 1997. – Т.23, № 6. – С. 31-39.
3. Безруких М.М. Центральные механизмы организации и регуляции произвольных движений у детей 6-10 лет. Сообщение II. Электрофизиологический анализ процесса выполнения движений у праворуких детей // Физиология человека. – 1998. – Т.24, № 3. – С. 34-41.

4. Безруких М.М., Курганский А.В. Возрастные особенности временной структуры произвольных движений // Современная экспериментальная психология / под ред. В.А. Барабанщикова. – М., 2011. – С. 383-396.
5. Бернштейн Н.А. О построении движений. – М.: Медгиз, 1947.
6. Курганский А.В. Зрительно-моторная синхронизация: анализ фаз инициации и устойчивой синхронизации // Физиология человека. – 2008. – Т.34. № 3. – С. 1-11.
7. Курганский А.В. Зависимость максимального темпа выполнения последовательности простых периодических движений рук от структурной сложности. Возрастной аспект // Новые исследования. – 2011. – Т.28. № 3. – С. 18-24.
8. Курганский А.В., Григал П.П. Направленные кортико-кортикальные функциональные взаимодействия на ранних стадиях серийного научения у взрослых и детей 7-8 лет // Физиология человека. – 2010. – Т. 36, № 3. – С. 1-13.
9. Курганский А.В., Курганская М.Е. Возрастные изменения пространственно-временной структуры простых графических движений, циклически выполняемых в максимальном темпе. Сообщение I. Увеличение темпа движений связано с уменьшением числа субдвижений в цикле // Физиология человека. – 2011. – том 37, № 1. – С. 1–11.
10. Курганский А.В., Шупикова Е.С. Зрительно-моторная синхронизация у взрослых и детей 7-8 лет // Физиология человека. – 2011. – том 37, № 5. – С. 1-13.
11. Лурия А.Р. Высшие корковые функции человека. – М.: 1969.
12. Фарбер Д.А., Анисимова И.О. Функциональная организация коры больших полушарий при выполнении произвольных движений. Возрастной аспект. // Физиология человека. – 2000. – Т.26, No 5. – С. 35-43.
13. Berthier N.E., Clifton R.K., McCall D.D., Robin D.J. Proximodistal structure of early reaching in human infants // *Exp. Brain Res.* – 1999. – 127(3):259-69.
14. Fitts P.M. The information capacity of the human motor system in controlling of the amplitude of movement // *J. Exp. Psychol.* – 1954. – V. 47. No. 6. – P. 381 – 391.
15. Knyazeva M.G., Kurganskaya M.E., Kurgansky A.V., Njiokiktjien C.J., Vildavsky V.J. Interhemispheric Interaction in Children of 7-8: Analysis of EEG Coherence and Finger Tapping Parameters. // *Behavioural Brain Research.* – 1994. – Vol. 61. – P. 47-58.
16. Konczak J, Dichgans J. The development toward stereotypic arm kinematics during reaching in the first 3 years of life // *Exp. Brain Res.* – 1997. – 117(2):346-54.
17. Miyake Y., Onishi Y., Pöppel E. Two types of anticipation in synchronization tapping // *Acta Neurobiol. Exp.* – 2004. – V. 64. – P. 415.
18. Repp B. Rate limits in sensorimotor synchronization with auditory and visual sequences: The synchronization threshold and the benefits and costs of interval subdivision // *J. Mot. Behavior.* – 2003. – V.35. No. 4. – P. 355-370.
19. Repp B.H. Sensorimotor synchronization: A review of the tapping literature // *Psychonomic Bulletin & Review.* – 2005. – V. 12. No. 6. – P. 969-992.
20. Repp B.H. Rate Limits of Sensorimotor Synchronization // *Advances in Cognitive Psychology.* – 2006. – V. 2, No. 2-3. – P. 163-181.
21. Takahashi C.D., Nemet D., Rose-Gottron C.M., Larson J.K., Cooper D.M., Reinkensmeyer D.J. Neuromotor noise limits motor performance, but not motor adaptation in children // *J. Neurophysiol.* – 2003. – V. 90. – P. 703-711.

22. Thelen E., Corbetta D., Spencer J.P. Development of reaching during the first year: role of movement speed // *J Exp. Psychol Hum Percept Perform.* – 1996. – 22(5):1059-76.
23. Todorov E. Optimality principles in sensorimotor control // *Nat Neurosci.* – 2004. – 7(9):907-15.
24. Zehr E.P., Carroll T.J., Chua R., Collins D.F., Frigon A., Haridas C., Hundza S.R., Thompson A.K. Possible contributions of CPG activity to the control of rhythmic human arm movement // *Can J. Physiol Pharmacol.* – 2004. – 82(8-9): 556-68.

ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ДЕТЕЙ 9-10 ЛЕТ ПРИ ИНФОРМАЦИОННОЙ НАГРУЗКЕ

М.Б. Чернова *, И.А. Криволапчук ¹*, В.В. Мышьяков **

*ФГНУ “Институт возрастной физиологии”

Российской академии образования, Москва

**Учреждение образования “Гродненский государственный университет имени Янки Купалы”, Гродно

Изучение психофизиологической реактивности детей 9-10 лет ($n=145$) показало, что информационные нагрузки вызывают у них повышение уровня неспецифической активации ЦНС и возрастание напряжения механизмов регуляции физиологических функций. Установлено, что у школьников 9-10 лет физиологическая стоимость работы в комфортном режиме ниже, чем нагрузки в максимальном темпе. Падение эффективности работы в ходе реализации второго задания, по-видимому, обусловлено более выраженным повышением активности модулирующей системы мозга за счёт нарастания вклада подсистемы эмоциональной активации, связанной с оборонительным поведением, по сравнению с активностью подсистемы неэмоциональной активации, обеспечивающей энергетическую составляющую деятельности. Данное обстоятельство необходимо учитывать при разработке эффективных профилактических мероприятий, направленных на оптимизацию функционального состояния школьников 9-10 лет.

Ключевые слова: функциональное состояние, психофизиологическая реактивность, информационная нагрузка, активация ЦНС.

Psychophysiological indices of functional status of 9-10-year-old children with information overload. The study of the psychophysiological reactivity in children at the age of 9-10 years old ($n=145$) during mental performance at optimal and maximum rates showed that informational load caused functional strain. The physiological cost of work at a comfortable rate was lower than at the maximum rate. The decrease in work efficiency of the second task was probably caused by the increase in activation of the brain modulating system which resulted from higher emotional activation as compared to the subsystem of nonemotional activation providing energy supply for the activity. This fact should be taken into account when elaborating effective preventive measures aimed at optimized functional states in children at this age.

Key words: functional state, psychophysiological reactivity, information load, CNS activation.

В настоящее время становится очевидным, что функциональное состояние (ФС) детей может быть адекватно оценено только на основе учета процессов адаптации к условиям обучения и воспитания [2; 28; 32]. Для понимания общих закономерностей адаптации школьников к образовательной среде, большое значение имеют исследования приспособительных реакций организма учащихся к напря-

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

женным психосоциальным нагрузкам, отражающим специфику современного обучения [3, 4, 15, 20]. Несмотря на то, что учебные нагрузки и условия, в которых проходят занятия, как правило, далеки от экстремальных, они оказывают выраженное воздействие на психофизиологические функции учащихся, вызывая напряжение механизмов регуляции и значительную мобилизацию ресурсов организма [5, 32].

Известно, что одинаково хорошие результаты когнитивной деятельности субъекта могут быть достигнуты при весьма разных величинах энергетических затрат организма на фоне различного уровня функционирования физиологических систем и, соответственно, за счет неодинаковой «биологической цены» адаптации [6, 7, 14, 21]. Поскольку приспособительные возможности детского организма весьма ограничены, то неадекватные по интенсивности и продолжительности нагрузки, вызывающее функциональное напряжение, выраженную перестройку деятельности ведущих физиологических систем, при определенных условиях могут привести к снижению работоспособности, истощению функциональных резервов, развитию скрытой, а затем и явной патологии [18, 22, 23, 26]. В связи с этим рациональная организация учебного процесса, позволяющая уменьшить физиологическую цену адаптации и повысить эффективность обучения во многом должна базироваться на учете возрастных и индивидуальных особенностей изменений ФС учащихся в условиях умственных нагрузок различной степени сложности.

Целью настоящего исследования явилось изучение особенностей функционального состояния детей 9-10 лет при информационной нагрузке различной интенсивности.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве модели информационной нагрузки использовали работу с буквенными корректурными таблицами В.Я. Анфимова. Обследование осуществлялось в двух режимах работы: 1) автотемп; 2) максимальный темп при наличии «угрозы наказания». Перед выполнением первого задания испытуемым сообщалось, что они должны работать в удобном для себя темпе, а перед реализацией второго им давалась инструкция, содержащая требование безошибочно работать с максимально возможной скоростью.

Для воспроизведения состояния напряжения в качестве «наказания» использовались порицающие замечания и сильный звук. Физиологические показатели регистрировали в состоянии спокойного бодрствования, при выполнении тестовых нагрузок и в период восстановления.

В исследовании приняли участие 145 детей 9-10 лет, отнесенных по состоянию здоровья к основной медицинской группе. Родители дали письменное согласие на основе полной информации на участие их ребенка в исследовании. В дополнение к разрешению родителей, дети также давали информированное согласие. Протокол исследования одобрен ФГНУ ИВФ РАО.

Измерение омега-потенциала (ОП) – интегрального показателя, характеризующего ФС ЦНС, осуществлялось с поверхности кожи головы с использованием портативной установки для исследования сверхмедленных физиологических процессов головного мозга [10]. В состоянии покоя определяли величину ОП после вы-

хода на плато. Этот показатель отражает уровень ФС в условиях оперативного покоя и неспецифическую резистентность организма к стрессорным воздействиям. [9].

Запись сердечного ритма проводилась на одноканальном электрокардиографе ЭКГ-07 «Аксион» с дополнительной возможностью подключения к персональному компьютеру. Клейкие электроды фиксировались на левой стороне груди в отведении по Небу. Для построения вариационных пульсограмм анализировались 100 последовательных кардиоинтервалов [1]. При этом определяли среднюю продолжительность R-R интервала (M), моду (Mo), амплитуду моды (AMo), вариационный размах (ΔX), среднеквадратическое отклонение (σ_{RR}), индекс напряжения (ИН). Частота сердечных сокращений (ЧСС) подсчитывалась по 6-секундным отрезкам записи с пересчетом на 1 минуту.

Систолическое (СД) и диастолическое (ДД) давление крови измеряли с применением манжеты должных размеров в соответствии с рекомендациями Всемирной организации здравоохранения и Society for Psychophysical Research [30]. Рассчитывали также среднее давление (САД) и двойное произведение (ДП).

Перед выполнением каждого задания у испытуемых с помощью варианта 8-цветового теста Люшера в модификации Собчик [16] определяли индекс ситуативной тревожности (ИТ).

По результатам выполнения корректурной пробы рассчитывали объём работы (А) и коэффициент продуктивности (Q). Для оценки эффективности деятельности определяли соотношения Q/ЧСС, Q/ИН, Q/ДП, А/ЧСС, А/ИН, А/ДП [13].

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

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Материалы исследования, содержащие информацию об особенностях ФС мальчиков и девочек 9-10 лет в состоянии спокойного бодрствования и в условиях тестовых нагрузок, представлены в табл. 1, 2.

Полученные данные свидетельствуют о том, что в состоянии мобилизационной готовности за 1,5 минуты до начала выполнения тестирующей нагрузки во всех группах обследуемых отмечались существенные ($p < 0.05-0.001$) сдвиги изучаемых показателей по сравнению с состоянием относительного покоя.

В этот период происходило отчётливое увеличение ОП, ЧСС, AMo, ИН, СД, ДД, САД, ДП и уменьшение M, Mo, ΔX , σ_{RR} . Такие изменения психофизиологических показателей ФС рассматриваются как проявление эмоционального напряжения, направленного на мобилизацию энергетических и пластических ресурсов организма с целью обеспечения адекватной степени результативности предстоящей когнитивной деятельности. Известно, что оптимальные сдвиги уровня неспецифической активации способствуют улучшению восприятия, переработки и анализа информации в высших отделах ЦНС [5, 6, 29].

Реализация информационной нагрузки в режиме автотемпа сопровождалась дальнейшим нарастанием психофизиологических сдвигов ФС (табл. 2). При этом

изменения ряда параметров носили статистически достоверный ($p < 0,05-0,001$) характер, свидетельствуя о повышении уровня неспецифической активации, сдвиге вегетативного баланса в сторону преобладания активности симпатического отдела ВНС, усилении центральных регуляторных влияний на сердечный ритм

Таблица 1

*Показатели функционального состояния детей 9-10 лет
в условиях спокойного бодрствования*

Показатель	Фон	
	М	Д
ОП, мВ	25,0±1,6	23,53±1,5
СД, мм рт. ст.	91,4±1,4	93,429±1,3
ДД, мм рт. ст.	64,0±1,2	65,9±1,1
САД, мм рт. ст.	73,5±1,0	75,4±0,9
ЧСС, уд/мин	90,0±1,5	89,6±1,3
ДП, у.е.	83,6±2,2	85,0±2,1
М, с	0,65±0,01	0,63±0,01
Мо, с	0,65±0,01	0,63±0,01
ΔХ, с	0,18±0,01	0,19±0,01
σRR, с	63,4±6,9	55,1±3,0
АМо, %	40,9±2,4	37,6±2,1
ИН, у.е.	295,7±63,3	251,0±55,6
Тревога, балл	2,65±0,44*	1,50±0,37

*Примечание. Достоверность различий между мальчиками (М) и девочками (Д): * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$.*

Информационная нагрузка в режиме максимального темпа работы (см. табл. 2), выполняемая в условиях дефицита времени и угрозы «наказания», вызывала наиболее существенные сдвиги изучаемых психофизиологических показателей ФС ($p < 0,01-0,001$). При этом важно отметить, что у значительной части обследованных детей, выполнение тестового задания с максимальной скоростью обуславливало физиологические изменения, соответствующие сдвигам, наблюдаемым при легкой физической работе. В целом, количество мальчиков и девочек с избыточной психофизиологической реактивностью превышало 15 %. Полученные данные свидетельствуют о большем напряжении корково-стволовых и лимбико-ретикулярных механизмов регуляции ФС, повышенной психоэмоциональной лабильности и сниженной устойчивости к действию неблагоприятных факторов у гиперреактивных детей 9-10 лет.

Сравнение количественных и качественных параметров умственной работоспособности, полученных при разных режимах деятельности, показало, что количество просмотренных знаков (А) за время работы в максимальном темпе увеличивается ($p < 0,001$), тогда как коэффициент продуктивности (Q) – снижается (см. табл. 2). Установлено, что переход от первого режима работы ко второму, в ряде случаев,

сопровождается увеличением психофизиологических «затрат» на переработку одного и того же объема значимой информации. Об этом свидетельствует уменьшение таких показателей как Q/ДП ($p < 0,5-0,01$), Q/ЧСС ($p < 0,5$), Q/ИН. В ранее опубликованных работах авторов данной статьи выявлена сходная динамика изучаемых показателей ФС при реализации информационной нагрузки с комфортной и максимальной скоростью у детей других возрастных групп [13, 12].

Таблица 2

Показатели функционального состояния детей 9-10 лет в условиях информационной нагрузки

Показатель	Информационная нагрузка			
	Автотемп		Максимальный темп	
	М	Д	М	Д
ОП, мВ	34,9±1,5 ^{xxx}	30,9±1,7 ^{xxx}	41,8±1,7 ^{xxx}	38,3±1,5 ^{xxx}
СД, мм рт. ст.	93,7±1,5	94,9±1,3	98,4±1,4 ^{xxx}	101,7±1,2 ^{xxx}
ДД, мм рт. ст.	65,2±1,3	66,5±1,1	67,1±1,2 ^{xxx}	69,1±1,3 ^{xx}
САД, мм рт. ст.	74,4±1,2	75,7±0,9	76,8±1,0 ^{xxx}	79,3±1,1 ^{xxx}
ЧСС, уд/мин	93,2±1,2 ^{xx}	94,0±1,7 ^{xxx}	102,3±1,4 ^{xxx}	105,3±1,7 ^{xxx}
ДП, у.е.	86,6±2,0 ^x	88,6±2,4 ^x	99,9±2,3	106,4±2,6 ^{xxx}
М, с	0,65±0,01 ^{**}	0,61±0,01 ^{xx}	0,62±0,01 [*]	0,59±0,01 ^{xx}
Мо, с	0,65±0,01 [*]	0,61±0,01 ^x	0,63±0,01 ^{**}	0,59±0,01 ^{xx}
ΔХ, с	0,13±0,01 ^{xxx}	0,15±0,01 ^{xxx}	0,14±0,01	0,14±0,01 ^{xxx}
σRR, с	59,0±6,0	48,1±3,2	42,6±2,1 ^x	50,5±4,0
АМо, %	45,2±2,1 ^x	40,9±1,8	43,8±1,5	42,4±2,2 ^{xx}
ИН, у.е.	354,2±37,6	323,9±49,2	453,5±55,5 ^{xx}	372,0±71,6 ^{xx}
А, кол-во зн.	142,6±6,3	160,1±7,9	180,2±11,5 ⁺⁺⁺	188,9±10,6 ⁺⁺⁺
А/ЧСС, у.е.	1,55±0,08	1,71±0,08	1,83±0,13 ⁺	1,84±0,10
А/ИН, у.е.	0,73±0,10	0,88±0,12	0,91±0,14	0,91±0,11
А/ДП, у.е.	1,70±0,09	1,8±0,09	1,91±0,13	1,85±0,11
Q, у.е.	10,9±0,5	11,9±0,5 [*]	10,1±0,7	10,2±0,6 ⁺
Q/ЧСС, у.е.	0,11±0,01	0,13±0,01 [*]	0,10±0,01	0,10±0,01 ⁺
Q/ИН, у.е.	0,06±0,01	0,07±0,01	0,05±0,01	0,05±0,01
Q/ДП, у.е.	0,13±0,01	0,14±0,01	0,10±0,01 ⁺	0,10±0,01 ⁺⁺
Тревога, балл	2,67±0,46	1,62±0,35	2,98±0,48	1,76±0,40

Примечание: Достоверность сдвигов на нагрузку по отношению к уровню покоя: ^x – $p < 0,05$; ^{xx} – $p < 0,01$; ^{xxx} – $p < 0,001$.

Достоверность сдвигов по отношению режиму «автотемп»: ⁺ – $p < 0,05$; ⁺⁺ – $p < 0,01$; ⁺⁺⁺ – $p < 0,001$.

Остальные обозначения см. таблицу 1.

Эти результаты сходны с имеющимися в литературе сведениями относительно психофизиологических изменений ФС при выполнении тестовых заданий. Повышение уровня неспецифической активации ЦНС у детей и подростков при напряженных информационных нагрузках, выполняемых в условиях дефицита времени,

наблюдалось в большом количестве исследований [8, 25, 26, 31, 34]. Важно отметить, что сдвиги рассматриваемых физиологических показателей ФС, зарегистрированные при работе в максимальном темпе, вполне сопоставимы с изменениями, выявленными другими авторами у детей данной возрастной группы при активном психологическом стрессе [18, 19, 20, 24, 27, 33].

Таким образом, у школьников 9-10 лет биологическая цена работы в комфортном режиме ниже, чем в максимальном темпе. Падение эффективности работы в ходе реализации второго задания, по-видимому, обусловлено более выраженным повышением активности модулирующей системы мозга за счёт нарастания вклада подсистемы эмоциональной активации, связанной с оборонительным поведением, по сравнению с активностью подсистемы неэмоциональной активации, обеспечивающей энергетическую составляющую деятельности. Это, в частности, подтверждается тенденцией увеличения ИТ по мере перехода от состояния покоя к работе в максимальном темпе.

Анализ материалов исследования показал, что по большинству рассматриваемых параметров различия между мальчиками и девочками отсутствуют (см. табл. 1, 2). Вместе с тем, мальчики отличались ($p < 0,01$) от девочек большей длительностью RR-интервала (M и M_0) при тестовых нагрузках, тогда как девочки превосходили ($p < 0,05$) мальчиков по некоторым показателям эффективности выполнения работы режиме автотемпа (Q , $Q/ЧСС$). Девочки характеризовались также меньшим уровнем ситуативной тревожности по тесту Люшера в фоновом состоянии ($p < 0,05$). Обнаруженные различия, вероятно, обусловлены спецификой функционирования генетических систем, контролирующих процессы роста и развития мальчиков и девочек на данном этапе онтогенеза [11]. Следует также отметить, что более высокая продуктивность и эффективность выполнения информационной нагрузки в режиме автотемпа у школьниц, по-видимому, является отражением хорошо известного феномена общего опережения девочками на 1-2 года по степени физиологической зрелости мальчиков с момента рождения до взрослого состояния [17].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение психофизиологических изменений ФС детей 9-10 лет показало, что информационные нагрузки вызывают у них повышение уровня неспецифической активации ЦНС и возрастание напряжения механизмов регуляции физиологических функций. Подобные сдвиги изучаемых показателей рассматриваются как проявление функциональной напряженности, направленной на мобилизацию адаптационных резервов организма с целью обеспечения адекватной степени результативности деятельности.

Переход от первого режима работы ко второму сопровождается нарастанием активности симпатического отдела ВНС и, в ряде случаев, увеличением психофизиологических «затрат» на переработку значимой информации. Последнее свидетельствует о том, что психофизиологическая цена работы в комфортном режиме у детей 9-10 лет ниже, чем при нагрузке в максимальном темпе.

Установлено отсутствие статистически значимых гендерных различий в отношении большинства рассматриваемых показателей ФС как при спокойном бодрствовании, так и в условиях информационной нагрузки. Вместе с тем, выявленные

различия, касающиеся весьма ограниченного числа переменных, по-видимому, являются отражением феномена общего опережения девочками в ходе онтогенеза по темпам развития мальчиков.

Анализ материалов исследования показал, что более 15 % детей 9-10 лет характеризуются избыточной психофизиологической реактивностью. Данное обстоятельство необходимо учитывать при разработке эффективных профилактических мероприятий, направленных на оптимизацию ФС школьников данного возраста.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баевский Р.М., Кириллов О.И., Клецкин С.З. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. – М.: Медицина, 1984. – 220 с.
2. Баранов А.А., Кучма В.Р., Сухарева Л.М. Медицинские и социальные аспекты адаптации современных подростков к условиям воспитания, обучения и трудовой деятельности: Руководство для врачей. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. – 350 с.
3. Безруких М.М. Здоровьесберегающая школа. – М.: Московский психолого-социальный институт, 2004. 240 с.
4. Бориско Г.А. Особенности адаптационных реакций сердечно-сосудистой системы у здоровых детей и подростков и с первичной артериальной гипертензией при эмоциональном напряжении: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Харьков, 1986. – 16 с.
5. Данилова Н.Н. Психофизиология. – М.: Аспект Пресс, 1998. – С. 324.
6. Данилова Н.Н. Психофизиологическая диагностика функциональных состояний. – М.: Изд-во МГУ, 1992. – 192 с.
7. Данилова Н.Н., Коршунов Е.Н., Соколов Е.Н. Показатели сердечного ритма при решении человеком арифметических задач // ЖВНД. – 1994. –Т. 44. – Вып. 6. – № 4-5. – С. 932–943.
8. Демидов В.А., Мальцев Д.Н., Мавлиев Ф.А. Влияние повышенной двигательной активности на крадиодинамическую устойчивость подростков в условиях напряженной информационной нагрузки // Физиология человека. – 2008. – Т. 34, № 4. – С. 133-140.
9. Илюхина В.А. Психофизиология функциональных состояний и познавательной деятельности здорового и больного человека. – СПб.: Изд-во Н-Л, 2010. – 368 с.
10. Илюхина В.А., Заболотских И.Б. Энергодефицитные состояния здорового и больного человека. – СПб.: Институт мозга человека РАН, 1993. – 192 с.
11. Корочкин Л.И. Биология индивидуального развития (генетический аспект). – М.: Изд-во МГУ, 2002. – 262 с.
12. Криволапчук И.А. Кондиционные двигательные способности и неспецифическая реактивность детей младшего школьного возраста на различные виды нагрузок // Новые исследования. – 2008. – № 4. – С. 38–50.
13. Криволапчук И.А., Сухецкий В.К. Психофизиологическая характеристика функционального состояния подростков на разных стадиях полового созревания в условиях информационной нагрузки // Физиология человека. – 2005. – Т. 31, № 6. – С. 13–25.

14. Леонова А.Б., Кузнецова А.С. Психопрофилактика стрессов. – М.: Изд-во Москв.ун-та, 1993. – 124 с.
15. Развитие мозга и формирование познавательной деятельности ребенка / Под ред. Д.А. Фарбер, М.М. Безруких. – М.: Изд-во Московского психолого-социального института, 2009. – 432 с.
16. Собчик Л.Н. Метод цветовых выборов – модификация цветового теста Люшера. – СПб.: Речь, 2006. – 128 с.
17. Харрисон Дж., Уайнер Дж., Тэннер Дж. и др. Биология человека. – М.: Мир, 1979. – 611 с.
18. Allen M.T., Hogan A.M., Laird L.K. The relationships of impulsivity and cardiovascular responses: the role of gender and task type// *Int. J. Psychophysiol.* – 2009. – Vol. 73, №3. – P. 369-376.
19. Allen M.T., Matthews K.A., Sherman F.S. Cardiovascular reactivity to stress and left ventricular mass in youth // *Hypertension.* – 1997. – Vol. 30, № 4. – P. 782–787.
20. Chen E., Matthews K.A., Salomon K., Ewart C.K. Cardiovascular reactivity during social and nonsocial stressors: do children's personal goals and expressive skills matter? // *Health Psychol.* – 2002. – Vol. 21, № 1. – P. 16–24.
21. Dahl R.E., Gunnar M.R. Heightened stress responsiveness and emotional reactivity during pubertal maturation: implications for psychopathology// *Dev Psychopathol.* 2009. – Vol. 21, №1. – P. 1-6.
22. De Visser D.C., van Hooft I.M., van Doornen L.J. et al. Cardiovascular response to mental stress in offspring of hypertensive parents: the Dutch Hypertension and Offspring Study // *J. Hypertens.* – 1995. – Vol. 13, № 8. – P. 901–908.
23. Dobkin P.L., Treiber F.A., Tremblay R. Cardiovascular reactivity in adolescent boys of low socioeconomic status previously characterized as anxious, disruptive, anxious-disruptive or normal during childhood // *Psychother Psychosom.* – 2000. – Vol. 69, № 1. – P. 50–56.
24. Ferrara L.A., Mainenti G., Fasano M.L. et al. Cardiovascular response to mental stress and to handgrip in children. The role of physical activity // *Jpn Heart J.* – 1991. – Vol. 32, № 5. – P. 645–654.
25. Krivolapchuk I. A., Chernova M. B. Physical performance and psychophysiological reactivity of 7-8 year-old children to different types of exercise // *Medicina dello Sport.* 2012. 65(2). – P. 173-185.
26. Lambiase M.J., Dorn J., Roemmich J.M. Systolic Blood Pressure Reactivity During Submaximal Exercise and Acute Psychological Stress in Youth // *Am J Hypertens.* – 2013. – Vol. 26, №3. – P. 409-415.
27. Musante L., Raunikaar R.A., Treiber F. et al. Consistency of children's hemodynamic responses to laboratory stressors // *Int. J. Psychophysiol.* – 1994. – Vol. 17, № 1. – P. 65–71.
28. Piekarska A. School stress, teachers' abusive behaviors, and children's coping strategies // *Child Abuse Negl.* – 2000. – Vol. 24, № 11. – P. 1443–1449.
29. Routtenberg A. The Two-arousal limbic system / A. Routtenberg // *Psychol. Rev.* – 1968. – Vol. 75, № 2. – P. 115–119.
30. Shapiro D., Jamner L.D., Lane J.D. et al. Blood pressure publication guidelines. Society for Psychophysical Research Psychophysiology. – 1996 – Vol. 33. №1. – P. 1–12.

31. Taras H.L., Sallis J.F. Blood pressure reactivity in young children: comparing three stressors // *J. Dev. Behav. Pediatr.* – 1992 – Vol. 13. №1. – P. 41-45.
32. Torsheim T., Aaroe L.E., Wold B. School-related stress, social support, and distress: prospective analysis of reciprocal and multilevel relationships // *Scand. J. Psychol.* – 2003. – Vol. 44, № 2. – P. 153–159.
33. Verhaaren H.A., Schieken R.M., Schwartz P. et al. Cardiovascular reactivity in isometric exercise and mental arithmetic in children // *J. Appl. Physiol.* – 1994. – Vol. 76, № 1. – P. 146–150.
34. Wolff B.C., Wadsworth M.E., Wilhelm F.H., Mauss I.B. Children's vagal regulatory capacity predicts attenuated sympathetic stress reactivity in a socially supportive context: Evidence for a protective effect of the vagal system // *Development and Psychopathology* – 2012 – P. 677–689.

ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ВЗАИМОСВЯЗИ КОМПОНЕНТОВ ЗРИТЕЛЬНОГО ВОСПРИЯТИЯ И РЕЧИ У ДЕТЕЙ 5–6 И 7 ЛЕТ

А.В. Хрянин¹, С.К. Хромова, Н.Н. Терехова
ФГНУ «Институт возрастной физиологии»
Российской академии образования, Москва

Целью настоящего исследования являлось изучение взаимосвязи функциональных составляющих зрительного восприятия и речи у детей 5–6 и 7 лет на основе корреляционного анализа данных, полученных при оценке уровня сформированности отдельных компонентов этих систем. Полученные результаты выявляют ряд значимых корреляций между психофизиологическими функциями, лежащими в основе зрительно-перцептивной и речевой деятельности, а также некоторые особенности возрастной динамики формирования психофизиологической структуры межсистемного взаимодействия у детей 5–6 и 7 лет.

Ключевые слова: компоненты зрительного восприятия, компоненты речи, дети 5–6 и 7 лет.

***Psychophysiological characteristics of interrelation between visual perception and speech components in 5–6 and 7-year-old children.** The objective of the present study was to investigate the interrelation of functional components of visual perception and speech in 5–6 and 7-year-old children. The investigation was based on the correlation analysis of data obtained through evaluation analysis of the levels of development of these systems. The results reveal some significant correlation between psychophysiological functions underlying visual perception and speech activities. The obtained results also show some particularities of age dynamics in the formation of psychophysiological interaction in 5–6 and 7-year-old children.*

Keywords: components of visual perception, speech components, 5–6 and 7-year-old children.

В ходе индивидуального развития ребёнка зрительное восприятие (ЗВ) является основой овладения различными видами перцептивных действий, обеспечивающих адекватное отражение окружающих предметов. Общая закономерность формирования перцептивных, как и любых других, действий у ребёнка заключается в том, что они складываются под влиянием задач, выдвигаемых различными видами практической деятельности на разных этапах онтогенеза. Психофизиологические процессы ЗВ во многом определяют речевое развитие ребёнка, поскольку на ранних этапах формирования вербальной деятельности она теснейшим образом связана с оперированием огромным количеством зрительных образов, как реальных объектов окружающей действительности, так и слов, их обозначающих. Психофизиологическая структура системы речи крайне сложна и динамична, требует обязательного участия механизмов избирательного внимания, зрительной памяти, сенсомоторной интеграции различной модальности с вовлечением всех элементов сенсорных систем и взаимодействием мозговых структур всех уровней [6, 8].

Контакты: ¹ Хрянин А.В., E-mail: <khrianin@mail.ru>

При формировании речи в раннем возрасте зрительной системе принадлежит важная роль в обработке эталонов при опознании предметов для их дальнейшей идентификации, что создаёт почву для интеллектуализации процесса восприятия, осуществления начальных форм категоризации. У дошкольников и младших школьников совершенствуется вербальная деятельность с использованием многоуровневых речевых схем, включающих обобщённые понятия, построением более сложных по структуре и смыслу, грамматически правильных предложений, формированием навыков чтения и письма. Однако мозговые механизмы речевых функций остаются незрелыми, по сравнению с лучше сформированными механизмами ЗВ [6]. Вербальная и, связанная с ней, логическая деятельность в значительной мере опирается на использование зрительных образов и наглядно-образное мышление [20].

В тоже время мыслительные и мнестические функции, непосредственно связанные с речью, оказывают влияние на процессы обработки зрительной информации в форме так называемых нисходящих влияний. К источникам таких влияний относят, с одной стороны, прошлый опыт человека, с другой – цель, задачи и избираемую стратегию достижения этой цели [17]. Эти два класса нисходящих влияний тесно взаимосвязаны, и элементы прошлого опыта нередко определяют структуру перцептивной деятельности [18]. К нисходящим влияниям относится, в частности, влияние знакомого контекста предъявления зрительных стимулов и возникающее вследствие этого влияния повышение эффективности обработки зрительной информации. Примером подобного рода повышения эффективности является так называемый "эффект превосходства слова", описанный Дж. М. Кеттеллом. Согласно этому представлению не связанные в слова буквы воспринимаются намного медленнее, чем слова из этих же букв. В результате происходит интеграция процессов ЗВ и называния, что ускоряет и повышает эффективность данного действия в целом. Поэтому в случае кратковременного предъявления человек способен воспринять намного больше букв, если они образуют слово [17, 18, 26, 27].

Таким образом, изучение роли процессов ЗВ в реализации устной речи и взаимодействия этих систем представляет несомненный интерес, и настоящее исследование выявляет некоторые онтогенетические особенности формирования компонентов ЗВ и их взаимосвязи с компонентами устной речи в структуре познавательной деятельности у дошкольников и младших школьников.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Мы рассматриваем ЗВ как целостную систему, в которой выделяются отдельные функциональные составляющие, вносящие свой собственный вклад в построение активной перцептивной деятельности и определяют эффективность работы системы в целом [3, 12]. Основными компонентами ЗВ деятельности, являются: зрительно-моторная координация, помехоустойчивость, константность, зрительно-пространственное восприятие.

В настоящем исследовании была использована модифицированная М.М. Безруких и Л.В. Морозовой [2] методика М. Фростиг [25] для комплексной диагностики ЗВ, которая позволяет оценивать уровень развития ЗВ в целом и отдельных его компонентов у детей в возрастном диапазоне 5–7,5 лет в соответствии с возрастными нормативами. Методика представляет собой набор графических тестов,

объединённых в 6 отдельных субтестов. 5 из них характеризуют развитие каждого компонента ЗВ: зрительно-моторной координации, помехоустойчивости, константности, восприятия положения в пространстве и пространственных отношений двухмерных объектов. Задания каждого субтеста опираются на один из вышеуказанных ведущих компонентов.

Оценка выполнения заданий давалась в баллах в соответствии с критериями методики [2]. При анализе полученных результатов учитывалась психофизиологическая структура каждого субтеста (табл. 1) [12].

Критерии оценки результатов дают возможность характеризовать уровень развития ЗВ и отдельных его компонентов в соответствии с возрастными нормативами.

ЗВ у ребёнка является отправной точкой в любом познавательном процессе и принимает непосредственное участие в реализации многих высших психических функций. В связи с этим представляется важным и интересным анализ взаимосвязи уровня сформированности различных компонентов ЗВ с отдельными составляющими устной речи. С этой целью был проведён кросскорреляционный анализ методом непараметрических корреляций Спирмена данных исследования ЗВ и речевого развития по двум методикам: экспресс-варианту тестовой методики диагностики устной речи младших школьников Т.А. Фотековой [22] и диагностики речевых нарушений школьников с использованием нейропсихологических методов Т.А. Фотековой и Т.В. Ахутиной [23].

Таблица 1

Психофизиологическая структура деятельности, составляющая основу субтестов «Методики оценки уровня развития зрительного восприятия детей 5–7,5 лет»

Субтест (ведущая функция)	Функции, определяющие эффективность деятельности
1. Зрительно-моторная координация (зрительно-моторная интеграция)	Зрительно-моторная интеграция. Нервно-мышечная регуляция и контроль движений. Темповая организация деятельности. Наглядно-образное мышление.
2. Фигурно-фоновое различение (помехоустойчивость восприятия)	Помехоустойчивость зрительного восприятия. Избирательность и оценка зрительной информации. Зрительно-пространственная деятельность. Зрительная память.
3. Постоянство очертаний (константность восприятия)	Константность зрительного восприятия. Помехоустойчивость зрительного восприятия. Избирательность и оценка зрительной информации. Зрительно-пространственная деятельность. Зрительная память.
4. Положение в пространстве (зрительно-пространственное восприятие)	Пространственное восприятие. Зрительно-пространственная деятельность (умение решать перцептивные задачи). Пространственный анализ-синтез.

<p>5. Пространственные отношения (зрительно-пространственное восприятие)</p>	<p>Пространственное восприятие. Зрительно-пространственная деятельность (умение решать перцептивные задачи). Пространственный анализ-синтез. Конструктивное мышление. Зрительно-моторная интеграция. Нервно-мышечная регуляция и контроль движений.</p>
<p>6. Комплексный субтест (зрительно-пространственный анализ-синтез)</p>	<p>Пространственный анализ-синтез, схематическое представление о пространстве. Зрительно-пространственная деятельность (умение решать перцептивные задачи). Наглядно-образное мышление. Конструктивное мышление. Зрительно-моторная интеграция. Нервно-мышечная регуляция и контроль движений.</p>

Таблица 2

Психофизиологическая структура различных компонентов речевой деятельности

Речевые пробы	Функции, определяющие успешность выполнения пробы
Сенсомоторика	<p>Фонетико-фонематическое восприятие Произвольное внимание Произвольная организация, регуляция и контроль деятельности Артикуляционная моторика Серийная организация движений Физический слух</p>
Языковой анализ	<p>Произвольное внимание Произвольная организация, регуляция и контроль деятельности Фонетико-фонематическое восприятие Артикуляционная моторика Работоспособность</p>
Грамматика	<p>Произвольное внимание Произвольная организация, регуляция и контроль деятельности Фонетико-фонематическое восприятие Слухоречевая память Вербально-логическое мышление Пространственные представления (предложные конструкции) Зрительно-пространственное восприятие (использование картинок)</p>

Словарь и навыки словообразования	Произвольное внимание Произвольная организация и регуляция деятельности Слухоречевая память Вербально-логическое мышление Познавательная активность
Связная речь	Произвольное внимание Произвольная организация, регуляция и контроль деятельности Слухоречевая память Вербально-логическое мышление Зрительно-пространственное восприятие (рассказ по картинке)
Номинативная функция	Произвольное внимание Произвольная организация, регуляция и контроль деятельности Зрительно-пространственное восприятие (использование картинок) Вербально-логическое мышление Слухоречевая память
Логико-грамматические конструкции	Произвольное внимание Произвольная организация, регуляция и контроль деятельности Зрительно-пространственное восприятие Вербально-логическое мышление Слухоречевая память

Данная диагностика позволяет оценить уровень сформированности следующих компонентов устной речи: сенсомоторная составляющая (звукопроизношение, артикуляционная моторика, фонематическое восприятие, звукослоговая структура слова), навыки языкового анализа, грамматический строй, словарь и словообразовательные процессы, номинативная функция, связная речь, понимание сложных логико-грамматических конструкций.

Для анализа трудностей речевого развития, а также для выявления механизмов взаимосвязи различных компонентов речи и ЗВ была проанализирована психофизиологическая основа каждой серии заданий (табл. 2).

Качество выполнения заданий оценивалось в баллах. Для возможности сопоставления данных различных вариантов методики, полученные балльные значения переводились в процентное выражение качества выполнения и соотносились затем с одним из уровней успешности выполнения.

В исследовании приняли участие 44 ребёнка в возрасте 5–6 лет, посещающих старшие и подготовительные группы ДОУ, и 20 детей 7 лет, учащихся первых классов школ г. Москвы.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ данных, полученных при выполнении теста оценки развития ЗВ детьми 5–6 и 7 лет, показал, что 7-летних характеризует лучшая сформированность всех

исследуемых компонентов данной функции (рис. 1), что соответствует особенностям когнитивного и моторного развития ребёнка в этом возрасте [4, 11, 12, 16, 21].

