

**2**  
**2018**

ИНСТИТУТ ВОЗРАСТНОЙ ФИЗИОЛОГИИ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ОБРАЗОВАНИЯ

# НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

*Возрастная нейрофизиология*

*Возрастная морфология*

*Возрастная физиология*

*Школа и здоровье*

*Физиология спорта*

МОСКВА

**Российская академия образования  
Институт возрастной физиологии**



**НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**

№ 2(55) 2018

**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., Москва, РФ

(ответственный секретарь)

Морозова Л.В., д.б.н., проф.,

Архангельск, РФ

Лях В.И., д.б.н., проф.,

Краков, Польша

Криволапчук И.А., д.б.н.

Москва, РФ

Курганский А.В., д.б.н.

Москва, РФ

Губарева Л.Н., д.б.н.,

Ставрополь, РФ

Параничева Т.М., к.б.н.,

Москва, РФ

Адамовская О.Н., к.б.н.,

Москва, РФ

Филиппова Т.А., к.б.н.,

Москва, РФ

**СОСТАВИТЕЛЬ**

Догадкина С.Б.

**РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ**

Безруких М.М., д.б.н., акад. РАО,

Москва, РФ

Фарбер Д.А., д.б.н., акад. РАО

Москва, РФ

Мачинская Р.И., д.б.н., член-корр. РАО

Москва, РФ

Сонькин В.Д., д.б.н., проф.

Москва, РФ

Тамбовцева Р.В., д.б.н., проф.,

Москва, РФ

Айзман Р.И., д.б.н., проф.

Новосибирск, РФ

Сельверова Н.Б., д.м.н., проф.

Москва, РФ

Князева М.Г., д.б.н.,

Женева, Швейцария

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.

### **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,  
2018, № 2(55). - 118 с.

# СОДЕРЖАНИЕ

## ВОЗРАСТНАЯ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЯ

ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОЛЬНОЙ РЕЛАКСАЦИИ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ МОЗГА И ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОГНИТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ У МАЛЬЧИКОВ НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ ПОДРОСТКОГО ПЕРИОДА РАЗВИТИЯ

Горев А.С., Мачинская Р.И., Фарбер Д.А. .... 5

## ВОЗРАСТНАЯ МОРФОЛОГИЯ

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ СООТНОШЕНИЯ СТРУКТУРНЫХ КОМПОНЕНТОВ КОРЫ БОЛЬШОГО МОЗГА У ПОДРОСТКОВ 13-17 ЛЕТ

Цехмистренко Т.А., Васильева В.А., Обухов Д.К., Шумейко Н.С. .... 21

СТАТУС ПИТАНИЯ СЕЛЬСКИХ ШКОЛЬНИКОВ КОЛЬСКОГО ЗАПОЛЯРЬЯ В 1995-2018 ГОДАХ

Козлов А.И., Вершубская Г.Г., Пермякова Е.Ю. .... 29

## ВОЗРАСТНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

ВОЗРАСТНОЕ РАЗВИТИЕ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ, АВТОНОМНОЙ НЕРВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА И ЭНДОКРИННОЙ СИСТЕМЫ У ШКОЛЬНИКОВ 10-15 ЛЕТ

Шарапов А.Н., Сельверова Н.Б., Догадкина С.Б., Кмить Г.В., Рублева Л.В., Безобразова В.Н., Ермакова И.В. .... 39

ФОРМИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ РЕГУЛЯЦИИ СЕРДЦА И СОСУДОВ У ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

Гурова О.А. .... 57

ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЕАКЦИИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ГЕМОДИНАМИКИ И ТЕРМОВЕГЕТАТИВНОЙ РЕАКТИВНОСТИ КОЖИ У ДЕВОЧЕК-СПОРТСМЕНОК 13-14 ЛЕТ ПРИ СТАНДАРТНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ

Васильева Р.М., Сонькин В.Д., Орлова Н.И., Колесов А.Д. .... 64

## ШКОЛА И ЗДОРОВЬЕ

СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ И РЕЖИМ ДНЯ УЧАЩИХСЯ 11 ЛЕТ МОСКОВСКОЙ ШКОЛЫ

Макарова Л.В., Лукьянец Г.Н., Орлов К.В., Шибалова М.С., Курмышова О.А., Власова Г.В. .... 80

ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ТРЕВОЖНОСТИ У ПОДРОСТКОВ 13-14 ЛЕТ Параничева Т.М., Макарова Л.В., Тюрина Е.В., Лукьянец Г.Н. Лезжова, Г.Н., Орлов К.В. ....	88
--	----

НЕДЕЛЬНЫЙ ОБЪЕМ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ КАК ФАКТОР, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЙ ИЗМЕНЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДЕТЕЙ 5-6 ЛЕТ Криволапчук И.А., Чернова М.Б., Герасимова А.А., Герасимов М.М. ....	102
--	-----

### **ФИЗИОЛОГИЯ СПОРТА**

ОСОБЕННОСТИ ДВИГАТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ДЕВОЧЕК–ПОДРОСТКОВ НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ ПОЛОВОГО СОЗРЕВАНИЯ Криволапчук И.И. , Зайцева Г.А. ....	109
--	-----

# ВОЗРАСТНАЯ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЯ

## ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОЛЬНОЙ РЕЛАКСАЦИИ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ МОЗГА И ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОГНИТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ У МАЛЬЧИКОВ НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ ПОДРОСТКОГО ПЕРИОДА РАЗВИТИЯ

А.С. Горев<sup>\*</sup>, Р.И. Мачинская<sup>1\*\*\*</sup>, Д.А. Фарбер<sup>\*</sup>,  
<sup>\*</sup>ФГБНУ «Институт возрастной физиологии РАО»,  
<sup>\*\*</sup>ФГБОУ ВО «Московский государственный  
лингвистический университет», Москва

*У мальчиков предпоздкового (10-11 лет) раннего подросткового (12-13 лет) и старшего подросткового (15-16 лет) возраста оценивалось влияние произвольной релаксации на функциональное состояние мозга и когнитивную деятельность. Анализировались: (1) электрокожная проводимость (ЭКП); (2) электроэнцефалографические показатели – пиковая частота и когерентность (КОГ) ритмических составляющих альфа-диапазона ЭЭГ; (3) объем кратковременной слухоречевой памяти.*

*Показано, что для двух групп (10-11 лет и 15-16 лет) характерно положительное влияние релаксации на функциональное состояние, что отражается в снижении избыточной неспецифической активации по показателю ЭКП и пиковой частоты основного ритма. Оптимизация функционального состояния сопровождается увеличением объема кратковременной памяти. Анализ функционального взаимодействия корковых зон по показателям КОГ в этих группах выявил формирование связей лобной коры с корковыми зонами, релевантными предстоящей деятельности в период преднастройки к выполнению когнитивного задания.*

*Положительное влияние произвольной релаксации в раннем подростковом возрасте (12-13 лет) не выявлено. Отсутствие положительного эффекта произвольной релаксации в 12-13 лет по сравнению с предпоздковым возрастом рассматривается как следствие дезорганизующего влияния нейрогормональных изменений, связанных с начальном полового созревания, на мозговые механизмы произвольной регуляции деятельности. У подростков 15-16 лет функциональная организация коры головного мозга после сеанса релаксации характеризуется более выраженным, чем в 10-11 лет вовлечением лобных и теменных зон в процесс преднастройки к деятельности, что рассматривается как отражение прогрессивных морфо-функциональных изменений механизмов произвольного контроля.*

**Ключевые слова:** *предпоздковый возраст, подростки 12-13 лет, подростки 15-16 лет, произвольная релаксация, функциональное состояние мозга, электрокожная проводимость, ЭЭГ, когерентность альфа-ритма, преднастройка к когнитивной деятельности, слухоречевая память.*

---

Контакты: <sup>1</sup> Мачинская Р.И. – E-mail: <reginamachinskaya@gmail.com>

***Influence of arbitrary relaxation on the brain functional state and effectiveness of cognitive activity in boys at different stages of adolescence.*** The paper presents the study of influence of arbitrary relaxation on the cognitive activity and the functional state of the brain in pre-adolescent boys (10-11 years old), boys of early (12-13 years of age) and older adolescence (15-16 years of age). The following factors were analyzed: (1) electrodermal conductivity; (2) electroencephalographic parameters - peak frequency and coherence (COH) of the rhythmic components of the EEG alpha-band; (3) the amount of short-term auditory memory.

It is shown that the positive effect of relaxation on the functional state is characteristic for two groups (10-11-year-old and 15-16-year-old adolescents), which is reflected in the reduction of excessive nonspecific activation by the electrodermal conductivity index and the peak frequency of the main rhythm. Optimization of the functional state is accompanied by an increased short-term memory capacity. The analysis of the functional interaction of cortical zones in terms of COH indices in these groups revealed the formation of frontal cortex connections with cortical zones that are relevant to the forthcoming activity during the pre-adjustment period to perform a cognitive task.

The positive effect of arbitrary relaxation in early adolescence (12-13 y.o.) was not revealed. The absence of the positive effect of arbitrary relaxation in 12-13-year-old teenagers compared with those of the pre-adolescence may result from the disorganizing influence of neurohormonal changes, associated with initial puberty, on the brain mechanisms of the arbitrary activity regulation. In adolescents aged 15-16 y.o., functional organization of the cerebral cortex after the relaxation session is characterized by more involved frontal and parietal zones in the process of pre-adjustment to activity than at the age of 10-11 years old. It can be regarded as a reflection of progressive morpho-functional changes in the mechanisms of arbitrary control.

**Key words:** preadolescent age, 12-13-year-old adolescents, 15-16-year-old adolescents, arbitrary relaxation, functional state of the brain, electrodermal conductivity, EEG, alpha-rhythm coherence, pre-adjustment to cognitive activity, auditory memory.

В современной педагогике практически не уделяется внимания психофизиологическим аспектам учебной деятельности, психофизиологии ребенка. Так типичные оценочные шкалы, которые использует педагог для характеристики своих учеников: способный – неспособный, ленивый – трудолюбивый, усидчивый – непоседа. Уже этого небольшого перечня достаточно, чтобы понять - педагог в своих оценках ориентируется на доступные для наблюдения «выходные» характеристики деятельности ученика. Мало кто задумывается, а что порождает такой «выход» и можно ли как-то на этот «выход» повлиять. К сожалению, несмотря на то, что в программах педвузов как правило представлены курсы общей и возрастной психологии и физиологии, в практической работе с учениками эти знания не используются. Между тем, постепенное гетерохронное созревание структур мозга определяет особенности функционального состояния его разных отделов и их взаимодействие. Это сказывается на специфике мозгового обеспечения когнитивных функций на разных этапах развития ребенка, что во многом определяет успешность обучения в школе.

Функциональная организации коры головного мозга в состоянии спокойного бодрствования (состоянии покоя) является оптимальным фоном для восприятия

информации и организации деятельности [11]. У взрослого человека это состояние занимает промежуточное положение между состоянием активного бодрствования (деятельность) и сном, оно характеризуется наличием в электроэнцефалограмме (ЭЭГ) доминирующего ритма с частотой 7.5 – 13 Гц. Этот ритм играет важную роль в обеспечении функционального взаимодействия корковых зон при реализации когнитивных процессов, таких как восприятие, внимание и кратковременная память, определяющих эффективность усвоения учебного материала. У дошкольников и младших школьников в силу относительной морфофункциональной незрелости различных структур мозга его функциональное состояние в покое еще не является оптимальным. К концу младшего школьного возраста (9-10 лет) характер ЭЭГ покоя приближается к «взрослому» типу с присущим ему доминированием основного ритма с частотой 9-10 Гц. [8]. Возраст 9-10 лет рассматривается как наиболее благоприятный для развития познавательной деятельности [7].

В ходе дальнейшего развития с наступлением подросткового возраста, несмотря на продолжающееся морфофункциональное созревание мозга [8], в его функционировании отмечаются определенные негативные изменения [15]. Основным фактором негативных изменений в подростковом возрасте является перестройка нейроэндокринных систем, связанная с формированием репродуктивной функции [4]. На начальном этапе полового созревания происходит генетически детерминированное повышение активности гипоталамо-гипофизарной системы. Следствием повышенной активности гипоталамуса является вегетативное напряжение и снижение стрессоустойчивости, а повышенная активность гипофиза приводит к выбросу гонадотропных гормонов и повышению уровня половых гормонов в крови. Показано [25], что половые гормоны оказывают непосредственное и неоднозначное влияние на морфофункциональное созревание мозга, приводящее к относительно более активному состоянию глубинных звеньев мозговых систем эмоционально-мотивационной регуляции по отношению к префронтальной коре больших полушарий. В результате этих изменений снижается возможность коркового управляющего контроля процессами, происходящими в глубинных структурах. Возрастающее на начальном этапе полового созревания вегетативное и эмоциональное напряжение оказывает существенное влияние на общее функциональное состояние, неоптимальной становится функциональная организация мозга в покое. Это приводит к снижению эффективности когнитивных процессов и отрицательно сказывается на успешности обучения.