Данные сравнительного анализа сформированности отдельных компонентов ЗВ в соответствии с возрастными нормативами [2, 10] свидетельствуют о том, что в 7 лет количество детей, имеющих незрелость одних компонентов ЗВ (зрительно-моторной интеграции и зрительно-пространственного восприятия) достоверно не изменяется, других (помехоустойчивости и константности) – увеличивается, по сравнению с 5–6 летними (рис. 2). При общем повышении уровня развития ЗВ и качества выполнения отдельных субтестов, такая динамика распределения детей в соответствии с возрастной нормой отражает гетерохронность в созревании различных компонентов системы ЗВ (рис. 2).

Количество детей, испытывающих затруднения при выполнении заданий субтеста 1, который характеризует зрительно-моторную координацию, невелико, и среди 7-летних существенно не изменяется (рис. 2). Соотношение детей с показателями, ниже нормативных, в группах 5–6 и 7 лет составляет $16,89 \pm 3,08 \%$ и $15,52 \pm 1,94 \%$ соответственно.

Не выявляются значимые различия в количестве детей 5–6 и 7 лет, которые имеют низкие показатели выполнения субтестов 4 и 5, характеризующих зрительно-пространственное восприятие. Так с заданиями субтеста 4 в 5–6 лет не справились $18,24 \pm 3,17 \%$ детей, а в 7 лет $20,11 \pm 2,15 \%$. Для субтеста 5 эти значения соответствуют $34,46 \pm 3,91 \%$ и $31,03 \pm 2,48 \%$.

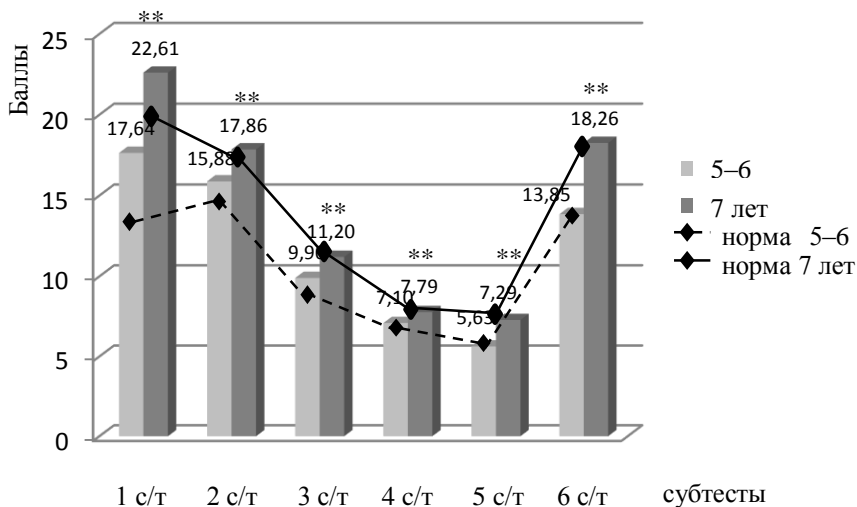


Рис. 1. Качество выполнения субтестов оценки ЗВ (в баллах) детьми 5–6 и 7 лет

** – различия между группами значимы на уровне $p < 0,0001$

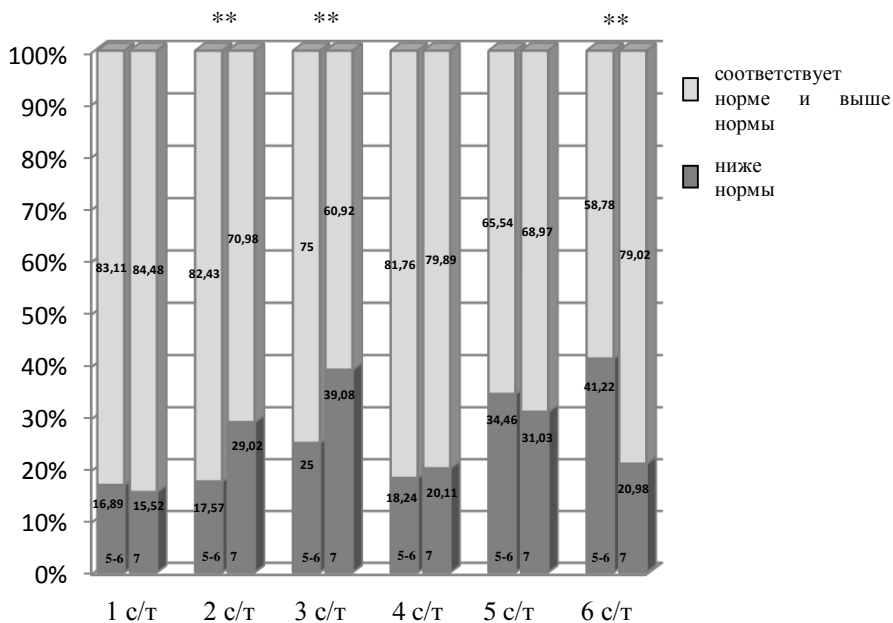


Рис. 2. Количество детей 5–6 и 7 лет (в %) с разным уровнем сформированности компонентов ЗВ.

** – различия между группами значимы на уровне $p < 0,01$

Процент детей, не справившихся на должном уровне с заданиями выполнения субтестов 2 и 3, характеризующих помехоустойчивость и константность ЗВ, в 7 лет, напротив, значительно увеличивается (рис. 2).

Количество детей с показателями выполнения субтеста 2 ниже нормы в увеличивается от $17,57 \pm 3,13$ % в 5–6 лет до $29,02 \pm 2,43$ % в 7 лет ($\chi^2 = 7,15$, $p = 0,008$); субтеста 3 – от $25,0 \pm 3,56$ % до $39,08 \pm 2,62$ % соответственно ($\chi^2 = 9,06$, $p = 0,003$). Такая динамика свидетельствует о более низких темпах формирования компонентов помехоустойчивости и константности, по сравнению с другими составляющими ЗВ, и высокой индивидуальной вариативности показателей их зрелости в данном возрасте, что отмечено в более ранних аналогичных исследованиях [10, 12, 16]. Так как помехоустойчивость и константность восприятия во многом зависят от эффективности избирательного внимания, механизмы которого к 7 годам у ребёнка остаются ещё незрелыми [9, 14, 15], можно предположить, что трудности при выполнении заданий, характеризующих эти функциональные компоненты ЗВ, у детей 5–7 лет связаны с несформированностью избирательного внимания.

Результаты комплексного субтеста (6), который оценивает интеграцию зрительных и моторных функций, зрительный анализ и синтез, демонстрируют закономерные и существенные различия в распределении детей с разной успешностью выполнения заданий в группах 5–6 и 7 лет. Для детей 5–6 лет задания данного субтеста являются гораздо более сложными, чем для детей 7 лет, что заметно сказывается на количестве испытуемых с результатами, не соответствующими возрастной норме (рис. 2). Отмечено резкое снижение от $41,22 \pm 4,05$ % до $20,98 \pm 2,18$ % количества детей, не справившихся с заданиями субтеста. Различия между детьми двух исследуемых групп по данному показателю составляет более 20 % ($\chi^2 = 21,57$, $p < 0,0001$).

Гетерохронность формирования отдельных компонентов ЗВ, высокая вариативность индивидуальных темпов их созревания свидетельствуют о сложности и системности психофизиологической структуры ЗВ.

О характере и возрастной динамике взаимодействия исследуемых компонентов ЗВ с компонентами устной речи у детей 5–6 и 7 лет позволяет судить анализ корреляций показателей данных составляющих в психофизиологической структуре их когнитивной деятельности.

Корреляционный анализ методом ранговых корреляций Спирмена выявил ряд значимых связей между компонентами ЗВ и речевого развития у детей 5–6 лет (табл. 3, рис. 3). Показатели сформированности всех компонентов ЗВ с высокой значимостью коррелируют с показателями сенсомоторной стороны речи с максимальным значением коэффициента корреляции для субтеста 5, характеризующего восприятие пространственных отношений ($r = 0,612$, $p < 0,0001$).

Таблица 3

Корреляционные связи показателей развития ЗВ и речевого развития у детей 5-6 лет ($n=44$) с уровнем значимости $p \leq 0,05$

ЗВ Реч. разв.	1 с/т		2 с/т		3 с/т		4 с/т		5 с/т		6 с/т	
	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p
Сенсомоторика	,445	,002	,526	,000	,399	,007	,584	,000	,612	,000	,554	,000
Языковой анализ	,588	,035										
Грамматика	,475	,001										
Словарь и словообр.	,307	,043										
Связная речь					,386	,010	,304	,045	,338	,025		
Номинативная функция					,690	,040						
Логикограмм. констр.	,529	,043	,620	,014							,630	,012

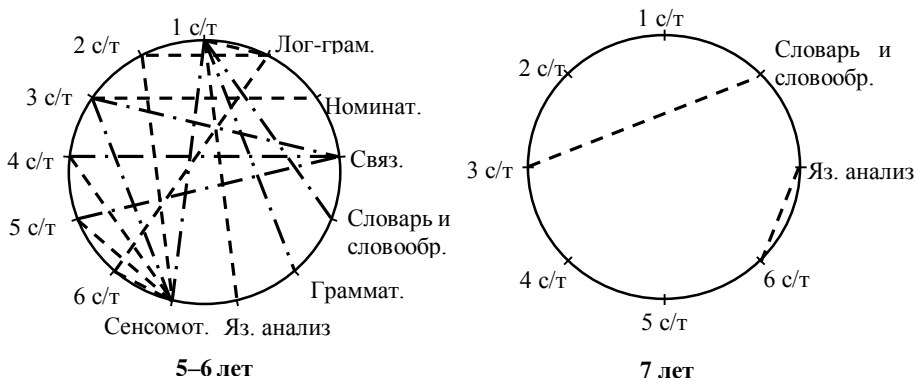


Рис. 3. Корреляционные взаимосвязи компонентов ЗВ с компонентами устной речи у детей 5–6 и 7 лет с показателями значимости связей $p < 0,05$.

1 c/t – зрительно-моторная координация, 2 c/t – похлоустойчивость, 3 c/t – константность, 4, 5 c/t – зрительно-пространственное восприятие, 6 c/t – зрительный анализ-синтез.

----- $r = 0,5-0,8$; - · - · - $r = 0,3-0,5$

Показатели сформированности зрительно-моторных интеграций обнаруживают максимальное количество связей с показателями уровня развития речевых компонентов (5 из 7-ми): с уровнем языкового анализа ($r = 0,588$, $p = 0,035$), грамматикой ($r = 0,475$, $p = 0,001$), словарём и навыками словообразования ($r = 0,307$, $p = 0,043$), построением логико-грамматических конструкций ($r = 0,529$, $p = 0,043$). Обращает на себя внимание наличие наибольшего количества связей сенсомоторных компонентов, как в речевой сфере, так и в системе ЗВ (рис. 3). Данный факт может объясняться взаимосвязанным развитием пальцевой и артикуляционной моторики у детей в возрасте 5–6 лет. В литературе имеются данные, свидетельствующие о том, что первоклассники с функциональными нарушениями артикуляции имеют низкую сформированность зрительно-моторных навыков [24]; дети 5–9 лет с расстройством артикуляции и фонологического развития делают значительно больше ошибок при выполнении зрительно-моторного гештальт-теста Л. Бендер [29]. Взаимосвязь пальцевой и артикуляционной моторики отмечены в исследованиях М.М. Кольцовой [7] и Л.В. Антаковой-Фоминой [1], которые утверждают, что в период формирования и совершенствования моторных механизмов у детей поступление в кору проприоцептивных импульсов от мышц кисти стимулирует развитие сенсомоторной стороны речи.

Не исключено также, что большое количество связей зрительно-моторного компонента с речевыми функциями отражает активность сенсомоторных областей при выполнении заданий, направленных на оценку уровня сформированности как экспрессивной речи, так и импрессивной. В частности при анализе речевого материала ребёнок не только повторяет его про себя, но даже проговаривает его вслух, что, разумеется, вызывает возбуждение в моторных центрах. При объяснении корреляций зрительно-моторного субтеста с этой точки зрения интересно, что именно связи с импрессивными составляющими речевого развития (понимание логико-

грамматических конструкций и языковой анализ) имеют большую степень тесноты (табл. 3, рис. 3).

Следует подчеркнуть, что механизмы и речевой, и зрительно-моторной деятельности в 5–6 лет недостаточно сформированы, и она для детей этого возраста ещё очень сложна. Кроме того, дошкольников характеризует незрелость фронтоталамической системы и механизмов произвольной регуляции деятельности в целом [9, 14].

При выполнении заданий, характеризующих понимание сложных логико-грамматических конструкций, развитие связной речи и номинативную функцию используются рисунки с изображениями предметов и действий. Так, при исследовании связной речи требуется составить рассказ по картинкам; при исследовании понимания логико-грамматических конструкций – выявить причинно-следственные связи и пространственные отношения изображённых предметов и объектов; при исследовании номинативной функции – идентифицировать и назвать нарисованный предмет или действие. Следовательно, речевая деятельность в этом случае находится в тесной связи со ЗВ. Специфика выполнения указанных заданий вполне может являться отражением выявленных в настоящем исследовании корреляций между показателями сформированности ЗВ и устной речи (рис. 3). Результаты выполнения субтеста 2, характеризующего помехоустойчивость, обнаруживают связь с формированием логико-грамматических конструкций ($r = 0,62$, $p = 0,14$). Показатели константности восприятия (субтест 3) коррелируют с уровнем развития связной речи ($r = 0,386$, $p = 0,1$) и номинативной функцией ($r = 0,69$, $p = 0,4$). Показатели зрительно-пространственных субтестов (4 и 5) обнаруживают связи с уровнем развития связной речи. Для субтеста 6, дающего комплексную оценку зрительно-моторной и аналитико-синтетической зрительной деятельности выявлена связь с уровнем развития логико-грамматических отношений ($r = 0,630$, $p = 0,012$).

Поскольку выполнение речевых проб в этих заданиях основано на первичном восприятии и анализе зрительной информации, операциях со зрительными образами, наличие вышеуказанных корреляций вполне объяснимо. Кроме того, в выборе структуры предложения при организации речевого высказывания большую роль играет избирательное зрительное внимание, без которого, разумеется, не может реализовываться и любая целенаправленная зрительная деятельность. Высказывание отражает то, что человек наблюдает в окружающем мире, и такая визуально опосредованная речь является формой языковой коммуникации, содержание и структура которой соответствует описываемым этими предложениями объектам, событиям и взаимосвязям между ними [13]. При описании события первыми шагами является его визуальная оценка и формирование перцептивного плана с последующим переводом его в план концептуальный. Эти две начальные стадии являются неязыковыми этапами порождения предложения, за которыми следуют языковые стадии, и в итоге будет формироваться собственно высказывание [13, 28].

Следует отметить также, что коэффициент корреляции связи константность – номинативная функция ($r = 0,69$) является максимальным в данной коррелограмме (табл. 3, рис. 3). Возможно то, что непосредственное название объекта или действия связано с более простыми механизмами опознания образов и последующим названием без включения логических мыслительных процессов, а константность является неотъемлемым компонентом зрительной памяти, которая обеспечивает

актуализацию образа, отражается в наиболее тесных связях номинативной функции речи и константности ЗВ. Это подтверждает более детальный анализ корреляций между показателями сформированности компонентов ЗВ и устной речи. Корреляция высокой тесноты и с высоким уровнем значимости ($r = 0,846$, $p = 0,008$) показателя константности обнаруживается только с результатами выполнения тех заданий, в которых нужно назвать предмет, изображённый на картинке («Существительные»), а не действие («Глаголы»), достоверные корреляции с которыми отсутствуют.

Таким образом, с одной стороны выполнение всех заданий теста оценки уровня ЗВ обязательно задействует механизмы зрительного внимания, с другой стороны ряд заданий теста диагностики устной речи требуют, как вовлечения зрительного внимания и зрительной памяти, так и непосредственного визуального анализа задания, что находит отражение в вышеописанных корреляциях.

Характер кросскорреляционных отношений показателей оценки ЗВ в выборке семилетних детей существенно отличается от такового у детей 5–6 лет (рис. 3). Исчезают все имеющиеся у более младших детей связи, и появляются новые. Статистический анализ выявляется только две значимые связи между компонентами ЗВ и речевого развития. (У детей 5–6 лет общее количество связей равно 16, у 7-летних – 2). Показатели константности коррелируют с уровнем развития словаря и словообразования ($r = 0,503$, $p = 0,24$), а комплексного субтеста (6) обнаруживают корреляции с уровнем сформированности языкового анализа ($r = 0,674$, $p = 0,001$).

Отсутствие связей для сенсомоторных компонентов обеих систем может быть свидетельством того, что механизмы мозговой организации и регуляции моторики речи и графических действий, осуществляемых при зрительном контроле, к 7 годам становятся более автономными, что отражает более зрелый тип структурно-функциональной организации мозга и соответствует данным научных исследований о значительных изменениях физиологических механизмов управления движениями [5].

Уменьшение количества коррелирующих компонентов в структурах исследуемых систем ЗВ и речи может отражать большую независимость и специфичность вовлечения отдельных зрительных и речевых операций в реализацию когнитивной деятельности ребёнка с увеличением возраста, а, следовательно, более высокий уровень развития и степень зрелости системных функций у младших школьников 7 лет по сравнению с 5–6-летними дошкольниками [12].

Появление у 7-летних детей новых коррелирующих пар: константность – словарь и словообразование и зрительный анализ-синтез – языковой анализ, может говорить о большей значимости избирательного зрительного внимания и зрительной памяти при словообразовании и языковом анализе, но, скорее, это является отражением сходных механизмов организации и регуляции деятельности и произвольного внимания в целом при выполнении заданий, характеризующих указанные стороны речевого развития и ЗВ, поскольку речевые пробы в этих тестах выполняются на слух, а задействование зрительной памяти при выполнении заданий на словообразование не играет большей роли, чем во многих других сериях диагностики речи.

Анализ кросскорреляционных отношений между результатами выполнения тестов оценки ЗВ и устной речи, показывает, что у детей 5–6 лет максимальное количество корреляций отмечается для сенсомоторных компонентов обеих систем, что

может отражать сходный характер механизмов их вовлечения в зрительно-перцептивную и речевую сферу, и общую динамику развития, а также функциональную связь мозговой организации мелкой моторики пальцев и артикуляционного аппарата.

Согласно результатам исследования, у дошкольников выполнение речевых проб, осуществляемых с использованием рисунков, зависит от уровня развития компонентов ЗВ, что четко проявляется в корреляционных связях между показателями оценки понимания логики-грамматических конструкций, номинативной функции, связной речи и компонентов ЗВ.

Существенное уменьшение корреляций у 7-летних детей между показателями ЗВ и речевого развития, также как и между показателями в структуре теста оценки ЗВ, отражает возрастную динамику развития обеих систем, направленную на большую специфичность и автономность функционирования отдельных компонент, и соответствует более зрелому типу мозговой организации.

Таким образом, в ходе исследования определена психофизиологическая структура взаимосвязи компонентов ЗВ и речи у детей 5–6 и 7 лет и характер возрастной динамики структуры взаимодействия этих систем.

ВЫВОДЫ

1. Между показателями зрительного восприятия и устной речи у детей 5–6 лет максимальное количество корреляций отмечается для сенсомоторных компонентов, что может отражать сходный характер механизмов их вовлечения в зрительно-перцептивную и речевую сферу, и общую динамику развития, а также функциональную связь мозговой организации мелкой моторики пальцев и артикуляционного аппарата.

2. У дошкольников успешность выполнения речевых проб с использованием рисунков, зависит от уровня развития зрительного восприятия, что отражается в корреляционных связях между показателями оценки понимания логики-грамматических конструкций, номинативной функции и связной речи, и всеми компонентами зрительного восприятия.

3. У 7-летних детей между показателями зрительного восприятия и речевого развития количество корреляций существенно снижается (до 2-х), что отражает возрастную динамику развития обеих систем, направленную на большую специфичность и автономность функционирования отдельных компонентов, и соответствует более зрелому типу мозговой организации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антакова-Фомина, Л. В. Стимуляция развития речи у детей раннего возраста путем тренировки движений пальцев рук / Л. В. Антакова-Фомина // Тезисы докладов 24-го Всесоюзного совещания по проблемам ВНД. – М., 1974. – С. 112–115.
2. Безруких, М. М. Методика комплексной диагностики зрительного восприятия у детей 5,0–7,5 лет / М. М. Безруких, Л. В. Морозова. – Ульяновск, 1994. – 58 с.
3. Безруких, М. М. Зрительное восприятие как интегративная характеристика познавательного развития детей 5–7 лет / М. М. Безруких, Н. Н. Терехова // Новые исследования: Альманах. – М., 2008. – № 1. – С. 13–26.

4. Безруких, М. М. Структурно-функциональная организация развивающегося мозга и формирование познавательной деятельности в онтогенезе ребёнка / М.М. Безруких, Р. И. Мачинская, Д. А. Фарбер // Физиология человека. – 2009. – Т. 35, № 6. – С. 10–24.
5. Безруких, М. М. Механизмы организации произвольной регуляции движений в процессе формирования навыка письма / М. М. Безруких // Когнитивные исследования: Сб. трудов. – М.: Ин-т психологии РАН, 2010. – С. 37.
6. Дубровинская, Н. В. Развитие речи и организация вербальной деятельности / Н. В. Дубровинская // Развитие мозга и формирование познавательной деятельности ребёнка / под ред. Д.А. Фарбер, М.М. Безруких. – М.: МПСИ; Воронеж: МОДЭК, 2009. – Гл. 7. – С. 327–370.
7. Кольцова, М. М. Двигательная активность и развитие функций мозга ребёнка / М.М. Кольцова. – М.: Педагогика, 1973. – 143 с.
8. Лурия, А. Р. Высшие корковые функции человека / А.Р. Лурия. – М.: МГУ, 1969. – 504 с.
9. Мачинская, Р. И. Созревание регуляторных структур мозга и организация внимания у детей младшего школьного возраста / Р.И. Мачинская, Е.В. Крупская // Когнитивные исследования: Сборник научных трудов: вып. 2 / Под ред. В.Д. Соловьева, Т.В. Черниговской. – М.: Изд-во Института Психологии РАН, 2008. – С. 32–48.
10. Морозова, Л. В. Индивидуальные особенности зрительно-пространственного восприятия у детей 5–7,5 лет: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.13 / Л.В. Морозова; Ин-т возрастной физиологии. – М., 1995. – 186 с.
11. Морозова, Л. В. Уровень развития структурных компонентов зрительного восприятия детей как показатель психофизиологической зрелости / Л.В. Морозова, Н.В. Звягина // Вестник ПГУ. – Архангельск, 2003. – № 2. – С. 48–55.
12. Морозова, Л. В. Психофизиологические закономерности зрительного восприятия детей 6–8 лет: автореф. дис. ... д-ра. биол. наук: 19.00.02. / Л.В. Морозова; Поморск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. – Архангельск, 2008. – 38 с.
13. Мячиков, А. В. Роль визуального внимания в выборе структуры предложения при порождении речевого высказывания / А.В. Мячиков, К. Шеперс // Когнитивные исследования. – 2012. – Вып. 5. – С. 138–159.
14. Семёнова, О. А. Возрастные изменения произвольной регуляции деятельности в старшем дошкольном и младшем школьном возрасте / О.А. Семёнова, Д.А. Кошельков, Р.И. Мачинская // Культурно-историческая психология. – 2007. – № 4. – С. 39–49.
15. Семёнова, О. А. Нейропсихологический и нейрофизиологический анализ возрастных преобразований познавательных функций и рисков учебной дезадаптации в дошкольном возрасте / О. А. Семёнова, Р. И. Мачинская // Новые исследования: Альманах. – М., 2012. – № 1. – С. 45–73.
16. Терёбова, Н. Н. Возрастные особенности функциональной организации коры головного мозга у детей 5, 6 и 7 лет с разным уровнем сформированности зрительного восприятия: Дис. ... канд. биол. наук: 19.00.02 / Н. Н. Терёбова; Ин-т возрастной физиологии. – М., 2010. – 147 с.
17. Фаликман, М. В. Стратегическая регуляция решения перцептивной задачи как класс нисходящих влияний на процесс построения перцептивного образа / М.

В. Фаликман, Е. В. Печенкова // Первая Российская конференция по когнитивной науке: Тезисы докладов. – Казань: КГУ, 2004. – С. 237–239.

18. Фаликман, М. В. Эффекты превосходства слова в зрительном восприятии и внимании / М. В. Фаликман // Психологический журнал. – 2010. – Т. 31, № 1. – С. 32–40.

19. Фарбер, Д. А., Дубровинская Н.В. Активационные процессы и эмоции в онтогенезе ребёнка / Д.А. Фарбер, Н.В. Дубровинская // Физиология человека. – 1989. – Т. 15, № 3. – С. 61–68.

20. Фарбер, Д. А. Младший школьник: развитие мозга и познавательная деятельность / Д. А. Фарбер. – М.: Вентана-Граф, 2004. – 32 с.

21. Физиология развития ребёнка: Руководство по возрастной физиологии / под ред. М.М. Безруких, Д.А. Фарбер. – М.: МПСИ; Воронеж: МОДЭК, 2010. – 768 с.

22. Фотекова, Т. А. Тестовая методика диагностики устной речи младших школьников / Т. А. Фотекова. – М.: АРКТИ, 2000. – 56 с.

23. Фотекова, Т. А. Диагностика речевых нарушений школьников с использованием нейропсихологических методов / Т.А. Фотекова, Т.В. Ахутина. – М.: АРКТИ, 2002. – 136 с.

24. Carroll, J. L. Visual-motor ability of children with articulation disorders / J. L. Carroll, G. B. Fuller, K. E. Lindley // *Perceptual and Motor Skills*. – 1989. – Vol. 69. – P. 32–34.

25. Frostig, M. Developmental test of visual perception / M. Frostig.– Revised, 1966. – 40 p.

26. Laszlo, S. The acronym superiority effect / S. Laszlo, K.D. Federmeier // *Psychonomic Bulletin and Review*. – 2007. – Vol. 14, № 6. – P. 1158–1163.

27. Leti, B. Visuo-attentional processing by dyslexic readers on the Reicher-Wheeler task / B. Leti, S. Ducrot // *Current Psychology Letters*. – 2008. – Vol. 24, № 1. – P. 25–39.

28. Levelt, W. J. M. Speaking: from intention to articulation / W. J. M. Levelt. – Cambridge: MIT Press, 1989. – 568 p.

29. Ozcebe, E. Evaluation of visual motor perception in children with developmental articulation and phonological disorders / E. Ozcebe, M. C. Kirazli, S. Sevinc // *Perceptual and Motor Skills*. – 2009. – Vol. 108. – P. 862–872.

К ВОПРОСУ О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛИНГВИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЛОЖНОСТИ ТЕКСТА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ОКУЛОМОТОРНОЙ АКТИВНОСТИ ПРИ ЧТЕНИИ У ПОДРОСТКОВ

В.В. Иванов¹

ФГНУ «Институт возрастной физиологии»
Российской академии образования, Москва

Проведен анализ «сложности» текста, которая характеризуется морфо- и психолингвистическими факторами. Показана тесная корреляция «сложности» и таких показателей, как «доля кратких прилагательных», «доля глаголов в личной форме», «коэффициент Флеша-Кинкэйда», «коэффициент Флеша», «коэффициент Колемана-Лиану», «среднее количество слов в предложении», «доля сложно-подчиненных предложений», «доля сложносочиненных предложений», «доля абстрактных слов». Предполагается влияние данных факторов на оculoмоторную активность при чтении. Предложены и описаны стимульные тексты, ранжированные по «сложности», которые будут использованы при изучении процесса чтения у подростков 10-15 лет.

Ключевые слова: морфо-лингвистические, психолингвистические факторы текста, оculoмоторная активность, чтение.

Ability to use the linguistic characteristics of text complexity when studying oculomotor activity during reading in teenagers. *The analysis of the text «complexity» characterized by morphological and psycholinguistic factors was held. There was shown a close correlation of text «complexity» and such factors as «the percentage of short adjectives», «the percentage of finite verb form», «Flesch-Kincaid coefficient», «Flesch coefficient», «Coleman-Liau coefficient», «average number of words per sentence», «percentage of complex sentences», «percentage of compound sentences», «percentage of abstract words». It was supposed that these factors influence oculomotor activity during reading. The texts ranged according to their «complexity» were described.*

Key words: morpho-linguistic and psycholinguistic text factors, oculomotor activity, reading.

Традиционные методики исследования процесса чтения, в которых применяется технология регистрации движений глаз, не позволяют достаточно строго контролировать предполагаемые стадии восприятия и обработки текста. С целью преодоления указанного недостатка исследователи оculoмоторной активности используют все новые модификации стимульного материала, позволяющие проявить свойства интегративного когнитивного процесса чтения при анализе движений глаз.

Как визуальная форма, так и содержание читаемого текста могут быть описаны большим количеством признаков. Каждый из них может влиять на тот или иной параметр или совокупность параметров оculoмоторной активности, что в свою очередь создает проблему для интерпретации экспериментальных данных,

Контакты: ¹ Иванов В.В., E-mail: <Ronin1024@bk.ru>

формирования и уточнения моделей чтения. Так, в литературе представлены две основные модели, описывающие чтение с точки зрения влияния его структурных компонентов на движения глаз: окуломоторная (низкоуровневая), описывающая глазодвигательную активность в зависимости от визуальных характеристик текста и его структурных элементов [12, 13, 14]; и процессинговая, ставящая лексические процессы на первое место [15, 16, 17, 18]. Согласно лексической модели на характеристики движений глаз влияют такие психолингвистические факторы как: частотность слова, трудность слова, контекстная предсказуемость, лексическая, синтаксическая или фонологическая неоднозначность, стилистическое согласование и влияние дискурса. Однако, данные факторы достаточно субъективны и не всегда существует возможность определить влияние конкретного детерминанта на глазодвигательную активность, особенно в условия массового эксперимента. «Сложность» текста в таких исследованиях необходимо перевести из рамок обыденного в плоскость научно обоснованного понимания, что позволит ранжировать тексты и использовать их при изучении становления процесса чтения. Для определения факторов «сложности» необходимо выделить основные морфо- и психолингвистические характеристики текстов и провести по ним анализ литературных источников. Факторы, достоверно влияющие на «сложность» текста, позволят глубже осмыслить такой многокомпонентный когнитивный процесс, как чтение, и, в частности, – его окуломоторную составляющую на разных этапах формирования навыка.

Основная гипотеза данного исследования заключается в том, что ключевым условием для изучения такого многосложного когнитивного процесса, как чтение, посредством регистрации окуломоторной активности является определение основных психолингвистических свойств текста, детерминирующих его «сложность». Целью данного исследования является выявление морфо- и психолингвистических факторов, влияющих на «сложность» текста.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучение литературных источников показало, что «сложность» текста диктуется как морфо-лингвистическими, так и психолингвистическими факторами [1, 2, 3, 7, 9, 11].

К морфо-лингвистическим факторам относят:

1. Отношения размеров элементов текст, таких как буква, слог, слово, друг к другу. Например, доля длинных слов в тексте (слов с тремя и более слогами), доля предложений текста, содержащих длинные слова, средняя длина слова (в буквах и слога) в тексте, средняя длиной предложения, измеряемой количеством слов, входящих в него.

2. Сложность лингвистических конструкций: количество в предложениях текста причастий и деепричастий, доля предложений текста, содержащих причастия и деепричастия, доля сложных предложений текста, грамматическая сложность текста (соотношение числа знаков препинания внутри предложения и количества предложений), доля частей речи (существительное, глагол и т. д.).

В литературе предложены [8] следующие интегративные оценки лингвистической сложности или читабельности текстов, основанные на эмпирических оценках и математическом анализе текстов:

- *Коэффициент Флеша–Кинкэйда*. Данный коэффициент преобразует количественную оценку текста в уровень образования, необходимый для понимания оцениваемого текста. Используется в основном преподавателями, библиотекарями и т. д. для выбора рекомендуемых книг и учебников в США. В формуле учитываются такие параметры, как: количество слов (w); количество предложений (s); количество слогов (c); средняя длина предложения (w/s), средняя длина слова (c/w) в слогах:

$$F_{\text{Flesch-Kincaid (класс)}} = (0.39 * w) / s + (11.8 * c) / w - 15.59; \quad (1)$$

$$F_{\text{Flesch-Kincaid (возраст)}} = (0.39 * w) / s + (11.8 * c) / w - 10.59; \quad (2)$$

- *Коэффициент Флеша*. Формула схожа с формулой Флеша–Кинкэйда. Учитывает количество слов (w), количество предложений в тексте (s), количество слогов в тексте (c), среднюю длину предложения в словах (w/s), средняя длина слова в слогах (c/w). Используется для оценки читабельности страховых договоров. Поскольку параметры русских и английских текстов не совпадают (средняя длина английского словаря составляет 2.77 слога, русского — 3.03; предложение на английском языке в среднем в 1.43 раза больше, чем на русском), то существует необходимость коррекции эмпирической формулы Флеша. Оборонева [6] предложила следующую формулу для русского языка:

$$F_{\text{Flesh}} = 206.836 - 65.14 * c/w - 1.52 * w/s; \quad (3)$$

- *Коэффициент Колемана-Лиану*. Коэффициент предназначен для оценки удобочитаемости текста. В отличие от большинства подобных оценок (кроме ARI), он базируется не на среднем количестве слогов в слове, а на среднем количестве символов в слове. Учитывает: общее количество символов в тексте (x), общее количество слов в тексте (k), количество предложений в тексте (s), средняя длина предложения (s/k); – средняя длина слова в символах (x/k).

$$F_{\text{Coleman-Liau}} = (5.89 * x) / k - (30.0 * s) / k - 15.8; \quad (4)$$

К психолингвистическим факторам сложности текста относят:

1. Связность и целостность текста.
2. Информативность текста, характеризующаяся количеством семантической информации, количеством новых для читателей сведений [10]. В большинстве случаев понятие вводится классической формой логического определения [6] и оценивается количеством приводимых в тексте определений – новых понятий.
3. Отношение количества терминов и абстракций к общему количеству слов – степень абстрактности изложения.
4. Отношение общего количества лемм (канонических, основных форм слова) к количеству слов. Т. е. лексическое разнообразие, лингвистический показатель сложности текста, характеризующий частоту встречаемости слов в тексте. Отношение 1.0, показывает, что в тексте слова ни разу не повторяются, следовательно впервые актуализируются в памяти.
5. Отношение наиболее частотных слов к их общему количеству.
6. Эмоционально-лексическая оценка текстов. Включенность групп лексических категорий «потребности», «мотивы», «ценности», «валентность», «акцентуации», «репрезентативные системы», «виды деятельности», «формы предъявления информации», «логика изложения событий», «центр внимания». А также лексических категорий, выделенных на основе семантического содержания исследуемых текстов.

7. Информационная энтропия текста – мера неопределенности информации. Общий смысл алгоритма подсчета энтропии – вычисление меры избыточности или предсказуемости текста. Чем менее предсказуем и избыточен текст, тем он сложнее.

Как видно из представленного краткого обзора, число лингвистических характеристик текстов может исчисляться несколькими десятками. Особенности их применения и учета трактуются характером экспериментального исследования. Однако, в плане изучения становления навыка чтения у подростков, требуется использовать некий интегративный показатель «сложности», сочетающий наиболее показательные лингвистические характеристики текстов.

В программе обучения русской литературе представлены общедоступные списки произведений, рекомендуемые для самостоятельного изучения в определенном возрасте. Для определения значимости различных морфо- и психолингвистических показателей, характеризующих «сложность» текста, был проведен анализ сочинений только по русской литературе (XVIII-XX веков), предложенных для внеклассного чтения детям 4х-11х классов (N=88). Переводные тексты обладают большей длиной, чем оригинальные [4], поэтому в данном исследовании они не обрабатывались. В данном исследовании за уровень «сложности» текста принимался год обучения (класс) в школе. Тексты были объединены в группы по «сложности», в зависимости от классов, для которых предлагался тот или иной текст (1 группа – 4 класс, N=22; 2 группа – 5 и 6 классы, N=22; 3 группа 7 и 8 классы, N=22; 4 группа – 9-11 классы, N=22).

Поскольку ручная обработка такого массива информации невозможна, то была написана программа автоматического анализа текста, использующая несколько десятков правил определения особенностей слов и предложений. В качестве инструментального средства проектирования (пакета прикладных программ) был выбран продукт Borland Delphi 7.0. Для анализа слов использовался СОМ-интерфейс для Delphi морфологического анализатора системы Диалинг (<http://www.aot.ru>). В конечном итоге авторская программа автоматического анализа текста рассчитывала 45 морфо- и психолингвистических параметров. Однако, для последующего анализа корреляционных зависимостей была использована только часть из них (таблица 1).

Таблица 1

Основные морфо- и психолингвистические факторы текста

Среднее количество слов в предложении	% существительных
Среднее количество букв в слове	% прилагательных
Среднее количество слогов в слове	% причастий
Среднее количество букв в слоге	% деепричастий
% сложносочиненных предложений	% инфинитивов
% сложноподчиненных предложений	% местоимений-предикативов
% сложных предложений	% местоименных прилагательных

% слов, содержащих 3 и более слога	% числительных (количественных)
% лемм	% порядковых числительных
% абстрактных слов	% наречий
Коэффициент Колемана-Лиану	% предикативов
Коэффициент Флеша-Кинкэйда (возраст)	% предлогов
Коэффициент Флеша-Кинкэйда (класс)	% союзов
Коэффициент Флеша (для русского языка)	% междометий
% глаголов в личной форме	% частиц
% кратких прилагательное	% вводных слов
% местоимений-существительных	% кратких причастий

Обсчет статистических показателей производился при помощи пакета SPSS 13.0. Для нахождения тесноты статистической связи между «сложностью» текстов и их морфо- и психолингвистическими свойствами использовался коэффициент линейной корреляции Пирсона.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Оценка результатов корреляционного анализа (таблица 2) показывает, что наиболее тесно со «сложностью» текста коррелируют следующие морфо- и психолингвистические характеристики:

- *достоверность корреляции* - $p < 0.001$: «% кратких прилагательных»¹, % глаголов в личной форме (отрицательная корреляция)²;

- *достоверность корреляции* - $p < 0.01$: коэффициент Флеша-Кинкэйда (возраст или класс), коэффициент Флеша (русский язык), среднее количество слов в предложении, % сложноподчиненных предложений;

- *достоверность корреляции* - $p < 0.05$: коэффициент Колемана-Лиану, % сложносочиненных предложений, % абстрактных слов, % местоимений-существительных³.

¹Качественное прилагательное, имеющее нулевое окончание в единственном числе мужского рода, окончание -а(-я) и -о(-е) соответственно в единственном числе женского и среднего рода, -ы(-и) во множественном числе всех родов и употребляющееся в основном в функции сказуемого. Например: нов, нова, ново, новы; хорош, хороша, хорошо, хороши. Краткие прилагательные характерны для книжных стилей речи, а полные обычно употребляются в речи нейтральной и разговорной.

²Спрягаемая форма глагола, т.е. изменяющаяся по лицам, числам, временам и наклонениям, выполняющая в предложении функцию сказуемого личных предложений. Личные глагольные формы указывают на того, кем совершается действие. Например: я читаю, ты читаешь, он читает, она читала, мы читаем, вы читаете.

³К местоименным существительным относятся следующие местоимения: личные (я, ты, он, она, оно, мы, вы, они), возвратное (себя), вопросительно-относительные (кто и что) и образованные от них отрицательные и неопределённые (никто, ничто, некого, нечего, некто, нечто, кто-то, кое-что, что-либо и др.). Местоименные существительные в предложении выполняют те же функции, что и существительные, - подлежащее или дополнение.

Таким образом установлено, что только некоторые лингвистические свойства текста определяют его «сложность». Поэтому при составлении стимульного (текстового) материала для проведения исследования окулomotorной активности при чтении необходимо учитывать все выше перечисленные факторы комплексно.