Для снятия избыточного напряжения и нормализации функционального состояния мозга широко используются различные методики (техники) релаксации [19; 20; 28]. Их анализ показал, что в отличие от различного рода медитативных техник релаксация — это природное восстановительное состояние, поэтому методы его формирования достаточно просты. По сути дела, это состояние произвольного сознательно организованного отдыха, отдыха с интенсифицированными процессами восстановления функциональных ресурсов организма и, в особенности, мозга, что создает предпосылки для оптимизации работы всех физиологических систем [3; 13]. Процессы, происходящие в ЦНС при релаксации являются физиологической основой улучшения когнитивных функций - произвольного внимания и кратковременной памяти, улучшения работоспособности, повышения



уровня креативности мышления, стрессоустойчивости [17; 23; 27]. Это свойство состояния релаксации явилось причиной широкого интереса к его изучению. Следует отметить, что подавляющее число исследований возможностей произвольной регуляции и особенностей функционирования мозга в измененных функциональных состояниях проведены на взрослых испытуемых. Онтогенетический аспект данного направления исследований разработан меньше. Исследования, проведенные на детях отдельных возрастных групп, как правило, имеют прикладную направленность, в основном, медицинского профиля, когда объектом изучения является клинический эффект от использования релаксационных методик.

Возможности использования произвольной релаксации для повышения эффективности когнитивной деятельности изучались в работах А.С. Горева [1; 2]. Было установлено, что способность к произвольной регуляции функционального состояния проявляется уже в начале младшего школьного возраста. Однако, она выражена у небольшого процента детей этого возраста и характеризуется меньшей эффективностью. По мере прогрессивного морфофункционального созревания мозга, прежде всего префронтальной коры и ее связей с глубинными структурами, способность к произвольной релаксации существенно возрастает. В предпубертальном возрасте (10-11) она наблюдается у подавляющего большинства детей без отклонений в развитии. К этому возрасту положительное влияние произвольной релаксации на эффективность деятельности существенно возрастает.

В нашем предыдущем исследовании [13] при изучении особенностей произвольной регуляции функционального состояния на начальном этапе подросткового возраста было показано, что у подростков 12-13 лет по сравнению с детьми 10-11 лет изменения функционального состояния мозга при релаксации выражены значительно меньше, что ослабляет ее влияние на организацию когнитивных процессов. Однако, к 14 годам наблюдается тенденция к восстановлению позитивного влияния произвольной релаксации на оптимизацию функционального состояния и эффективность деятельности. Это дало основание полагать, что в старшем подростковом возрасте (15-16 лет) произвольная регуляция функционального состояния может способствовать успешному усвоению школьных знаний. В условиях повышенной учебной и эмоциональной нагрузки, связанной с окончанием школы и выпускными экзаменами, оптимизирующий эффект произвольной релаксации представляется особенно важным.

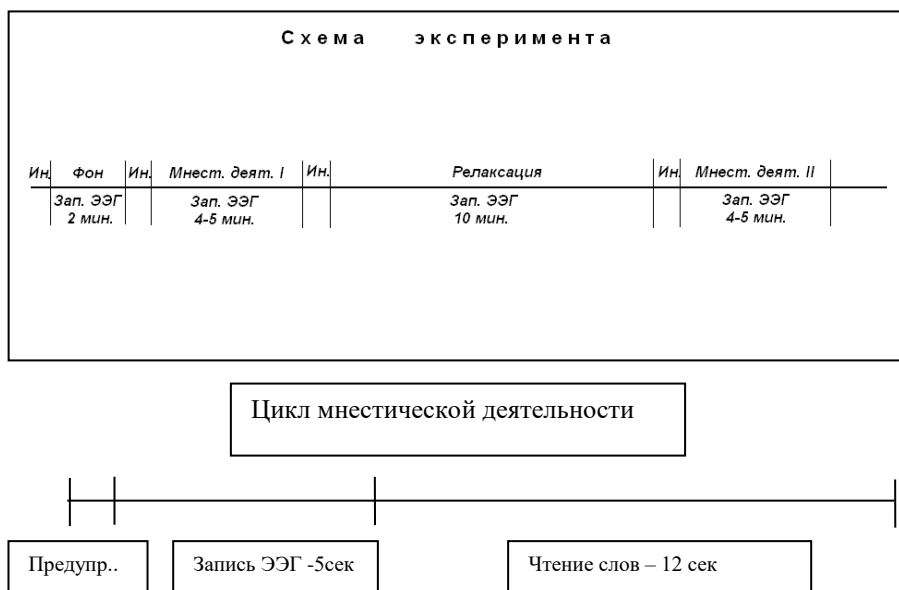
В настоящей работе представлены результаты исследования произвольной релаксации и ее влияния на эффективность когнитивных процессов у подростков 15-16 лет в сопоставлении с данными, полученными при исследовании детей предпубертального и раннего подросткового возраста. Учитывая имеющиеся в литературе сведения о разных темпах полового созревания у мальчиков и девочек [15] и большую выраженность влияния мужского полового гормона тестостерона на морфофункциональное созревание мозговых структур [25], для выявления возрастной динамики произвольной релаксации в данной работе были проанализированы результаты исследования только подростков – мальчиков.

## ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании приняли участие мальчики в возрасте 10-11 лет (14 чел.), 12-13 лет (14 чел.), 15-16 лет (20 чел.) без отклонений в развитии, обучавшиеся в общеобразовательных школах г. Москвы. До начала исследования были получены информированные согласия родителей и самих детей.

Для оценки динамики функционального состояния использовалась регистрация электрокожной проводимости (ЭКП), которая является надежным показателем уровня неспецифической активации организма. Амплитуда ЭКП служила основным параметром биологической обратной связи (БОС) во время процедуры произвольной релаксации. Для оценки функциональной организации коры головного мозга до и после процедуры релаксации вычислялись амплитудно-частотные параметры и функция когерентности ритмических составляющих альфа-диапазона. Влияние произвольной релаксации на эффективность когнитивных процессов определялось на основе анализа объема кратковременной слухоречевой памяти.

Эксперимент проводился по единой для всего цикла исследований подростков разного возраста схеме и включал четыре экспериментальные ситуации (во всех ситуациях глаза закрыты) (рис. 1).



*Рис. 1.*

Первая ситуация - состояние спокойного бодрствования (ССБ). Для стандартизации этого состояния испытуемому предлагалась психологическая модель пассивного ожидания. Вторая ситуация – преднастройка (произвольное внимание - ПВ1) к восприятию значимой информации с необходимостью ее запомнить (проба на кратковременную слухоречевую память). Слухоречевая проба включала

шесть последовательных блоков. Каждый блок начинался с предупреждения "Приготовились", затем выдерживалась пауза 5 сек. По инструкции испытуемый в это время должен был наилучшим образом настроиться на восприятие слуховых стимулов. Далее зачитывался очередной блок из 7 широко употребляемых слов со скоростью 1 слово в 2 сек. После зачитывания очередного блока испытуемому предлагалось воспроизвести услышанные слова в любом порядке. Для каждого испытуемого рассчитывалось среднее по шести блокам количество правильно воспроизведенных слов.

Третья ситуация - состояние релаксации (СР). Для погружения в это состояние испытуемому предварительно объясняли простейшие приемы нервно-мышечной релаксации. Для более полного абстрагирования от внешней обстановки и лучшего сосредоточения на собственном внутреннем состоянии использовалось звуковое сопровождение - запись шума морского прибора.

Четвертая ситуация – повторение второй ситуации после сеанса релаксации (ПВ2). В этой ситуации участнику исследования предлагалось, не думая о результате, выполнять пробу, по возможности оставаясь в том состоянии, которого ему удалось достичь в результате произвольной релаксации.

Наряду с измерением показателя ЭКП, успешность релаксации оценивалась по субъективным отчетам испытуемых. Использовалась 3-х балльная система оценок (слабая выраженность релаксации – 1, умеренная – 2 и сильная – 3).

Для оценки связи между субъективными ощущениями степени релаксации (в баллах) и ее объективными параметрами (ЭКП) рассчитывался коэффициент ранговой корреляции Спирмена.

ЭЭГ регистрировали с помощью компьютерного электроэнцефалографа "Neurovisor24U" (фирма AtesMedica, Россия). Запись ЭЭГ осуществляли монополярно с объединенным ушным референтным электродом от затылочных (O1, O2), теменных (P3, P4), задневисочных (T5, T6), центральных (C3, C4) и лобных (F3, F4) отведений, расположенных в соответствии с международной системой 10-20 %. Частота оцифровки ЭЭГ составляла 250 Гц, а полоса пропускания усилителя - 0.5-70 Гц. Обработка ЭЭГ данных осуществлялась с использованием программ, реализованных на базе пакета MATLAB (OKTAVE), позволяющих провести оценку динамики ЭЭГ параметров по экспериментальным ситуациям и оценить ее статистическую значимость в широком диапазоне частот от 5 до 40 Гц в 10 частотных диапазонах, включая частоты 7-9, 9.0–11.0 и 11.0–13.0 Гц.

Для вычисления спектрально-корреляционных характеристик ЭЭГ в ситуациях ССБ и СР использовалось по десять 5-секундных участков ЭЭГ, а в ситуациях ПВ1 и ПВ2 использовалось по шесть 5-ти сек. отрезков (интервалы после предупреждения «Приготовились» до начала предъявления слов для запоминания). Динамика показателей мощности и когерентности анализировалась в трех субдиапазонах альфа-полосы - 7-9, 9-11, 11-13 гц.

У каждого испытуемого для выделенных субдиапазонов оценивали пиковую частоту основного ритма для каждого отведения ЭЭГ и показатели когерентности (КОГ) для внутри и межполушарных (только одноименных) пар отведений. При сопоставлении индивидуальных ЭЭГ параметров в разных экспериментальных ситуациях использовался непараметрический критерий Вилкоксона для связанных выборок. На основе результатов индивидуальных статистических сравнений

рассчитывался процент участников в каждой группе, у которых были выявлены значимые, связанные с экспериментальной ситуацией, различия данного параметра. Групповые данные представлены относительным числом участников в каждой группе, для которых были выявлены значимые различия КОГ при сравнении двух экспериментальных условий.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты сравнительного анализа динамики ЭКП (показатель уровня симпатической активации) [16] в ходе последовательной смены экспериментальных ситуаций у сравниваемых возрастных групп представлены на рисунке 2. Общей закономерностью для всех сравниваемых групп является повышение уровня ЭКП при переходе от ССБ к ситуации ПВ1, снижение ЭКП в ситуации СР и затем его повышение при переходе к выполнению когнитивной задачи в ситуации ПВ2. Такой характер изменений ЭКП соответствует изменениям в содержании экспериментальных ситуаций (ССБ и СР – покой, ПВ1 и ПВ2 функциональная нагрузка). Вместе с тем при схожести общего характера динамики ЭКП на протяжении эксперимента выявляются и определенные межгрупповые различия. Так динамика ЭКП в группе 12-13 лет отличается от таковой в группах 10-11 лет и 15-16 лет, сходных между собой. Если при переходе от ситуации ССБ к ПВ1 для всех трех групп отмечается повышение ЭКП (естественная реакция ЦНС на функциональную нагрузку), то при переходе к ситуации СР в изменениях ЭКП отмечаются существенные различия: для группы 12-13 лет отмечается возврат ЭКП к уровню, зарегистрированному в ССБ, тогда как для групп 10—11 лет и 15-16 лет уровень ЭКП для СР существенно ниже, чем для ССБ. Динамика ЭКП в этом случае отражает явное снижение уровня общей активации в ситуации СР. При этом в группе 15-16 лет степень этого снижения относительно ССБ оказывается более выраженной. Групповые различия в динамике ЭКП выявляются и при переходе к ситуации ПВ2. Так для группы 12-13 лет при выполнении когнитивной задачи уровень ЭКП при пострелаксационной активации мало отличается от дорелаксационного уровня. Для групп 10-11 лет и 15-16 лет отмечается хорошо выраженный пострелаксационный эффект: уровень активации при выполнении задания после релаксации оказывается более низким (следствие снижения после сеанса релаксации), причем и в этом случае эффект снижения более выражен в группе 15-16 лет.

Картина динамики ЭКП у старших подростков оказывается ближе к группе 10-11 лет, чем к группе 12-13 лет: релаксационные сдвиги выражены больше и более устойчивы. Наблюдаемые возрастные различия могут отражать влияние полового созревания на механизмы произвольной регуляции функционального состояния: его дезорганизующую роль на начальном этапе формирования репродуктивной функции в 12-13 лет и повышение возможностей произвольной релаксации к завершению периода полового созревания в 15-16 лет.