Таблица 2

Теснота корреляции «сложности» и морфо- и психолингвистических показателей текста

Показатель	Коэффициент корреляции (r)	Достоверность корреляции (p)
% кратких прилагательных	0,430	***
% глаголов в личной форме	-0,396	***
Коэффициент Флеша-Кинкэйда (возраст и класс)	0,330	**
Коэффициент Флеша (русский язык)	-0,316	**
Среднее количество слов в предложении	0,329	**
% сложноподчиненных предложений	0,307	**
Коэффициент Колемана-Лиау	0,252	*
% сложносочиненных предложений	0,218	*
% абстрактных слов	0,217	*
% местоимений-существительных	0,214	*
*** - $p < 0.001$; ** - $p < 0.01$; * - $p < 0.05$		

Таким образом, показана потенциальная возможность ранжирования текстов по «сложности» при помощи морфо- и психолингвистических факторов. Предполагается, что параметры окулomotorной активности в разных по «сложности» текстах будут детерминированы как количественными характеристиками слов и предложений (например, длина слов и предложений и проч.) и качественными свойствами текста (например, синтаксическая организация, абстрактность изложения, используемые словоформы и т. д.), так и степенью сформированности навыка чтения. Такое исследование позволит глубже осознать механизм процесса чтения и степень влияния на него текстовых и возрастных факторов.

Материалы этого исследования были положены в основу отбора тестового материала для регистрации окулomotorной активности при чтении в рамках изучения сформированности у подростков данного навыка как интегрированной когнитивной деятельности. На основе результатов анализа была проведена выборка законченных по смыслу отрывков из текстов по значимым лингвистическим показателям текстовой «сложности». Тексты содержат в среднем 192 слова и 1037 символов. Такой размер текста диктуется особенностями методики видеорегистрации движений глаз и требованиями СанПин. Основные характеристики лингвистических показателей выбранных текстов представлены в таблице 3. В дальнейших исследованиях планируется изучить влияние указанных морфо- и психолингвистических факторов на такие характеристики движений глаз, как продолжительность фиксации, амплитуда саккад, процент регрессов, скорость чтения в символах, объем воспринимаемых за фиксацию знаков.

Таблица 3

Морфо- и психолингвистические показатели отрывков из текстов

Показатель	Успенский Э.Н. Дядя Федор.	Катаев В.П. Белеет парус одинокий	Толстой Л.Н. Севастопольские рассказы	Куприн А.И. Гранатовый браслет
Класс	4	5	8	11
Сложность	1	2	3	4
Среднее количество слов в предложении	7,65	15,25	18,00	29,43
Среднее количество букв в слове	4,92	5,42	5,69	5,61
Среднее количество слогов в слове	2,06	2,25	2,47	2,39
Среднее количество букв в слоге	2,22	2,29	2,22	2,18
% сложносочиненных предложений	7,69	8,33	20	28,57
% сложноподчиненных предложений	0,00	8,33	20	28,57
% лемм	62,81	74,86	75,56	75,73
% абстрактных слов	1,01	1,64	2,22	3,88
Коэффициент Колемана-Лиау	9,23	14,13	16,04	16,2
Коэффициент Флеша-Кинкэйда (возраст или возраст)	16,65	21,92	25,54	29,13
Коэффициент Флеша (русский язык)	61,32	37,00	18,8	6,21
% краткое прилагательное	0,00	0,55	0,56	0,97
% глаголов в личной форме	19,10	12,57	10	6,31
% причастий	0,00	1,09	1,67	2,91

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Морфо- и психолингвистические свойства текста могут стать основой для отбора стимульного материала для анализа окуломоторной активности в процессе чтения.

2. Для более корректной оценки «сложности» требуется проведение «экспертной оценки» выбранных текстов как преподавательским составом, так и самими участниками экспериментального исследования.

3. Использование лингвистического подхода при оценке стимульного (текстового) материала, используемого для регистрации окуломоторной активности при чтении, позволит расширить знания об этом сложном когнитивном процессе, его становлении и нарушениях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондаренко, А.Ф., Кондратюк, Н.С. Русская традиция в поисках истоков / А.Ф. Бондаренко, Н.С. Кондратюк // Психотерапия. – 2008. – № 6. – С. 7-16.
2. Криони, Н.К., Никин, А.Д., Филиппова, А.В. / Автоматизированная система анализа сложности учебных текстов / Н.К. Криони, А.Д. Никин, А.В. Филиппова // Вестник УГАТУ: науч. Журнал Уфимского гос. авиац. техн. ун-та. – 2008. – Т. 11, № 1 (28). – С. 101–107.
3. Кутузов, А.Б. Методики определения сложности текста в рамках переводческого анализа / А.Б. Кутузов // Вестник Нижегородского государственного лингвистического университета им. Н.А. Добролюбова. Лингвистика и межкультурная коммуникация. – Нижний Новгород: НГЛУ, 2009. – Вып. 4. – С. 30-36.
4. Михайлов, М.Н. Чем длиннее, тем лучше? Как сравнить длины исходного текста и перевода? / М.Н. Михайлов // Математическая морфология. – Смоленск: СГМА, 2003. – Т. 5. Вып. 1.– С. 23-32
5. Новиков, А.И. Семантика текста и ее формализация / А.И. Новиков; АН СССР. Ин-т языкознания. – М.: Наука, 1983. – 97 с.
6. Оборонева, И.В. Математическая модель оценки учебных текстов / И.В. Оборонева // Вестник МГПУ. – М.: МГПУ, 2005. – №1(4). – С. 141-147.
7. Оборонева, И.В. Автоматизированная оценка сложности учебных текстов на основе статистических параметров: дис. канд. пед. наук / И.В. Оборонева. – М., 2006. – 120 с.
8. Окладникова, С.В. Модель комплексной оценки читабельности тестовых материалов / С.В. Окладникова // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2010. – №3 (11). – С. 63-70.
9. Редченкова, Г.Д. «Учительская экспертиза» учебника (критерии, по которым может быть оценен учебник) / Г.Д. Редченкова [Электронный ресурс] (<http://www.iro.yar.ru:8101/>).
10. Сохор, А.М. Логическая структура учебного материала / А.М. Сохор. – М.: Педагогика, 1974. – 119 с.
11. Шпаковский, Ю.Ф., Петрова, Л.И. Разработка количественной методики оценки трудности восприятия учебных текстов для высшей школы / Ю.Ф. Шпаковский, Л.И. Петрова // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2013. – Вып. 1(83). – С. 110-117.
12. McConkie, G.W. Children's eye movements during reading / G.W. McConkie, D. Zola, J. Grimes, P.W. Kerr, N.R. Bryant, P.M. Wolf // Vision and visual dyslexia. / eds. J. F. Stein. – London: Macmillan Press, 1991. – P. 251–262.
13. O'Regan, J.K. Eye movements and reading / J. K. O'Regan // Eye movements and their role in visual and cognitive processes / eds. E. Kowler. – Amsterdam: Elsevier, 1990. – P. 395–453.
14. O'Regan, J.K. Optimal viewing position in words and the strategy-tactics theory of eye movements in reading / J. K. O'Regan // Eye movements and visual cognition: Scene perception and reading / eds. In K. Rayner. – New York: Springer-Verlag, 1992. – P. 333–354.

15. Rayner, K. Eye-movement control in reading: updating the E-Z Reader model to account for initial fixation locations and refixations / K. Rayner, E.D. Reichle, A. Pollatsek // Reading as a Perceptual Process / eds. A. Kennedy, R. Radach, D. Heller, J. Pynte – Elsevier, 2000. – P. 701–720.
16. Reichle, E.D. Cognitive processing and models of reading / E.D. Reichle, K. Rayner // Models of the visual system/eds. G.K. Hung, K.J. Ciuffreda. – New York: Kluwer Academic, 2002. – P. 565–604.
17. Reichle, E.D. Eye-movement control in reading: accounting for initial fixation locations and refixations within the E-Z Reader model/E.D. Reichle, K. Rayner, A. Pollatsek // Vision Research – 1999. – Vol.39. – P. 4403–4411.
18. Reichle, E.D. Toward a model of eye-movement control in reading / E.D. Reichle, A. Pollatsek, D.L. Fisher, K. Rayner // Psychol. Rev. – 1998. – Vol. 105, №1. – P. 125–157.

ВОЗРАСТНАЯ МОРФОЛОГИЯ

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ СООТНОШЕНИЯ НЕЙРО-ГЛИО-СОСУДИСТЫХ МИКРОСТРУКТУРНЫХ КОМПОНЕНТОВ ЛОБНОЙ КОРЫ БОЛЬШОГО МОЗГА У ДЕТЕЙ ОТ РОЖДЕНИЯ ДО 3 ЛЕТ

Т.А. Цехмистренко¹

Российский университет дружбы народов,
ФГНУ «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 (37 левых полушарий) от рождения до 3 лет в годовых интервалах изучали удельные объемы нейронов, волокон, глиоцитов и кровеносных сосудов. Показана гетерохронность и зональные отличия в формировании микроструктурных компонентов фронтальной коры в течение первого года жизни и на этапе раннего детства.

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

Quantitative correlation between neuronal, glial and vascular microstructural components of frontal cerebral cortex in children from birth to 3 years old. The article presents the study of specific volumes of neurons, fibers, glial components and blood vessels in sublayer III³ of 8 and 45 frontal areas in cerebral cortex (37 left hemispheres) in children from birth to 3 years old. Regional differences in the formation of microstructural components of frontal cortex within the first year of life and at the stage of the early childhood are shown.

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

Известно, что разные поля коры больших полушарий существенно отличаются между собой не только особенностями cito-, фибро-, миело- и синапсоархитектоники, но также особенностями ансамблевой, или модульной, организации микроструктурных компонентов, складывающимися вследствие функциональной специализации тех или иных корковых зон [3].

Несмотря на существенные различия в понимании принципов построения модульных кластеров корковых нервных центров и отсутствие единой терминологии для их обозначения [13, 17], большинство современных исследователей согласно с тем, что нейронные ансамбли (корковые модули) в функциональном отношении должны обладать базовыми интегративными свойствами [5, 12]. В качестве структурных компонентов они включают не только нейроны и специализированные

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

нейронные группировки, но и определенным образом организованные пучки дендритов и внутрикорковых волокон. Важными структурными компонентами нейрональных корковых ансамблей являются клетки нейроглии и внутрикорковые кровеносные сосуды. Гетероморфность структурной организации нейро-глио-сосудистых ансамблей на клеточно-популяционном уровне определяется разнообразием нейронных группировок по количеству, композиции, размерным параметрам и уровню дифференцировки нейронов разных типов в их составе, степенью развития внутрикорковых волокон, глиоцитов и сосудистого компонента в пределах ансамбля [6, 7].

В настоящее время представления о структурной организации внутрикорковых ансамблей корковых формаций мозга человека продолжает активно развиваться, но уже сейчас не вызывает сомнений тот факт, что изучение возрастных преобразований экранных структур мозга должно быть основано на объективных информативных параметрах, отражающих структурные изменения не только цито- и фиброархитектоники, но и основных компонентов нейронных ансамблей на разных этапах онтогенеза.

Исходя из вышеизложенного, задачей настоящего исследования было изучение количественных соотношений микроструктурных компонентов нейро-глио-сосудистых ансамблей в лобной коре большого мозга у детей от рождения до 3 лет с целью определения возможности применения данных параметров для оценки возрастных особенностей и регионарных различий в развитии функционально специализированных полей лобной области коры больших полушарий. Кроме того, была сделана попытка выявить, какие изменения исследованных компонентов являются ведущими маркерами постнатальных преобразований ансамблевой организации коры, а, следовательно, и совершенствования ее функциональных возможностей с возрастом.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В соответствии с задачами работы были исследованы кусочки коры большого мозга, полученные из 37 больших полушарий (в основном, левых) от 34 трупов людей обоего пола в возрасте от рождения до 3 лет, погибших насильственной смертью без травм мозга. Кусочки вырезали в области глазодвигательного поля 8 и речедвигательного поля 45 (зона Брока).

Материал исследования был сгруппирован 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 крезильовым фиолетовым по Нисслю, а также импрегнировали нитратом серебра по Петерсу 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 [9] в собственной модификации. Выявляли относительные удельные объемы (УО) нейронов, волокон, глиоцитов и

сосудов в III^3 подслое коры при увеличении 15×40 (с иммерсией) при помощи встроенной в программу 4-хузовой 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 %), хотя последний и не измерялся. 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 $P=95\%$ [10].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение объема нейронов и волокон в структуре ансамблеобразующего подслоя III^3 позволило установить, что в поле 8 коры большого мозга новорожденных относительное содержание нейронов выше по сравнению с содержанием внутрикорковых волокон ($p < 0,05$). УО нейронов и волокон составляют соответственно $31,5 \pm 2,4\%$ и $12,1 \pm 1,2\%$. В этом поле, начиная со второго года жизни, различия в процентном содержании нейронов и волокон сглаживаются и становятся статистически недостоверными (рис. 1). К 2-3 годам относительное содержание нейронов снижается в 1,2-1,5 раза, в то время как аналогичный показатель волокон нарастает в 2,3-2,4 раза по сравнению с новорожденными ($p < 0,05$). К 3 годам УО нейронов и волокон в коре составляет соответственно $25,6 \pm 1,2\%$ и $29,1 \pm 2,8\%$.

В поле 45 у новорожденных соотношение нейронов и волокон примерно такое же, как в поле 8, их УО достигают соответственно $30,5 \pm 2,0\%$ и $10,2 \pm 2,0\%$. К 2-3 годам УО нейронов снижается в 1,1-1,2 раза и к 3 годам составляет $24,8 \pm 2,0\%$. Содержание волокон в поле 45 нарастает до конца 1 года в 2,0 раза и к 2-3 годам в 2,4-2,7 раза по сравнению с новорожденными. Однако, в отличие от поля 8, в поле 45 от рождения до 3 лет процентное содержание нейронов остается значимо более высоким по сравнению с относительным содержанием волокон. УО волокон в верхнем этаже коры меньше по сравнению с нейронами ($p < 0,05$) и составляет $19,6 \pm 2,0\%$.

Как следует из приведенных данных к 3 годам относительное содержание нейронов в подслое III^3 полей 8 и 45 не имеет существенных различий. Запрограммированная гибель нейронов в этих топографически близких проекционно-ассоциативных полях, и, как было показано ранее [11], нарастание размеров нейронов в интегративно-пусковых полях 8 и 45 в период раннего детства идет сходным образом по темпам и срокам. Однако формирование волокнистого компонента верхнего ассоциативного этапа коры в глазовдвигательном поле 8 от рождения до 3 лет происходит заметно интенсивнее по сравнению с речевдвигательным и филогенетически более молодым полем 45. Это подтверждается тем, что уже к 2-3 годам в более зрелом поле 8 удельный объем волокон в 1,4-1,5 раза выше, чем в поле 45.

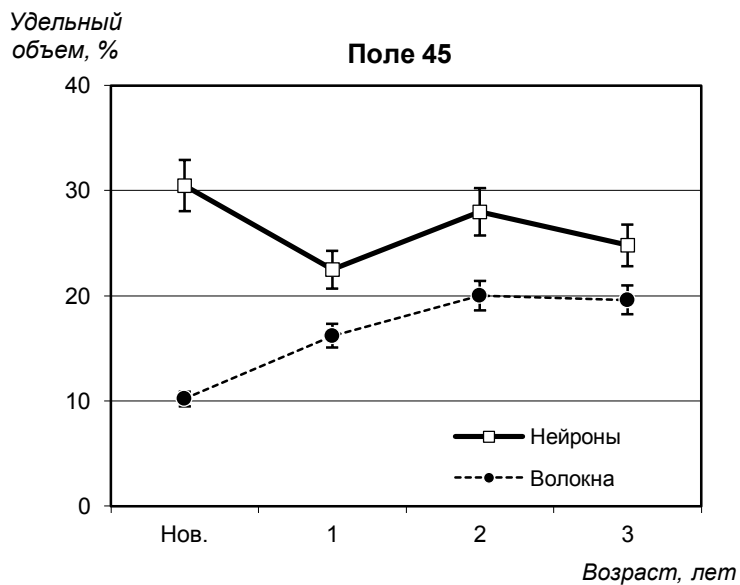
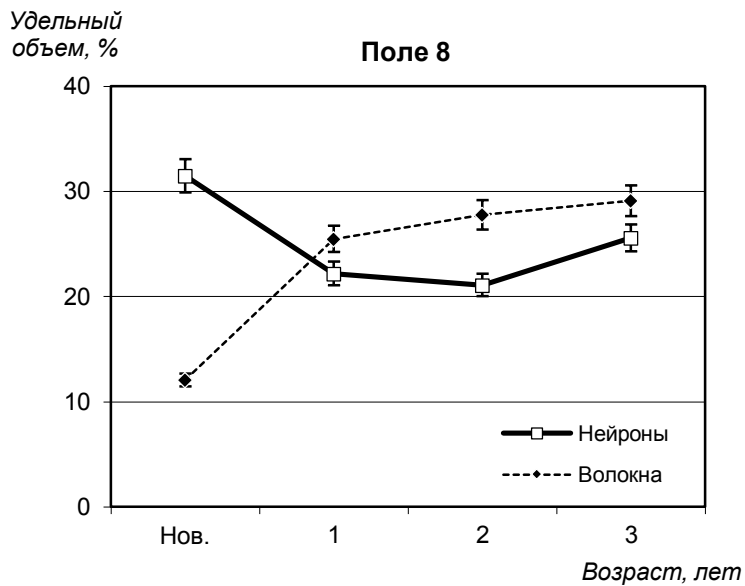


Рис. 1. Изменение удельных объемов нейронов и волокон в П³ подслое полей 8 и 45 лобной области коры от рождения до 3 лет. Вертикальные отрезки – значения стандартной ошибки.

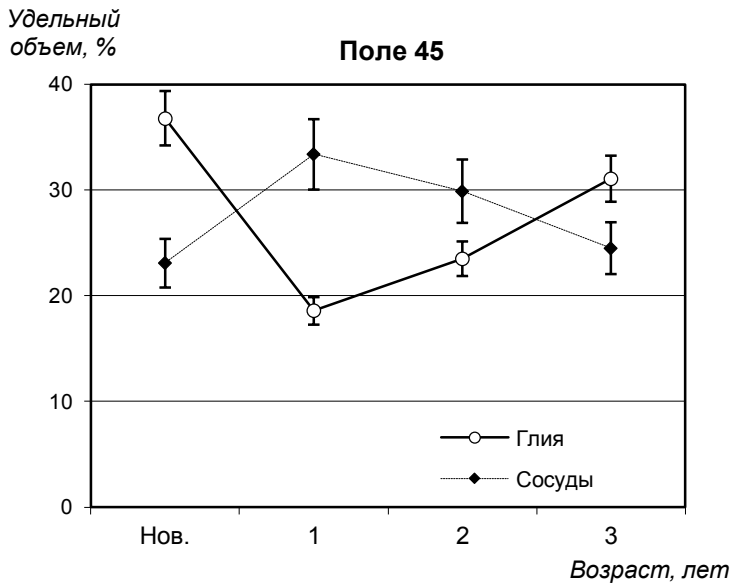
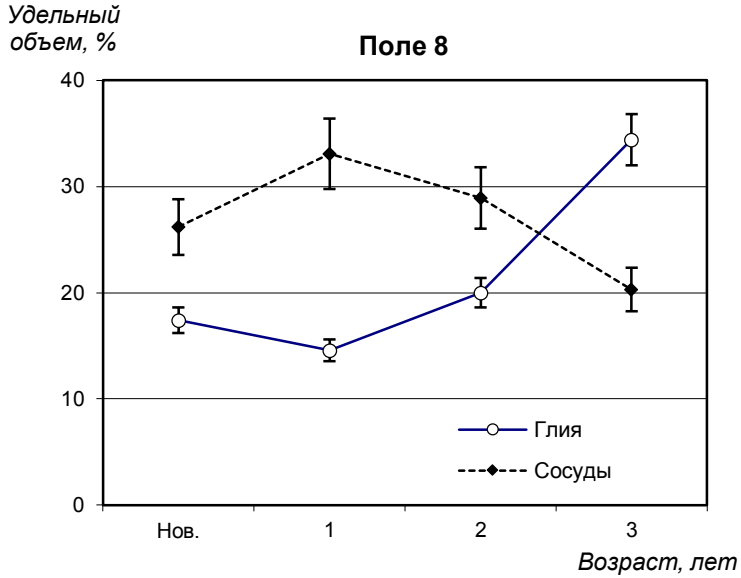


Рис. 2. Изменение удельных объемов глиоцитов и кровеносных сосудов в ПП³ подслое полей 8 и 45 лобной области коры от рождения до 3 лет. Вертикальные отрезки – значения стандартной ошибки.

Изучение возрастных изменений внутрикоркового сосудистого компонента нейро-глио-сосудистых ансамблей в полях 8 и 45 лобной области коры большого мозга человека показало, что уже у новорожденных в коре выявляются отдельные нейрональные колонки, включающие глиальные и сосудистые элементы в составе нейро-глио-сосудистых ансамблей, организованных по радиарно-ячеистому принципу. На фронтальных срезах коры формирующаяся капиллярная сеть состоит из петель вытянутой формы, длинная ось которых направлена по ходу радиальных сосудов.

В течение первых 1,5-2 месяцев жизни в исследованных полях лобной области коры большого мозга продолжается выделение из первичной капиллярной сети артериальных стволиков и мелких артериальных петель, что коррелирует со свойственным этому периоду интенсивным увеличением числа внутримозговых сосудов в целом. На первом году отмечается ранний этап формирования внутрикоркового микроциркуляторного русла. Для него характерны малодифференцированная мелкопетлистая первичная капиллярная сеть, обеспечивающая избыточность кровотока в ткани мозга, особенно в первые 3-4 месяца после рождения.

В период от 1 до 3 лет структурные преобразования включают интенсивный рост микроциркуляторного русла в сочетании с частичной редукцией его первичной капиллярной сети.

Изучение соотношения УО глиоцитов и внутрикорковых кровеносных сосудов в Ш³ подслое фронтальной коры позволило установить, что у новорожденных относительное содержание глиоцитов значительно различается в исследованных полях, составляя $36,8 \pm 1,9$ % в поле 45 и $17,4 \pm 0,9$ % в поле 8. Таким образом, в поле 45 глиальный компонент больше по сравнению с полем 8 в 2,1 раза. Четкой зависимости между степенью васкуляризации коры и содержанием в ней глии нами не прослеживается. Высокая плотность кровеносных сосудов в единице объема мозговой ткани обнаруживается в обоих исследованных полях (рис. 2).

В поле 8 от рождения к концу первого года жизни УО глиального компонента в мозговой ткани снижается в 1,2 раза, а относительное содержание сосудов увеличивается в 1,3 раза ($p < 0,05$). К 2-3 годам процентное содержание глиоцитов снова нарастает в 1,4-2,4 раза по сравнению с годовалыми детьми, а кровеносных сосудов, наоборот, снижается в 1,6 раза. К 3 годам в поле 8 УО глиоцитов и внутрикорковых сосудов составляют соответственно $34,4 \pm 2,6$ % и $20,3 \pm 2,5$ %.

В поле 45 в течение первого года жизни относительное количество глии в Ш³ подслое уменьшается в 2,0 раза, в то время, как УО сосудов нарастает в 1,4 раза ($p < 0,05$). В течение 2-го года жизни соотношение глиального и сосудистого компонентов остается относительно стабильным. К концу 3-го года жизни процентное содержание глиоцитов снова нарастает в 1,7 раза, а объем сосудов снижается в 1,4 раза по сравнению с годовалыми детьми. К 3 годам в поле 45 УО глиоцитов и внутрикорковых сосудов составляют соответственно $31,1 \pm 3,4$ % и $24,5 \pm 2,2$ %.

Как видно из полученных данных, в обоих полях к 3 годам отмечается значимое нарастание глиального компонента по сравнению с сосудами. Нарастание нейроглии, вероятно, связано с повышением роли глиоцитов в метаболических процессах мозговой ткани и носит как заместительный, так и компенсаторно-приспособительный характер, что подтверждают и другие авторы [15]. Не исключено, что высокие концентрации глиальных клеток в коре большого мозга повышают способности к обучению и являются клеточной основой процессов памяти [16].

Наибольшее содержание глии у новорожденных и наименьшие темпы редукции микроциркуляторного русла отмечены в филогенетически наиболее «молодом», сугубо «человеческом» поле 45. По нашему мнению, высокая функциональная активность данного коркового локуса, связанного с речедвигательной функцией, интенсивно развивающейся у детей и подростков, обеспечивается и более высоким уровнем пластических и обменных процессов, поддерживаемых благодаря повышенному гемодинамическому статусу поля 45 по сравнению с другими исследованными полями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные с помощью стереометрического анализа данные о соотношении УО нейронов и волокон свидетельствуют о более низком уровне зрелости к моменту рождения компонентов ансамблевой организации коры в сугубо человеческом речедвигательном поле 45 и более продолжительном ее формировании на этапе раннего детства. Интенсивное развитие волокнистого компонента в поле 8 связано с наличием рано формирующихся мощных корково-корковых ипсилатеральных и каллозальных связей с полями затылочной, височной областей и другими полями лобной области коры, в то время, как ассоциативные и проекционные связи поля 45, по-видимому, формируются менее интенсивно и носят более локально специализированный характер [8, 18]. Как свидетельствуют наши данные, соотношение удельных объемов нейронов и волокон может стать удобным показателем для сравнения темпов развития функционально и филогенетически отличающихся полей и областей коры большого мозга на ранних этапах постнатального онтогенеза.

Полученные данные позволяют также предположить, что в постнатальном онтогенезе важную роль в процессе развития нейронных ансамблей играют сосудисто-глиальные взаимоотношения, являющиеся одним из показателей функционально-метаболической активности нейронов, что подтверждают и другие авторы [14, 19]. По нашим данным в системе «нейрон (группировка нейронов) – глия – сосуды» количественные соотношения внутрикорковых сосудов и глиоцитов носят обратно пропорциональный характер, что особенно четко выражено на протяжении ранних периодов постнатального онтогенеза, а именно грудного возраста и раннего детства.

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. Васильев Ю.Г. Нейро-глио-сосудистые отношения в центральной нервной системе (морфологическое исследование с элементами морфометрического и математического анализа) / Ю.Г. Васильев, В.М. Чучков. – Ижевск: Изд. АНК, 2003. – 164 с.
8. Дзугаева С.Б. Проводящие пути головного мозга человека (в онтогенезе). – М.: Медицина, 1975. – С. 3-247.
9. Стефанов С.Б., Кухаренко Н.С. Ускоренные способы количественного сравнения морфологических признаков и систем. – Благовещенск: ВСХИ, 1989. – 65 с.
10. Стрелков Р.Б. Экспресс-метод статистической обработки экспериментальных и клинических данных. – М.: Изд. П МОЛГМИ, 1986. – 86 с.
11. Цехмистренко Т.А. Структурные преобразования коры большого мозга и мозжечка человека в постнатальном онтогенезе/ Т.А. Цехмистренко, В.А. Васильева, Н.С. Шумейко, Н.А. Черных. – В кн.: Развитие мозга и формирование познавательной деятельности ребенка». – М.: Изд-во НПО «Модек», 2009. – С. 9-75.
12. Bureau I., Shepherd G.M., Svoboda K. Precise development of functional and anatomical columns in the neocortex // *Neuron*. – 2004. – V. 42, N5. – P. 789-801.
13. Buxhoeveden D.P., Casanova M.F. The minicolumn hypothesis in neuroscience // *Brain*. – 2002. – V.125. – P. 935-951.
14. Costa M.R., Götz M., Berninger B. What determines neurogenic competence in glia? // *Brain Research Reviews*. – 2010. – № 63. – P. 47–59.
15. Haydon P.G., Carmignoto G. Astrocyte control of synaptic transmission and neurovascular coupling // *Physiol. Rev.* – 2006. – V. 86, № 3. – P. 1009-1031.
16. Jr A.P., Furlan F.A. Astrocytes and human cognition: Modeling information integration and modulation of neuronal activity // *Progress in Neurobiology*. – 2010. – № 92. – P.405–420.
17. Mountcastle V. The columnar organization of the neocortex // *Brain*. – 1997. – № 120. – P. 701-722.
18. Nauta W.J. Neural associations of the frontal cortex // *Acta Neurobiol. Exp.* – 1972. – Vol. 32, № 2. – P. 125-140.
19. Pfrieger F.W. Role of glial cells in the formation and maintenance of synapses // *Brain Research Reviews*. – 2010. – № 63. – P. 39–46.

ОСОБЕННОСТИ АНСАМБЛЕВОЙ ОРГАНИЗАЦИИ В КОРЕ БОЛЬШОГО МОЗГА У ДЕТЕЙ ОТ РОЖДЕНИЯ ДО 3 ЛЕТ

В.А. Васильева¹, Н.С. Шумейко
Федеральное государственное научное учреждение
«Институт возрастной физиологии»
Российской академии образования, Москва

В результате изучения левых полушарий детей от рождения до 3 лет методом компьютерной морфометрии установлены особенности гнездовых группировок III слоя полей 4р, 6 и бор двигательной коры, полей 17 и 19 зрительной и поля 37ас задней ассоциативной областей коры большого мозга человека (27 наблюдений). Во всех изученных полях структура микроансамблей имеет различия как по площади профильных полей клеточных группировок, так и по количеству, размерам и композиции нейронов в группировках.

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

Peculiarities of ensembles organization of the brain cortex in children from birth up to 3 years old. *This study was held with the help of computer morphometry in layer III of 4p, 6, бор areas of motor zone, in visual areas 17, 19 and posterior associative zone area 37ac of the cerebral cortex (27 left hemispheres) of children from birth to 3 years old. The structures of microgroups of the all the studied zones differ in size of specific areas of cell groups and in number, size and composition of neurons.*

Keywords: *age, motor cortex, visual cortex, posterior associative cortex, neuron, microgroups, computer morphometry.*

В последние годы исследователями уделяется большое внимание изучению ансамблевой организации различных отделов мозга [1, 2, 3, 4, 5, 7]. В настоящее время общепризнано, что основными интегративными единицами большого мозга являются повторяющиеся нейронные ансамбли или модули, имеющие определённые параметры пространственной организации. Нами не обнаружено данных о структурных преобразованиях архитектоники нейронных ансамблей в двигательной и зрительной областях коры большого мозга человека в раннем детском возрасте. Изучение с помощью метода компьютерного анализа нейронных группировок в коре большого мозга человека позволяет выявить особенности ансамблевой организации функционально различных областей коры.

Задачей нашей работы было изучение возрастных особенностей структурной организации группировок нейронов в полях 4р, 6 и бор двигательной, в полях 17 и 19 зрительной и в поле 37ас задней ассоциативной областей коры большого мозга человека в период от рождения до 3 лет методом компьютерной морфометрии.

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

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучено 27 левых полушарий большого мозга детей от рождения до 3 лет. После фиксации мозга в 12 %-ном формалине на вершине центральной извилины выделяли поля 4р, 6 и 6ор в соответствии с цитоархитектонической картой Института мозга АМН СССР (1949), поля 17 и 19 – в затылочной области, поле 37ас – в височно-теменно-затылочной подобласти (задняя ассоциативная кора). Кусочки мозга обезжировали в спиртах восходящей концентрации и заливали в парафин. На микротоме делались срезы толщиной 10 микрометров (мкм) (с каждого блока по 8-10 стёкол с 3-4 срезами на каждом), которые окрашивались крезильовым фиолетовым по Нисслию и импрегнировались азотнокислым серебром по Гольджи и Петерсу. На препаратах, окрашенных по Нисслию, на установке “Armgestol” (Лабметод) по специальной программе определяли в III³ подслое полей 4р, 6, 6ор, 19, 37ас и в IVb подслое поля 17 ширину, высоту и площади профильных полей клеточных группировок (ППКГ) нейронов, размеры и количество пирамидных нейронов, входящих в состав каждой группировки.

Обработка количественных данных проводилась методами вариационной статистики. Доверительный интервал (L) средних арифметических величин (M) рассчитан по таблицам Р.Б.Стрелкова [8] при $P \leq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В поле 4р у новорожденного в III³ подслое вертикальная упорядоченность клеток плохо выражена из-за густого скопления мелких округлых клеток, а в V слое выявляются группы из 2-5 клеток. В 1 месяц в III и V слоях уже определяются вертикальные колонки из одного ряда клеток, в 2 месяца – гнёздные группировки из сверхмалых и малых нейронов. В 5-6 месяцев в III³ подслое преобладают однорядные и двурядные колонки, в V слое – гнёздные группировки из 5-6 клеток. В течение первого года жизни наряду с продолжающейся дифференцировкой нейронов увеличиваются разнообразие форм группировок, количество и размеры нейронов в группировках. В 3 года в состав гнёздных группировок III и V слоёв входит 5-8 пирамидных нейронов разного размера, включая средние и крупные.

В поле 6 вертикальная упорядоченность клеток выражена уже у новорожденного. В 3 месяца колонки состоят из 1-2 рядов клеток, в 1 год в III³ подслое выявляются гнёздные группировки из 2-3 или 4-5 и более нейронов, а в V слое – однорядные группировки. К 2-3 годам число клеток в группировке увеличивается до 6-8.

В поле 6ор у новорожденного вертикальная упорядоченность клеток лишь слегка намечена. В III слое гнёздные группировки включают в себя 5-10 мелких пирамидных нейронов примерно одного диаметра. В 5 месяцев в III слое выявляются выявляются двурядные и трёхрядные колонки, у ребёнка 1 года – вертикальные группировки из 3-5 клеток. К 3 годам в III³ подслое наблюдаются гнёздные группировки, состоящие из 4-6 малых и средних нейронов.

По данным компьютерного анализа в III слое поля 4р к 6 месяцам значительно увеличиваются ширина (от $20,72 \pm 1,34$ мкм у новорожденного до $36,48 \pm 3,07$ мкм в 6 месяцев), высота группировок (от $33,04 \pm 2,59$ до $59,36 \pm 3,65$ мкм соответственно) и площадь профильных полей клеточных группировок (от $691,66 \pm 58,75$ до

2150,41±60,29 мкм²). В этот период поле 4p по всем указанным параметрам значительно превосходит поле 6 (ППКГ составляет 1526,08±54,08 мкм²). Значимое увеличение всех параметров 6 и бор в III слое полей 4p, 6 и бор происходит к 1 году жизни ребёнка и поступательно продолжается в поле бор до 2 лет, в полях 4p и 6 – до 3 лет, причём наибольших величин эти показатели достигают в поле 6 (43,99±1,51, 70,98±1,68 мкм и 3126,86±75,51 мкм²) и менее всего – в поле бор (39,91±2,24, 62,33±2,38 мкм и 2443,13±57,84 мкм²).

В полях зрительной коры у новорожденных скопления нейронов образованы слабо дифференцированными клетками. Микроструктура поля 17 зрительной коры отличается густоклеточностью, незрелостью клеточных элементов. К моменту рождения гнездовые группировки нейронов выявляются в V слое поля 17, а в IVb подслое пирамидные нейроны расположены по одному или образуют скопления из 3-4 клеток сверхмалых и малых размеров (от 10-30 до 30-50 мкм²). ППКГ в IVb подслое поля 17 у новорожденных составляет 540,79±40,49 мкм². Только с 6 месяцев постнатальной жизни в IVb подслое определяются гнездовые группировки нейронов. К первому году жизни ППКГ увеличивается в 1,6 раза и составляет 867,83±54,07 мкм². К 2 годам в поле 17 определяется 4 размерных класса нейронов. К 3 годам форма группировок становится более четкой, часто клетки располагаются в виде розетки по кругу. К 3 годам площадь группировок увеличивается незначительно и составляет 976,54±54,07 мкм².

В поле 19 колончатая организация нейронов выражена более четко. В коре новорожденных колонки нейронов в основном состоят из одного или двух рядов близко расположенных малодифференцированных нейронов. Отдельные скопления нейронов в III³ подслое поля 19 состоят из 3-6 нейронов, площадь которых составляет 738,27±50,04 мкм². К 1 году жизни в составе нейронных колонок четко определяются отдельные гнездовые группировки, которые имеют вид усеченных пирамид. К 1 году жизни ППКГ гнездовых группировок увеличивается в 2,6 раза. К 3 годам отмечается значительный рост ППКГ в основном за счет ширины и составляет 2520,97±107,09 мкм².

В поле 37ac задней ассоциативной области коры, осуществляющей анализ и синтез зрительной информации, отмечается значительная вариабельность форм группировок. В коре новорожденных в III³ подслое поля 37ac колонки нейронов состоят из одного или двух рядов клеток. Отдельные скопления нейронов не имеют четких границ. В составе группировок определяется от 5 до 11 сверхмалых нейронов (до 45 мкм²). ППКГ в среднем составляет 1410,46±116,64 мкм². В связи с интенсивным ростом нейронов в течение первого года жизни ППКГ увеличивается в 2 раза по сравнению с новорожденными. К 2 годам в составе группировок уменьшается количество сверхмалых нейронов, а преобладают нейроны малых и средних размеров и продолжается увеличение ППКГ до 3583,32±293,97 мкм². К 3 годам не отмечается существенных изменений размеров группировок, но нарастает их многообразие и разнородность по клеточному составу.

Полученные данные показали, что нейронные группировки в полях двигательной, зрительной и задней ассоциативной коры имеют структурные особенности в каждом из полей и развиваются на начальном этапе постнатального онтогенеза гетерохронно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Поля двигательной области отличаются большим многообразием форм, размеров нейронов, ранним их созреванием, сильной арборизацией дендритов, благодаря чему обеспечивается надёжность внутрикорковых связей уже в первые годы жизни [6].

Изучение структуры нейронных группировок в III подслое полей 4р, 6 и бор двигательной коры большого мозга человека с помощью компьютерного анализа оптических изображений выявило, что значимое увеличение всех параметров (ширины, высоты и ППКГ) происходит к 1 году жизни, продолжается в поле бор до 2 лет, в полях 4р и 6 – до 3 лет, причём наибольших величин эти показатели достигают в поле 6. От рождения до 1 года наиболее высокие темпы прироста всех показателей в полях 4р и бор (для ППКГ – в 3,2 раза в поле 4р и в 2,9 раза в поле бор). За период от 1 до 3 лет темпы роста в этих полях снижаются, но зато увеличиваются в поле 6, опережая по ППКГ другие поля двигательной коры.

В полях зрительной и задней ассоциативной коры большого мозга у новорожденных скопления нейронов образованы слабо дифференцированными нейронами. В поле 17 четкие гнездовые группировки определяются с 6 месяцев, в полях 19 и 37ас – с 12 месяцев постнатальной жизни. В разных полях и слоях зрительной коры количество нейронов в группировках варьирует. В IVb подслое поля 17 в составе группировок определяется от 3 до 5 нейронов, а в III слое полей 19 и 37ас – от 5 до 12 нейронов разных типов и размеров. Площадь профильного поля группировок нейронов в полях 19 и 37ас в 2,0 – 3,5 раза больше, чем в поле 17. Наиболее значительный рост группировок нейронов в поле 17 отмечается к 1 году (в 1,6 раза) и 3 годам (в 2 раза), в поле 19 – к 1 году (в 2,6 раза) и 3 годам (в 3,4 раза), а в поле 37ас – к 1 году (в 2 раза) и 2 годам (в 2,5 раза).

Таким образом, полученные данные показали, что в полях двигательной, зрительной и задней ассоциативной областей коры большого мозга структура микроансамблей различается по количеству, расположению и композиции нейронов в группировках и зависит от особенностей каждого поля и возраста ребёнка. Сложные структурные преобразования нейронных группировок – одного из основных компонентов нейро-глио-сосудистого ансамбля – в изученных полях в период от рождения до 3 лет происходят по-разному.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адрианов О.С. История и перспективы исследований локализации и организации церебральных функций // Физиол. журнал им. Сеченова. – 1993. – Т.79, №5. – С. 149-156.
2. Антонова А.М. Структурные основы функциональной организации нейро-глио-сосудистых ансамблей коры большого мозга: автореф. дис. ... докт. биол. наук. – М., 1985. – 32 с.
3. Бабминдра В.П. Структура и модели нейронных комплексов головного мозга: монография / В.П. Бабминдра, Т.А. Брагина, И.П. Ионов [и др.]. – Л.: Наука, 1988. – 96 с.