Интересно отметить, что для групп 10-11 и 12-13 лет ранговая корреляция бальных оценок с выраженностью релаксационных сдвигов по ЭКП была относительно невысокой без выраженных межгрупповых различий ( $r < 0.7$ ,  $p > 0.05$ ). Это позволило нам сделать вывод об отсутствии «жестких» корреляций между субъективными ощущениями и выраженностью физиологических сдвигов по объек-

тивными показателям. В группе 15-16 лет, где анализ всей совокупности используемых показателей указывает на большую выраженность релаксации в ситуации СР эта корреляция оказалась значимой ( $r = 0,83$ ,  $p < 0,05$ ). Можно заключить, что по мере углубления релаксации субъективные ощущения начинают во все большей степени определяться физиологическими сдвигами.

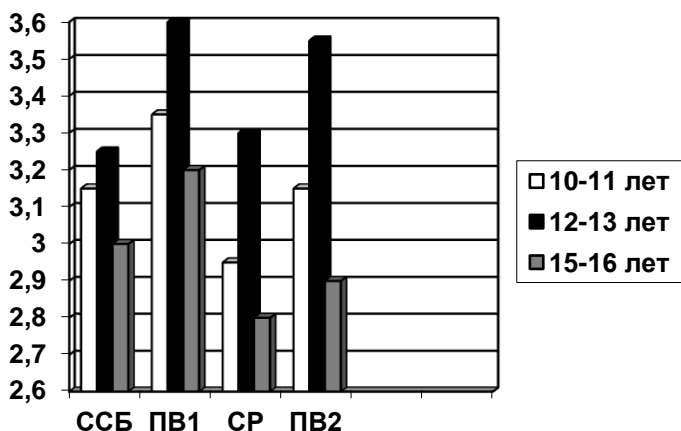


Рис. 2.

Отличия старших подростков от группы 10-11 лет связаны с продолжающимся процессом морфо-функционального созревания головного мозга и прежде всего лобных долей, являющихся ключевыми структурами в системе, обеспечивающей произвольную регуляцию. [6]. Морфофункциональное созревание высших центров произвольной регуляции является одной из основных причин наблюдаемых возрастных различий показателей успешности выполнения когнитивных заданий (объема кратковременной слухоречевой памяти) после периода релаксации (Таблица 1).

Таблица 1

*Объем кратковременной памяти до и после релаксации  
Количество правильно воспроизведенных слов*

Группа	до релаксации	после релаксации
группа 10-11 лет	4,37+0,17	4,78+0,18*
группа 12-13 лет	4,75 +0,18	4,91+0,19
группа 15-16 лет	5,48 +0,14	5,96+0,15**

\* - значимость изменений  $P < 0,05$ .

\*\* - значимость изменений  $P < 0,01$ .

Если в группе 10-11 лет после сеанса релаксации отмечалось значимое увеличение объема кратковременной памяти, то в разгар пубертата (12-13 лет) постре-

лаксационный эффект практически отсутствовал. Для старшего подросткового возраста прежде всего следует отметить выраженное повышение объема кратковременной слухоречевой памяти, что проявлялось еще до релаксации, вследствие чего количество предъявляемых слов в тестирующей пробе пришлось увеличить с 6 слов до 7. Что касается выраженности пострелаксационного эффекта, то и по этому показателю группа 15-16 летних подростков оказалась сходной с 10-11 летними школьниками, при этом пострелаксационный эффект у старших подростков был более выраженным, что указывает на большую эффективность произвольной релаксации. Последнее соответствует известным морфологическим и физиологическим данным о возрасте 15-16 лет как этапе интенсивного созревания системы нисходящей корковой регуляции, существенно повышающей регуляторные возможности мозга [8].

Как было показано ранее [1] изменение функционального состояния сопровождается смещением пиковой частоты доминирующего ритма: уменьшением при релаксации и повышением при произвольном внимании. Результаты сравнительного анализа исследованных возрастных групп подростков по динамике пиковой частоты доминирующего ритма в затылочной области левого полушария при смене экспериментальных ситуаций представлены в табл.2.

Таблица 2

*Пиковая частота основного ритма в различных экспериментальных ситуациях*

Экспер.снт.	ССБ	ПВ1	СР	ПВ2
группа 10-11 лет	9,2+0,1	9,5+0,1*	9,1+0,1	9,6+0,1**
группа 12-13лет	9.0+0,1	9,1+0,1	9,1+0.1	9,2+0,1
группа 15-16лет	9.5+0,15	9,8+0,1 *	9,3+0.1	9,6+0,1**

*значение частоты даны в гц*

*\* - значимость изменений  $P < 0,05$*

*\*\* - значимость изменений  $P < 0,01$*

Как видно из приведенных в таблице 2 данных для группы 10-11 лет и 15-16 лет отмечается некоторое снижение пиковой частоты основного ритма в условиях релаксации по сравнению с ССБ, тогда как в группе 12-13 лет, эта тенденция отсутствует, и отмечается даже незначительное повышение этого показателя. Это наблюдение согласуется с результатами анализа ЭКП, которые показали менее выраженное снижение общей активации в группе 12-13 лет по сравнению с двумя другими. Для этой группы характерна и меньшая выраженность (отсутствие значимых различий) увеличения пиковой частоты альфа-ритма при переходе от исходного состояния к произвольному вниманию: от ССБ к ПВ1 и от СР к ПВ2.

Отмечая большую выраженность релаксационных сдвигов у старших подростков, следует сказать, что в проводимом цикле исследований по изучению возрастных особенностей произвольной релаксации у подростков, объектом являлось не столько само состояние релаксации, сколько функционирование мозга в условиях подготовки к когнитивной (мнестической) деятельности в пострелаксационном состоянии, проявляющееся на поведенческом уровне в увеличении объема кратковременной памяти.

Успешность мнестической деятельности во многом определяется сформированностью произвольного внимания. Теоретические представления и данные полученные при проведении экспериментальных исследований говорят о том, что нейрофизиологическим механизмом произвольного внимания, обеспечивающим организацию функциональных систем, осуществляющих синхронную избирательную модуляцию активности различных зон коры больших полушарий является взаимодействие ритмогенных таламо-корковых структур на уровне специфических ядер таламуса [5, обзор]. Ключевым звеном, контролирующим таламус является префронтальная кора, которая через ритмогенные структуры таламуса избирательно синхронизирует электрическую активность корковых зон, облегчая их взаимодействие [6]. Последним обстоятельством объясняется высокая информативность изучения синхронизации ритмических составляющих ЭЭГ для изучения системной организации корковой деятельности. Принимая во внимание это обстоятельство, при изучении возрастных особенностей нейрофизиологического обеспечения когнитивной (в данном случае мнестической) деятельности в условиях до и после релаксации мы использовали анализ когерентности ритмических составляющих ЭЭГ.