4. Батуев А.С. Модули корковых нейронов и их «самосборка» / А.С. Батуев, В.П. Бабминдра, Г.В. Колла // Журнал высш. нервн. деятельности. – 1991. – Т. 41, № 2. – С. 221-230.
5. Бережная Л.А. Первичные структурные модули дорсальных ядер таламуса и моторной коры человека // Морфология. – 2006. – Т. 129, № 1. – С.24-29.
6. Кукуев Л.А. Структура двигательного анализатора (Эволюция, связи и роль в патологии мозга). – Л.: Медицина, 1968. – 279 с.
7. Семёнова Л.К. Структурные преобразования коры большого мозга человека в постнатальном онтогенезе / Л.К. Семёнова, В.А. Васильева, Т.А. Цехмистренко // Структурно-функциональная организация развивающегося мозга. – Л.: Наука, 1990. – С. 8-44.
8. Стрелков Р.Б. Экспресс-метод статистической обработки экспериментальных и клинических данных. – М.: Изд. П МОЛГМИ, 1986. – 86 с.

ВОЗРАСТНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ РИТМОВ СЕРДЦА, АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ И ДЫХАНИЯ У ДЕВОЧЕК ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА ПРИ УМСТВЕННОЙ НАГРУЗКЕ ПО ДАННЫМ ВРЕМЕННОГО И СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА

О.В. Кузнецова, Ю.Н. Комкова¹
ФГНУ "Институт возрастной физиологии"
Российской академии образования, Москва

Изучены особенности вариабельности сердечного ритма, систолического и диастолического артериального давления и объема дыхания у девочек школьного возраста при умственной нагрузке. Методом спектрального и временного анализа определялись особенности колебательных процессов в системе автономной нервной регуляции дыхания и гемодинамики в состоянии спокойного бодрствования, при функциональной нагрузке и в восстановительном периоде. Выявлено, что умственная нагрузка разного характера у девочек 8-11 и 15-16 лет сопровождается сходной ответной реакцией автономной нервной системы, которая выражается активизацией симпатического отдела. Отмечено увеличение доли очень медленных волн в структуре спектра сердечного ритма у девочек от 8 к 16 годам, что связано с усилением гуморально-метаболических влияний.

Ключевые слова: *вариабельность сердечного ритма, вариабельность ритма артериального давления и ритма дыхания, умственная нагрузка, младшие и старшие школьницы.*

Heart rate, blood pressure and respiration variability in school-aged girls during mental work according to time and spectral analysis. *The article presents the study of heart rate variability, systolic and diastolic blood pressure and respiratory volume in school-age girls during mental work. The method of spectral and temporal analysis was used to study process variation in the autonomic nervous system regulation of breathing in the state of quiet wakefulness, functional load and recovery period. It was shown that the performance of different mental work by 8-11 and 15-16-year-old girls is accompanied by similar responses of the autonomic nervous system, which is expressed in sympathetic activation. The increase of very slow heart rate waves in girls from 8 to 16 years old was connected with the strong humoral and metabolic influences.*

Keywords: *heart rate variability, blood pressure and breathing rate variability, mental work, junior and senior school girls.*

Показатели колебаний параметров респираторно-гемодинамической системы имеют большое прогностическое значение, отражая энергетические и регуляторные процессы в организме [2, 7, 9, 23, 27, 28, 29, 30, 32].

Контакты: ¹ Комкова Ю.Н., E-mail: <yulianna-nik7@yandex.ru>

В настоящее время наиболее изученным является вариабельность сердечного ритма [9, 16, 21, 29, 31]. Периодические колебания гемодинамики ранее уже исследовались, в силу технических и методических сложностей, они не получили широкого развития.

Однако исследований одновременно ритмов всех трех параметров практически не проводилось. Учитывая тесную взаимосвязь дыхания и гемодинамики в процессе адаптации к меняющимся условиям внешней среды и регуляторную роль непрерывных влияний вегетативной нервной системы, представляется интересным исследование колебаний не только сердечного ритма, но и дыхания и артериального давления, и их взаимосвязи. Изучение этого вопроса актуально в разные возрастные периоды, особенно на этапе формирования молодого организма при непосредственном воздействии окружающей среды.

Одним из важнейших факторов внешней среды для формирующегося организма ребенка является умственные нагрузки в школе. Доказано, что умственные нагрузки, как и физические, вызывают существенные изменения в регуляции висцеральных функций у детей разного возраста [3, 8, 12, 20, 22, 28, 32], при этом механизм воздействия остается мало изученным.

Физиологический ответ на эти нагрузки реализуется через структуры ЦНС и включение информационных и метаболических процессов деятельности организма. Метаболическое и нейровегетативное равновесие организма включает ряд долгосрочных, конституциональных или динамических состояний.

Значительные морфологические и функциональные перестройки в механизмах регуляции кровообращения и дыхания обнаружены в период, предшествующий пубертатным процессам. В различных исследованиях отмечается чередование периодов усиления активности симпатического или парасимпатического отделов АНС на протяжении детского и подросткового возраста [11, 12, 19, 26].

Выявлено, что к 15-летнему возрасту происходит усиление тонуса парасимпатической нервной системы в сочетании с относительным снижением тонуса симпатической регуляции, а к 16-17 годам автономная регуляция сердечно-сосудистой системы у подростков характеризуется переходом от преобладания парасимпатических влияний к сбалансированному функционированию звеньев вегетативной нервной системы [10]. Есть исследования, свидетельствующие о преобладании активности парасимпатической нервной системы у девочек 15-16 лет. У них отмечены большие абсолютные значения очень низкочастотного (VLF) и высокочастотного (HF) показателей спектра, а также выявлен высокий показатель максимальной продолжительности RR-интервалов (RRmax), по сравнению с мальчиками [26].

Целью настоящей работы было выявить особенности вариабельности ритмов артериального давления, ритма сердца и ритма дыхания у девочек младшего и старшего школьного возраста в покое и при различных умственных нагрузках.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для изучения автономной нервной регуляции дыхания и гемодинамики использовались методы временного и спектрального анализа [14, 23, 27, 30, 31]. Временной метод анализа ВРС включал измерение следующих показателей:

RRNN, мс – средняя длительность интервалов RR, которая отражает результат регуляторных влияний на синусовый ритм, сложившегося баланса между парасимпатическим и симпатическим отделами автономной нервной системы [2, 9];

SDNN, мс – стандартное отклонение величин нормальных интервалов RR за рассматриваемый временной отрезок. Показатель является интегральным показателем ВРС, зависит от влияния на синусовый узел симпатического и парасимпатического отделов автономной нервной системы. Уменьшение или увеличение этого показателя свидетельствует о смещении вегетативного баланса в сторону преобладания одного из отделов [2, 9];

RMSSD, мс – квадратный корень из суммы квадратов разностей величин последовательных интервалов NN [2, 9];

pNN_{50} , % – процент NN_{50} (NN_{50} – количество пар последовательных интервалов NN, различающихся более, чем на 50 мс в течение всей записи) от общего количества последовательных пар интервалов, полученное за весь период записи. Значения показателей RMSSD и pNN_{50} определяются преимущественно влиянием парасимпатического отдела автономной нервной системы и являются отражением синусовой аритмии, связанной с дыханием [2];

CV, % – коэффициент вариации ($CV=SDNN/RRNN*100\%$), отражающий смещение вегетативного баланса в сторону преобладания одного из отделов вегетативной нервной системы [2];

Спектральный метод анализа variability ритмов сердца (ВРС), объема дыхания (ВД), систолического и диастолического артериального давления (ВР АДС и АДД) позволяет обнаружить различные частотные составляющие спектра исследуемых ритмов и количественно оценить динамику его структуры. В норме у человека в спектре ритмов (при анализе 5 минутных записей ЭКГ) присутствуют три основных спектральных составляющих, или пика [5]:

Высокочастотные колебания (HF ($мс^2$, %)) – мощность спектра в диапазоне 0,15-0,4 Гц, которые сопряжены с дыханием и отражают модулирующее влияние парасимпатического отдела нервной системы на пейсмекерную активность синусового узла [2, 21];

Низкочастотные колебания – (LF ($мс^2$, %)) – мощность спектра в диапазоне 0,04-0,15 Гц, которые могут быть обусловлены как периодически возникающими вспышками симпатической вазомоторной активности (собственный ритм сосуддвигательного центра), так и колебания ритма АД, реализуемого через барорефлекторные механизмы [2, 21];

Очень низкочастотные колебания – (VLF ($мс^2$, %)) – мощность спектра в диапазоне 0,003-0,04 Гц, которые характеризуют влияние высших вегетативных центров на сердечно-сосудистый подкорковый центр [16, 17].

Общая мощность спектра в диапазоне от 0,003 до 0,4 Гц или полный спектр частот (TP($мс^2$)), отражает суммарную активность воздействия АНС на variability ритмов различных показателей легочного дыхания и гемодинамики [2, 5, 16, 17].

Для оценки баланса симпатических и парасимпатических влияний на variability ритмов (вегетативный баланс) использовалось отношение низкочастотной составляющей спектра к высокочастотной (LF/HF) [2, 21].

В дальнейшем исследуемые показатели мы будем обозначать следующим образом: временные – SDNN, RMSSD, pNN₅₀, CV; спектральные – HF ms², HF %, LF ms², LF %, VLF ms², VLF %, TP.

В эксперименте использованы приборы, разработанный ООО «Интокс» (С.-Петербург) – спиреоартериокардиоритмограф (САКР) и "Поли-Спектр-12" фирмы НЕЙРОСОФТ (Иваново).

В настоящей работе приведены результаты по двум сериям эксперимента. В первой серии проведено исследование вегетативной регуляции респираторно-гемодинамической системы у 120 здоровых девочек 8-11 лет. Регистрация показателей кардиоритма, артериального давления и дыхания (дыхательного объема и времени вдоха и выдоха) велась в момент выполнения задания и в восстановительном периоде.

В качестве умственной нагрузки использован "счет в уме", описанная в различных руководствах по клинической нейрофизиологии и психологии [1, 18] как функциональная проба, которая моделирует психо-эмоциональное напряжение и является своеобразным "стресс-тестом".

В процессе выполнения пробы все дети выполняли следующее задание – последовательное вычитание из определенной суммы одного числа в течение 5 минут (для детей 8-9 лет из 100 вычитать 7, для детей 10-11 лет из 500 вычитать 7). Заранее оговаривалось условие, что если ребенок за установленное время успевал досчитать до конца, счет велся в обратном направлении – прибавление цифры на 1 больше до первоначально заданного числа. Таким образом, уравнивалась нагрузка для детей с разными навыками счета.

Во второй серии эксперимента участвовали 62 девочки 15-16 лет. Регистрация ЭКГ проводилась во втором стандартном отведении, запись осуществлялась в состоянии покоя, в процессе нагрузки и восстановительном периоде, как в первой серии эксперимента. В качестве умственной нагрузки использован компьютеризированный буквенный тест (Сонькин В.В., 2009).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования автономной нервной регуляции ВРС, ВРД, ВР АДС и АДД у девочек младшего школьного возраста в покое выявили, что для них характерно наличие хорошо выраженных волн сердечного ритма во всех трех диапазонах частот. В спектрах ритмов артериального давления и дыхания, как и в спектре ВРС, присутствуют быстрые, медленные и очень медленные волны. При этом выявляется разница в структуре этих спектров. О чем более подробно описано ранее [7].

В спектре сердечного ритма преобладают быстрые (HF) и медленные волны (LF) их доля составляет в среднем 60 % и 25 % соответственно. Доля очень медленных волн (VLF) в спектре ВРС в среднем не превышает 15 %.

В спектре артериального давления преобладают очень медленные волны. От 46 % в спектре систолического до 65 % в спектре диастолического давления. Примерно одинаковые доли имеют высокочастотные и медленночастотные волны.

В спектрах дыхания и артериального давления доля очень медленных волн, почти 50 %, также довольно значительна, доля быстрых волн – 40 %, в то время как доля медленных колебаний не превышает 10 %.

Результаты эксперимента с функциональной пробой «счет в уме» показали, что в ходе нагрузки частота сердечных сокращений (ЧСС) увеличивалась незначительно (в среднем на 4 уд/мин), однако через 10 минут после нагрузки снижалась (в среднем на 10 уд/мин) у девочек всех исследуемых возрастных групп (таблица 1).

Таблица 1

Показатели частоты сердечных сокращений (ЧСС), артериального давления (систолического, АДС и диастолического, АДД), дыхательного объема (ДО) и длины дыхательного цикла (ДЦЦ) у девочек младшего школьного возраста ($M \pm m$)

Показатели	Группа/ период исследования											
	8 лет (n=20)			9 лет (n=20)			10 лет (n=20)			11 лет (n=20)		
	Исх. сост.	Нагр.	После нагр узки	Исх. сост.	Нагр.	После нагр узки	Исх. сост.	Нагр.	После нагр узки	Исх. сост.	Нагр.	После нагр узки
ЧСС, уд/мин	93 ±2,4	96 ±2,7	86 ±2,2	88 ±2,7	94 ±3,2	85 ±3,2	94 ±2,7	99 ±3	89 ±2,8	91 ±2,3	94 ±2,2	86 ±2,2
АДС, ммHg	111 ±2,1	110 ±2,8	105 ±3,1	109 ±1,7	109 ±3	103 ±3,9	110 ±2,2	108 ±2,4	108 ±2,3	112 ±2,1	110 ±2,7	107 ±2,8
АДД, ммHg	68 ±1,5	64 ±2,1	66 ±1,2	63 ±1,2	63 ±2,9	61 ±2,9	64 ±1,5	61 ±2	62 ±1,3	65 ±1,5	64 ±1,9	62 ±1,4
ДО, л/мин	0,175 ±0,01	0,190 ±0,02	0,150 ±0,01	0,170 ±0,01	0,190 ±0,01	0,160 ±0,01	0,200 ±0,02	0,190 ±0,01	0,180 ±0,02	0,270 ±0,1	0,225 ±0,03	0,180 ±0,02
ДЦЦ, с	4,0 ±0,7	4,0 ±0,8	4,2 ±0,6	3,0 ±0,3	2,9 ±0,2	3,3 ±0,3	3,0 ±0,2	3,1 ±0,5	3,2 ±0,5	4,0 ±0,7	4,9 ±0,9	4,6 ±0,8

Примечания: *исх.сост.* – исходное состояние, *нагр.* – нагрузка ("счет в уме").

Общая мощность спектра сердечного ритма (ТР РС) во время счета менялась незначительно у школьниц всех возрастных групп. Однако после 10 минут отдыха этот показатель увеличивался по сравнению с нагрузкой почти в 2 раза только у восьмилетних и одиннадцатилетних девочек, а у 9-10 летних – возвращался к исходному уровню (рис. 1а).

Значение артериального давления в процессе нагрузки и после нее значимо не менялось у всех испытуемых в отличие от показателя общей мощностью спектра (ТР) артериального давления (рис. 2б).

ТР систолического АД (ТРС) у школьниц 8 лет увеличивалась на 17 % во время нагрузки, а в процессе восстановления, достигнув исходного уровня, продолжало снижаться далее. ТР диастолического АД (ТРД) напротив, в ходе нагрузки начинало снижаться сразу, однако после 10 минут отдыха, в отличие от ТРС, не возвращается к прежнему уровню, а продолжает снижаться еще на 15 %.

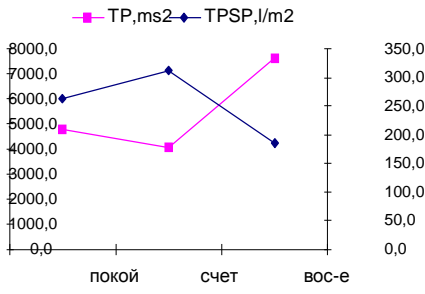
Таблица 2

Показатели вариабельности сердечного ритма у девочек 15-16 лет ($M \pm m$)

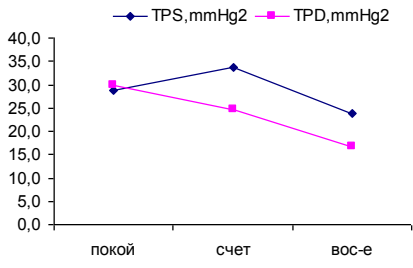
Показатели		Группа/ период исследования					
		15 лет (n=40)			16 лет (n=16)		
		Исх.сост.	Нагр.	После нагрузки	Исх. сост.	Нагр.	После нагрузки
Временные характ-ки	RRNN	735.09 ±16.33	689.88* ±14.65	711.47*# ±14.68	744.07 ±18.30	715.87* ±16.23	743.73# ±17.49
	SDNN	62.50 ±3.55	55.41 ±4.52	66.47 ±6.43	58.73 ±4.64	61.33 ±6.49	60.90 ±5.82
	RMSSD	50.38 ±4.03	46.76 ±6.22	44.18 ±3.16	48.47 ±6.24	57.27 ±9.90	51.93 ±8.72
	pNN50	24.86 ±3.17	16.94* ±2.68	20.03* ±2.71	20.25 ±4.19	15.37 ±2.91	19.25 ±3.33
	CV	8.44 ±0.41	7.92 ±0.62	8.44 ±0.34	7.73 ±0.47	8.50 ±0.94	7.96 ±0.69
Спектральные характеристики	LF/HF	1.49 ±0.18	2.19* ±0.37	1.96* ±0.23	1.60 ±0.17	1.56 ±0.18	1.92 ±0.27
	TP	5375.97 ±579.44	4486.00 ±661.75	6687.50 ±1506.89	4803.50 ±670.70	5279.97 ±1010.0	5205.83 ±943.82
	VLF mc ²	1720.26 ±237.64	1169.79* ±141.50	1614.76# ±202.49	1639.13 ±151.08	1575.00 ±183.55	1504.00 ±190.35
	LF mc ²	1865.82 ±230.17	1737.35 ±232.83	2716.76 ±480.20	1474.30 198.26	1624.60 277.81	1803.77 ±246.27
	HF mc ²	1789.76 ±251.01	1578.97 ±364.64	2356.03 ±885.84	1690.03 ±401.63	2080.27 ±633.30	1898.07 ±604.56
	VLF %	32.65 ±2.269	29.44 ±1.979	29.21 ±1.903	39.53 ±2.01	37.73 ±2.61	32.80* ±2.16
	LF %	36.00 ±1.94	41.50* ±2.43	42.26* ±2.22	32.97 ±1.82	33.97 ±2.02	39.73*# ±1.91
	HF %	31.15 ±2.28	29.03 ±2.29	28.35 ±2.13	27.53 ±2.54	28.40 ±2.61	27.37 ±2.32

Примечания: *исх.сост.* – исходное состояние, *нагр.* – умственная нагрузка (компьютеризированный буквенный тест), * – значимые различия показателей по сравнению с исходным состоянием, # – по сравнению с нагрузкой (при $p \leq 0,05$) по *t*-критерию Стьюдента.

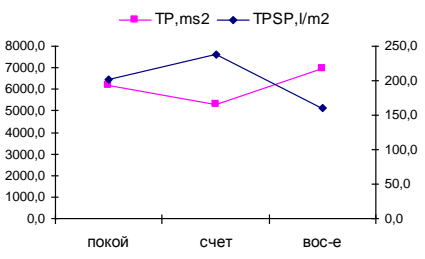
У 9 и 11-летних учениц ТРС незначительно повышается во время счета и возвращается к прежнему уровню после 10 минут отдыха. ТРД незначительно меняется, но противофазно. И только у 10-летних девочек вектор изменений общей мощности спектров и систолического и диастолического давления в динамике покой-нагрузка-восстановление имеет одинаковую направленность (рис. 16. III).



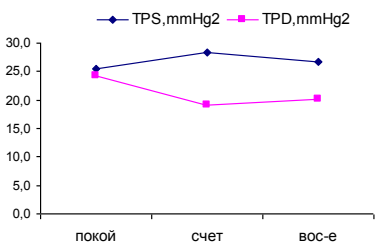
I.a.Общая мощность спектра ритма сердца и ритма дыхания.



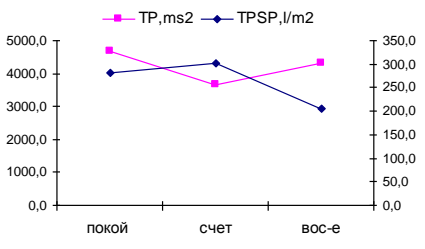
I.б.Общая мощность спектра артериального давления.



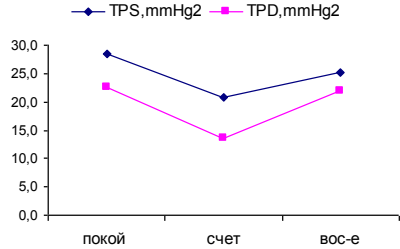
II.a.Общая мощность спектра ритма сердца и ритма дыхания.



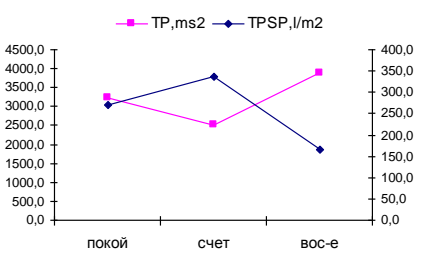
II.б.Общая мощность спектра артериального давления.



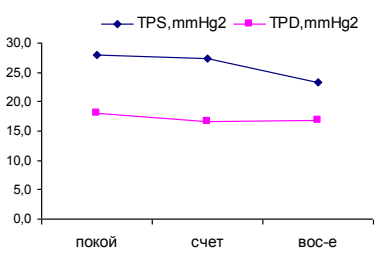
III.a.Общая мощность спектра ритма сердца и ритма дыхания.



III.б.Общая мощность спектра артериального давления.



IV.a.Общая мощность спектра ритма сердца и ритма дыхания.



IV.б.Общая мощность спектра артериального давления.

Рисунок 1. Динамика общей мощности вариабельности ритмов сердца и дыхания (а); ритмов систолического и диастолического давления (б) у девочек младшего школьного возраста. I. дети 8 лет; II. дети 9 лет; III. дети 10 лет; IV. дети 11 лет.

В процессе счета наблюдались изменения и в характере дыхания. Менялась глубина и ритм дыхания, длительность вдоха и выдоха. Однако, общая длительность дыхательного цикла оставалась прежней (таблице 1). Общая мощность спектра ритма дыхания (ТР РД) увеличивается от 10 %-15 % у 8-9-летних девочек до 25 % у 11-летних в процессе счета. После 10 минут отдыха данный показатель резко снижается (на 40 %) у 8 и 11-летних детей, за счет очень медленных волн.

Таким образом, результаты исследований показали, что в автономной нервной регуляции сердечного ритма, у детей 8-11 лет идет снижение активности парасимпатического отдела, при этом у 8-летних девочек снижается активность симпатического отдела, тогда как у 9-11-летних – не изменяется и, как следствие, снижается общая мощность спектра в процессе выполнения счета у всех испытуемых (рис. 2а). Однако полного восстановления не происходит даже после восстановительного периода, по времени вдвое превышающего саму нагрузку.

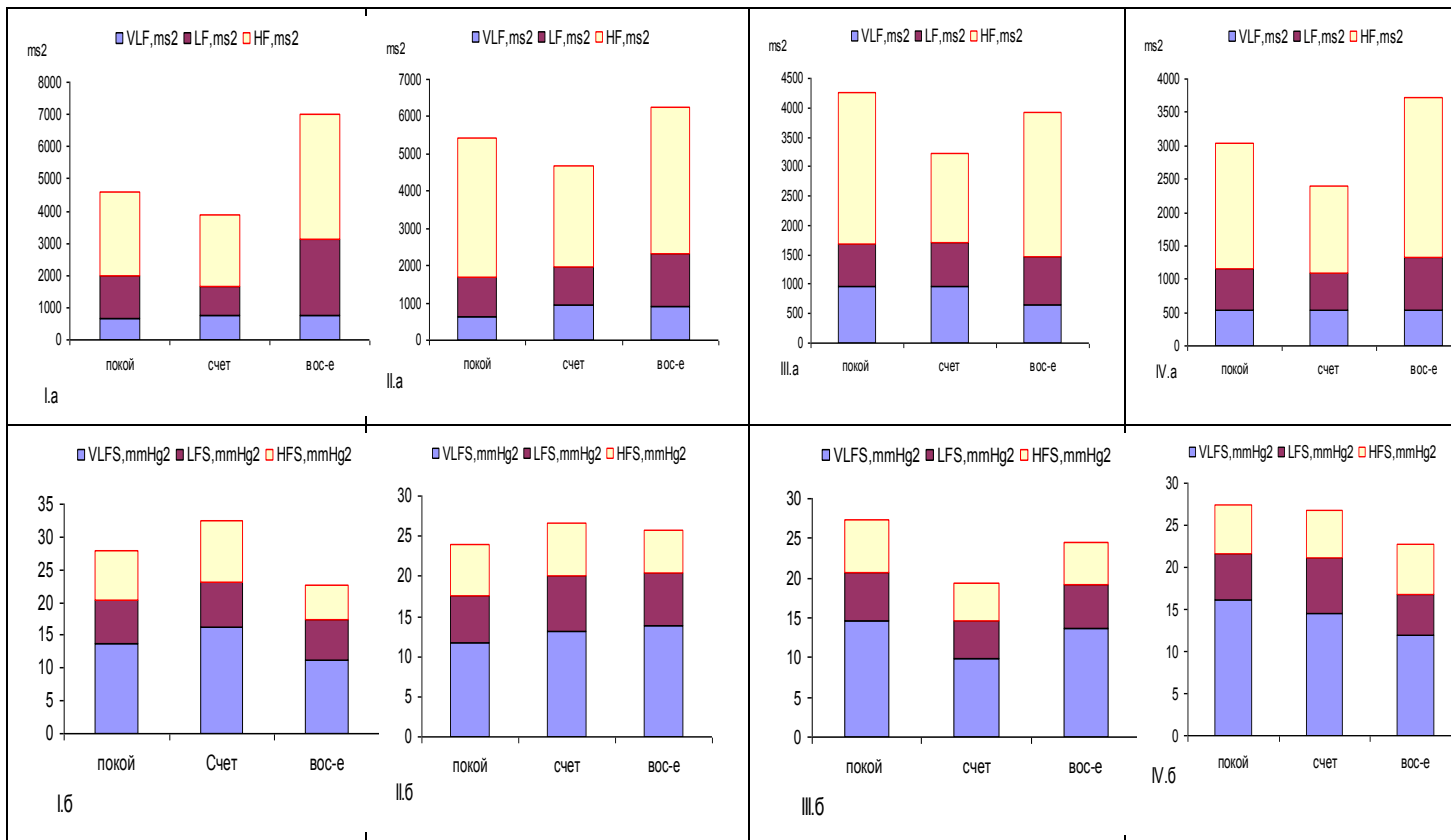
В ритме артериального давления и дыхания, напротив, изменения более выражены именно после 10 минут восстановления по сравнению с самой нагрузкой (рис. 2 а-г).

По данным проведенного исследования, характер реагирования спектра сердечного ритма и ритма дыхания, выраженный в амплитуде и векторе изменений тотальной мощности и его структурных частей при функциональной пробе и в восстановительном периоде примерно одинаков во всех возрастных группах. В спектре ритма артериального давления изменения, как общей мощности, так и спектральных составляющих неодинаковы и по направленности и по амплитуде во всех исследуемых возрастных группах. По-видимому, это обусловлено определенными индивидуальными особенностями испытуемых разных групп, по которым группы оказались неоднородны.

Обращают на себя внимание реципрокные (противофазные) и синфазные взаимоотношения показателей ритмов сердца, дыхания, систолического и диастолического давления. Синфазные между ТР ритма дыхания и ЧСС, между дыхательным объемом и ТР сердечного ритма. Волны быстрого диапазона (HF) в спектрах ритмов сердца дыхания изменяются противофазно. Направленность изменений в VLF диапазоне практически всегда одинаковая в спектрах ритмов систолического давления и дыхания.

Доминирующими или наиболее лабильными в процессе реагирования спектров на нагрузку и в восстановительный период в спектре сердечного ритма являются HF (у девочек 8 лет HF и LF). В спектре ритма дыхания – VLF у 8-летних детей, а у более старших – VLF и HF. В спектре артериального давления также, как и в спектре дыхания – VLF.

Таким образом, результаты проведенного исследования выявили комплексный характер изменений в респираторно-гемодинамической системе, показывающий чувствительность всех звеньев системы к воздействию умственных нагрузок, предъявляемых младшим школьникам. Однако, разные параметры респираторно-гемодинамической системы при предъявлении функциональной пробы "счет в уме", реагируют неодинаково как по вектору изменений, так и по амплитуде отклонений от первоначального уровня покоя. Такое разнообразие вегетативной реакции на умственную нагрузку, на наш взгляд, говорит о высокой степени индивидуальности реагирования механизмов регуляции на внешние возмущающие воздействия.



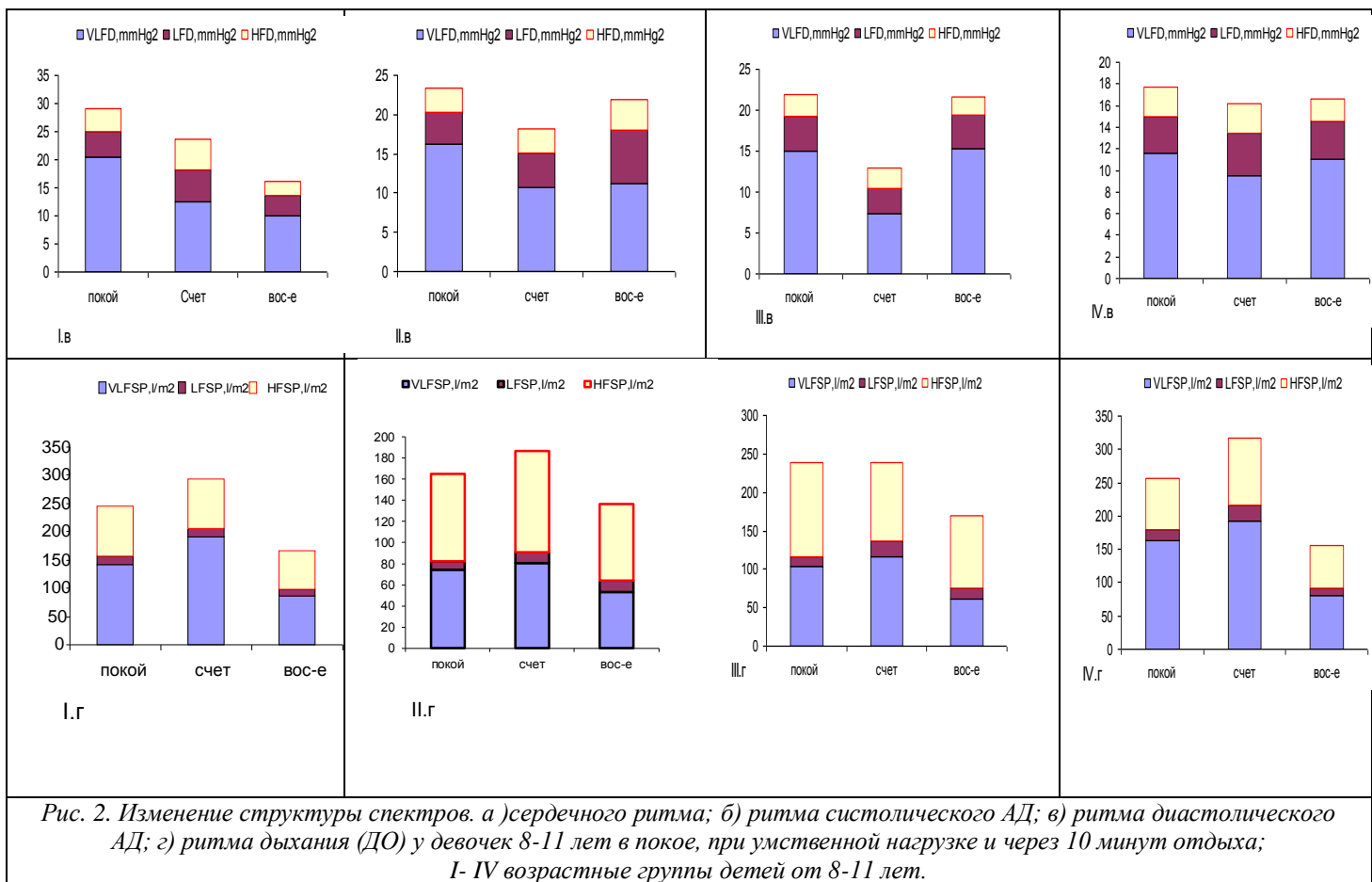


Рис. 2. Изменение структуры спектров. а) сердечного ритма; б) ритма систолического АД; в) ритма диастолического АД; г) ритма дыхания (ДО) у девочек 8-11 лет в покое, при умственной нагрузке и через 10 минут отдыха; I- IV возрастные группы детей от 8-11 лет.

Наименее изменчивыми величинами оказались артериальное давление и частота дыхания, а наиболее чувствительными к воздействию оказались изменение объема дыхания и вариабельность сердечного ритма. Интересно, что, несмотря на небольшую реактивность показателя артериального давления и общей мощности вариабельности этого показателя, внутри спектра артериального давления (как систолического, так и диастолического) наблюдались активные структурные перестройки. Это наблюдалось как в процессе нагрузки, так и в восстановительном периоде. По-видимому, эти изменения являются отражением работы компенсаторных механизмов, направленных на поддержание давления на постоянном уровне. Очевидно, изучение вариабельности ритма артериального давления, как более инертной системы, будет полезно для оценки длительной адаптации и адаптационных резервов, в то время как вариабельность сердечного ритма и ритма дыхания, как параметры гибко и быстро реагирующие на воздействие внешней и внутренней среды, больше отражают срочную адаптацию и напряжение механизмов ее регулирующих.

Таким образом, эксперимент первой серии исследования показал выраженное влияние ментальной нагрузки на висцеральные функции, что согласуется с литературными данными [8, 12, 20, 22, 28, 32]. Однако, механизм этого влияния неясен, поскольку воздействие умственной нагрузки, в отличие от физической, имеет опосредованный характер.

В литературе подробно описаны особенности вариабельности сердечного ритма и ритма дыхания, в частности частоты дыхания, в условиях психо-эмоционального стресса [16, 20], чем является в данном случае умственная нагрузка для младших школьников.

Есть мнение, что общей закономерностью, отражающей характер влияния умственной нагрузки на организм, является повышение активности симпатического и снижение влияния парасимпатического отдела вегетативной нервной системы [25].

В связи с этим нам представляется интересным проследить характер автономной нервной регуляции СР при других более сложных видах умственной деятельности. Многие исследователи к такой деятельности относят работу на компьютере как особый вид умственной нагрузки [3, 24], требующий вовлечения значительных интеллектуальных и физических ресурсов организма. Учитывая, что в последние годы компьютерные технологии все более активно используются в процессе школьного обучения, изучение этого вопроса становится особенно актуальным.

Исходя из результатов эксперимента 1-й серии, следует, что наиболее устойчивая реакция у девочек на умственную нагрузку наблюдалась в ритме сердца. В связи с этим нам представляется целесообразным исследование автономной регуляции ритма сердца при более сложной умственной нагрузке, которой является работа на компьютере.

Во второй серии эксперимента было выявлено следующее.

Обращает внимание на себя изменение структуры спектра ВРС в состоянии покоя от 8 к 16 годам. У старших девочек в спектре ВРС практически одинаково представлены волны быстрого, медленного и очень медленного диапазона (рис. 3).

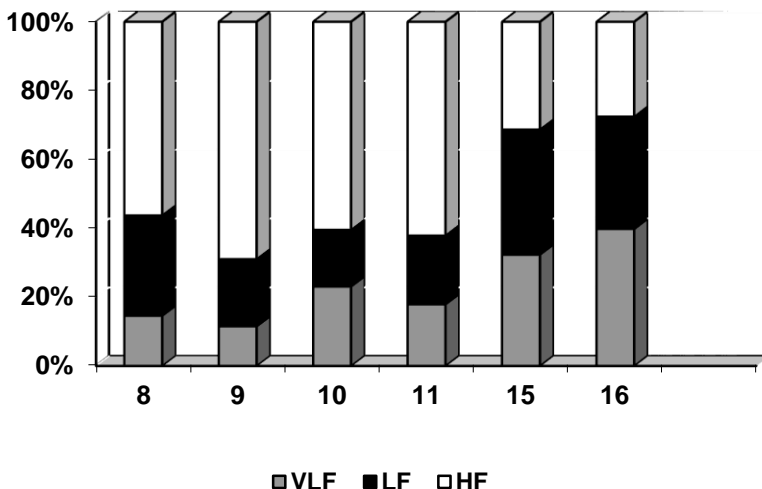


Рис. 3. Структура спектров сердечного ритма у школьниц 8-11 и 15-16 лет в покое: на оси абсцисс – возраст, на оси ординат – значения частотных составляющих спектра.

На основании полученных данных можно предположить, что это связано с адаптационными перестройками в регуляции сердечного ритма к этому этапу онтогенеза, что согласуется с мнением и других авторов [4, 10, 11]. У девочек 15 лет в процессе умственной нагрузки отмечается снижение очень низкочастотного показателя и повышение — низкочастотного компонента спектра, что закономерно отражается на вегетативном балансе, повышая долю симпатических влияний.

Снижение низкочастотной составляющей спектра у девочек 15 лет, возможно, связано с состоянием внутренней сосредоточенности, направленной на переработку имеющейся информации, что отмечается и другими исследователями [6].

Однако природа VLF колебаний остаётся дискуссионной. По мнению ряда исследователей, сверхнизкочастотные колебания характеризуют влияние высших вегетативных центров на сердечно-сосудистый подкорковый центр и отражают состояние нейрогуморального и метаболического уровня регуляции [2, 9, 16, 17].

Поэтому отмеченные в наших исследованиях изменения, по нашему мнению, могут быть следствием возрастных перестроек, связанных с усилением гуморально-метаболических влияний. Это согласуется с другими научными данными. Так, М.В. Никулиной (2005) [10] получены результаты, где показано усиление такой активности у девочек от 10 к 17 годам.

По данным временного анализа в процессе выполнения умственной нагрузки данных ВРС у девочек 15 и 16 лет также наблюдается снижение активности парасимпатической и повышение активности симпатической нервной системы, что отражается в снижении показателей RRNN и pNN₅₀ (табл. 1). Подобная реакция на нагрузку отмечается и другими исследователями [21]. У девочек 16 лет выявлена менее выраженная вегетативная реакция на умственную нагрузку, по сравнению с 15-летними. Возможно, это связано с завершением активных пубертатных перестроек.

Наблюдаемый рост влияния симпатической нервной системы у девочек 15-16 лет в процессе выполнения компьютеризированного буквенного теста сходен с характером реакции АНС на "счет в уме", выявленный нами у девочек 8-11 лет.

Повышение активности симпатической и снижение – парасимпатической нервной системы в процессе выполнения умственной нагрузки можно рассматривать как проявление адекватной реакции на нагрузку

После выполнения нагрузки у 15-16-летних девочек, как и у 8-11-летних школьниц, не все показатели ВРС возвращаются к исходному уровню активации как при умственной нагрузке "счет в уме", так и при выполнении компьютеризированного буквенного теста. Даже у детей, у которых в процессе нагрузки не было значимых изменений, реакция проявлялась в восстановительном периоде. Видимо, умственная нагрузка вызывает "напряжение" регуляторных систем, которое при выполнении самой нагрузки может явно не проявляться, но вызывает "отставленную" реакцию, напоминая тем самым работу "в долг" при физической нагрузке.

ВЫВОДЫ

1. У детей в возрасте 8-11 лет, при умственной нагрузке, как и в покое, в спектре волн ритмов артериального давления и дыхания, как и в сердечном ритме, выделяются быстрые, медленные и очень медленные волны.