Учитывая особую роль альфа-ритма в обеспечении внутрикоркового взаимодействия [24, 26, 29] оценивались значения функции когерентности ритмических составляющих этого частотного диапазона. Известно, что этот диапазон имеет сложный ритмический состав. В нем можно выделить низко (7-9 Гц) средне (9-11 Гц) и высокочастотную (11-13 Гц) ритмические составляющие для которых установлена топографическая неоднородность и функциональная специфичность [10].

Ранее было показано [13], что изменения межцентральных связей при переходе от фонового состояния к произвольному вниманию у подростков наблюдаются только для средне- и высокочастотных ритмических составляющих альфа-диапазона. В связи с этим в настоящей работе представлены результаты анализа КОГ альфа-ритма для этих частотных составляющих.

Для выявления возрастных различий влияния релаксации на нейрофизиологическое обеспечение преднастройки к когнитивной деятельности проводился анализ изменений в характере функциональных связей при смене экспериментальных ситуаций. При этом обе ситуации произвольного внимания (ПВ1 и ПВ2) сопоставлялись с исходным фоном (состояние ССБ).

Результаты сравнения КОГ для всех возрастных групп представлены на рисунке 3. На этом рисунке степень выраженности изменений КОГ в группах представлена толщиной линий, соединяющей два положения датчиков, при этом толщина линии определяется относительным числом (%) участников группы, для которых были выявлены значимые различия КОГ в данной паре отведений.

Как видно на рис. 3А, при преднастройке к выполнению когнитивной задачи как в ситуации ПВ1, так и в ситуации ПВ2 у большинства детей 10-11 лет наблюдаются существенные изменения связей лобных отделов обоих полушарий с каудальными сенсорно-специфическими зонами. Вовлечение лобных отделов в формирующиеся при преднастройке функциональные системы близко к зрелому типу организации произвольного внимания [12; 14]. Такая картина динамики КОГ в 10-11 лет отражает формирование высшей корковой регуляторной системы к предпубертатному возрасту, что согласуется с данными, полученными ранее при

исследовании управляющих функций мозга у детей [9]. Как видно на рис. 3А, после сеанса произвольной релаксации (ПВ2) усиление функциональных связей наблюдается чаще, и формирующаяся функциональная система включает большее количества корковых зон, чем до сеанса релаксации (ПВ1).

В раннем подростковом возрасте (12-13 лет) картина резко изменяется (рис. 3Б). Усиление взаимосвязи корковых зон при переходе от фонового состояния к произвольному вниманию (преднастройке), как в ситуации ПВ1, так и в ситуации ПВ2 выявлено в значительно меньшем проценте случаев, чем в 10-11 лет. Вместе с тем, необходимо отметить, что в ситуации ПВ2 для среднечастотных составляющих альфа-ритма рост КОГ отмечается чаще, чем в ситуации ПВ1 и касается большего количества корковых зон. Особенности функциональной организации преднастройки к выполнению когнитивной задачи в 12-13 лет свидетельствуют о снижении эффективности произвольной релаксации, что отражается и на динамике межполушарных связей, которые представлены у подростков 12-13 лет меньше, чем у детей 10-11 лет. Если учесть, что повышение межполушарной когерентности альфа-ритма является одним из проявлений сдвигов в функциональном состоянии релаксационной направленности [21], то подобные особенности межполушарного взаимодействия также свидетельствуют в пользу регрессивных изменений в регуляторных процессах на начальном этапе полового созревания.

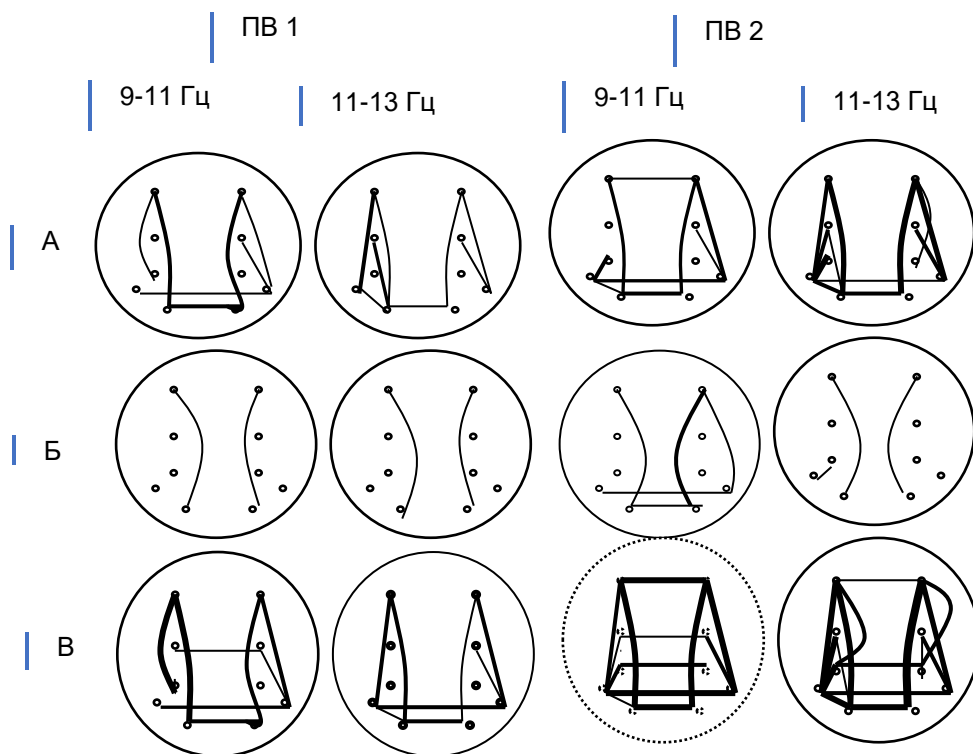


Рис. 3.



В 15-16 лет выявляются существенные преобразования системы функциональных связей как внутри полушарий, так и между полушариями (рис.3 В). Картина корково-корковых связей становится более сложной: наряду с теми изменениями, которые были выявлены после сеанса релаксации в 10-11 лет (рис. 3А) у большинства подростков 15-16 лет обнаружено усиление взаимодействия лобных и теменных областей между собой и с другими корковыми зонами, которые больше выражены в ситуации ПВ2, чем в ситуации ПВ1.