2. Структура спектра сердечного ритма в состоянии покоя у девочек от 8 к 16 годам меняется в сторону увеличения доли очень медленных волн и связана с усилением гуморально-метаболических влияний.

3. Умственная нагрузка "счет в уме" показала, что вариабельность сердечного ритма и ритма дыхания, как параметры, более гибко реагирующие на действия внешней и внутренней среды, отражают срочную адаптацию, а вариабельность ритма АД, как показателя более инертной сосудистой системы, могут позволить оценить характер длительной адаптации.

4. Умственная нагрузка у девочек 8-11 и 15-16 лет сопровождается активизацией симпатического отдела автономной нервной системы и проявляется в форме "отставленной" реакции, сходной с работой "в долг" при физической нагрузке, как при нагрузке счет в уме, так и при выполнении буквенного теста.

5. Характер изменения параметров ВРС у девочек 8-11 и 15-16 лет при выполнении различных умственных нагрузок позволяет предложить о единой стратегии автономного нервного регулирования висцеральных функций при ментальных нагрузках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аладжалова Н.А. Психофизиологические аспекты сверхмедленной ритмической активности головного мозга. – М.: Наука, 1979;

2. Баевский Р.М. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации) /Р.М. Баевский, Г.Г. Иванов. А.В. Чирейкин и др. // Вестник аритмологии. – 2001. – № 24. – С. 65.

3. Безруких М.М., Комкова Ю.Н. Функциональное состояние организма детей 15-16 лет в зависимости от возраста начала работы за компьютером // Альманах «Новые исследования» – 2012. – № 3. – С. 21-30.

4. Галлеев А.Р. ВРС у здоровых детей в возрасте 6-16 лет / А.Р. Галлеев, Л.Н. Игишева, Э.М. Казин // Физиология человека. – 2002. – Т. 28., № 4. – С. 54
5. Комаров Г.Д., Кучма В.Р, Носкин Л.А. Полисистемный саногенетический мониторинг. – М.: изд-во МИПКРО, 2001.
6. Конева Л.В., Плотников Д.В. Соотношение показателей свойств зрительного внимания и состояния вегетативной нервной системы // Университетская наука: теория, практика, инновации: Сб. трудов 73-й научной конференции КГМУ сессии Центрально-Черноземного научного центра РАМН. Т. I. – Курск. 2008. – С. 54.
7. Кузнецова О.В., Соськин В.Д. Спектральный анализ variability ритмов сердца, артериального давления и дыхания у детей 8-11 лет в покое // Физиология человека. – 2005. – том 31, № 1. – С. 39-45.
8. Мекешкин Е.А. Особенности адаптации к умственным нагрузкам учащихся младших классов с различным уровнем тревожности: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Челябинск, 2010. – 23 с
9. Михайлов В.М. Variability ритма сердца: опыт практического применения / В.М. Михайлов. – Иваново: Иван. гос. мед. академия, 2002. – 290 с.
10. Никулина М.В. Вегетативная регуляция сердечной деятельности у детей и подростков: Дис. ... канд. биол. наук. – Архангельск, 2005. – 210 с.
11. Пльшевская Е.В. Функциональные особенности сердечной деятельности школьников 15 – 16 лет: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Ярославль, 2003. – 23 с.
12. Пономарева Т.А. Срочная адаптация системы кровообращения детей младшего школьного возраста к работе на компьютере: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 2005. – С. 20
13. Похачевский, А.Л. Функциональное состояние и адаптационные резервы организма / А.Л. Похачевский, В.М. Михайлов, А.А. Груздев и др. // Вестник Новгород. Госуд. ун-та. – 2006. – № 35. – С. 12-15.
14. Станкертс А., Алондерис А. Спектрально-когерентный состав взаимосвязи между формой пульсовой волны сонной артерии и сердечным ритмом // Физиология человека. – 2003. – Т. 29. № 3. – С. 76
15. Соськин В.В. Компьютерная система оценки умственной работоспособности // Мат-лы межд. конф. "Физиология развития человека". Секция 4. – М.: Вердана, 2009. – С. 101-102.
16. Флейшман А.Н. Медленные колебания гемодинамики. Теория, практическое применение в клинической медицине и профилактике. – Новосибирск: Наука, 1999. – 264 с.
17. Хаспекова Н.Б. Диагностическая информативность мониторинга variability ритма сердца // Вестник аритмологии. – 2003. – № 32. – С. 15.
18. Хэссет Дж. Введение в психофизиологию: Пер.сангл. – М.: Мир, 1981. – 249 с.
19. Ширяева И.С., Савельев Б.П. Методологические аспекты оценки параметров функциональных систем у детей и подростков // Физиология роста и развития детей и подростков (теоретические и клинические вопросы) / Под. ред. А.А. Баранова, Л.А. Щеплягиной. – М., 2000. – С. 315–326.
20. Щербатых Ю.В. Саморегуляция вегетативного гомеостаза при эмоциональном стрессе // Физиология человека. – 2000. – Т. 26, № 5. – С. 151.

21. Berntson G. G., Bigger J. T., Eckberg, D. L., Grossman, P., Kaufmann, P. G., Malik, M., et al. Heart rate variability: Origins, methods, and interpretive caveats. // *Psychophysiology*. – 1999. – V. 34. – P. 623–648
22. Cinaz B., La Marca R., Arnrich B., Tröster G. Monitoring of mental workload levels // *IADIS International Conference e-Health 2010*. – P. 189-193.
23. Fritsch J.M., Smith M.L., Simmons D.T. Differential baroreflex modulation vagal and sympathetic activity. *Am. J. Physiol.* 260 (Regulatory Integrative Comp. Physiol.29): R635-641, 1991.
24. Ivarsson M., Anderson M., Akerstedt T., Lindblad F., Playing a violent television game affects heart rate variability // *Foundation Acta Pædiatrica*. – 2008.
25. Kamada T., Sato N., Miyake S. et al. Power spectral analysis of heart rate variability in Type As during solo and competitive mental arithmetic task // *Journal of Psychosomatic Research*. – 1992. – V. 36. № 6. – P. 543.
26. Kepeženas A., Vilkas A., Varoneckas G. Influence of different-type physical loads on adolescents' autonomic heart rate control // *Journal of human kinetics*. –2003. – V 9. – P. 73.
27. Papaioannou V. Heart Rate Variability, Baroreflex Function and Heart Rate Turbulence: Possible Origin and Implications // *Hellenic J Cardiol*. – 2007. – V. 48. – P. 278-289.
28. Ryu K., Myung R. Evaluation of mental workload with a combined measure based on physiological indices during a dual task of tracking and mental arithmetic // *International Journal of Industrial Ergonomics*. – 2005. – V. 35. – P. 991-1009.
29. Sandercock G. Normative values, reliability and sample size estimates in heart rate variability / G. Sandercock // *Clinical Science (London)*. – 2007. – Vol.113. – № 3. – P. 129-130.
30. Taylor E.W., Jordan D., Coote J.N. Central control of the cardiovascular and respiratory systems and their interaction in vertebrates // *Physiol. Rev*. – 1999. – V. 79. – № 3. – P. 855.
31. Task Force of The European Society of Cardiology, The North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability. // *Eur. Heart Journal*. – 1996. – V. 17. – P. 354.
32. Thayer J., Åhs F., Fredrikson M. et al. A meta-analysis of heart rate variability and neuroimaging studies: Implications for heart rate variability as a marker of stress and health // *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. – 2012. – V. 36. – P. 747-756.

ИНДИВИДУАЛЬНО-ТИПОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОСТОЯНИЯ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИИ ЛЕГКИХ И БИОМЕХАНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ДЫХАНИЯ У ДЕТЕЙ 9-13 ЛЕТ, В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ

Е.В. Соколов¹, И.М. Разживина
ФГНУ "Институт возрастной физиологии"
Российской академии образования, Москва

С целью изучения индивидуально-типологических особенностей системы дыхания у детей 9-13 лет, обследованы школьники основной группы здоровья и дети, часто болеющие острыми респираторными заболеваниями. При исследовании функции внешнего дыхания использованы методы: спирография, фазовый анализ дыхательного цикла, анализ кривой поток-объем (КПО) при помощи спироанализатора "Рид-124Д" и CSA-800. При анализе полученных функциональных показателей дыхательной системы учитывался тип физического статуса (соматотип) каждого обследованного ребенка. Использованный методический подход позволил установить, что частые респираторные заболевания приводят к снижению величины показателей биомеханической функции легких у детей 9-13 лет. Обследование выявило у школьников 9-13 лет несоответствие с онтогенетической направленностью интегральных характеристик легочной вентиляции и биомеханических свойств легких между ЗД и ЧБД, а также предположить наличие особенностей в возрастном развитии дыхательной системы в зависимости от типа телосложения. В группе школьников с астеническим конституциональным типом, по сравнению с нормостеническим: снижены вентиляционные, биомеханические возможности респираторной системы, способность к выполнению тестов с максимальной вентиляцией легких.

Ключевые слова: детский возраст, типологические особенности, внешнее дыхание, биомеханические функции.

State of lung ventilation and biomechanical factors of breathing in 9-13-year-old children, depending on their health. In order to research individual-typological features of the respiratory system in children at the age of 9-13 years old, pupils of main health group and those with the tendency to acute respiratory illnesses were studied. The following methods were used: spirometry, phase analysis of the respiratory cycle, the analysis of flow-volume curve (PAC) with the help of spiroanalyzer "RID-124D" and CSA-800. When analyzing the functional parameters of the respiratory system, the type of physical status (somatotype) of every child was taken into consideration. This approach made it possible to reveal that frequent respiratory illnesses lead to lower biomechanical parameters of lungs in children at the age of 9-13 years old. The survey revealed the discrepancy between integral characteristics of pulmonary ventilation and biomechanical properties of lungs between BHP and the FIC. It was possible to assume that peculiarities of age respiratory development depend on the body type. Pupils with asthenic type,

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

compared with the normosthenic one demonstrate reduced ventilation, lower biomechanical abilities of respiratory system, and lower ability to perform tests at maximum lungs ventilation.

Keywords: *child age, typological features, external respiration, biomechanical functions.*

В последние годы в России повсеместно отмечается отчетливая тенденция ухудшения соматического здоровья школьников и молодежи. Рост хронической заболеваемости сопровождается серьезными медико-социальными последствиями и представляет угрозу национальной безопасности России [11, 15, 48]. В связи с этим очевидна заинтересованность общества и государства в здоровье детской популяции, определяющей в ближайшие и более отдаленные годы трудовой, интеллектуальный, оборонный потенциалы, воспроизводство и здоровье будущих поколений [12, 18, 23, 43].

Неуклонное ухудшение состояния здоровья детей в последнее время было отмечено на V Конгрессе педиатров России. В своем докладе президент конгресса Баранов А.А., оценивая заболеваемость детей РФ в возрасте до 14 лет, отмечает, что первое место занимают болезни органов дыхания, от которых страдают 50-80 % детей в зависимости от места проживания [8, 32, 33]. Проблема частых острых респираторно-вирусных заболеваний у детей школьного возраста является актуальной, ибо эти расстройства служат основой для развития структурных (органических) изменений слизистой оболочки верхних дыхательных путей и легочной ткани. Отсюда становится очевидным важность раннего и своевременного проведения лечебно-профилактических мероприятий с целью предупреждения органических изменений и функциональных нарушений респираторной системы [14, 15, 47].

Физическое развитие и функциональное совершенствование у каждого ребенка происходит своеобразно в зависимости от его индивидуальных и конституционных особенностей, условий окружающей среды и других факторов эндогенного и экзогенного характера. Физическое развитие отражает процессы роста и развития организма на отдельных этапах постнатального онтогенеза, когда происходят преобразования генотипических потенций в фенотипические проявления. Под влиянием факторов внешней среды генотип преобразуется в фенотипические проявления. Фенотип изменяется в течение всей жизни, отражая возрастную динамику физического развития [17, 52].

Период онтогенеза от 6 до 18 лет, когда организм ребенка является наиболее чувствительным к действию экзогенных и эндогенных факторов, на фоне которых происходит формирование здоровья, совпадает с важнейшим социальным этапом детства – получением ребенком общего среднего образования [30].

В публикациях последних лет указывается на зависимость состояния здоровья от соматотипа школьника и необходимость учета как особенностей биологического созревания, так и степени гармоничности морфофункционального статуса индивида.

Конституция человека, как известно, закладывается преимущественно в раннем онтогенезе. В эти сроки формируется предрасположенность к той или иной патологии, в том числе взрослого человека [21, 22, 29, 50] и в то же время создается

реальная возможность корректировать формирование фенотипа в пределах нормы реакции путем изменения внешнесредовых факторов.

Внешними, опознавательными признаками конституции служат типы телосложения. Многочисленные классификации телосложения – от самой древней до современных базируются на морфологических характеристиках, таких как рост и вес (или длина и масса тела). Популяционные исследования позволили установить, что встречаемость разных типов телосложения неодинакова в различных регионах у представителей разных рас и этнических групп. Для взрослых русских жителей г. Москвы характерно распределение: 30 % астено-торакальный тип, 50 % мышечный тип, 20 % дигестивный тип. У детей соотношения несколько иные, так как диагностика типа конституции у детей затруднена из-за недостаточной выраженности морфологических признаков. Конституциональные различия становятся более отчетливыми после 12 лет, в связи с пубертатным ростовым спуртом постепенно устанавливаются более яркие типологические различия в строении тела [10, 27, 55, 58, 59].

Одной из центральных проблем, поэтому, оказывается проблема конституции детей и подростков в связи с процессами роста и развития, в условиях нормы и при отягощении организма заболеваниями.

В результате проведенных исследований изменились представления о норме того или иного показателя, показано, что среднестатистическая норма не может быть распространена на всю определенную возрастную-половую группу и каждый конституциональный тип имеет свои среднестатистические значения, то есть индивидуальность нормы определяется типологическими особенностями организма [16, 42, 52, 53, 54].

Важным показателем здоровья является нормальное физиологическое развитие всех систем организма [4,5]. Одна из ведущих систем жизнедеятельности – система дыхания. Она чаще других подвержена заболеваемости [3, 13, 44]. Система внешнего дыхания является практически единственной физиологической системой, которая не может быть защищена от внешних экологических воздействий надежным искусственным барьером и при дыхании ее органы первыми подвергаются действию экстремальных факторов. Бронхолегочные болезни составляют наибольший удельный вес (62,2 %) среди других патологий. Причем за время обучения в школе 70 % сформировавшихся в начальных классах функциональных расстройств трансформируются и, к моменту окончания школы, перерастают в стойкую хроническую патологию, таким образом, по данным разных исследователей, здоровыми оказываются только 5-25 % школьников [2, 6, 7, 26, 40, 49].

Частая заболеваемость ОРВЗ приводит к развитию дыхательной и легочно-сердечной недостаточности, что является причиной утомления и слабости дыхательной мускулатуры, в том числе и диафрагмы, возникающей вследствие повышения нагрузки на респираторные мышцы для преодоления неэластического сопротивления при заболеваниях легких [36, 54]. Причем нарушения функционального состояния дыхательных мышц проявляются в последовательном формировании гиперфункции, утомления и снижения их сократительной способности [19, 31].

При любых заболеваниях уже в самом начале важное значение имеет своевременное выявление особенностей этих нарушений, так как от этого зависят правильный диагноз, целенаправленное лечение и прогноз болезни. Между тем выявить нарушения различных функций, особенно на ранних стадиях их развития, не всегда

просто. Часто при ранних нарушениях функции клинические проявления вообще не регистрируются, и тогда необходимо прибегать к инструментальным методам исследования, опираясь на получаемые с их помощью функциональные параметры, которые бывают весьма многочисленны. Системный подход дает возможность определить научно обоснованные принципы изучения нарушений функции организма. Все сказанное в полной мере относится и к нарушениям функции системы дыхания [20, 51, 57].

Представленный небольшой обзор свидетельствует об актуальности проведения углубленных исследований по изучению уровней индивидуального физического развития организма в сопоставлении с вентиляционными особенностями респираторной системы детей школьного возраста. Ожидаемые результаты могут послужить основой для дальнейшей разработки мер по контролю и средствам профилактики отставаний в развитии системы дыхания, а, следовательно, и укреплению здоровья подрастающего поколения.

Есть основания полагать, что наши исследования представят новые данные по изучению влияния частых острых респираторно-вирусных заболеваний на функциональное развитие системы дыхания в динамике онтогенеза у детей 9-13 лет разных соматотипов и на характер отклонений респираторной функции легких.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследованы индивидуально-типологические особенности состояния вентиляционной системы легких и биомеханических факторов дыхания у школьников 9-13 лет, в зависимости от состояния здоровья.

В экспериментальных исследованиях участвовало 174 ребенка 9-13 лет, учащиеся школы-гимназии № 710 города Москвы, среди которых были выявлены все дети, относящиеся к основной группе здоровья: то есть все школьники 1-й группы здоровья и дети 2-й группы здоровья, не имеющие патологии со стороны систем дыхания и сердечно-сосудистой, и не болеющие часто острыми респираторными заболеваниями (106 школьников), а так же часто болеющие ОРВЗ дети второй группы здоровья (68 человек).

С целью изучения биомеханики внешнего дыхания у детей 9-13 лет, часто болеющих острыми респираторными заболеваниями, проводилось исследование на базе лаборатории формирования здоровья детей Российского научного центра восстановительной медицины и курортологии МЗ РФ. Обследовано 42 человека в возрасте 9-13 лет. По результатам анализа медицинских карт обследованные дети разделены на 3 группы: в I группу вошли дети, которые часто болели простудными заболеваниями, II группу составили дети с диагнозами рецидивирующий острый бронхит и бронхиальная астма средней степени тяжести, III группу – дети с диагнозом бронхиальная астма средней степени тяжести и сопутствующими заболеваниями (круглогодичным аллергическим ринитом, поливалентной аллергией, аденоидами). У больных бронхиальной астмой детей обследование проводилось только в межприступный период.

В соответствии с поставленными целями и задачами изучены показатели, характеризующие функциональное состояние вентиляционной системы. Используются методы комплексного исследования функции внешнего дыхания: спирогра-

фия, фазовый анализ дыхательного цикла, анализ КПО (при помощи спироанализатора “Рид-124Д” и CSA-800), анализ медицинских карт индивидуального развития и анкетного опроса родителей с помощью специально разработанных вопросников. Измеряли показатели физического развития (масса и длина тела, объем грудной клетки), рассчитывали площадь поверхности тела ($S \text{ м}^2$). У всех испытуемых изучали объёмные (ОД, МОД, МОД/кг, МОД/м²) и временные (ЧД, Тдц, Твд, Твд, Фвд, Фвд) характеристики дыхания, статические и динамические (ЖЕЛ, ЖЕЛ/см, ЖЕЛ/кг, ЖЕЛ/м², ФЖЕЛ, Vвд и Vвд) объёмы легких, максимальная вентиляция легких и резерв дыхания (МВЛ, МВЛ/кг, МВЛ/см, МВЛ/м², РД, % РД от МВЛ), анализировались кривые поток-объем (ПОС, МОС₂₅₋₇₅, СОС, ОПОС, ТПОС). Относительные величины (на сантиметр длины тела, на килограмм массы тела, на квадратный метр поверхности тела) максимальной вентиляции легких (МВЛ), минутного объема дыхания (МОД), резерва дыхания (РД) рассчитывали по общепринятым методикам.

По разработанным в лаборатории оценочным таблицам для каждого возраста определяли уровни физического и функционального развития системы легочной вентиляции испытуемых в соответствии с градациями: средний – $M \pm 0,67\sigma$; ниже-средний – между $-0,67\sigma$ и $-1,5\sigma$; вышесредний – между $+0,67\sigma$ и $+1,5\sigma$; показатели, выходящие за пределы $\pm 1,5\sigma$ считались соответственно низкими и высокими.

При анализе полученных функциональных показателей дыхательной системы учитывался тип физического статуса (соматотип) каждого обследованного ребенка. С целью определения наличия взаимосвязи типа телосложения обследуемых детей с параметрами внешнего дыхания у школьников, было проведено определение соматотипа по соматотипическому (визуальному) методу [1, 9]. Большая часть обследованных детей были отнесены к торакальному (Т) типу телосложения (50,0 %), к мышечному (М – около 14,3 %), порядка 35,7 % детей имели черты разных соматотипов: ТА, ТМ, ДМ.

Таблица 1

Распределение здоровых детей 9-13 лет по типу телосложения
(в % к количеству обследованных детей каждой группы)

Возраст, лет		9-10	10-11	11-12	13
Тип телосложения	АТ	5,3	10,3	11,1	-
	Т	50,0	58,6	59,2	63,6
	ТМ	11,7	17,2	11,1	27,3
	М	8,8	-	11,1	-
	ДМ	20,6	13,8	7,4	9,1
	Д	2,9	-	-	-

Примечание: АТ – астенический (астено-торакальный) тип, Т – торакальный тип, ТМ – торакально-мышечный тип, М – мышечный тип, ДМ – мышечно-дигестивный тип, Д – дигестивный тип телосложения

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Уровни развития соматометрических параметров в нашем исследовании мы оценивали «изолированно» друг от друга, пользуясь общими сигмальными отклонениями. В таблице 2 представлены основные показатели абсолютных размеров тела, характеризующие физическое развитие обследованных детей.

Таблица 2

*Показатели соматометрии детей 9-13 лет
(в абсолютных единицах)*

Возраст	Длина тела, в см (L)	Масса тела, в кг (M)	Поверхность тела, в м ² (S)	Окружность грудной клетки, в см
9 лет	138,1±1,02	33,1±1,1	1,14±0,03	
10 лет	146,5±1,04	38,4±1,2	1,25±0,02	71,9±1,3
11 лет	149,4±1,13	41,9±1,9	1,32±0,05	73,1±1,86
12 лет	151,7±1,92	41,2±2,5	1,32±0,05	72,9±2,8
13 лет	167,2±3,23	62,4±2,6	1,70±0,04	87,2±1,9

В течение обследованного периода масса и длина тела у детей достоверно увеличились. Это естественно, так как формирование организма детей продолжается. Сопоставление длины тела обследованных детей показал, что представители учащихся 11 лет очень мало отстают по этому показателю от 12-ти летних. Девочки ниже мальчиков всего на 0,42 см. Дети 1-й и 2-й групп здоровья, в целом также не отличаются между собой по длине тела (1,69 см). Анализ показателей массы тела у обследованных детей 11-12 лет показал следующую тенденцию: мальчики несколько тяжелее девочек, дети 12 лет и дети 2-й группы здоровья имеют меньший вес, чем школьники 11 лет и дети 1-й группы здоровья. Сходные различия выявлены в величинах поверхности тела, а также окружности грудной клетки. Значимые изменения в показателях соматометрии ($p \leq 0,05-0,01$) происходят лишь к 13 годам, что может быть связано с пубертатной перестройкой.

По длине тела количество детей среднего уровня развития составляет от 18,2 % до 55,5 %. Детей нижесреднего уровня развития по длине и массе тела выявлено от 18,2 % до 27,6 %. Количество детей вышесреднего уровня развития примерно одинаково в 9-12 лет и резко возрастает в 13 лет (табл. 3).

Так как основная группа здоровья включает и 1-ю и 2-ю группы здоровья, то и распределение детей по уровню физического развития различно. Так у детей в 11-12 лет наполняемость нижесреднего и среднего уровней развития по длине тела соотносится как 1:6 (у школьников 10-11 лет соотношение 1:3; у детей 4 класса – 1:10; у детей 3 класса – 1:9). Среди 2-й группы здоровья чаще встречаются дети с нижесредним уровнем физического развития, чем в первой (по длине тела в 1,86; 1,63; 1,57 раза соответственно в 9, 10, 11 лет, по массе тела в 2,18; 2,52; 2,33 раза в 10, 11 и 12 лет).

*Распределение детей 9-13 лет по уровню физического развития
(в % к количеству обследованных детей каждой группы)*

Возраст, лет		9	10	11	12	13
Уровни развития	Вышесредний	22,2	27,6	24,1	22,2	63,6
	Средний	55,5	44,8	55,2	55,5	18,2
	Нижесредний	22,2	27,6	20,7	22,2	18,2

Анализ показателей соматометрии по уровням развития позволил установить, что показатели длины и массы тела у детей обследованных соматотипов смещены в область средних и вышесредних значений, кроме детей торакального типа, у которых показатели массы тела «тяготеют» к нижесреднему уровню. Для показателей площади поверхности тела и окружности грудной клетки распределение значений близко к нормальному.

Функциональные параметры системы дыхания определенные в зависимости от соматотипа представлены в таблице 4.

У детей с торакальным типом телосложения величина ЧД, превышает средние значения показателя у детей с другими типами. Самые низкие абсолютные значения величины ОД и МОД определены у детей мышечного типа. У «торакальщиков» ЖЕЛ ниже, чем у детей с дигестивно-мышечным типом телосложения, для которых правда отмечена самая низкая ЖЕЛ/см ($p < 0,05$; табл. 4). Относительно высокие показатели проходимости дыхательных путей (ПОС-МОС₅₀) отмечены у детей с мышечно-дигестивным типом телосложения, в то же время самые низкие значения выявлены у детей с мышечным типом (табл. 5).

Анализ показателей максимальной вентиляции легких (МВЛ), резерва дыхания (РД) показывает, что возможности системы дыхания у детей разных соматотипов примерно равны, за исключением детей торакально-мышечного типа телосложения (табл.4), у которых резерв дыхания оказался наименьшим. Анализ распределения отдельных показателей системы внешнего дыхания по уровням развития не показал четко выраженных различий между обследованными типами телосложения. Выявленные соматотипы содержат и средний уровень развития показателей и ниже и выше среднего (табл. 6-7).

Однако некоторая взаимосвязь между индивидуально-типологическими особенностями и большей частотой встречаемости уровней развития признака у обследованных детей отмечена. У детей торакально-мышечного, мышечного и дигестивно-мышечного типов отмечена большая частота встречаемости средних и ниже средних значений ЧД (табл. 6), в отличие от астено-торакального и торакального типов телосложения. Объем дыхания (ОД) у типов ТМ-М преимущественно среднего и ниже среднего уровня. Для АТ и МД отмечен сдвиг в сторону выше-среднего уровня развития показателя. Легочная вентиляция (МОД) в вариантах ТМ-М типов телосложения имеет одинаковое распределение: преимущественно ниже среднего уровня развития.

Таблица 4

*Некоторые показатели системы дыхания у детей 9-13 лет
разных типов телосложения*

Показатель	Возраст, лет	Тип телосложения					
		Торакальный		Мышечный		Дигестивный	
		АТ	Т	ТМ	М	МД	Д
ЧД в мин	9-10		21,5± 1,10		25,6 ± 3,50	22,4± 1,63	
	10-11	24,7± 10,9	20,6± 1,2	20,8± 3,9	23,5±	18,9± 2,2	
	11-12	15,40±2,09	21,32±1,59	17,29±3,40	17,22±1,58	16,38±3,88	
	13		18,3±1,4	13,6±1,16		18,77±	
ОД л	9-10		0,4 ± 0,02		0,4 ± 0,10	0,4 ± 0,02	
	10-11	0,27 ±0,05	0,41± 0,04	0,43± 0,05	0,27±	0,56± 0,2	
	11-12	0,50±0,10	0,45±0,04	0,38±0,07	0,27±0,03	0,84±0,23	
	13		0,75±0,15	0,82±0,13		0,56±	
МОД л/мин	9-10		8,0 ± 0,42		9,0 ± 1,2	8,4± 0,92	
	10-11	6,1± 1,7	8,4± 0,8	7,7± 1,2	6,40±	10,4± 2,9	
	11-12	7,55±1,50	9,14±0,70	6,24±0,73	4,18±0,74	9,50±1,19	
	13		12,9±2,06	11,21±2,11		10,51±	
МОД/кг	9-10		0,3 ± 0,02		0,2 ± 0,02	0,2 ± 0,03	
	10-11	0,2 ±0,05	0,2 ±0,04	0,2 ±0,04	0,13±	0,2 ±0,06	
	11-12	0,19±0,04	0,22±0,02	0,15±0,04	0,10±0,01	0,16±0,03	
	13		0,21±0,03	0,18±0,04		0,15±	
ЖЕЛ л	9-10		1,8 ± 0,07		2,1± 0,01	2,0 ± 0,02	
	10-11	2,1 ±0,2	2,2 ±0,1	2,5 ±0,2	2,24±	2,0 ±0,6	
	11-12	2,50±0,16	2,55±0,11	2,65±0,29	2,31±0,12	2,90±0,12	
	13		4,08±0,25	3,30±0,29		2,72±	
ЖЕЛ/кг	9-10		57,2 ±3,73		58,9±2,69	49,7±2,14	
	10-11	66,91±5,2	62,87±2,66	58,04±5,21	46,67±	41,13±7,16	
	11-12	60,18±9,57	61,96±2,53	61,34±1,89	51,47±1,44	48,51±2,05	
	13		64,77±4,80	47,90±6,80		40,0±	
Ввд л/с	9-10		2,4 ± 0,10		2,9 ± 0,20	2,5± 0,15	
	10-11	2,2 ±0,2	2,8 ±0,05	2,5 ±0,2	1,7±	2,4 ±0,4	
	11-12	3,00±0,15	3,86±0,40	3,23±0,32	3,13±0,23	5,00±0,50	
	13		5,06±0,41	4,40±0,40		4,5±	
Ввыд л/с	9-10		2,8± 0,11		3,1 ± 0,10	3,0± 0,17	
	10-11	2,5 ±0,7	2,7 ±0,2	2,5 ±0,3	1,0±	2,5 ±0,03	
	11-12	3,27±0,27	2,55±0,11	3,27±0,19	3,27±0,12	3,75±0,25	
	13		4,71±0,26	4,43±0,15		2,50±	
МВЛ л/мин	9-10		46,3 ± 2,42		49,8 ± 3,7	47,1± 2,04	
	10-11	44,9 ±6,3	55,6 ±3,4	50,6 ±6,9	61,9±	49,9± 7,7	
	11-12	67,87±1,91	56,80±4,59	39,94±0,82	67,48±9,63	50,40±5,43	
	13		91,31±4,09	68,76±12,3		91,99±	
РД л/мин	9-10		38,3 ± 2,29		40,1 ± 3,8	38,7± 2,59	
	10-11	38,8 ±6,0	47,2 ±2,9	43,0 ±7,3	55,6±	39,5 ±10,4	
	11-12	60,29±0,78	47,66±4,55	33,71±0,46	62,70±10,0	40,90±6,62	
	13		78,36±3,43	57,55±11,0		80,48±	

Таблица 5

*Показатели бронхиальной проходимости у детей 9-13 лет
разных типов телосложения*

	Тип телосложения						
		Торакальный		Мышечный		Дигестивный	
		АТ	Т	ТМ	М	ДМ	Д
ОФВ ₁ л/с	9-10		1,6 ± 0,06		1,8± 0,1	1,8 ± 0,09	
	10-11	1,8 ±0,4	1,9 ±0,1	2,0 ±0,1	2,00	1,9 ±0,4	
	11-12	2,15±0,12	2,21±0,10	2,34±0,13	2,09±0,07	2,28±0,51	
	13		3,61±0,20	3,00±0,22		2,5+	
Тиффно, %	9-10		93,3 ± 2,33		90,9 ± 6,3	96,3 ±1,05	
	10-11	94,9± 3,8	96,1 ±1,3	93,7 ±3,1	99,2	88,6 ±13,8	
	11-12	97,69±2,3	95,73±1,44	96,65±1,04	93,13±1,51	94,01±4,82	
	13		93,9±1,4	91,30±1,05		95,58+	
ПОС л/с	9-10		3,8± 0,18		4,3 ± 0,40	4,5 ± 0,27	
	10-11	4,2 ±0,4	4,5 ±0,2	4,4 ±0,3	4,13	4,4 ±1,0	
	11-12	4,94±0,22	4,78±0,28	4,66±0,23	4,63±0,44	5,74±0,19	
	13		7,28±0,57	6,63±0,48		5,36+	
МОС ₂₅ л/с	9-10		3,7 ± 0,18		4,0 ± 0,30	4,4 ± 0,30	
	10-11	4,1 ±0,4	4,3 ±0,2	4,0 ±0,3	3,75	4,4 ±1,0	
	11-12	4,58±0,54	4,59±0,27	4,64±0,24	4,48±0,29	5,57±0,02	
	13		7,01±0,53	6,50±0,39		5,16+	
МОС ₅₀ л/с	9-10		2,8 ± 0,15		3,0 ± 0,50	3,3 ± 0,22	
	10-11	3,3 ±0,1	3,3 ±0,2	3,2 ±0,1	3,05	3,3 ±0,4	
	11-12	3,78±0,40	3,58±0,24	3,68±0,09	3,28±0,41	4,50±0,17	
	13		5,05±0,34	4,25±0,21		3,85+	
МОС ₇₅ л/с	9-10		1,6 ± 0,12		1,6 ± 0,30	1,8 ± 0,15	
	10-11	2,3 ±0,3	2,0 ±0,2	1,8 ±0,2	1,79	2,1 ±0,1	
	11-12	2,20±0,30	2,25±0,21	1,85±0,18	1,69±0,18	3,19±0,39	
	13		3,01±0,22	2,13±0,08		1,95+	
Т _{выд} с	9-10		1,3 ± 0,06		1,5 ± 0,30	1,7 ± 0,25	
	10-11	1,3 ±0,3	1,6 ±0,1	1,8 ±0,4	1,35	1,7 ±0,2	
	11-12	2,19±0,38	1,67±0,13	2,01±0,44	1,80±0,34	2,19±0,77	
	13		1,88±0,16	2,46±0,14			
Ф _{вд} /Т _{дц}	9-10		0,4 ± 0,01		0,5 ± 0,01	0,5 ± 0,04	
	10-11	0,4 ±0,04	0,5 ±0,02	0,4 ±0,02	0,42	0,4 ±0,04	
	11-12		0,40±0,02	0,37±0,0	0,41±0,01	0,39±0,0	
	13						
Ф _{вд} /Ф _{выд}	9-10		0,8 ± 0,05		1,0 ± 0,1	0,9 ± 0,12	
	10-11	1,2 ±0,3	0,9 ±0,03	0,8 ±0,06	0,89	0,9 ±0,01	
	11-12		0,70±0,06	0,60±0,0	0,70±0,04	0,63±0,0	
	13		0,81±0,03	0,81±0,05		0,76+	
ЗД _{ОЕЛ} с	9-10		31,0 ± 3,99		22,8 ± 6,3	27,1 ± 3,80	
	10-11	28,8	38,0± 5,0	39,6± 9,8	22,8	32,4± 2,9	
	11-12	37,20±17,	36,15±6,06	34,80±9,99	45,60±7,33	31,80±6,60	
	13		49,71±4,30	69,67±13,3		55,0+	
ЗД _{ФОЕЛ} с	9-10		17,7 ± 2,14		12,3 ± 2,40	17,8 ± 6,09	
	10-11	16,8± 6,6	17,4 ±2,5	13,7 ±3,5	8,4	14,8 ±5,6	
	11-12	17,20±9,4	20,40±3,69	13,60±0,80	10,00±2,43	18,00±9,60	
	13		23,57±1,46	34,67±2,96		24,0+	

Относительная величина МОД (на кг массы тела) регистрируется ниже среднего уровня развития у детей ГМ-МД соматотипов. Резервные возможности легких у детей 9-11 лет (МВЛ и РД) имеют преимущественно средний уровень развития (А, Т, М); легкий сдвиг в сторону выше среднего также свойственен для рассмотренных А, Т, М типов телосложения (табл. 6). Резервные возможности системы дыхания у здоровых детей ГМ и МД типов телосложения оказались ниже среднего уровня развития.

Таблица 6

Распределение школьников 9-12 лет разных типов телосложения по уровням развития показателей вентиляционной функции легких (в процентах к количеству детей каждого типа)

Соматотип	Уровень развития	Возраст, лет	Л см	М кг	ЧД в мин	ОД л	МОД л/мин	МОД/кг	ЖЕЛ л	Ввд л/с	Ввыд л/с	МВЛ л/мин	РД л/мин
А (АТ, ТА)	Выше	9-10	-	-	33,3	-	-	-	-	-	33,3	-	-
	средн	11-12	33,3	0	0	33,3	0	33,3	33,3	0	0	33,3	50
	Средн	9-10	100,	-	33,3	33,3	33,3	33,3	66,7	33,3	33,3	66,7	66,7
		11-12	66,7	100	100	66,7	100	66,7	66,7	100	100	66,7	50
	Ниже	9-10	-	100,	33,3	66,7	66,7	66,7	33,3	66,7	33,3	33,3	33,3
		средн	11-12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Т	Выше	9-10	23,5	5,9	17,6	11,8	17,6	11,8	35,3	35,3	17,6	29,4	35,3
	средн	11-12	31,2	25,0	31,2	25,0	18,8	31,2	18,8	25,0	37,5	25,0	12,5
	Средн	9-10	52,9	58,8	64,7	64,7	41,2	47,1	47,1	52,9	58,8	47,1	58,9
		11-12	50,0	31,2	43,8	43,8	68,7	62,5	62,5	43,7	43,7	50,0	56,2
	Ниже	9-10	23,5	35,3	17,6	23,5	41,2	41,2	17,6	11,8	23,5	23,5	11,8
		средн	11-12	18,8	43,8	25,0	31,2	12,5	6,3	18,7	31,3	18,8	25,0
ГМ	Выше	9-10	60,0	40,0	20,0	20,0	20,0	-	60,0	-	20,0	40,0	40,0
	средн	11-12	33,3	33,3	0	0	0	0	33,3	0	0	0	0
	Средн	9-10	40,0	60,0	40,0	40,0	20,0	40,0	40,0	80,0	60,0	20,0	20,0
		11-12	33,3	33,3	66,7	33,3	33,3	33,3	66,7	66,7	100	0	0
	Ниже	9-10	-	-	40,0	40,0	60,0	60,0	-	20,0	20,0	40,0	40,0
		средн	11-12	33,3	33,3	33,3	66,7	66,7	66,7	0	33,3	0	100
М (МД)	Выше	9-10	25,0	50,0	-	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	-	-	50,0
	средн	11-12	0	33,3	0	0	0	0	0	0	0	33,3	33,3
	Средн	9-10	50,0	50,0	75,0	50,0	50,0	25,0	50,0	25,0	75,0	75,0	25,0
		11-12	100	66,7	66,7	0	33,3	0	66,7	100	100	66,7	66,7
	Ниже	9-10	25,0	-	25,0	25,0	25,0	50,0	25,0	50,0	25,0	25,0	25,0
		средн	11-12	0	0	33,3	100	66,7	100	33,3	0	0	0

Примечание к таблицам 4, 5, 6: А (АТ, ТА) – астенический (астено-торакальный, торакально-астенический) тип, Т – торакальный тип, ГМ – торакально-мышечный тип, М – мышечный тип, МД (ДМ) – мышечно-дигестивный тип телосложения

Что касается распределения жизненной емкости легких (ЖЕЛ), то следует отметить, что кроме детей Т типа (нормальное распределение) и М типа (ниже среднего), у всех остальных проявился сдвиг в сторону выше среднего уровня развития признака.

Для показателей, характеризующих проходимость дыхательных путей крупного и среднего калибра (ПОС, МОС₂₅₋₅₀) развитие признака выше среднего уровня отмечено только у детей мышечно-дигестивного типа телосложения (табл. 7). Для ТМ и М типов проявляется сдвиг к ниже среднему развитию проходимости мелких бронхов. Показатель ОПОС (объем воздуха при пиковой объемной скорости) у детей астенической группы телосложения имеет явно выраженное величину ниже среднего уровня, что может быть следствием как недостаточного развития дыхательной мускулатуры, так и проходимости дыхательных путей.

Таблица 7

Распределение школьников 9-12 лет разных типов телосложения по уровню развития показателей проходимости дыхательных путей и длительности возникновения инспираторного индекса (в процентах к количеству детей каждого типа)

Соматотип	Уровень развития	Возраст, лет	ОФВ ₁ л	Тиф-фно (%)	ПОС л/с	МОС ₂₅ л/с	МОС ₅₀ л/с	МОС ₇₅ л/с	ОПОС л	Тпос с	ЗДоел с	ЗДФоел л с	
А (АТ, ТА)	Выше средн	9-10	33,3	33,3	-	-	-	33,3	-		33,3	-	
		11-12	0	66,7	0	0	33,3	33,3	0	33,3	33,3	33,3	
	Средн	9-10	33,3	66,7	100,0	100,0	100,0	66,7	66,7		33,3	66,7	
		11-12	66,7	33,3	100	66,7	66,7	66,7	33,3	0	33,3	0	
	Ниже средн	9-10	33,3	-	-	-	-	-	33,3		33,3	33,3	
		11-12	33,3	0	0	33,3	0	0	66,7	66,7	33,3	66,7	
	Т	Выше средн	9-10	17,6	47,1	17,6	11,8	11,8	23,5	23,5		41,2	29,4
			11-12	37,5	50,0	32,2	31,2	25,0	25,0	18,8	31,2	25	37,5
Средн		9-10	52,9	47,1	64,8	76,4	52,9	52,9	52,9		35,3	41,2	
		11-12	37,5	25,0	43,8	50,0	50,0	56,2	68,7	50,0	43,8	31,2	
Ниже средн		9-10	29,4	5,8	17,6	11,8	35,3	23,5	23,5		23,5	29,4	
		11-12	25,0	25,0	25	18,8	25,0	18,8	12,5	18,8	31,2	31,3	
ТМ		Выше средн	9-10	-	40,0	-	-	-	20,0	40,0		40,0	-
			11-12	33,3	0	0	0	0	0	66,7	66,7	0	0
	Средн	9-10	80,0	40,0	100	80,0	100	60,0	40,0		40,0	60,0	
		11-12	66,7	100	100	100	100	66,7	33,3	33,3	66,7	100	
	Ниже средн	9-10	20,0	20,0	-	20,0	-	20,0	20,0		20,0	40,0	
		11-12	0	0	0	0	0	33,3	0	0	33,3	0	
	МД (М)	Выше средн	9-10	25,0	25,0	25,0	25,0	-	-	50,0		-	25,0
			11-12	0	0	33,3	0	0	0	0	33,3	33,3	0
Средн		9-10	50,0	50,0	50,0	50,0	100	100	25,0		75,0	25,0	
		11-12	100	66,7	33,3	100	66,7	66,7	100	66,7	66,7	33,3	
Ниже средн		9-10	25,0	25,0	25,0	25,0	-	-	25,0		25,0	25,0	
		11-12	0	33,3	33,3	0	33,3	33,3	0	0	0	66,7	

Таким образом, принадлежность ребенка к определенному соматотипу является одним из факторов возникновения вариантов физического и биологического развития, что подтверждает актуальность индивидуально-типологического подхода к оценке роста и развития детей.

На кривых комплексного обследования дыхательной системы детей 9-13 лет регистрировались нарушения показателей вентиляции легких, бронхиальной проходимости и параметров биомеханики дыхания в зависимости от принадлежности ребенка к определенному соматотипу. Среди показателей вентиляции легких (рис. 1) на первом месте среди легких отклонений выделяются дети с астеническим и дигестивно-мышечным типом телосложения. Для детей торакально-мышечного и мышечного типов среди вентиляционных показателей преобладают норма и условная норма.

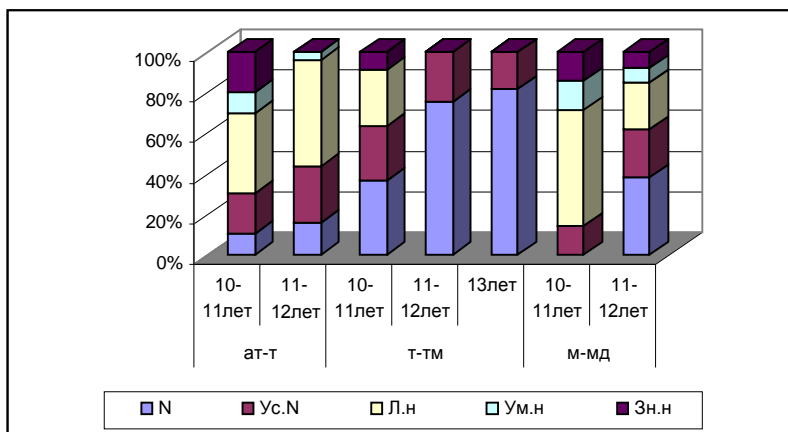


Рис.1 Показатели вентиляционной функции легких у детей 10-13 лет разных типов телосложения

При анализе отклонений параметров биомеханики дыхательной системы (рис. 2) легкие нарушения параметров биомеханики выявлены у детей астенического (до 44 %), торакального (до 27 %) и мышечного (до 44 %) типов телосложения, но не во всех возрастных группах. У детей дигестивно-мышечного типа значительные и умеренные отклонения составляют 8 % и 14 % соответственно. Среди «нормальных» преобладают торакально-мышечные (до 82 %). Условная норма оказалась свойственной всем типам телосложения (от 14 % до 31 %).

Для показателей бронхиальной проходимости (рис. 3) оказалось характерным отсутствие значительных и умеренных отклонений у школьников всех выявленных соматотипов. Среди детей с легкими отклонениями функции дыхания выявляется только астено-торакальный тип (до 20 %). Условная норма проявления показателей свойственна школьникам астенических типов (до 16 %) и детям с мышечным (до 29 %) соматотипами. «Нормальные» значения бронхиальной проходимости выявляются среди детей всех соматотипов, с незначительным превалированием «мышечных» типов.

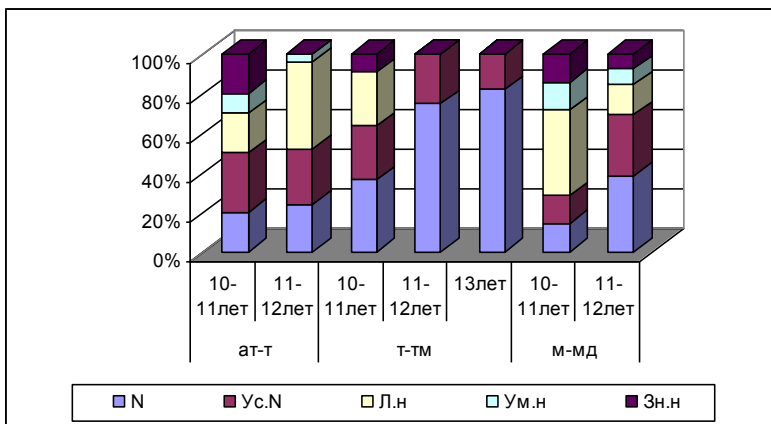


Рис.2 Показатели биомеханических параметров системы дыхания у детей 10-13 лет разных соматотипов

Средние значения большинства показателей биомеханики дыхания у детей 9-13 лет, часто болеющих респираторными заболеваниями, находятся в границах возрастной нормы, хотя различия их у отдельных испытуемых значительны. Наименьшая величина показателей, как правило, отмечается у детей, страдающих бронхиальной астмой. В таблице 8 представлены значения легочных объемов и емкостей у детей 11-12 лет, имеющих разную степень нарушения функции внешнего дыхания. Здесь же представлены приросты показателей у детей 11-13 лет по сравнению с 9-10-летними (по группам). Как и в предыдущей возрастной группе, у детей с бронхиальной астмой разной степени тяжести сохраняется тенденция к снижению показателей. Прирост величины показателей в сравнении с 9-10-летними неравномерен как по отдельным показателям, так и в различных группах.

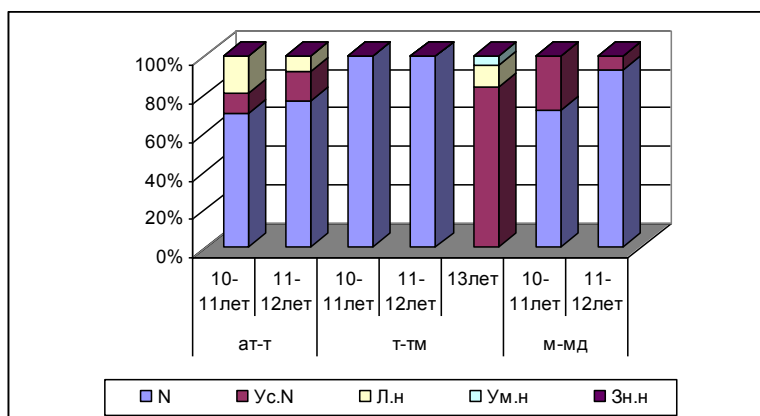


Рис.3 Отклонения показателей бронхиальной проходимости у детей 10-13 лет разных соматотипов

Дети 11-13 лет из I и III групп имеют заметные приросты Емк.вд. (на 15,3 и 10,8 %) и РО выд. (на 10,8 и 17,2 %), что обуславливает прирост у них величины ЖЕЛ: на 6,2 и 12,6 %, соответственно. У испытуемых II группы увеличивается на 8,1 % только РО выд., поэтому ЖЕЛ остается, фактически, без изменений. Обращает на себя внимание тот факт, что самые заметные в процентном отношении приросты легочных объемов и емкостей от 9-10 к 11-12 годам отмечаются у испытуемых III группы. Это может быть связано с исходно низкой величиной этих показателей у детей из III группы.

Таблица 8

Легочные объемы и емкости у детей 11-13 лет с разной степенью нарушения функции внешнего дыхания и их прирост по сравнению с испытуемыми 9-10 лет

Группа	МОД, л/мин	ЖЕЛ, л	ЖЕЛ, % от должной	Емк.вд., л	РО выд., л	РО выд./ЖЕЛ, %
I	7,5±0,5	3,45±0,55	103,2±4,6	2,71±0,19	1,13±0,11	29,5±3,5
Прирост, %	-1,2	6,2	-4,0	15,3	10,8	-3,1
II	8,3±0,7	2,53±0,11	102,8±1,6	1,87±0,11	0,67±0,06	26,6±2,7
Прирост, %	-3,4	0,8	-1,5	-2,1	8,1	8,6
III	7,3±0,3	2,50±0,18	103,5±2,6	1,74±0,12	0,75±0,06	29,3±0,6
Прирост, %	5,1	12,6	3,8	10,8	17,2	9,7

У испытуемых 11-13 лет, так же как у 9-10-летних, наблюдается тенденция к снижению величины показателей от I к III группе. Закономерно низкие значения проходимости бронхов среднего (V_{50}) и мелкого калибра (V_{75}), а также их должных величин, отмечаются у детей с бронхиальной астмой. При этом индивидуальный разброс значений каждого показателя достаточно велик. У детей II группы значения V_{75} даже в межприступный период составляют $1,23±0,11$ л/с, то есть $61,1±5,1$ % от должной величины, а у детей III группы в 1,5 раза меньше - всего $0,86±0,13$ л/с ($41,0±4,4$ % от должного). Наибольшие возрастные приросты величины показателей проходимости дыхательных путей (более 10 %) отмечаются у детей I и III группы. У испытуемых II группы изменения незначительны или носят отрицательный характер. Подобная динамика может быть связана с начавшейся пубертатной перестройкой организма исследуемых детей, а в случае детей III группы – еще и с исходно низкими значениями изучаемых показателей. Поскольку самые низкие цифры наблюдаются у испытуемых с бронхиальной астмой, можно предположить, что с началом пубертатной перестройки негативные процессы в организме больных детей усугубляются.

Анализ типов телосложения группы школьников, относящихся к ЧБ ОРВЗ детям, показал, что основным является торакальный и затем встречается мышечный конституциональный типы (табл. 9). Остальные дети относились к смешанным типам телосложения.

Для ЧБ ОРВЗ школьников характерен относительно высокий рост с меньшей массой тела. Возможно, с этим связано появление среди ЧБ школьников в этом возрасте астенического типа телосложения (табл. 9).

Таблица 9

Внутригрупповое распределение часто болеющих острыми респираторно-вирусными заболеваниями школьников по типу телосложения

Возраст, лет	Типы телосложения								
	А	АТ	Т	Тд	Тм	М	Мд	Д	Дм
9-10	-	1	14	-	2	2	1	-	2
10-11	-	-	6	-	2	2	2	1	1
11-12	-	1	6	-	2	3	1	1	2
12-13	5	1	6	2	1	2	-	-	1

Как было сказано выше, частота дыхания в группе ЧБ детей снижается. Однако, если рассмотреть динамику этого показателя в зависимости от типа конституции ребенка (табл. 10), можно отметить, наиболее ярко эта характеристика изменяется у школьников мышечного типа телосложения. Подобное интенсивное изменение характерно и для ОД у детей мышечного типа, тогда как у Т и Д-типов (А тип был выявлен только в группе 12-13-летних школьников) увеличение ОД не так выражено. У детей мышечного типа ОД в 12-13 лет практически в 2,0 раза выше, чем у остальных сверстников (табл. 10). Интегральная характеристика внешнего дыхания – МОД – имеет возрастную динамику по направленности идентичную изменениям ОД.

Как известно, возрастными особенностями этого периода онтогенетического развития человека являются наиболее высокие изменения респираторной системы [24, 34 и др.]. В возрасте 12-13 лет происходит позитивное изменение толщины и структуры мышечных волокон с изменением длина и диаметра воздухоносных путей, и это сочетание приводит к интенсивному улучшению проходимости дыхательных путей, увеличению растяжимости легких, развитие легочной мускулатуры сопровождается увеличением статических объемов легких. Эта совокупность изменений положительно влияет на степень сдвига в динамике функциональных показателей биомеханики дыхания, особенно у школьников М-типа телосложения (табл. 10).

Динамика показателей ЖЕЛ также наиболее выражена у школьников, относящихся к М-типам, но и у Т-типа также есть существенные изменения ЖЕЛ в сторону ее увеличения.

Скорость вдоха у учащихся М-типа за период обследования выросла в 2 раза, а скорость выдоха в 1,4 раза (у школьников Т-типа в 1,5 и 1,3 раза соответственно, причем постепенно за время обследования). Все это свидетельствует о том, что у школьников М-типа характеристики дыхания, связанные с развитостью дыхательной мускулатуры, лучше, чем у школьников других типов телосложения.

Таблица 10

Изменение некоторых показателей системы дыхания у ЧБ ОРВЗ школьников 9-13 лет в зависимости от возраста и типа телосложения

	Соматотип	М	А	Т	Д
	Возраст				
ЧД	9-10 лет	24		20,7	
	10-11лет	23,7		20,6	22,8
	11-12лет	23,16		21,5	20,6
	12-13лет	14,52	19,15	20,7	
ОД	9-10 лет	0,39		0,38	
	10-11лет	0,44		0,43	0,43
	11-12лет	0,49		0,42	0,45
	12-13лет	0,95	0,48	0,48	
МОД	9-10 лет	9,1		8	
	10-11лет	10,3		9,05	9,67
	11-12лет	11,35		9,1	9,34
	12-13лет	13,79	9,19	9,67	
Vвд	9-10 лет	2,5		2,4	
	10-11лет	3		2,2	2,4
	11-12лет	4,5		2,9	2,9
	12-13лет	5	4,3	3,5	
Vвыд	9-10 лет	2,8		2,7	
	10-11лет	2,8		2,6	2,4
	11-12лет	2,9		2,9	3,1
	12-13лет	3,9	4,6	3,4	
МВЛ	9-10 лет	44,3		43	
	10-11лет	44,7		50,4	54,3
	11-12лет	52		63,8	62,9
	12-13лет	86	81,6	53,6	
РД	9-10 лет	35,2		35	
	10-11лет	34,4		41,4	44,8
	11-12лет	40,7		56,7	53,5
	12-13лет	72,3	72,4	44	
ЖЕЛ	9-10 лет	2,1		1,9	
	10-11лет	1,8		2,4	1,8
	11-12лет	2,3		2,3	2,1
	12-13лет	3,5	3,05	2,8	
ОФВ1	9-10 лет	1,65		1,62	
	10-11лет	1,96		1,87	1,65
	11-12лет	2,06		2,08	1,94
	12-13лет	3,02	2,81	2,27	

Типы телосложения: А – астенический; Т – торакальный; М – мышечный; Д – дигестивный

По мере увеличения размеров грудной клетки и силы дыхательных мышц, роста и развития бронхолегочного аппарата в период от 10-11 к 12-13 годам возрастают резервные возможности вентиляционной системы. Уже к 12-13 годам РД составляет 82 %, 84 % и 88 % от МВЛ при А-, Т- и М-типах телосложения соответственно. Более выраженные изменения МВЛ у М-типа в период 11-12 - 12-13 лет связано с морфофизиологическими особенностями развития мышц, осуществляющих движение грудной клетки при дыхании.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Возраст 11-13 лет является узловым в развитии механизмов физиологических функций дыхательной функции легких, энергообеспечения мышечной деятельности, координации сократительной функции миокарда и гемодинамики, взаимосвязи между гипофизарными структурами мозга. Если 6-7 лет значителен как период полуростового скачка в физическом развитии ребенка [45, 41, 46], период преобладающего расширения воздухоносных путей над их ростом, значительного снижения бронхиального сопротивления, стабилизации состава альвеолярного воздуха, в 7-10 лет допускается плавное развитие и созревание морфофункциональных структур легких, то период от 11 до 13 лет характеризуется усилением возрастных преобразований дыхательной системы, что связано с началом полового созревания [24, 25, 37, 38, 39]. У детей наблюдается увеличение легочных объемов и емкостей, снижается бронхиальное сопротивление, уменьшаются относительные величины легочной вентиляции и поглощения кислорода, растут биомеханические показатели. Частые заболевания в этом возрасте могут приводить к стойким морфофункциональным изменениям в дыхательной системе и последующему развитию её хронической патологии [28, 35, 56].

Средние уровни развития ВФЛ, как и ФР, имели место не более, чем в половине случаев (до 55-65 % в 9-10 лет, до 55-60 % в 10-11 лет, от 40 % до 63 % в 11-13 лет). Ускорения и замедления в физическом развитии (в нашем случае не более 23,5 – 29,4 % в 9-10 лет и порядка 25-30 % в 11-13 лет) оцениваются как отклонения, которые могут приобретать признаки дисгармоничности или нарушения отдельных систем. Дети с замедленным развитием обычно составляют группу неблагополучных.

Величины функциональных показателей системы дыхания колебались в широких пределах. Это касалось и объёмных ($KV=21,6-28,8$ % в 9-10 лет, $34,9-46,6$ % в 10-11 лет, $15,5-38,4$ % в 11-13 лет) и временных ($KV=26,4-28,4$ – до $94,4$ % 9-10; $16,4-29,4$ – до $77,1$ % в 10-11 лет; $26,9-48,8$ % в 11-13 лет) характеристик дыхательного цикла, и объёмов легких ($KV=16,8$ % 9-10; $18,4$ % в 10-11; $16,1$ % в 11-13 лет) и биомеханических факторов дыхания ($KV=18,2-29,8$ % в 9-10 лет; $KV=15,9-40,5$ % в 10-11 лет; $19,1-34,8$ % в 11-13 лет). Менее всего вариативность проявилась в показателях ОФВ₁ и Тифно ($KV=12,4-16,2$ %, $3,9-21,8$ %, $15,5-5,2$ % в 9-10, 10-11 и 11-13 лет соответственно).

В целом у обследованных детей 9-10 лет отмечен гипервентиляционный синдром. Однако в разных соматотипических группах гипервентиляция определяется разными превалирующими составляющими. У детей 9-11 лет торакального типа телосложения и детей 11 лет дигестивного типа вентиляция определяется объемом дыхания. У детей дигестивного типа в 9-10 лет «гипервентиляция» формируется за

счет частоты дыхания. У детей 11-13 лет астено-торакального типа, торакально-мышечного типа и мышечно-дигестивного типа телосложения вентиляция определяется объемом дыхания.

Резервные возможности системы дыхания одновременно опираются на вентиляционную и биомеханическую функциональные составляющие, включающие такие факторы биомеханики дыхания, как растяжимость легких и грудной клетки, которые тесно связаны с физическим развитием.

Выполнение тестов с форсированными вдохом и выдохом показывает, что у здоровых детей (основная группа здоровья) 9-10 лет $V_{вд}$ и $V_{выд}$, ЖЕЛ, МВЛ и РД имеют преимущественно средний и выше среднего уровни развития, а у детей 11-13 лет – преимущественно средний и ниже среднего уровни развития. При форсированном выдохе ($V_{выд}$) абсолютные значения показателя были увеличены у 23,1 % детей 9-10 лет и 33,3 % детей 10-11 лет, определенных как астено-торакальный тип, у 37,5 % детей 11-13 лет, определенных как торакальный тип и у 50 % детей 9-10 лет и 25 % детей 10-11 лет мышечно-дигестивного типа. $V_{вд}$ у детей торакального типа был снижен в 35,7 % случаев в 9-10 лет и у 66,7 % в 10-11 лет, у 16,7 % и 37,5 % детей дигестивного типа телосложения 9-10 и 10-11 лет соответственно, у 31,3 % торакального

Жизненная емкость легких была снижена не более чем у 21,4 % детей 9-11 лет торакального типа и всего у 18,7 % детей 12-13 лет. Остальные дети данного соматического типа имели среднее (58,3 % - 62,5 %) и выше среднего развитие данного показателя. Для 83,3 % детей 9-10 лет, не менее 50 % 10-11 летних детей дигестивного типа телосложения и для 66,7 % детей торакально-мышечного и мышечного типов телосложения 11-13 лет оказалось свойственна средняя величина этого показателя. Развитие показателя выше среднего оказалось свойственно для 60 % детей торакально-мышечного и 62,5 % торакального типа в 10-11 лет, и для 33,3 % детей «астенического» и 100 % дигестивно-мышечного типов телосложения в 12-13 лет.

В то же время показатели бронхиальной проходимости (ПОС, $МОС_{25-50}$), для которых свойственно активное участие дыхательных мышц, а не только величина бронхиального сопротивления, у 35,5 % детей 9-11 лет и у 25 % детей 12-13 лет торакального типа и 33,3 % детей 13 лет мышечного типа телосложения имеют выраженное смещение в сторону ниже среднего развития. А у 33,3 % детей дигестивного типа телосложения 9-11 лет для показателей ПОС и $МОС_{25}$ оказался свойственен сдвиг в сторону повышения абсолютной величины. $МОС_{50}$ оказался выше среднего у 66,7 % «широкотелых» детей. Участие дыхательных мышц в продвижении воздуха на уровне 75 % ЖЕЛ, по-видимому, оказывается равноценным у детей 9-11 лет и при торакальном (у 92,8 %), и при дигестивном (практически у 100 %), а при астеническом и мышечном типах телосложения (только у 66,7 % детей 12-13 лет) выявляются среднее и выше среднего абсолютные значения $МОС_{75}$.

Все это указывает на необходимость индивидуальной комплексной оценки результатов обследования каждого школьника. Принадлежность к определенному конституциональному типу должна быть принята в качестве фактора, который необходимо учитывать при суждении об уровне развития отдельных функциональных систем организма, но в возрасте 9-11 лет эта зависимость проявляется еще не достаточно. На наш взгляд в возрасте 12-13 лет эта зависимость уже начинает проявляться в адаптивных и резервных способностях респираторной системы.

Обследование школьников, часто болеющих ОРВЗ, показало, что за период исследования произошли как качественные, так и количественные изменения в состоянии уровней их физического развития и функциональных возможностей внешнего дыхания. Направленность развития респираторной системы ЧБД в целом соответствует общим онтогенетическим изменениям. Но необходимо отметить, что возрастное изменение показателей респираторной функции легких у учащихся, часто болеющих ОРВЗ, носит разнонаправленный характер. Показательна вариативность ЧД у обследуемого контингента школьников: так в 1-м классе в этой группе учащихся 40 % обследуемых имели высокие и выше среднего значения частоты дыхания, к 6-му классу число таких детей снизилось до 33 %. Общая возрастная динамика ЧД направлена к снижению показателя, но кроме того выявилось 13 % школьников с редким дыханием. Изменения объема дыхания не столь однонаправлены, индивидуальные абсолютные значения ОД у школьников, часто болеющих ОРВЗ, в обследуемой группе достаточно вариативны. Причем от 1-го класса к 6-му их градиент (диапазон разности между минимальным и максимальным значением) увеличивается: в 1-м классе он равен 0,24 л, в 6-м = 0,80 л (во 2-м = 0,34 л, а в 5-м = 0,74 л).

В группе часто болеющих ОРВЗ школьников есть значимые онтогенетически закономерные изменения биомеханических свойств функции внешнего дыхания ($V_{вд}$, $V_{выд}$, ЖЕЛ, $ОФV_1$) и его резервных возможностей (МВЛ, РД). Обращает на себя внимание, что абсолютные значения скорости выдоха и вдоха относятся к градации нижесредних и низких значений у 33,0-40,0 % ЧБ детей, значения ЖЕЛ/кг у 45 %, величина показателя $ОФV_1$ у 38 %. Подобные несоответствия с возрастной онтогенетической направленностью интегральных характеристик легочной вентиляции и биомеханических свойств легких функции внешнего дыхания у часто болеющих ОРВЗ детей влияют и на их резервные возможности. Так величина МВЛ у 26 % часто болеющих ОРВЗ детей входит в градации нижесредних и низких значений, РД – у 35 %.

Среди часто болеющих ОРВЗ школьников можно выделить детей, относящихся к группе риска – это те из обследуемых, кто имеет несколько показателей, характеризующих функцию дыхания, величины которых относятся к градациям с низкими и ниже средними значениями. С увеличением тяжести заболевания степень изменения показателей растет. Значения показателей, характеризующих легочные объемы и, особенно, проходимость дыхательных путей, заметно снижаются у детей 9-10 и 11-13 лет, страдающих астмой разной степени тяжести (группы II и III), по сравнению с детьми, не имеющими этого заболевания (группа I). Наименьшие значения показателей проходимости дыхательных путей отмечаются у детей с бронхиальной астмой, отягощенной другими заболеваниями (III группа). При этом индивидуальный разброс значений каждого показателя достаточно велик. У детей 11-13 лет из II группы значения V_{75} даже в межприступный период составляют $1,23 \pm 0,11$ л/с, то есть $61,1 \pm 5,1$ % от должной величины, а у детей III группы в 1,5 раза меньше – всего $0,86 \pm 0,13$ л/с ($41,0 \pm 4,4$ % от должного).

У некоторых из них подобное снижение характеристик внешнего дыхания отмечается и среди результатов по вентиляции, и по биомеханике легких, а также по данным резервных возможностей организма. На таких детей следует обращать особое внимание.

Анализ данных ЧБД, сгруппированных по типу телосложения, показал, что более негативно частота заболеваний респираторно-вирусными инфекциями на возрастное формирование респираторной системы сказывается в группе школьников с астеническим конституциональным типом, по сравнению с нормостеническим: у них снижены вентиляционные, биомеханические возможности респираторной системы, способность к выполнению тестов с максимальной вентиляцией легких

Таким образом, анализ индивидуальных величин показателей функции внешнего дыхания часто болеющих ОРВЗ детей, дал возможность определить различия в уровне функционирования респираторной системы между ЗД и ЧБД, а также предположить наличие особенностей в возрастном развитии дыхательной системы в зависимости от типа телосложения.

Представленные данные свидетельствуют о том, что частота заболевания острыми респираторно-вирусными инфекциями, возможно, в первую очередь негативно влияет на функцию внешнего дыхания у школьников с астеническим типом телосложения.

Исходя из анализа полученных данных, можно сказать, что острые респираторно-вирусные заболевания, отмечаемые у детей 4-5 раз в год, приводят к общему ослаблению организма, снижению уровня функциональной зрелости системы внешнего дыхания; что, таким образом, несомненно, сказывается на их успехах в обучении в школе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агаджанян Н.А., Никитюк Б.А., Полунин И.Н. Интегративная антропология и экология человека. – М., Наука, 1996. – 186 с.
2. Антропова М.В., Кузнецова Л.М., Манке Г.Г. Состояние здоровья школьников 90-х годов // Магистр. – 1999. – № 3. – С. 48-59.
3. Анциферова О.А., Дегтева Г.Н. Функциональные возможности и показатели проходимости дыхательных путей у учащихся, занимающихся по экспериментальной программе физического воспитания // (версия для печати),-2004.
4. Баранов А.А.- // Физиология роста и развития / Под ред. А.А. Баранова, Л.А. Щеплягиной. – М., 2000.
5. Баранов А.А. Профилактические технологии в педиатрии: научные и практические проблемы // Педиатрия. – 2003. – № 5.
6. Безруких М.М. С каким здоровьем мы приходим в школу? // Здоровье детей. – 2000– № 1-2. – С. 14-15.
7. Безруких М.М. Учение, вредное для здоровья? // Семья и школа. – 2001. – С. 23-25.
8. Бородина Ю.А. Состояние здоровья детского населения РФ и необходимость осуществления здоровьесберегающего обучения в образовательных учреждениях / Педагогические исследования. – Курган, КГУ, 2003. – С. 5-10.
9. Бунак В.В. Антропометрия. – М.: Учпедгиз, 1941. – 368 с.
10. Васильев С.В. Основы возрастной и конституциональной антропологии. – М.: Изд-во РОУ, 1996. – 216 с.
11. Вилков Г.А. Количественная оценка качества здоровья // Здоровье и образование. – 1999. – С.48 -49.

12. Волокитина Т.В., Яковлева Н.В., Непомилуева О.П., Самодова О.В. Мероприятия по оздоровлению детей в условиях общеобразовательной школы: Метод. реком. 1994.
13. Гагаринова В.М., Пискарева Н.А., Дехтерева Н.И. Механизмы защиты организма при острых респираторных инфекциях и корректирующая роль иммуномодуляторов / В сб.: Валеология. – Владивосток, 1995. – С. 126-133.
14. Гвоздев Е.В. Эффективность дыхательного тренинга с использованием метода биологической обратной связи в лечении больных бронхиальной астмой: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – С.-Петербург, 2004. – 19 с.
15. Желтякова В.В. Комплексный подход к оценке качества информационного обеспечения восстановительного лечения детей с бронхолегочной патологией: Автореф. дис. канд. мед. наук. – Иваново, 2003. – 20 с.
16. Зайцева В.В. Конституция, телосложение, характер / Взгляд физиолога. – 2005. – № 17-18.
17. Изаак С.И., Панасюк Т.В., Тамбовцева Р.В. Физическое развитие и биоэнергетика мышечной деятельности школьников. – М.-О.: Изд. ОРАГС, 2005. – 224 с.
18. Ильин А.Г., Звездина И.В., Эльянов М.М. и др. Современные тенденции динамики состояния здоровья подростков // Г. и с., – 2000. – № 1. – С. 59-62.
19. Капустина Н.А. Коррекция нарушений функционального состояния дыхательных мышц у больных хроническим бронхитом: Автореф. дис. канд. мед. наук. – Благовещенск, 2000. – 20 с.
20. Карлова Л.Н. Оценка наследственных факторов при хроническом необструктивном бронхите и хронической обструктивной болезни легких. Автореф. дис. канд. мед. наук. – Санкт-Петербург, 2000. – 18 с.
21. Клиорин А.И. // Педиатрия. – 1985. – № 12. – С. 60-63.
22. Клиорин А.И., Чтецов В.П. Биологические проблемы учения о конституциях человека. – Л., 1979. – 163 с.
23. Кузнецова Л.М. Состояние здоровья учащихся // Перемены. – 2004. – № 1. – С. 22-32.
24. Кузнецова Т. Д. Возрастные особенности дыхания детей и подростков. – М.: Медицина, 1986. – 128 с.
25. Кузнецова Т. Д., Соколов Е.В. Характеристика дыхательной системы // Физиология подростка. – М.: Педагогика, 1988. – С. 94-107.
26. Куинджи Н.Н. Пути формирования здоровья школьников: Методическое пособие. – М.: Аспект-Пресс, 2000. – 139 с.
27. Лукомская М.М. Физическое и моторное развитие детей старшего дошкольного возраста: Дис. ... магистра физической культуры. – М.: РГАФК, 2001. – 59 с.
28. Макаревич А.Э. Заболевания органов дыхания. – Минск: Вышэйшая школа, 2000. – 363 с.
29. Неудахин Е.В., Чемоданов В.В. К дискуссии о конституциях человека, конституциональных типах и диатезах // Педиатрия. – 2005. – №5. – С. 60-70.
30. Онищенко Г.Г. Влияние состояния окружающей среды на здоровье населения. Нерешенные проблемы и задачи // Г. и с., – 2003. – №1. – С. 3-10.
31. Первичная профилактика заболеваний органов дыхания. – М., Образование, 1996. – 21 с.

32. Родзевич Н.Н. Окружающая среда и здоровье москвичей // Экология и жизнь. – М., 1999, 1 (9). – С. 53-57.
33. Савин В.П., Сетко Н.П. Гигиенические аспекты здоровья детей, проживающих в районах с развитой газохимической промышленностью (обзор) // Гигиена и санитария. – 1996. – №4. – С. 24-26.
34. Самбунова И.П. Возрастная динамика и адаптационные реакции системы дыхания девочек в подростковом возрасте: Автореф. дис. ... к. б. н. – М., 1992. – 24 с.
35. Свистушкин В.М. Воспалительные заболевания верхних дыхательных путей: чем и как лечить? // Качество жизни. Медицина. – 2004. – № 1 (4), – С. 17-21.
36. Скляр И.В. Диагностика и методы коррекции нарушений функционального состояния диафрагмы у больных хроническим обструктивным бронхитом, осложненным хроническим легочным сердцем. Автореф. дис. канд. мед. наук. – Благовещенск, 2002. – 22 с.
37. Соколов Е.В., Кузнецова Т. Д., Самбунова И.П. Возрастное развитие резервных и адаптивных возможностей системы дыхания // Физиология развития ребенка. – М.: Образование от А до Я, 2000. – С. 167-185.
38. Соколов Е.В., Самбунова И.П. Состояние биомеханических параметров респираторной системы у детей 9 лет // Новые исследования. – 2011. – № 4 (29). – С. 100-107.
39. Соколов Е.В. Возрастное развитие системы дыхания и особенности ее резервных возможностей // Физиология развития ребенка: Руководство по возрастной физиологии / Под ред. М.М. Безруких, Д.А. Фарбер. – М.: Изд. Московского психолого-социального института; Воронеж: Издат. НПО «МОДЭК», 2010. – 767 с. – Гл 10.-527-558 (1,52 п.л.)
40. Соколова Т.И. Задачи органов здравоохранения по совершенствованию медицинской помощи детям в общеобразовательных учреждениях // Магистр. – 1999. – № 3. – С. 14-22.
41. Сонькин В.Д. Особенности роста и физического развития ребенка в постнатальном онтогенезе. – Физиология роста и развития / Под ред. А.А. Баранова, Л.А. Щеплягиной. – М., 2000. – С. 185-221.
42. Сонькин В.Д., Зайцева В.В. и др. Конституция и физическое здоровье человека / Физическая культура индивида. Сб. научн. труд. – М., 1994. – С. 6-20.
43. Усанова Е.П., Шарова Н.Н. Современные подходы к формированию здоровья детей в образовательных учреждениях // Школа здоровья. – 1998. – т.5, № 3-4. С. 81-84.
44. Устюжанинова Н.В., и др. Функциональное состояние внешнего дыхания здоровых студентов // Бюллетень СО РАМН. – 2004. – № 1 (111). – С. 134-136.
45. Физиология развития ребенка / Под ред. В.И. Козлова, Д.А. Фарбер; Науч.-исслед. Ин-т физиологии детей и подростков Акад. пед. наук СССР. – М.: Педагогика, 1983.
46. Физиология роста и развития детей и подростков (теоретические и клинические вопросы) / Под ред. А.А. Баранова, Л.А. Щеплягиной. – М., 2000. –584 с.
47. Храмцов П.И., Шешенева Г.И. Мониторинг функциональных возможностей организма школьника // Г. и с., – 2003. – № 5. – С. 56-58.
48. Целищева Н. Здоровье детей: стратегическая проблема и формально-бюрократическое ее решение // Народное образование. – 2001. – № 2. – С. 39-46.

49. Чепурных А.Г. Национальная концепция охраны здоровья в системе образования // *Магистр.* – 1999. – № 3. – С. 3-13.
50. Шабалов Н.П. *Детские болезни: Учебник.* – Изд.5-е. – СПб., 2003. – С. 145-171.
51. Ширяева И.С., Савельев Б.П. Методические аспекты оценки параметров функциональных систем у детей и подростков // *Физиология роста и развития детей и подростков (теоретические и клинические вопросы)* / Под ред. А.А. Баранова, Л.А. Щеплягиной. – М., 2000. – С. 315-325.
52. Ямпольская Ю.А. Региональное разнообразие и стандартизованная оценка физического развития детей и подростков // *Педиатрия.* – 2005. – № 6. – С. 73-77.
53. Ямпольская Ю.Я. Физическое развитие школьников Москвы и его оценка // *Вестник РАМН.* – 2003. – № 8. – С. 15-23.
54. Almond C. Children are not little adults // *Aust Nurs J.* – 1998. – Vol. 6. – P.1-4.
55. Carter J.E.L. The Heath-Carter somatotype method. – San diego State Univ., 1980. – 400 s
56. Lebowitz M.D., Holberg C.J., Knudson R.J. Longitudinal study of pulmonary function development in childhood, adolescence and early adulthood // *Amer. Rev. Respir. Disease.* – 1987. – v. 136, N 1. – P. 69-75.
57. Ley R. The modification of breathing behavior // *J. Behav. Modiv.* – 1999. – Vol. 23. – P. 441-479.
58. Parizkova J., Cermak J., Horna J. Sex differences in somatic and functional characteristics of preschool children // *Hum.Biol.* – 1977. – V. 49, N 3. – P. 437-451.
59. Tornvall G. Assessment of physical capabilities // *Acta Physiol.Scand.* – 1963. – V. 58, suppl.201. – P. 1-102.

ФИЗИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ, КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ ТЕЛА И УРОВЕНЬ ДГЭА У ДЕТЕЙ 9-15 ЛЕТ В ПЕРИОД ПОЛОВОГО СОЗРЕВАНИЯ

И.В. Ермакова¹, Т.И. Бурая, Н.Б. Сельверова
ФГНУ «Институт возрастной физиологии»
Российской академии образования, Москва

Выявлены закономерности физического развития и компонентного состава тела у детей 9-15 лет в период полового созревания по данным антропометрии и биоимпедансометрии. Показано, что у мальчиков во время пубертата, по сравнению с девочками, более интенсивно увеличивается длина тела и безжировой компонент массы тела. Жировая масса тела у детей во время роста и развития изменяется разнонаправлено: у мальчиков с возрастом с возрастом относительная жировая масса снижается, у девочек растёт. Между показателями физического развития, стадией пубертата и уровнем ДГЭА существует тесная связь.

Ключевые слова: дети, физическое и половое развитие, компоненты массы тела, биоимпедансный анализ, дегидроэпиандростерон.

Physical development component analysis of body composition and DHEA level in children 9-15 years during puberty. *Parameters of physical development and body composition in children 9-15 years according to data anthropometry and bioimpedance analysis was studied. It was shown that the length and lean body mass are more intensive in boy compared to girl in puberty. Body fat varies in different directions during growth and development: the relative fat mass decreases in boys and increases in girls. There are strong correlations between parameters of physical development, the stage of puberty and DHEA levels.*

Keywords: children, physical development, puberty, body mass, bioimpedance analysis, dehydroepiandrosterone.

Половое созревание – динамичный период развития, связанный с метаболическими и гормональными сдвигами, а также с быстрым изменением размеров тела и его компонентного состава [30]. Обычно физическое развитие оценивают антропометрическим методом. В последние годы для оценки компонентного состава тела в скрининговых [5] и клинических исследованиях [6, 28] широко применяется биоимпедансный анализ. Эндокринной системе принадлежит особая роль в регуляции роста и развития. Гормоны способствуют усилению обменных процессов, интенсификации ростовых процессов, созреванию органов и систем. Поэтому представляется актуальным изучение закономерностей физического развития в пубертате, определение гормонального статуса и выявление взаимосвязи между ними.