Важным моментом отличающим организацию межцентральных связей старших подростков является более четко проявившаяся в этом возрасте функциональная специфичность отдельных субдиапазонов альфа-полосы, в особенности в ситуации ПВ2. Учитывая имеющиеся в литературе данные о связи высокочастотных ритмических составляющих альфа-полосы, с эффективностью процессов избирательной локальной активации корковых зон [10], можно рассматривать наблюдаемые в старшем подростковом возрасте изменения функциональных связей по высокочастотным составляющим, еще одним аргументом в пользу совершенствования механизмов произвольной регуляции.

Результаты ЭЭГ исследования хорошо согласуются с представленными выше результатами анализа ЭКП, свидетельствующими о снижении в раннем подростковом возрасте возможностей произвольной релаксации, нормализующей общий уровень активации. ЭЭГ данные позволили выявить возможные механизмы снижения позитивного влияния произвольной релаксации на когнитивную деятельность, а именно, слабую «реактивность» функциональных связей лобных зон с другими корковыми зонами при преднастройке к решению когнитивной задачи. В свою очередь, эти изменения функциональной организации преднастройки в раннем подростковом возрасте, обусловлены нейроэндокринными сдвигами на начальном этапе полового созревания. На завершающем этапе созревания нейроэндокринной системы ее дезорганизующее влияние на функциональную активность мозга нивелируется. Наряду с этим, с возрастом по мере морфофункционального созревания мозга совершенствуется корковые механизмы произвольной регуляции деятельности [22; 18, обзор]. Это определяет возрастающие возможности произвольной релаксации в оптимизации функционального состояния и ее позитивное влияние на организацию когнитивной деятельности.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В работе изучалась возможность использования произвольной релаксации для оптимизации функционального состояния мозга и организации когнитивных процессов на разных этапах подросткового периода развития. Показано, что в предподростковом возрасте (10-11 лет) произвольная релаксация снижает избыточную общую активацию и оказывает существенное положительное влияние на формирование системного взаимодействия структур мозга в период подготовки к выполнению когнитивной задачи (кратковременное запоминание слов). Это сказывается на успешности когнитивной деятельности – значительно возрастает объем кратковременной слухоречевой памяти.

Положительное влияние произвольной релаксации снижается в раннем подростковом возрасте (12-13 лет). На этом этапе подросткового периода отсутствует

эффект снижения уровня общей активации, сохраняется вегетативное и эмоциональное напряжение, практически отсутствуют изменения функциональной организации преднастройки к деятельности и позитивное влияние на решение когнитивной задачи. Негативные изменения раннего подросткового периода обусловлены дезорганизующим влиянием нейроэндокринных изменений на корковые механизмы произвольной регуляции в начальный период полового созревания.

В старшем подростковом возрасте (15-16 лет) положительное влияние релаксации не только восстанавливается, но и усиливается. Значительно больше выражен эффект снижения избыточной активации и его влияние на оптимизацию функционального состояния. Следствием этого является увеличение степени функционального взаимодействия корковых зон, участвующих в преднастройке мозга к решению когнитивной задачи, что приводит к повышению успешности деятельности. Совершенствование нейрофизиологических механизмов произвольной релаксации в 15-16 лет может служить основой для использования методики релаксации как инструмента, способного существенно оптимизировать функциональное состояние мозга, создать благоприятный фон для учебной деятельности в период повышенных умственных и эмоциональных нагрузок, связанных с окончанием средней школы и экзаменами.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горев А.С. Влияние кратковременной релаксации на организацию биоэлектрической активности мозга в состоянии спокойного бодрствования у младших школьников // Физиология человека. – 2004. – Т. 30, № 5. – С. 30-35.
2. Горев А.С. Произвольная регуляция функционального состояния и ее влияние на эффективность когнитивной деятельности в подростковом возрасте // Физиология человека. – 2017. – Т. 43, № 2. – С. 15-22.
3. Гримак Л.П. Психология активности. Психологические механизмы и приемы саморегуляции. – М.: Изд-во Либроком. 2010. – 378 с.
4. Колесов, Д.В. Сельверова Н.Б. Физиолого-педагогические аспекты полового созревания. – М.: Педагогика, 1978. – 224 с.
5. Мачинская Р.И. Нейрофизиологические механизмы произвольного внимания (аналитический обзор) // Журн. Высш. Нервн. Деят.. – 2003. – Т.53, №2. – С. 133-150.
6. Мачинская Р.И. Управляющие системы мозга // Журн. Высш. Нервн. Деят. – 2015. Т.65, № 1. – С.33-60
7. Мозговые механизмы формирования познавательной деятельности в дошкольном и младшем школьном возрасте / Под ред. Р.И. Мачинской, Д.А. Фарбер. – М.: НОУ ВПО «МПСУ»; Воронеж: МОДЭК, 2014. – 440 с.
8. Развитие мозга и формирование познавательной деятельности ребенка / Под ред. Д.А. Фарбер, М.М. Безруких. – М.: МПСИ; Воронеж: НОУ ВПО МОДЭК, 2009. – 432 с.
9. Семенова, О., Мачинская, Р., Ломакин, Д. Влияние функционального состояния регуляторных систем мозга на эффективность программирования, избирательной регуляции и контроля когнитивной деятельности у детей. Сообщение I. Нейропсихологический и электроэнцефалографический анализ возрастных пре-

образований регуляторных функций мозга в период от 9 до 12 лет // Физиология человека. – 2015. – Т. 41, № 4. – С. 5-17.

10. Структурно-функциональная организация развивающегося мозга / Под ред. Д.А. Фарбер. – Ленингр.: Наука, 1990. – 197 с.

11. Ухтомский А. А. Очерк физиологии нервной системы / А.А. Ухтомский // Собр. соч.: в 6 т. – Л., 1954. – Т.4 – С. 5-229.

12. Фарбер Д.А., Мачинская Р., Курганский А., Петренко Н. Функциональная организация мозга в период подготовки к опознанию фрагментарных изображений // Журн. высш. нервн. деят. им И.П. Павлова. – 2014. – Т. 64, № 2. – С. 190-200.

13. Фарбер Д.А., Горев А.С. Особенности функционального состояния мозга подростков и возможность его произвольной регуляции//Альманах «Новые исследования», 2017. - №4 (53).- С.5-15.

14. Фарбер Д.А., Курганский А.В., Петренко Н.Е. Мозговая организация преднастройки к зрительному опознанию у детей предподросткового возраста // Физиология человека. – 2015. – Т. 41, № 5. – С. 5-15.

15. Физиология подростка. Серия образование и педагогические науки. - М.: Педагогика,1988. -208 с.

16. Хэссет Дж. Введение в психофизиологию. – М.: Мир, 1981 – 228 с.

17. Эверли Дж.С., Розельфельд Р. Стресс. Природа и лечение. – М: Медицина, 1985. – 224 с.