Цель настоящего исследования – оценить физическое развитие, компонентный состав тела и уровень дегидроэпиандростерона у детей 9-15 лет разного биологического возраста.

Контакты: ¹ Ермакова И.В., E-mail: <ermek61@mail.ru>

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящем исследовании принимали участие 196 учащихся одной из общеобразовательных школ г. Москвы (82 девочки и 114 мальчиков), практически здоровых, в возрасте от 9 до 15 лет. Данные были получены в 2010 г. сотрудниками лаборатории возрастной эндокринологии ИВФ РАО.

Возраст испытуемых определяли по принципу: 9-летними считали детей от 8 лет 6 месяцев до 9 лет 5 месяцев 29 дней и т. д. [15]. Средний возраст испытуемых – $11,79 \pm 0,13$ лет. Массу тела измеряли на электронных весах Tanita (модель BC-571, Япония) с точностью до 50 г. Длину тела определяли с использованием штангового антропометра GPM (Швейцария). Индекс массы тела (ИМТ) вычисляли как отношение массы тела (кг) к квадрату длины тела (m^2).

Компонентный состава тела оценивали биоимпедансным методом на анализаторе ABC-01 «Медасс» (Россия) по общепринятой схеме [14]. Этот биофизический метод основан на измерении электрического сопротивления тканей – импеданса, по величине которого с помощью специальных формул программного обеспечения прибора оценивается безжировая, жировая, активная клеточная и скелетно-мышечная масса, а также количество общей и внеклеточной жидкости [4, 11]. Переменный низкоамплитудный ток не оказывает отрицательного воздействия организм [11], что позволяет проводить мониторинг состава тела, а в сочетании с неинвазивностью и технической простотой, делает его незаменимым при обследовании детей и подростков.

Уровень биологической зрелости определяли по степени развития вторичных половых признаков, используя методику Сельверовой Н.Б.

Содержание надпочечного андрогена – дегидроэпандростерона (ДГЭА) в слюне определяли иммуноферментным методом (ИФА), используя стандартные диагностические наборы фирмы DRG International, Inc. Оптическую плотность и значения концентрации гормона определяли на ИФА-анализаторе «Униплан». Концентрацию ДГЭА выражали в пг/мл.

Статистическую обработку проводили с помощью программы SPSS.13. Достоверность различий изучаемых параметров между группами оценивали с помощью критерия Стьюдента. Также использовали корреляционный анализ (коэффициент Пирсона), описательную статистику. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

У детей 9-15 лет одним из важных показателей биологического развития является степень полового созревания. Как правило, инициация пубертата у девочек происходит в возрасте 9-11 лет, у мальчиков – в 10-13 лет [2], что зависит как от генетических [27, 37], так и от внешних факторов [34]. Критерием начала полового развития девочек считается появление железистой ткани молочных желёз, а мальчиков – увеличение объёма тестикул [36].

Испытуемые девочки находились на I-III и V стадиях полового созревания. Средний возраст школьниц, находящихся на I стадии – допубертатной ($n=16$), был $9,88 \pm 0,15$ лет. На II стадии полового созревания ($n=15$) средний возраст девочек

был $10,60 \pm 0,21$ лет, половая формула – $Ma_{1-2} P_0 Ax_0 Me_0$; на III стадии ($n=21$) – $11,24 \pm 0,84$ лет, $Ma_{1-3} P_{1-3} Ax_0 Me_0$; на V стадии ($n=30$) – $13,90 \pm 0,19$ лет, $Ma_{3-4} P_{2-4} Ax_{1-2} Me_{11-13}$ лет. Средний возраст menarche у школьников – $11,96 \pm 0,14$ лет.

Мальчики находились на I-IV стадии пубертата. Средний возраст мальчиков, находящихся на I стадии – допубертатной ($n=43$), был $10,21 \pm 0,13$ лет, на II стадии полового созревания ($n=31$) – $11,19 \pm 0,91$ лет, на III стадии ($n=18$) – $13,33 \pm 0,23$ лет, половая формула $P_{1-4} Ax_0$; на IV стадии ($n=22$) – $14,27 \pm 0,15$ лет, половая формула $P_{1-5} Ax_{1-3}$. Наши данные свидетельствуют о том, что закономерности полового созревания школьников, участвующих в исследовании, не противоречат результатам исследования других авторов [1, 10, 12, 19, 22, 23, 31].

Антропометрические данные, полученные у детей 9-15 лет в зависимости от половой зрелости, представлены в таблице 1.

Таблица 1

*Антропометрические показатели у детей 9-15 лет
разного биологического возраста ($M \pm m$)*

стадия	кол-во, n	возраст, лет	длина тела, см	масса тела, кг	индекс массы тела, кг/м ²
м а л ь ч и к и					
I	43	$10,21 \pm 0,13$	$140,91 \pm 0,88$	$37,25 \pm 1,37$	$18,50 \pm 0,53$
II	31	$11,19 \pm 0,16$	$146,92 \pm 0,99$	$39,77 \pm 1,26$	$18,38 \pm 0,50$
III	18	$13,33 \pm 0,23$	$161,63 \pm 1,95$	$55,03 \pm 3,99$	$20,75 \pm 1,13$
IV	22	$14,27 \pm 0,15$	$170,42 \pm 1,40$	$65,19 \pm 2,26$	$22,39 \pm 0,72$
все	114	$11,75 \pm 0,17$	$151,51 \pm 1,23$	$46,10 \pm 1,43$	$19,58 \pm 0,36$
д е в о ч к и					
I	16	$9,88 \pm 0,15$	$138,97 \pm 1,19$	$35,36 \pm 2,16$	$18,27 \pm 0,98$
II	15	$10,60 \pm 0,21$	$142,55 \pm 1,21$	$36,61 \pm 2,14$	$18,41 \pm 0,95$
III	21	$11,24 \pm 0,27$	$149,49 \pm 0,50$	$40,95 \pm 2,03$	$18,39 \pm 0,82$
V	30	$13,90 \pm 0,19$	$161,25 \pm 1,13$	$55,30 \pm 1,87$	$21,14 \pm 0,61$
все	82	$11,83 \pm 0,21$	$150,47 \pm 1,18$	$44,32 \pm 1,39$	$19,38 \pm 0,42$

Видно, что по мере созревания происходит прогрессивное увеличение тотальных размеров тела. Так, длина тела у мальчиков, находящихся на I стадии полового созревания, составила $140,91 \pm 0,88$ см, а на IV стадии – $170,42 \pm 1,40$ см, т. е. увеличилась на 29,51 см (20, 94 %). У девочек длина тела увеличилась на 22,28 см (16,03 %) от $138,97 \pm 1,19$ см (I стадия) до $161,25 \pm 1,13$ см (V стадия). Сравнительный анализ показал, что на допубертатной стадии развития мальчики не отличаются от девочек по величине длины тела, а по мере созревания они обгоняют своих сверстниц по данному показателю ($p < 0,01$ на II и $p < 0,0001$ на III стадии пубертата). Интенсивный рост в период пубертата объясняется активацией гипоталамо-гипофизарно-гонадной системы, совместно с осью соматотропин/инсулиноподобный фактор роста-I. Средняя величина массы тела у мальчиков от I к IV стадии полового созревания увеличилась от $37,25 \pm 1,37$ кг до $65,19 \pm 2,26$ кг, т. е. на 75,01 %; у девочек – с $35,36 \pm 2,16$ кг (I стадия) до $55,30 \pm 1,87$ кг (V стадия), т. е. на 56,39 %. Однако

достоверные различия по данному показателю между полами наблюдаются только с III стадии пубертата ($p < 0,01$). От допубертатного периода к IV-V стадии полового созревания как у мальчиков, так и у девочек наблюдается достоверное увеличение окружности бёдер (ОБ) ($p < 0,0001$), а значимое увеличение окружности грудной клетки (ОГК) и талии (ОТ) характерно только для мальчиков ($p < 0,001$ и $p < 0,003$, соответственно). От I к IV-V стадии пубертата как у мальчиков, так и у девочек наблюдается снижение отношения ОТ/ОБ ($p < 0,0001$), но значимое различие между полами наблюдается только на III стадии ($p < 0,004$). ИМТ прогрессивно растёт у представителей обоих полов, но различия между ними статистически недостоверны. Проведённый анализ показал, что данные по величине тотальных размеров тела детей и подростков, полученные в настоящем исследовании, согласуются с результатами других авторов [8, 13, 15].

В таблице 2 представлены значения биоэлектрических параметров и компонентов состава тела у детей и подростков 9-15 лет.

Таблица 2

Биоэлектрические параметры и показатели состава тела у детей 9-15 лет разного биологического возраста ($M \pm m$)

показатель	вся группа	стадии полового созревания			
		I	II	III	IV
м а л ь ч и к и					
АС, Ом	620,56±9,10	675,14±8,68	644,68±17,98	583,11±20,02	510,54±12,19
РС, Ом	66,43±0,79	69,60±1,10	69,33±1,19	61,18±1,78	60,42±2,04
ФУ, град.	6,12±0,07	5,90±0,07	6,03±0,08	6,03±0,11	6,78±0,23
ЖМ, кг	9,72±0,55	8,38±0,78	8,34±0,72	11,78±1,84	12,62±1,42
БМТ, кг	36,32±1,03	28,66±0,67	31,44±0,69	43,24±2,40	52,49±1,40
СММ, кг	20,09±0,63	14,87±0,35	17,36±0,44	24,81±1,07	30,27±0,76
АКМ, кг	19,83±0,64	15,22±0,36	16,94±0,43	23,33±1,41	30,08±1,11
ОЖ, кг	26,61±0,76	21,04±0,49	23,02±0,50	31,65±1,76	38,43±1,03
ВКЖ, кг	16,48±0,42	13,44±0,33	14,51±0,31	19,91±1,04	22,42±0,63
д е в о ч к и					
	вся группа	I	II	III	V
АС, Ом	679,17±9,49	727,94±19,11	720,87±19,11	669,33±17,37	639,20±13,00
РС, Ом	71,24±1,07	77,82±2,13	72,54±2,37	66,90±2,04	70,13±1,70
ФУ, град.	6,04±0,09	6,19±0,29	5,81±0,13	5,71±0,09	6,30±0,17
ЖМ, кг	11,14±0,66	9,00±1,38	9,14±1,16	8,99±1,14	14,93±1,06
БМТ, кг	33,29±0,84	26,39±0,92	28,05±1,21	32,21±1,16	40,36±1,01
СММ, кг	16,69±0,41	12,94±0,39	13,94±0,53	16,52±0,58	20,18±0,42
АКМ, кг	17,93±0,50	14,37±0,65	14,83±0,75	16,77±0,59	22,21±0,65
ОЖ, кг	24,25±0,60	19,41±0,68	20,54±0,88	23,59±0,84	29,14±0,76
ВКЖ, кг	15,39±0,38	12,04±0,48	13,29±0,51	15,53±0,58	18,14±0,51

Примечание: биоэлектрические показатели: АС – активное сопротивление, РС – реактивное сопротивление, ФУ – фазовый угол;

компоненты массы тела: ЖМ – жировая масса, БМТ – безжировая масса тела, СММ – скелетно-мышечная масса, АКМ – активная клеточная масса, ОЖ – общая вода организма, ВКЖ – внеклеточная жидкость

Видно, что по мере полового созревания происходит достоверное снижение величины активного сопротивления как у мальчиков, так и у девочек ($p < 0,0001$). При этом величина активного сопротивления у девочек выше, чем у их сверстников ($p < 0,002$). Средние значения реактивного сопротивления у мальчиков на I и II стадии практически одинаковы, а к IV стадии отмечается достоверное снижение ($p < 0,0001$). У девочек от I к III стадии пубертата реактивное сопротивление снижается ($p < 0,001$) с незначительной тенденцией к повышению на V стадии. Величина реактивного сопротивления у девочек выше, чем у их сверстников ($p < 0,05-0,0001$). Важным биоэлектрическим показателем является фазовый угол, который отражает состояние клеточных мембран и скелетных мышц. Его величина у мальчиков на I-III стадиях пубертата практически одинакова, а к IV стадии происходит её достоверный рост ($p < 0,01$). У девочек, напротив, от I к III стадии наблюдается тенденция к снижению с достоверным ростом к V стадии ($p < 0,01$).

Период полового созревания характеризуется не только гормональным взрывом и резким скачком роста, но и изменением компонентного состава массы тела, т. е. увеличением количества жировой, костной и безжировой массы. Результаты анализа компонентов массы тела у детей 9-15 лет разного биологического возраста представлены в таблице 2. Важный компонент состава тела – жировая ткань – является как метаболическим, так и эндокринным органом, продуцирующим и собственными гормонами, и биоактивные пептиды, и взаимодействующим с половыми гормонами. У девочек на допубертатной стадии жировая масса тела составила $9,00 \pm 1,38$ кг, а к V стадии пубертата достигла $14,93 \pm 1,06$ кг, т. е. увеличилась на 65,89 % ($p < 0,002$). У мальчиков также наблюдался рост жирового компонента массы тела от II к III стадии ($p < 0,05$), а потом содержание жира в организме изменялось незначительно. Сравнительный анализ процентного содержания жировой ткани показал, что у мальчиков в процессе полового созревания наблюдается тенденция к снижению доли жира в организме, а у девочек, напротив, происходит увеличение относительного содержания жировой массы. Различия между полами особенно заметны на поздних стадиях пубертата ($p < 0,0001$). Таким образом, в период полового созревания наблюдается рост жировой массы тела у представителей обоих полов, но у мальчиков её увеличение происходит медленнее, чем у девочек, что связано с одновременным быстрым увеличением безжировой массы тела. Сравнительный анализ показал, что скорость прибавки безжировой массы тела в пубертате различается между полами. У девочек тощая масса увеличилась на 52,94 %, а у мальчиков – на 83,15 %. Еще более интенсивно нарастает скелетно-мышечная масса: у девочек она увеличилась на 55,95 %, у мальчиков – на 103,56 %. Такая же закономерность характерна для активной клеточной массы (54,56 % и 97,63 %, соответственно; $p < 0,0001$), объема общей воды (50,13 % и 82,65 %) и внеклеточной жидкости организма (50,66 % и 66,81 %). Стоит отметить, что на допубертатной стадии развития компонентный состав тела у представителей обоих полов примерно одинаковый, за исключением скелетно-мышечной массы и внеклеточной жидкости, количество которых у мальчиков достоверно больше, чем у девочек ($p < 0,003$). Различия начинают проявляться со II стадии пубертата, увеличиваясь по мере роста и развития. Данные, полученные в настоящем исследовании, не противоречат результатам как отечественных [5, 8], так и зарубежных авторов [33]. Половой диморфизм состава тела наиболее сильно проявляется в пубертатном возрасте. У девочек увеличивается, главным образом, жировая масса тела, в то время

как у мальчиков в основном повышается содержание безжировой массы тела [32, 34] и скелетно-мышечной массы [25]. Процентное содержание жира в организме девочек в период полового созревания растёт, а у мальчиков – снижается [3, 7, 21, 29]. Различия в составе тела у представителей разных полов в значительной степени регулируются эндокринными факторами, главным образом, половыми стероидами. Тестостерон у мальчиков способствует увеличению мышечной массы [24], эстрогены у девочек – распределению жира [29, 35].

Известно, что дегидроэпиандростерон, продуцируемый как корой надпочечников, так и гонадами, является предшественником половых стероидов. На рис. 1 показано изменение уровня ДГЭА в зависимости от степени пубертата. У допубертатных девочек уровень ДГЭА в слюне достоверно выше, чем у их сверстников ($106,72 \pm 6,68$ пг/мл против $62,80 \pm 7,78$ пг/мл; $p > 0,04$). Ко II стадии уровень надпочечного стероида у девочек значимо снижается, а затем прогрессивно растёт, достигая уровня $302,55 \pm 48,28$ пг/мл к V стадии пубертата. Аналогичную закономерность наблюдали А. Vlogowska и др. [18]: сначала снижение уровня ДГЭА-С, а затем значительное повышение к возрасту menarche. У мальчиков, напротив, происходит прогрессивное повышение уровня ДГЭА во время полового созревания ($p > 0,04-0,002$). Однако связь между стадией пубертата и уровнем ДГЭА в слюне у мальчиков и девочек практически одинакова ($r = 0,52-0,51$; $p < 0,01$). Также выявлена взаимосвязь между ДГЭА и тотальными размерами тела – ростом ($r = 0,48$ у мальчиков и $r = 0,42$ у девочек) и весом ($r = 0,51$ и $r = 0,35$, соответственно) и компонентами массы тела: БМТ ($r = 0,56$ и $r = 0,39$), СММ ($r = 0,52$ и $r = 0,41$) и АКМ ($r = 0,57$ и $r = 0,43$) при $p > 0,01$.

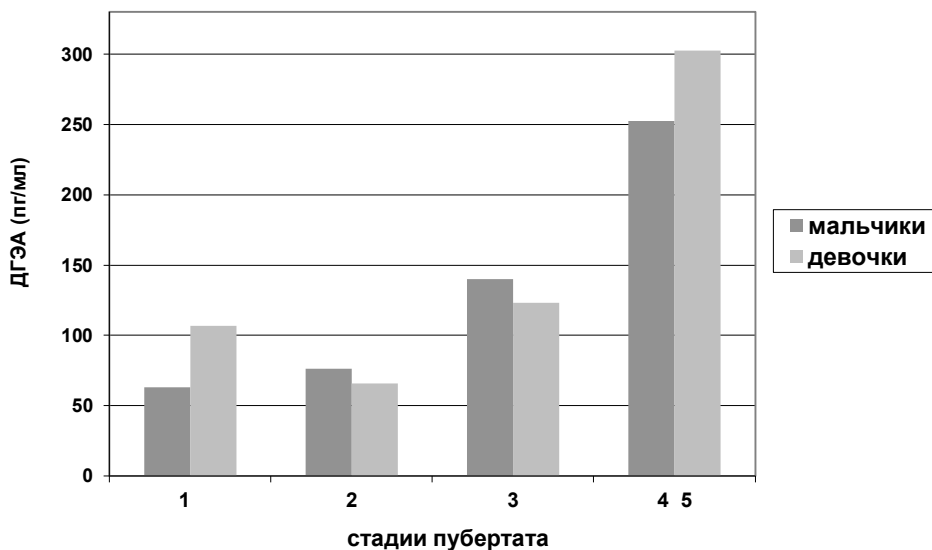


Рис. 1. Уровень ДГЭА у детей 9-15 лет разного биологического возраста.

Для изучения связей между показателями физического развития и состава тела был проведён корреляционный анализ. Как и следовало ожидать у представителей обоих полов тесные связи наблюдаются между длиной тела и безжировой массой ($r=0,92$ у мальчиков и $r=0,85$ у девочек), скелетно-мышечной массой ($r=0,96$ и $r=0,90$) и активной клеточной массой ($r=0,89$ и $r=0,79$) при $p<0,01$, а индекс массы тела с жировой массой ($r=0,92$ и $r=0,92$; $p<0,01$). Такую же взаимосвязь наблюдали у 10-16-летних детей [8] и у 16-21-летних юношей и девушек [9].

Также был проведён корреляционный анализ между степенью полового созревания и показателями физического развития, установленными антропометрическим и биоимпедансным методами. Оказалось, что стадия пубертата у мальчиков коррелирует с длиной и массой тела ($r=0,87$ и $r=0,71$; $p<0,01$) и со всеми компонентами массы тела: БМТ, СММ и АКМ ($r=0,81-0,88$ при $p<0,01$). У девочек стадия полового созревания коррелирует с длиной и массой тела ($r=0,84$ и $r=0,67$ при $p<0,01$), а также со всеми компонентами массы тела ($r=0,73-0,80$ при $p<0,01$). Примечательно, что корреляция между стадией пубертата и жировой массой тела у девочек теснее, чем у мальчиков ($r=0,43$ против $r=0,29$; при $p<0,01$).

В последние годы наблюдается значительный рост детей и подростков, страдающих избыточным весом или ожирением. Около 80 % таких детей становятся тучными взрослыми. Как известно, ожирение является фактором риска, способствующим развитию гипертонии и сахарного диабета [28]. В педиатрической практике для оценки ожирения обычно используют ИМТ. Данный показатель у 9-15-летних мальчиков и девочек был примерно одинаковым ($19,58\pm 0,36$ кг/м² и $19,29\pm 0,41$ кг/м², соответственно). Согласно величине ИМТ 11 мальчиков и 14 девочек имели избыточную массу тела, а ожирением страдали 10 детей (равное число мальчиков и девочек). Методом биоимпедансометрии определили относительную жировую массу, величина которой у девочек была больше, чем у их сверстников ($23,44\pm 0,80$ % против $20,14\pm 0,70$ %; $p<0,001$). Оказалось, что 17 мальчиков и 12 девочек имели высокие значения относительной жировой массы (от 28,10 % до 36,10 % и от 32,20 % до 39,50 %; соответственно). Несмотря на значимую корреляцию между ИМТ и относительным содержанием жировой ткани в организме ($r=0,68$ у мальчиков и $r=0,81$ у девочек; $p<0,01$), количество детей с ожирением, выявленное с помощью БИА в 2,8 раза выше, чем по величине ИМТ. Избыточное содержание жировой ткани при нормальных значениях ИМТ является скрытым ожирением, выявлять которое предпочтительнее биоимпедансным методом, что подтверждают не только наши результаты, но и другие многочисленные исследования [16, 17, 20, 24].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Период полового созревания является одним из ответственных этапов развития организма. У детей 9-15 лет в течение пубертата происходит изменение тотальных размеров тела, которое в большей степени выражено у мальчиков. Главным компонентом массы тела у школьников является безжировая масса, со II стадии начинается её прогрессивное увеличение. Содержание в организме тощей массы тела, также как и жирового компонента зависит от половой принадлежности. У мальчиков, по сравнению с девочками, быстрее происходит прибавка безжировой массы

тела. Относительная жировая масса у мальчиков в пубертате снижается, а у их сверстниц увеличивается.

Уровень надпочечного андрогена – ДГЭА в слюне растёт от I к IV-V стадии полового созревания. Между компонентным составом тела, физическим развитием и содержанием ДГЭА в слюне, а также стадией полового созревания выявлена тесная корреляционная взаимосвязь.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богомолова, Е.С. Физическое развитие современных школьников Нижнего Новгорода / Е.С. Богомолова, Ю.Г. Кузмичев, Т.В. Бадеева [и др.] // Медицинский альманах. – 2012. – Т. 22, № 3. – С. 193-198.

2. Дедов, И.И. Руководство по детской эндокринологии / И.И. Дедов. – М.: Универсум Паблишинг. – 2006. – 600 с.

3. Ермакова, И.В. Физическое развитие и стероидный статус московских школьников / И.В. Ермакова, Т.И. Бурая, Н.Б. Сельверова // Новые исследования. – 2012. – Т. 33, № 4. – С. 78-87.

4. Иванов, Г.Г. Биоимпедансный метод определения состава тела / Г.Г. Иванов, Э.П. Балуев, А.Б. Петухов [и др.] // Вестник РУДН, сер. "Медицина". – 2000. – № 3. – С. 66-73.

5. Козлов, В.А. Состояние физического развития детей г. Чебоксары по данным биоимпедансометрии / В.А. Козлов, Н.Н. Строгонова, А.А. Павлов [и др.] // Вестник ЧГПУ им. И.Я. Яковлева. – 2012. – Т. 74, № 2. – С. 78-84.

6. Коновалова, М.В. Нутритивный статус детей с онкологическими заболеваниями в состоянии ремиссии по данным биоимпедансного исследования / М.В. Коновалова, А.В. Анисимова, А.Ю. Вашура [и др.] // Онкогематология. – 2012. – № 2. – С. 42-50.

7. Корнеева, И.Т. Тренированность и компонентный состав массы тела подростков, занимающихся спортом / И.Т. Корнеева, С.Д. Поляков, Д.В. Николаев [и др.] // «Спортивная медицина. Здоровье и физическая культура. Сочи 2011» / Мат. II-й Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции, 16-18 июня 2011 года / Под. общ. ред. С.Е. Павлова. – Сочи, 2011. – С. 137-139.

8. Мартиросов, Э.Г. Биоимпедансная оценка состава тела у детей 10-16 лет с использованием анализатора АВС-01 «Медасс» / Э.Г. Мартиросов, Д.В. Николаев, Н.Д. Николаева [и др.]. – 2006. [http:// www.medass.ru](http://www.medass.ru)

9. Мишкова, Т.А. Морфофункциональные особенности и адаптационные возможности современной студенческой молодежи в связи с оценкой физического развития. Автореф. дис. ... к. б. н. – М., 2010. – 24 с.

10. Муравьева, В.Н. Значение отдельных показателей репродуктивного потенциала в комплексной оценке состояния здоровья подростков / В.Н. Муравьева, А.Б. Ходжаян, Н.А. Федько [и др.] // Медицинский вестник Северного Кавказа. – 2012. – № 1. – С. 18-21.

11. Николаев Д.В. Биоимпедансный анализ состава тела человека / Д.В. Николаев, А.В. Смирнов, И.Г. Бобринская [и др.] // М.: Наука. – 2009. – 392 с.

12. Прасолова, О.В. Показатели роста и развития, как маркеры безопасности среды для учащихся инновационных образовательных учреждений / О.В. Прасолова, Л.И. Губарева // Вектор науки ТГУ. – 2012. – Т. 19, № 1. – С. 40-42.
13. Скоблина, Н.А. Результаты изучения физического развития московских и киевских школьников / Н.А. Скоблина, А.Г. Платонова // Гігієна населених місць. – 2010. – № 56. – С. 282-287.
14. Смирнов, А.В. ABC-01 «Медасс»: анализатор оценки баланса водных организма с программным обеспечением (руководство пользователя) / А.В. Смирнов, В.А. Колесникова, Д.В. Николаев [и др.] – М.: НТИЦ Медасс, 2009. – 38 с.
15. Ямпольская, Ю.А. Физическое развитие школьников – жителей крупного мегаполиса в последние десятилетия: состояние, тенденции, прогноз, методика скрининг-оценки: Автореф. дисс. ... д-ра биол. наук. – М., 2000. – 76 с.
16. Aeberli, I. Waist circumference and waist-to-height ratio percentiles in a nationally representative sample of 6-13 year old children in Switzerland / I. Aeberli, M. Gut-Knabenhans, R.S. [et al.] // Swiss. Med. Wkly. – 2011. – № 1. – w13227.
17. Antal, M. Prevalence of underweight, overweight and obesity on the basis of body mass index and body fat percentage in Hungarian schoolchildren: representative survey in metropolitan elementary schools / M. Antal, S. Péter, L. Biró [et al.] // Ann. Nutr. Metab. – 2009. – V. 54. № 3. – P. 171-176.
18. Błogowska, A. Body composition, dehydroepiandrosterone sulfate and leptin concentrations in girls approaching menarche / A. Błogowska, I. Rzepka-Górska, B. Krzyzanowska-Swiniarska // J. Pediatr. Endocrinol. Metab. – 2005. – V. 18, № 10. – P. 975-983.
19. Danubio, M.E. Age at menarche and age of onset of pubertal characteristics in 6-14-year-old girls from the Province of L'Aquila (Abruzzo, Italy) / M.E. Danubio, M. De Simone, F. Vecchi [et al.] // Am. J. Hum. Biol. – 2004. – V. 16, № 4. – P. 470-478.
20. Drozd, D. Correlation between fat mass and blood pressure in healthy children / D. Drozd, P. Kwinta, P. Korohoda [et al.] // Pediatr. Nephrol. – 2009. – V. 24, № 9. – P. 1735-1740.
21. Fujii, K. Change with age in regression construction of fat percentage for BMI in school-age children / K. Fujii, T. Mishima, E. Watanabe [et al.] // J. Physiol. Anthropol. – 2011. V. 30, № 2. – P. 69-76.
22. Hernández, M. Normal physiological variations of pubertal development: starting age of puberty, menarcheal age and size / M. Hernández, R. Benítez, I. Medranda [et al.] // An. Pediatr. (Barc). – 2008. – V. 69, № 2. – P. 147-153.
23. Juul, A. Pubertal development in Danish children: comparison of recent European and US data / A. Juul, G. Teilmann, T. Scheike [et al.] // Int. J. Androl. – 2006. – V. 29, № 1. – P. 247-255.
24. Li, L. Measuring the percent body fat of overweight and obese schoolchildren in Beijing – bioimpedance analysis (BIA) / L. Li, S. Li, J. Li [et al.] // Wei. Sheng. Yan. Jiu. – 2007. – V. 36, № 2. – P. 213-215.
25. Loomba-Albrecht, L.A. Effect of puberty on body composition / L.A. Loomba-Albrecht, D.M. Styne // Curr. Opin. Endocrinol. Diabetes. Obes. – 2009. – V. 16, № 1. – P. 10-15.
26. Mok, E. Assessing change in body composition in children with Duchenne muscular dystrophy: anthropometry and bioelectrical impedance analysis versus dual-energy

X-ray absorptiometry / E. Mok, G. Letellier, J.M. Cuisset [et al.] // Clin. Nutr. – 2010. – V. 29, № 5. – P. 633-638.

27. Ong, K.K. Genetic variation in LIN28B is associated with the timing of puberty / K.K. Ong, C.E. Elks, S. Li [et al.] // Nat. Genet. – 2009. – V. 41, № 6. – P. 729-733.

28. Pietrzak, I. Blood pressure in children and adolescents with type 1 diabetes mellitus--the influence of body mass index and fat mass / I. Pietrzak, B. Mianowska, A. Gadzicka [et al.] // *Pediatr. Endocrinol. Diabetes. Metab.* –2009. – V. 15, № 4. – P. 240-245.

29. Rogol, A.D. Sex steroids, growth hormone, leptin and the pubertal growth spurt / A.D. Rogol // *Endocr. Dev.* – 2010. – V. 17. – P. 77-85.

30. Siervogel, R.M. Puberty and body composition / R.M. Siervogel, E.W. Demerath, C. Schubert [et al.] // *Horm. Res.* – 2003. – V. 60 (Supple 1). – P. 36-45.

31. Susman, E.J. Longitudinal development of secondary sexual characteristics in girls and boys between ages 9 1/2 and 15 1/2 years / E.J. Susman, R.M. Houts, L. Steinberg [et al.] // *Arch. Pediatr. Adolesc. Med.* – 2010. – V. 164, № 2. – P. 166-173.

32. Syme, C. Sex differences in blood pressure and its relationship to body composition and metabolism in adolescence / C. Syme, M. Abrahamowicz, G.T. Leonard [et al.] // *Arch. Pediatr. Adolesc. Med.* – 2009. – V. 163, № 9. – P. 818-825.

33. Van der Sluis, I.M. Reference data for bone density and body composition measured with dual-energy x ray absorptiometry in white children and young adults / I.M. Van der Sluis, M.A.J. Ridder, A.M. Boot [et al.] // *Arch. Dis. Child.* – 2002. – V. 87. – P. 341-347.

34. Veldhuis, J.D. Endocrine control of body composition in infancy, childhood, and puberty / J.D. Veldhuis, J.N. Roemmich, E.J. Richmond [et al.] // *Endocr. Rev.* – 2005. – V. 26, № 1. – P. 114-146.

35. Wells, J.C. Sexual dimorphism of body composition / J.C. Wells // *Best. Pract. Res. Clin. Endocrinol. Metab.* – 2007. – V. 21, № 3. – P. 415-430.

36. World Health Organization Expert Committee. Physical Status, the Use and Interpretation of Anthropometry. Geneva, Switzerland: World Health Organization. – 1995. – P. 263–311.

37. Wu, T. Ethnic differences in the presence of secondary sex characteristics and menarche among US girls: the Third National Health and Nutrition Examination Survey, 1988-1994 / T. Wu, P. Mendola, G.M. Buck // *Pediatrics.* – 2002. – V. 110, № 4. – P. 752-757.

ФИЗИОЛОГИЯ СПОРТА

ВЛИЯНИЕ ПСИХИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ НА ПАРАМЕТРЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБМЕНА ЮНЫХ СПОРТСМЕНОВ

Р.В. Тамбовцева¹

*Российский государственный университет
физической культуры, спорта, молодежи и туризма, Москва*

В настоящей работе изучена взаимосвязь психической настроенности индивидуума с особенностями биохимических процессов в организме в процессе физической деятельности. Показано, что на динамику энергетических параметров показателей крови оказывает влияние психическая установка. При этом, чем выше уровень спортивного мастерства испытуемых, тем сильнее проявляется влияние психической установки. Мобилизирующее действие психической установки у спортсменов высокой квалификации может быть зафиксировано как в дорабочем, так и восстановительном периоде независимо от возраста.

Ключевые слова: *энергетический метаболизм, молочная кислота, кетоновые тела, биохимические процессы, метаболизм, психическая установка, возраст, спортивное мастерство.*

Influence of mental attitude on the parameters of power exchange in young athletes. *The study was focused on the interrelation between mental attitude of the person and biochemical processes of the organism during physical activity. It was shown that mental attitude affects the dynamics of blood power parameters. Moreover, the higher the level of sports skills in subjects, the stronger the influence of mental attitude is. Motivating effect of mental attitude in athletes of high qualification can be recorded both in pre-work and recovery periods regardless age.*

Keywords: *power metabolism, milk acid, ketone bodies, biochemical processes, metabolism, mental attitude, age, sports skill.*

Энергетический метаболизм – это уникальная форма обмена веществ, лежащая в основе всех биологических процессов [1, 2, 3, 4, 5, 7, 8]. В спортивной деятельности в качестве маркера энергетического обмена используются некоторые интермедиаторы промежуточного обмена, которые определяются в цельной крови [9, 11, 12, 13]. В литературе известно, что динамика концентрации лактата в крови при выполнении работы определенной мощности отражает интенсивность анаэробного способа энергопродукции [1, 6, 10, 12, 14]. Динамику концентрации кетоновых тел в крови используют как показатель аэробного энергообеспечения, в котором источником энергии являются липиды [1, 11, 15, 16].

Современные работы мало затрагивают проблему о взаимосвязи психической настроенности индивидуума с особенностями биохимических процессов в организме в процессе физической деятельности.

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

Целью настоящего исследования явилось изучение связи психической настроенности испытуемых с некоторыми показателями энергетического метаболизма, определяемые в цельной крови.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В эксперименте участвовали 19 юных спортсменов в возрасте от 16 до 19 лет, практически здоровые. Семь спортсменов имели квалификацию мастеров спорта в беге на 800-1500 м, остальные спортсмены, специализирующиеся в беге на длинные дистанции имели квалификацию на уровне I и II разрядов в этом виде спорта. Все спортсмены из состава отобранной экспериментальной группы, были подвергнуты лабораторным испытаниям по программе стандартизированных лабораторных тестов [1] и в течение последующих двух недель прошли специальную тренировку в беге на тредбане (фирма: hr «Cosmos») со скоростью 9 км/час при шестиградусном угле наклона беговой дорожки в течение 30 - 60 минут. В 1-й серии экспериментов бег на тредбане выполнялся в течение 30 и 60 минут.

Забор крови, при выполнении тестирующих нагрузок производился на 1-2 минуте до начала работы, на 15 и 30 минутах при выполнении работы и на 45-60 минутах от начала упражнения в период восстановления. При выполнении упражнения 60-минутной длительности забор крови в восстановительном периоде продолжался до 2х часов после завершения упражнения в тех же временных интервалах. Концентрацию лактата и кетоновых тел в крови определяли до начала и после завершения работы с помощью фотометра доктора Ланге с использованием стандартных наборов реактивов [1, 2, 5] с помощью микроанализатора ABL 800 фирмы «Radiometr» (Дания). Статистическую обработку проводили с помощью программы «Biostat 4.03».

Исследование проведено без риска для здоровья людей с соблюдением всех принципов гуманности и этических норм (Хельсинская декларация, 2000 г., Директивы Европейского сообщества 86/609).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На рисунке 1 показаны данные об изменении концентрации кетоновых тел в цельной крови после 30-минутной и 60-минутной работы. Было выявлено, что абсолютные значения максимума пострабочего кетоза значительно различаются у мастеров спорта и юношей спортсменов I и II разрядов. Юноши мастера спорта имеют низкие цифры пострабочего кетоза, чем разрядники, независимо от возраста. При сопоставлении времени появления максимума пострабочего кетоза при разной продолжительности физической нагрузки у мастеров и разрядников показано, что время находится в прямой зависимости от продолжительности работы и не имеет достоверных различий у мастеров спорта и спортсменов разрядников.

Вторая серия экспериментов заключалась в том, что перед испытуемыми ставилась задача пробежать на тредбане со скоростью 9 км/час при шестиградусном угле наклона беговой дорожки в течение 60 минут с использованием словесной инструкцией 3-4 раза в течение эксперимента (рисунок 2). Показано, что абсолютные значения максимума пострабочего кетоза у юношей спортсменов разрядников зна-

чительно выше, чем у юношей мастеров спорта. Максимум кетоновых тел у разрядников наблюдался на 30-й минуте восстановительного периода, а у мастеров спорта только на 60-й минуте. Можно предположить, что психическая установка у спортсменов высокой квалификации значительно влияет на скорость мобилизации и утилизации энергетических субстратов.

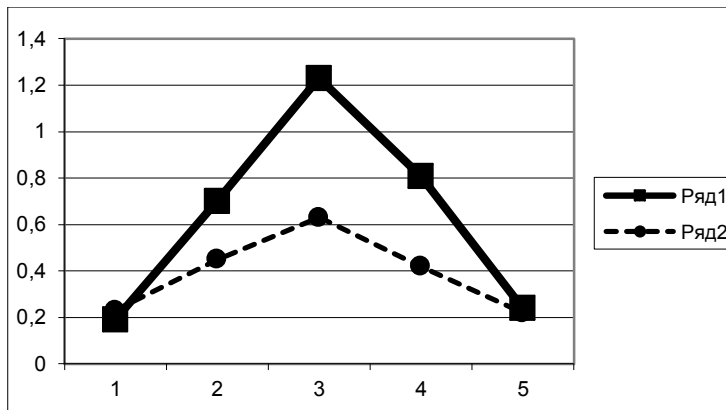


Рис. 1. Динамика концентрации кетоновых тел в цельной крови после 30 мин. и 60-мин. работы у спортсменов-разрядников (1-й ряд) и спортсменов мастеров спорта (2-й ряд).

По оси абсцисс - время (0, 15, 30, 45, 60), мин.

По оси ординат - концентрация кетоновых тел (КТ, мг%).

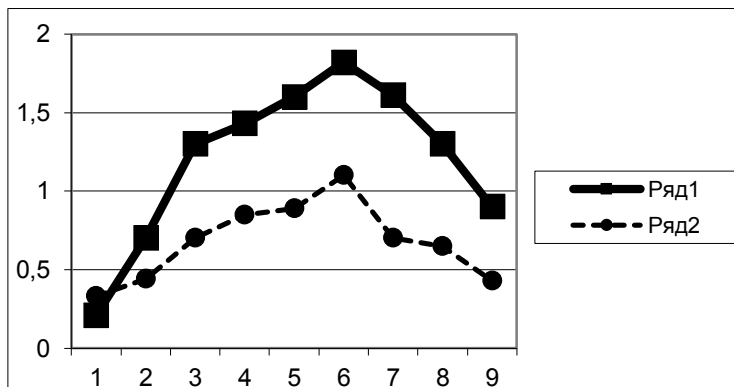


Рис. 2 Динамика концентрации кетоновых тел в результате воздействия словесной инструкции у спортсменов-разрядников (1-й ряд) и спортсменов мастеров спорта (2-й ряд).

По оси абсцисс - время (0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 110) минут.

По оси ординат - концентрация кетоновых тел (КТ, мг%).

В третьей серии эксперимента изучали изменения маркеров энергетического метаболизма под действием словесной инструкции непосредственно перед началом работы. Для проведения данного исследования был выбран, с одной стороны, более сильно изменяющийся показатель – концентрация молочной кислоты в крови, с другой – концентрацию молочной кислоты в крови определяли в положении лежа в течение двух часов, чтобы уменьшить энергозатраты на работу поздних мышц. Забор крови проводился перед началом эксперимента и в дальнейшем через каждые 15 минут. Концентрация молочной кислоты в первом заборе крови была в пределах 25-29 мг%, через 15 минут она снижалась до 9-12 мг% и держалась в течение всего эксперимента на том же уровне. Если при этом, в конце первого часа пребывания в состоянии лежа испытуемому говорили о выполнении работы через 15 минут, но он продолжал лежать не двигаясь, то в пробе крови, взятой через 5-10 минут после этого, концентрация молочной кислоты была в 3 раза больше (рисунок 4).

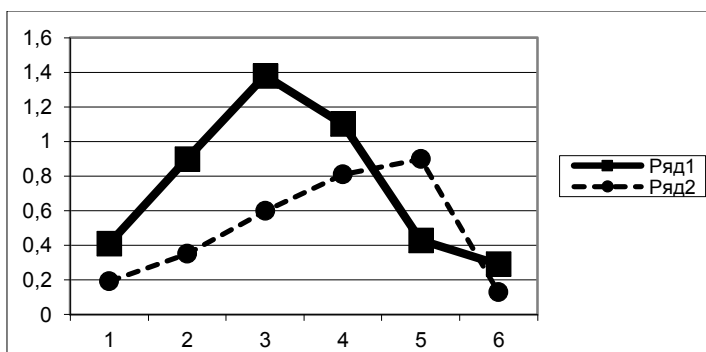


Рис.3. Динамика постробочего кетоза у спортсменов-разрядников (1й ряд) и спортсменов мастеров спорта (2й ряд) при работе и восстановлении. По оси абсцисс - время (0,15,30,45,60,75,90), мин. По оси ординат - концентрация кетоновых тел (КТ, мг%).

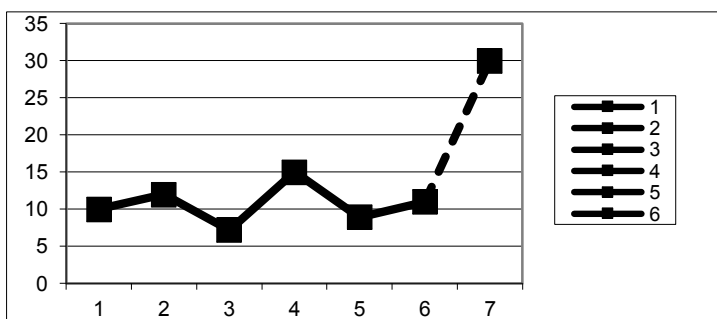


Рис.4. Динамика концентрации молочной кислоты под влиянием словесной инструкции, связанной с установкой на физическую работу. По оси абсцисс – время (0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 110), минут. По оси ординат – концентрация молочной кислоты (МК, мг%).

Проведенные исследования показывают, что на динамику энергетических параметров показателей крови оказывают влияние различные факторы, одним из которых является психическая установка. Было отмечено, что чем выше уровень спортивного мастерства испытуемых, тем определеннее проявляется психическая установка, создаваемая словесной командой, на выполнение двигательной задачи. При этом мобилизирующее действие психической установки у спортсменов высокой квалификации зафиксировано как в дорабочем, так и в восстановительном периоде. Следует отметить, что нет существенных различий у спортсменов в возрастном аспекте.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, наблюдаемый феномен связан со специфической особенностью психики человека опережающим образом отражать действительность. У спортсменов, участвующих в данном эксперименте, достаточно хорошо развита способность прогнозировать конкретный вид деятельности. Психическая подготовка к физической деятельности вызывает в организме изменения энергопродукции соразмерно длительности и интенсивности предлагаемой физической нагрузки. Мысленные представления будущей реальной деятельности способны оказывать существенное воздействие на уровень и скорость протекания метаболических процессов в организме. Это качество развивается у спортсменов в процессе целенаправленной тренировочной деятельности для реализации потенциальных энергетических возможностей в достижении высокого спортивного результата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бреслав И.С., Волков Н.И., Тамбовцева Р.В. Дыхание и мышечная активность человека в спорте. – М.: «Советский спорт», 2013. – 335 с.
2. Волков Н.И. Биоэнергетика мышечной деятельности / Н.И. Волков, Э.Н. Несен, А.С. Осипенко, С.Н. Корсун // Биохимия мышечной деятельности, Гл. 15. – Киев: Олимпийская литература, 2000. – С. 306-325.
3. Волков Н.И. Биоэнергетические процессы при мышечной деятельности // Физиология человека / под общей ред. В.И. Тхоревского. – М.: Физкультур, образование и наука, 2001. – С. 259-294.
4. Волков Н.И., Алтухов Н.Д., Козырь С.В. Кислородный запрос и вентиляционная стоимость мышечной работы // Вопросы экспериментальной и клинической физиологии дыхания. – Тверь: Тверской гос. Ун-т, 2007. – С. 64-73.
5. Волков Н.И., Олейников В.И. Биоэнергетика спорта. – М.: «Советский спорт», 2011. – 160 с.
6. Волков Н.И., Попов О.И., Габрысь Т., Щматлян-Габрысь Н. Физиологические критерии нормирования тренировочных и соревновательных нагрузок в спорте высших достижений // Физиология человека, 2005 – Т. 31, № 5. – С. 125-134.
7. Дубровский В.И. Спортивная физиология. – М.: Влад., 2005. – 462 с.
8. Кучкин С.Н., Бакулин С.А. Физиологические принципы классификации физических упражнений и их характеристика // Физиология человека / под общ. ред. В.И. Тхоревского. Гл. 15. – М.: Физкультура, образование и наука, 2001. – С. 309-324.

9. Тевс Г. Транспорт газов кровью и кислотно-щелочное равновесие // Физиология человека. – 2004 – Т.2, №3. – С. 616- 620.
10. Behnke B.J., Barstow T.J., Poole D.C. Relationship between VO₂ responses at the month and across the exercising muscles / Oxygen Uptake Kinetics in Sport, Exercise and Medicine A.M. Jones, D.C. Poole (eds). – London^ Routledge, 2005. – 405 p.
11. Bonen A., Tonouchi M., Miskovic D. et al. Isoform-specific regulation of lactate transporters MCT 1 and MCT4 by contractile activity // Am. J. Physiol., 2000. – 249(5)^ E1 131- E1 138.
12. Brooks G.A. Intra- and extra-cellular lactate shuttles // Med. Sci. Sports Exerc., 2000. – 32(5). – P. 790-799.
13. Brooks G.A., Branner K.E., Cassens R.G. Glycogen synthesis and metabolism of lactate acid after exercise // Am. J. Physiol. – 1973. – 226 (6). – P. 1162-1166.
14. Brooks G.A., Dubouchand, Brown M. et al. Role of mitochondrial lactate dehydrogenase and lactate oxidation in the intracellular lactate shuttle // Proc.Nat.Acad.Sci. USA. 1999 – 96(6). – P. 1129-1134.
15. Gladden L.B. Muscle as a consumer of lactate // Med. Sci. Sports Exerc., 2000, 1989 – 17(1). – P. 764-771.
16. Juel C. Current aspects of lactate exchange^ Lactate/H⁺ transport in human skeletal muscle // Eur. J. appl. Physiol., 2001. – 86(1). – P.12-16.

ОСОБЕННОСТИ ФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДЕВОЧЕК 9-10 ЛЕТ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ РАЗВИТИЯ «ВЕДУЩЕГО» ФИЗИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА

Сообщение 2: Особенности двигательной подготовленности, физического развития, работоспособности и энергетического обеспечения мышечной деятельности девочек 9-10 лет с различным уровнем развития быстроты и скоростно-силовых качеств

И.А. Криволапчук¹, Д.В. Мельников
ФГНУ "Институт возрастной физиологии"
Российской академии образования, Москва

Начало статьи в № 2 «Новые исследования» за 2012 год.

Установлено, что у девочек 9-10 лет по мере перехода от высокого к среднему и от среднего к низкому уровню развития быстроты и скоростно-силовых качеств постепенно уменьшаются показатели двигательной подготовленности и энергетического обеспечения мышечной деятельности. У девочек с высоким и средним уровнем развития скоростно-силовых качеств не зарегистрировано достоверных различий в изучаемых показателях физического развития, аэробной выносливости, абсолютной и относительной силы, физической работоспособности, мощности смешанного и аэробного энергообеспечения, коэффициентов *a* и *b* уравнения Мюллера. У школьниц с высоким и средним уровнем развития быстроты статистически существенных межгрупповых различий значительно меньше. Девочки с низким уровнем развития быстроты и скоростно-силовых способностей характеризуются более высокими показателями массы тела по сравнению со сверстницами, имеющими высокий и средний уровень развития этих физических качеств. Они не уступают школьницам с высоким и средним уровнем развития рассматриваемых двигательных способностей в показателях ширины плеч, окружности грудной клетки, абсолютной силы, *PWC/кг* и др.

Ключевые слова: двигательная подготовленность, физическое развитие, физическая работоспособность, биоэнергетика мышечной системы

Physical state of 9-10-year-old girls depending on the level of development of the leading physical characteristic. Report 2: Motor fitness, physical development, physical working ability and muscle energy supply in 9-10-year-old girls with different levels of development of speed and speed-power indices. It was shown that in 9-10-year-old girls when going from high to average and from average to the low level of development of speed and speed-power indices, the development of motor fitness and bioenergetics of muscular system gradually decreases. Reliable differences in the indices of physical development, aerobic endurance, physical strength, physical working capacity, capacity of the mixed and aerobic power supply, *a* and *b* Muller coefficient in girls with high and average level of speed-power characteristics were not registered. Girls with high and

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

average level of speed development showed less intergroup differences. Girls with a low developmental level of speed and speed-power characteristics demonstrate higher indices of body weight in comparison with their peers with high and average level of these physical qualities. In comparison with the girls with high and average level of development of these abilities, they are not inferior in shoulders width, thorax circle, absolute physical strength, PWC/kg, etc.

Keywords: *motor fitness, physical development, physical working ability, bioenergetics of muscular system.*

Одной из важных проблем современной школы является индивидуализация физической подготовки детей и подростков. Успешность ее решения во многом зависит от того, насколько полно и системно учитываются индивидуальные различия между детьми в процессе занятий [13, 18, 22]. Согласно современным представлениям, понятие индивидуальность интегрирует в себе всю совокупность свойств человека. В ее структуре, в соответствии с принципами системного подхода, выделяют биохимический, соматический, нейродинамический, психодинамический, личностный и социальный уровни [14]. Известно, что взаимоотношения между разными уровнями и измерениями индивидуальности не линейны, при этом свойства и характеристики разных уровней связаны друг с другом посредством многозначных отношений (свойства одного уровня могут быть связаны со свойствами другого уровня, и наоборот) [2]. В человеческой индивидуальности четко вырисовываются социальный и биологический аспекты [19].

Если интегрированная индивидуальность включает в себя все проявления индивида и личности при определенной иерархии их взаимоотношений, то биологически значимую ее часть представляет, прежде всего, конституция, понимаемая как функциональное единство всех физических, физиологических и формально-динамических свойств личности, присущих некоторой группе людей [1, 10, 16, 19, 24].

В настоящее время существует большое многообразие конституциональных классификаций, обусловленное тем обстоятельством, что разные авторы отдают предпочтение различным признакам. Следует отметить, что в подавляющем большинстве работ, посвященных решению проблемы диагностики конституциональной принадлежности детского организма, используются морфологические, функциональные, психологические показатели [3, 5, 6, 11, 18, 22], тогда как рандомизированные исследования, базирующиеся на учете уровня развития ведущих физических качеств, не проводились. Вместе с тем многочисленные работы по изучению двигательных способностей различных групп населения, опубликованные за последние 100 лет, позволяют рассматривать физическую подготовленность в качестве самостоятельного уровня в биологической организации человека. Поэтому, конституциональный подход к оценке двигательной подготовленности детей, диагностике и коррекции неблагоприятных изменений их функционального состояния, разработке эффективных двигательных режимов и программ физического воспитания, должен прочно войти в практику общеобразовательных учреждений.

Цель исследования – выявить особенности физического состояния девочек 9-10 лет в зависимости от уровня развития “ведущего” физического качества.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании приняли участие здоровые девочки 9-10 лет в количестве 200 человек. Использовались педагогические, физиологические, морфологические и математико-статистические методы.

Программа тестирования двигательной подготовленности включала 7 показателей: бег на 30 м, бег на 60 м, челночный бег 3 x 10 м, бег 6 минут, прыжок в длину с места, поднимание туловища, наклон вперед.

Для оценки физической работоспособности и энергетического обеспечения мышечной деятельности использовался комплекс функциональных и эргометрических критериев. Определяли мощность нагрузки при пульсе 170 уд/мин (PWC_{170}) [9], максимальное потребление кислорода (МПК) по Добельну [9], максимальную силу (МС).

По данным выполнения двух беговых нагрузок большой и максимальной мощности на основе уравнения Мюллера определяли интегральную работоспособность (Lns), 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) и [10, 21].

Запись сердечного ритма в процессе нагрузочного тестирования проводилась на одноканальном электрокардиографе ЭКГ-07 «Аксион», с дополнительной возможностью подключения к персональному компьютеру. Электроды фиксировались на левой стороне груди в отведении по Небу.

Физическое развитие оценивалось по антропометрическим показателям: длине и массе тела, окружности грудной клетки, ширине плеч, ширине таза. Жизненная емкость легких (ЖЕЛ) определялись с помощью сухого спирометра.

Статистическая обработка полученных эмпирических данных проводилась с применением пакета прикладных программ «Statistica for Windows». Показатели оценивались на нормальность распределения по тесту Колмагорова-Смирнова. Производился расчет среднего арифметического (M), среднего квадратичного отклонения (σ), ошибки средней арифметической (m). Достоверность различий определялась с помощью t-критерия Стьюдента.

Дифференциация по быстроте

В таблице 1 представлены статистики «ведущего» показателя – бега на 30 м (быстрота): среднее значение, стандартное отклонение, уровни развития этого показателя у девочек 9-10 лет (высокий, средний, низкий), рассчитанные по формуле $M \pm 0,67\sigma$.

Дифференциация по скоростно-силовым качествам

В таблице 2 представлены статистики «ведущего» показателя – прыжка в длину с места (скоростно-силовые возможности): среднее значение, стандартное отклонение, уровни развития этого показателя у девочек 9-10 лет (высокий, средний, низкий), рассчитанные по формуле $M \pm 0,67\sigma$.

Таблица 1

Группировка данных по показателям бега на 30 м (с)

Среднее (M)	6,43
Сигма (σ)	0,83
M – 0,67 σ	5,87
M + 0,67 σ	6,99
низкий уровень развития	от 6,99
средний уровень развития	от 5,87 до 6,99
высокий уровень развития	до 5,87

Таблица 2

Группировка данных по показателям прыжка в длину с места (см)

Среднее (M)	134,68
Сигма (σ)	13,59
M – 0,67 σ	125,57
M + 0,67 σ	143,79
низкий уровень развития	до 125,57
средний уровень развития	от 125,57 до 143,79
высокий уровень развития	от 143,79

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты (табл. 3, 4) свидетельствуют о том, что у девочек с высоким уровнем развития быстроты (бег 30 м) по сравнению со сверстницами, имеющими низкий уровень данного физического качества ($p < 0,01$), отмечается достоверно более высокое развитие общей ($p < 0,01$) и силовой выносливости ($p < 0,01$), скоростно-силовых качеств ($p < 0,01$), ловкости ($p < 0,01$), относительной силы ($p < 0,01$), относительного МПК ($p < 0,01$), эргометрических показателей мощности энергообеспечения (W_{max} , W_{40} , W_{240} , W_{900}) во всем диапазоне доступных нагрузок ($p < 0,01$), общей мышечной работоспособности ($p < 0,01$). У них достоверно меньше ($p < 0,01$) показатели физического развития (масса тела, окружность таза и др.). Абсолютные значения МПК, PWC170 и ЖЕЛ не имели достоверных различий.

У четвероклассниц с высоким уровнем развития быстроты по сравнению со сверстницами, имеющими средний уровень развития этого физического качества ($p < 0,01$), отмечается достоверно более высокое развитие выносливости ($p < 0,01$), скоростно-силовых качеств ($p < 0,01$), силовой выносливости ($p < 0,01$), ловкости ($p < 0,01$), гибкости ($p < 0,01$), абсолютной ($p < 0,01$) и относительной силы ($p < 0,01$), эргометрических показателей мощности (W_{max} , W_{40} , W_{240} , W_{900}) энергообеспе-

чения ($p < 0,01$), общей мышечной работоспособности ($p < 0,01$). У девочек с высоким уровнем развития быстроты больше показатели МПК ($p < 0,01$), ЖЕЛ ($p < 0,01$) и длины тела ($p < 0,01$).

У девочек со средним уровнем развития быстроты по сравнению со сверстницами, имеющими низкий уровень развития быстроты ($p < 0,01$), отмечается достоверно более высокое развитие скоростной выносливости ($p < 0,01$), выносливости ($p < 0,01$), скоростно-силовых качеств ($p < 0,01$), ловкости ($p < 0,05$), эргометрических показателей мощности энергообеспечения ($p < 0,01$) и общей мышечной работоспособности ($p < 0,01$). Девочки с низким уровнем развития быстроты имеют достоверно более высокие параметры физического развития, ЖЕЛ, МПК, максимальной силы.

Таким образом, у девочек 9-10 лет от высокого к среднему и от среднего к низкому уровню развития быстроты постепенно уменьшаются показатели развития двигательных качеств (аэробная выносливость, скоростная выносливость, ловкость, скоростно-силовые качества, гибкость, скоростно-силовая выносливость) и энергетического обеспечения мышечной деятельности (МПК, Lns , W_{max} , W_{40} , W_{240} , W_{900} , коэффициенты a и b).

Девочки с низким уровнем развития быстроты характеризуются достоверно более высокими показателями массы тела, ширины таза, более низкими значениями коэффициента b . Они не уступают сверстницам с высоким уровнем развития этого качества в показателях абсолютной максимальной силы, ЖЕЛ, МПК, PWC_{170} , $PWC/кг$, коэффициента a , окружности грудной клетки, длины тела, ширины плеч.

У девочек с высоким и средним уровнем развития быстроты не зарегистрировано достоверных различий в показателях массы тела, ширины плеч и таза, окружности грудной клетки, МПК/кг, PWC_{170} , $PWC/кг$, коэффициентов a и b уравнения Мюллера.

У девочек с высоким уровнем развития скоростно-силовых качеств («ведущий» показатель - прыжок в длину с места) по сравнению со сверстницами, имеющими низкий уровень развития скоростно-силовых качеств ($p < 0,01$), отмечается достоверно более высокое развитие выносливости, быстроты, силовой выносливости, ловкости, относительной силы, показатели мощности источников энергообеспечения, общей мышечной работоспособности. У них меньше показатели массы тела.

У девочек с высоким уровнем развития скоростно-силовых качеств по сравнению со сверстницами, имеющими средний уровень развития скоростно-силовых качеств ($p < 0,01$), отмечается достоверно более высокое развитие быстроты, силовой выносливости, ловкости, гибкости, мощности фосфагенного и анаэробного гликолитического источников.

У девочек со средним уровнем развития скоростно-силовых качеств по сравнению со сверстницами, имеющими низкий уровень развития этого двигательного качества ($p < 0,01$), отмечается достоверно более высокое развитие выносливости, быстроты, ловкости, относительной силы, мощности анаэробного гликолитического, смешанного и аэробного энергообеспечения, общей мышечной работоспособности. У них достоверно меньше показатели длины и массы тела.

Таблица 3

*Физическое состояние девочек 9-10 лет
с различным уровнем развития быстроты (бег30 м)*

Показатель	Уровни развития, М±0,6σ			Дост. разл., t/p		
	Высокий n =18	Средний n =156	Низкий n =26	В-Н	В-С	С-Н
Бег 30 м, с	5,54 ±0,25	6,31±0,26 86 % (-14 %)	7,86 ±1,61 58 % (-42 %)	-6,94 0,01	-11,73 0,01	-4,70 0,01
Бег 6 мин, м	1078 ±64,6	957 ±127 89 % (-11 %)	852 ±120 71 % (-29 %)	8,04 0,01	6,56 0,01	3,94 0,01
Бег 60 м, с	10,91 ±0,44	12,03 ±0,48 90 % (-10 %)	12,83 ±0,83 82 % (-18)	-9,871 0,01	-9,41 0,01	-4,73 0,01
Челн. бег, с	8,93 ±0,456	9,46 ±0,48 94 % (-6 %)	9,79 ±0,66 90 % (-10 %)	-4,77 0,01	-4,45 0,01	-2,43 0,05
Пр.дл/м, см	144,5 ±12,4	135,5 ±12,8 94 (-6)	122,5 ±11,2 85 % (-15 %)	6,15 0,01	2,83 0,01	4,91 0,01
Наклон вперед, см	12,1 ±5,9	7,2 ±4,1 60 % (-40 %)	5,7 ±3,2 47 % (-53 %)	4,18 0,01	3,46 0,01	1,72 -
Подним. туловища, раз	32,6 ±6,5	27,8 ±7,7 85 % (-15 %)	25,7 ±7,6 79 % (-21 %)	3,13 0,01	2,53 0,01	1,28 -
МС, кг	50 ±11,8	37 ±11,7 74 % (-26 %)	44 ±10,9 88 % (-12 %)	1,75 -	4,55 0,01	-2,94 0,01
МС/кг массы тела, отн. ед.	1,48 ±0,419	1,10 ±0,338 74 (-26)	1,04 ±0,288 70 % (-30 %)	3,81 0,01	4,35 0,01	0,82 -
МПК, мл/мин	1693 ±247	1475 ±229 87 % (-13 %)	1785 ±199 105 % (5 %)	-1,36 -	3,78 0,01	-6,48 0,01
МПК/кг, мл/мин*кг	50,2 ±11,85	44,7 ±7,88 89 % (-11 %)	42,4 ±7,25 84 % (-16 %)	2,72 0,01	1,92 -	1,42 -
РWC ₁₇₀ , кгм/мин	525 ±215	446 ±129 85 % (-15 %)	513 ±191 98 % (-2 %)	0,19 -	1,52 -	-1,72 -
РWC/кг, кгм/мин*кг	15,3 ±6,48	13,4 ±3,42 88 % (-12 %)	12,2 ±4,94 80 % (-20 %)	1,75 -	1,94 -	1,15 -
Lns, усл.ед.	47,9 ±2,7	38,1 ±13,4 80 % (-20 %)	32,9 ±2,4 69 % (-31 %)	5,08 0,01	7,65 0,01	3,493 0,01
W _{max} , м/с	6,91 ±0,34	6,24 ±0,48 90 % (-10 %)	5,24 ±1,16 76 % (-24 %)	5,90 0,01	5,71 0,01	4,36 0,01
W ₄₀ , м/с	4,09 ±0,15	3,64 ±0,25 89 % (-11 %)	3,14 ±0,28 77 % (-18 %)	14,77 0,01	11,16 0,01	9,46 0,01
W ₂₄₀ , м/с	3,17 ±0,18	2,82 ±0,34 89 % (-11 %)	2,49 ±0,30 79 % (-21 %)	9,56 0,01	7,22 0,01	4,63 0,01
W ₉₀₀ , м/с	2,63 ±0,19	2,34 ±0,37 89 % (-11 %)	2,12 ±0,42 81 % (-19 %)	5,42 0,01	5,38 0,01	2,70 0,01
Кэфф. а, усл.ед.	7,1 ±0, 91	7,2 ±1,59 101 % (1 %)	2,5 ±12,9 35 % (-65 %)	1,84 -	-0,33 -	1,87 -
Кэфф. б, усл.ед.	13,7 ±1,40	13,1 ±2,45 96 % (-4 %)	7,4 ±12,9 54 % (-46 %)	2,47 0,05	1,71 -	2,22 0,05
Длина тела, см	147,4 ±6,48	142,1 ±10,1 96 % (-4 %)	149,4 ±6,49 101 % (1 %)	-0,98 -	3,08 0,01	-4,82 0,01

Показатель	Уровни развития, $M \pm 0,67\sigma$			Дост. разл., t/p		
	Высокий n =18	Средний n =156	Низкий n =26	В-Н	В-С	С-Н
Масса тела, кг	34,5 \pm 5,29	33,7 \pm 7,67 98 % (-2 %)	42,8 \pm 7,27 124 % (24 %)	-4,16 0,01	0,41 -	-5,65 0,01
Окр. груди, см	71,4 \pm 6,03	69,8 \pm 7,27 98 % (-2 %)	73,2 \pm 13,31 103 % (3 %)	-0,51 -	0,92 -	-1,25 -
Ширина плеч, см	32,9 \pm 2,54	31,7 \pm 3,18 96 % (-4 %)	33,6 \pm 2,45 102 % (2 %)	-0,95 -	1,47 -	-2,86 0,01
Ширина таза, см	22,8 \pm 2,18	22,7 \pm 2,51 100 % (0 %)	25,1 \pm 2,08 110 % (10 %)	-3,51 0,01	0,19 -	-4,61 0,01
ЖЕЛ, мл	1992 \pm 334	1537 \pm 445 77 % (-23 %)	1840 \pm 419 92 % (-8 %)	1,28 -	5,26 0,01	-3,24 0,01

Примечание: 100 % - показатели девочек с высоким уровнем развития быстроты. В скобках – разница данного показателя от 100 %, знак «-» соответствует ухудшению показателя. Проверк – различия недостоверные.

Таким образом, у девочек 9-10 лет от высокого к среднему и от среднего к низкому уровню развития скоростно-силовых качеств постепенно уменьшаются показатели развития двигательных качеств (аэробная выносливость, скоростная выносливость, ловкость, быстрота, гибкость, скоростно-силовая выносливость, относительная сила) и параметры энергетического обеспечения мышечной деятельности (Lns , W_{max} , W_{40} , W_{240} , W_{900}). Девочки с низким уровнем развития скоростно-силовых качеств характеризуются по сравнению со сверстницами, имеющими высокий и средний уровень развития этого качества, достоверно более высокими показателями массы тела, МПК и достоверно более низкими показателями аэробной выносливости, относительной становой динамометрии, общей мышечной работоспособности, мощности смешанного и аэробного энергообеспечения, коэффициентов а и b уравнения Мюллера.

Таблица 4

Физическое состояние девочек 9-10 лет с различным уровнем развития скоростно-силовых возможностей (прыжок длину с места)

Показатель	Уровни развития, $M \pm 0,67\sigma$			Дост. разл., t/p		
	Высокий n =51	Средний n =107	Низкий n =42	В-Н	В-С	С-Н
Пр.дл/м, см	151,9 \pm 6,90	133,9 \pm 4,93 88 % (-12 %)	115,8 \pm 6,25 76 % (-24 %)	26,21 0,01	18,78 0,01	18,69 0,01
Бег 6 мин, м	993 \pm 134	971 \pm 123 98 % (-2 %)	867 \pm 117 87 % (-13 %)	4,79 0,01	1,04 -	4,70 0,01
Бег 60 м, с	11,65 \pm 0,57	12,11 \pm 0,71 96 % (-4 %)	12,32 \pm 0,62 96 % (-4 %)	-5,42 0,01	-4,08 0,01	-1,65 -
Челн. бег, с	9,17 \pm 0,53	9,48 \pm 0,44 97 % (-3 %)	9,75 \pm 0,63 94 % (-6 %)	-4,86 0,01	-3,90 0,01	-2,56 0,01
Бег 30 м, с	6,09 \pm 0,33	6,34 \pm 0,45 96 % (-4 %)	7,08 \pm 1,45 84 % (-16 %)	-4,34 0,01	-3,44 0,01	-3,26 0,01

Показатель	Уровни развития, $M \pm 0,67\sigma$			Дост. разл., т/р		
	Высокий n =51	Средний n =107	Низкий n =42	В-Н	В-С	С-Н
Наклон вперед, см	10,2 \pm 5,98	6,5 \pm 3,19 64 % (-36 %)	6,4 \pm 3,51 63 % (-37 %)	3,85 0,01	4,15 0,01	0,22 -
Подним. туловища, раз	32,6 \pm 7,29	26,9 \pm 7,11 83 % (-17 %)	25,3 \pm 7,70 78 % (22 %)	4,71 0,01	4,70 0,01	1,21 -
МС, кг	42,0 \pm 14,1	38,1 \pm 10,5 91 % (-9 %)	37,4 \pm 14,1 89 % (-11 %)	1,57 -	1,76 -	0,29 -
МС/кг массы тела, отн. ед.	1,25 \pm 0,44	1,15 \pm 0,32 92 % (-8 %)	0,93 \pm 0,24 74 % (-26 %)	4,37 0,01	1,53 -	4,36 0,01
МПК, мл/мин	1534 \pm 233	1453 \pm 211 95 % (-5 %)	1746 \pm 262 114 % (14 %)	-4,13 0,01	2,17 0,05	-7,10 0,01
МПК/кг, мл/мин*кг	45,7 \pm 8,70	44,1 \pm 7,31 96 % (-4 %)	46,0 \pm 10,38 101 % (1 %)	-0,15 -	1,23 -	-1,09 -
РWC ₁₇₀ , кгм/мин	471 \pm 143	436 \pm 127 93 % (-7 %)	519 \pm 192 110 % (10 %)	-1,39 -	1,56 -	-2,60 0,01
РWC/кг, кгм/мин*кг	13,9 \pm 4,04	13,1 \pm 3,42 94 % (-6 %)	13,5 \pm 5,32 97 % (-3 %)	0,37 -	1,20 -	-0,43 -
Lns, усл. ед.	42,5 \pm 5,71	40,7 \pm 5,94 96 % (-4 %)	30,5 \pm 17,90 72 % (-28 %)	4,15 0,01	1,77 -	3,60 0,01
Wmax, м/с	6,44 \pm 0,51	6,17 \pm 0,53 96 % (-4 %)	5,85 \pm 1,16 91 % (- %)	3,08 0,01	3,00 0,01	1,75 -
W40, м/с	3,77 \pm 0,29	3,66 \pm 0,29 97 % (-3 %)	3,31 \pm 0,30 88 % (-12 %)	7,52 0,01	2,21 0,05	6,56 0,01
W240, м/с	2,92 \pm 0,36	2,85 \pm 0,33 98 % (-2 %)	2,55 \pm 0,30 87 % (-13 %)	5,31 0,01	1,19 -	5,10 0,01
W900, м/с	2,43 \pm 0,39	2,38 \pm 0,35 98 % (-2 %)	2,12 \pm 0,39 87 % (-13 %)	3,79 0,01	0,79 -	3,88 0,01
Кэфф. а, усл. ед.	7,2 \pm 1,49	7,36 \pm 1,506 102 % (2 %)	3,79 \pm 10,26 53 % (-47 %)	2,14 0,05	-0,58 -	2,25 0,05
Кэфф. б, усл. ед.	13,3 \pm 2,338	13,29 \pm 2,33 100 %	8,9 \pm 10,38 67 % (-33 %)	2,68 0,01	0,08 -	2,69 0,01
Длина тела, см	144,4 \pm 9,15	141,7 \pm 8,22 98 % (-2 %)	147,1 \pm 12,92 102 % (2 %)	-1,14 -	1,86 -	-2,52 0,05
Масса тела, кг	34,15 \pm 6,52	33,5 \pm 6,80 98 % (-2 %)	39,8 \pm 10,45 117 % (17 %)	-3,05 0,01	0,57 -	-3,62 0,01
Окр. груди, см	69,3 \pm 5,67	69,8 \pm 6,31 101 % (1 %)	73,3 \pm 13,28 106 % (6 %)	-1,82 -	-0,52 -	-1,62 -
Ширина плеч, см	32,0 \pm 2,87	31,7 \pm 2,70 99 % (-1 %)	33,1 \pm 4,08 103 % (3 %)	-1,41 -	0,60 -	-1,96 -
Ширина таза, см	23,0 \pm 2,09	22,6 \pm 2,41 98 % (-2 %)	24,1 \pm 3,11 105 % (5 %)	-1,92 -	1,08 -	-2,82 0,01
ЖЕЛ, мл	1731 \pm 460	1561 \pm 427 90 % (-10 %)	1623 \pm 515 94 % (-6 %)	1,07 -	2,29 0,05	1,07 -

Примечание: 100 % - показатели девочек с высоким уровнем развития скоростно-силовых качеств. В скобках – разница данного показателя от 100 %. Знак «-» соответствует ухудшению показателя. Прочерка – различия недостоверные

Они не уступают сверстницам с высоким и средним уровнем развития этого качества в показателях ширины плеч, окружности грудной клетки, ЖЕЛ, абсолютной становой динамометрии, PWC/кг, МПК/кг. Достоверно превосходят сверстниц со средним уровнем развития скоростно-силовых качеств в показателях длины тела, ширины таза, PWC₁₇₀.

У девочек с высоким и средним уровнем развития скоростно-силовых качеств не зарегистрировано достоверных различий в изучаемых показателях физического развития, абсолютной и относительной становой динамометрии, аэробной выносливости, МПК/кг, PWC₁₇₀, PWC/кг, Lns, W240, W900, коэффициентов **a** и **b**.

Полученные результаты дают основание полагать, что физическое состояние девочек 9-10 лет с различным уровнем развития ведущих физических качеств, характеризуется спецификой двигательной подготовленности, работоспособности, физического развития и энергетического обеспечения мышечной деятельности. Несмотря на то, что каждое физическое качество как система, характеризуется сложной структурой, включающей множество элементов [13, 20, 8], сама физическая подготовленность может рассматриваться в качестве базового компонента более общей подсистемы биологической организации человека. Хорошо известно, что развитие физических качеств сопровождается комплексом взаимосвязанных биохимических, функциональных и морфологических изменений в организме [4, 8, 12, 13, 23]. Результаты исследования свидетельствуют о том, что свойства и характеристики морфологического, физиологического и биоэнергетического уровней интегральной индивидуальности, связаны с ведущими физическими качествами посредством многозначных отношений. Сочетания разных уровней морфофункциональных показателей с уровнем развития ведущего физического качества определяют особенности физического состояния девочек 9-10 лет.

Поскольку формирование двигательных функций и развитие физических качеств человека в значительной степени генетически детерминировано [15, 20], полученные в настоящем исследовании данные выступают в поддержку представления о существовании «общей конституции» человека как качественной черты всех его индивидуальных особенностей и свойств, единой характеристики всего организма, общего принципа многообразной деятельности всех входящих в него подсистем [1, 3, 16, 17, 19, 24]. Одной из таких подсистем (частных конституций) является физическая подготовленность, тесно взаимосвязанная с другими уровнями биологической организации человека.

ВЫВОДЫ

1. Физическое состояние девочек 9-10 лет с различным уровнем развития быстроты и скоростно-силовых качеств характеризуется спецификой двигательной подготовленности, мышечной работоспособности, физического развития и энергетического обеспечения деятельности.

2. У девочек 9-10 лет от высокого к среднему и от среднего к низкому уровню развития быстроты и скоростно-силовых способностей постепенно уменьшаются показатели развития двигательных качеств и энергетического обеспечения мышечной деятельности.

3. У девочек с высоким и средним уровнем развития скоростно-силовых качеств не зарегистрировано достоверных различий в изучаемых показателях физического развития, аэробной выносливости, максимальной силы (абсолютной и относительной), физической работоспособности, относительного МПК, общей мышечной работоспособности, мощности смешанного и аэробного энергообеспечения, коэффициентов а и b уравнения Мюллера. У девочек с высоким и средним уровнем развития быстроты межгрупповые различия менее выражены.

4. Девочки с низким уровнем развития быстроты и скоростно-силовых качеств характеризуются достоверно более высокими показателями массы тела по сравнению со сверстницами, имеющими высокий и средний уровень развития этих физических качеств. Они не уступают школьницам с высоким и средним уровнем развития рассматриваемых двигательных способностей в показателях ширины плеч, окружности грудной клетки, ЖЕЛ, абсолютной силы, PWC/кг и др.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агаджанян Н.А., Баевский Р.М., Берсенева А.П. Проблемы адаптации и учение о здоровье. – М.: Изд-во РУДН, 2006. – 284 с.

2. Белоус В.В., Бозытова И.В. Детерминанты развития интегральной индивидуальности: монография. – М.-Пятигорск: РАО-ПГЛУ, 2008. – 230 с.

3. Бобошко И.Е. Системный анализ конституциональных особенностей детей школьного возраста и дифференцированные программы формирования их здоровья: Автореф. дисс. ... докт. мед. наук. – М., 2010. – 49 с.

4. Волков Н.И., Осипенко А.А., Несен Э.Н., Корсун С.Н. Биохимия мышечной деятельности. – Киев: Олимпийская литература, 2000. – 503 с.

5. Дорохов Р.Н. Соматические типы и варианты развития детей и подростков: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – М., 1984. – 43 с.

6. Дорохов Р.Н., Губа В.П. Морфобиомеханическая оценка юного спортсмена. Смоленск, 1995. – 98с.

7. Зайченко А.А. Конституциональная психология // Известия Саратовского университета. Сер. Философия. Психология. Педагогика, 2010. – Т. 10. – Вып. 2. – С. 64-69.

8. Зацюрский В.М. Физические качества спортсмена: основы теории и методики воспитания. – М.: Советский спорт, 2009. – 200 с.

9. Карпман В.Л., Белоцерковский З.Б., Гудков И.А. Тестирование в спортивной медицине. – М.: Физкультура и спорт, 1988. – 208 с.

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

11. Корниенко И.А., Сонькин В.Д., Тамбовцева Р.В., Панасюк Т.В. Индивидуальные особенности соматотипа и энергетики скелетных мышц у девочек в возрасте 7-14 лет // Физиология человека. – 2000. – Т. 26, № 2. – С. 87-92.

12. Кучкин С.Н. Физиологическая характеристика двигательных качеств / Физиология человека / Под ред. В.И. Тхоревского. – М.: Физкультура, образование и наука, 2001. – С. 338-367.

13. Лях В.И. Двигательные способности школьников: основы теории и методики развития. – М.: Терра–спорт, 2000. – 192 с.
14. Мерлин В.С. Очерк интегрального исследования индивидуальности. – М.: Педагогика, 1986. – 254 с.
15. Москатова А.К. Генетические и средовые факторы развития и изменчивости двигательных качеств // Физиология человека / Под ред. В.И. Тхоревского. – М.: Физкультура, образование и наука, 2001. – С. 368-382.
16. Никитюк Б.А. Интеграция знаний в науках о человеке (современная интегративная антропология). – М.: СпортАкадем Пресс, 2000. – 440 с.
17. Никитюк Б.А. Конституция человека. – М.: ВИНТИ. Итоги науки и техники, 1991. – Серия: Антропология, 1991. – Т. 4. – 152 с.
18. Панасюк Т.В. Конституциональная принадлежность как основа прогноза роста и развития: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. – М., 2008. – 30 с.
19. Русалов В.М. Биологические основы индивидуально-психологических различий. – М.: Наука, 1979. – 352 с.
20. Сергиенко Л.П. Основы спортивной генетики. – К.: Вища шк., 2004. – 631 с.
21. Соськин В.Д. Физическая работоспособность и энергообеспечение мышечной функции в постнатальном онтогенезе человека // Физиология человека. – 2007. – Т. 33, № 3. – С. 81.
22. Соськин В.Д., Тамбовцева Р.В. Развитие мышечной энергетики и работоспособности в онтогенезе. – М.: Книжный дом “ЛИБРИКОМ”, 2011. – 368 с.
23. Уилмор Дж., Костил Д. Физиология спорта и двигательной активности. – Киев: Олимпийская литература, 1997. – 504 с.
24. Чтецов В.П. Соматические типы и состав тела у мужчин и женщин: Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. – М., 1978. – 39 с.

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

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

При направлении статьи в редакцию рекомендуется руководствоваться следующими правилами:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Статьи следует направлять по адресу:

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

Номер подписан в печать 12.03.2013.
Усл. п. л. 8,125. Тираж 500 экз.
Отпечатано ИП Скороходов В.А.
111401, г. Москва, ул. 3-я Владимирская, 11-18