18. Casey. B. J. Beyond simple models of self-control to circuit-based accounts of adolescent behavior // *Annu Rev Psychol.* – 2015. V66. – P. 295-319.

19. Fell J, Axmacher N, Haupt S. From alpha to gamma: electrophysiological correlates of meditation-related states of consciousness // *Medical Hypotheses.* – 2010. – Vol. 75., № 2. – P. 218-24.

20. Gaylord C; Orme-Johnson D; Travis F The effects of the transcendental meditation technique and progressive muscle relaxation on EEG coherence, stress reactivity, and mental health in black adults // *Int J Neurosci.* -1989. - Vol. 46, № 1-2. - P. 77-86.

21. Gregg D. Jacobs, Ph. D The physiology of mind-body interactions: The stress response and the relaxation response // *The Journal of alternative complementary medicine.* - 2001, Vol. 7, Suppl. 1. - P.83 – 92.

22. Hwang K., Velanova R., Luna B. Strengthening of Top-Down Frontal Cognitive Control Networks Underlying the Development of Inhibitory Control: An fMRI Effective Connectivity Study // *J. Neurosci.*, 2010. – V. 30. – № 46. – P. 15535 – 15545.

23. Lindsay WR, Morrison FM The effects of behavioural relaxation on cognitive performance in adults with severe intellectual disabilities // *J Intellect Disabil Res.* – 1996. Aug;40, Pt 4. – P.285 - 290

24. Patten TM, Rennie CJ, Robinson PA, Gong P. Human cortical traveling waves: dynamical properties and correlations with responses // *PLoS One.* 2012.-Vol. 7, № 6. - :e38392.

25. Peper, J. S., van den Heuvel, M. P., Mandl, R. C., Hulshoff Pol, H. E., & van Honk, J. Sex steroids and connectivity in the human brain: a review of neuroimaging studies // *Psychoneuroendocrinology.* – 2011. – Vol. 36, N.8. – P. 1101-1113.

26. Sauseng P, Klimesch W, Schabus M, Doppelmayr M. Fronto-parietal EEG coherence in theta and upper alpha reflect central executive functions of working memory // *Int J Psychophysiol.* - 2005.- Vol. 57, № 2. – P. 97-103.
27. Sebastiani L, Simoni A, Gemignani A, Ghelarducci B, Santarcangelo EL. Relaxation as a cognitive task // *Arch Ital Biol.* – 2005. Vol.143, № 1. - P.1- 8.
28. Travis F, Haaga DA, Hagelin J, Tanner M, Arenander A, Nidich S, Gaylord-King C, Grosswald S, Rainforth M, Schneider RH. A self-referential default brain state: patterns of coherence, power, and LORETA sources during eyes-closed rest and Transcendental Meditation practice // *Cogn Process.* – 2010, Vol.11, N 1. - P.21-30
29. Varela F., Lachaux J-P., Rodriguez E., Martinerie J. The brainweb: Phase synchronization and large-scale integration // *Nat. Rev. Neurosci.* 2001. – Vol.2:- 229–239.

## REFERENCES

1. Gorev A.S. Vlijanje kratkovremennej relaksacii na organizaciju bioelektricheskoy aktivnosti mozga v sostojanii spokojnogo boдрstvovanija u mladshihshkol'nikov//*Fiziologija cheloveka.* 2004 -T. 30. № 5. - S. 30 – 35.
2. Gorev A.S. Proizvol'naja reguljacija funkcional'nogo sostojanija i ee vlijanie najeffektivnost' kognitivnoj dejatel'nosti v podrostkovom vozraste // *Fiziologija cheloveka,* 2017. - T. 43. № 2. - S. 15-22
3. Grimak L.P. Psihologija aktivnosti. Psihologicheskie mehanizmy i priemysamoreguljaciji. Izd-vo Librokom. 2010, 378 s.
4. Kolesov, D.V. Sel'verova N.B. Fiziologo-pedagogicheskie aspekty polovogosozrevanija. – Moskva: Pedagogika, 1978. 224 s.
5. Machinskaya R.I. Nejrofiziologicheskie mekhanizmy proizvod'nogo vnimaniya (analiticheskij obzor) // *ZHurnal vysshej nervnoj deyatel'nosti,* - 2003. - T.53, №2 - P.133-150.
6. Machinskaya R.I. Upravlyayushchie sistemy mozga // *ZHurnal vysshej nervnoj deyatel'nosti.* – 2015. V. 65, №1. – P. 33-60
7. Mozgovye mehanizmy formirovanija poznavatel'noj dejatel'nosti v predshkol'nom i mladšem shkol'nom vozraste / pod red. R.I. Machinskoj, D.A.Farber. - Moskva: NOU VPO «MPSU»; Voronezh: MODJEK, 2014.- 440 p.
8. Razvitie mozga i formirovanie poznavatel'noj dejatel'nosti rebenka/pod red.D.A. Farber, M.M. Bezrukih. M.: - MPSI; Voronezh: MODJeK. - 2009.232 p.
9. Semenova, O., Machinskaja, R., Lomakin, D. Vlijanie funkcional'nogo sostojanija reguljatornyh sistem mozga na jeffektivnost' programirovanija, izbitatel'nojreguljaciji i kontrolja kognitivnoj dejatel'nosti u detej. Soobshhenie I. Nejropsichologicheskij i jelektrojencefalograficheskij analiz vozrastnyh preobrazovanij reguljatornyh funkcij mozga v period ot 9 do 12 let //*Fiziologija cheloveka,* 2015. - T.41. № 4. - S.5-17.
10. Strukturno-funkcional'naja organizacija razvivajushhegosja mozga / Pod. Red D. A. Farber. - Nauka, Leningr. 1990. - 197 p.
11. Uhtomskij A. A. Oчерk fiziologii nervnoj sistemy. Sobr. soch., 1954. - T. 4. L., 1954. - P.5 – 229.
12. Farber D.A., Machinskaya R., Kurganskij A., Petrenko N. Funkcional'naja organizacija mozga v period podgotovki k opoznaniyu fragmentarnyh izobrazhenij // *ZHurn. Vyssh. Nervn. deyat. im I.P. Pavlova.* – 2014. – T. 64. № 2. –P. 190-200.

13. Farber D.A., Gorev A.S. Osobennosti funkcional'nogo sostoyaniya mozga podrostkov i vozmozhnost' ego proizvol'noj regulyacii//Al'manah «Novye issledovaniya», 2017. - №4 (53). P.5-15.
14. Farber D.A., Kurganskij A.V., Petrenko N.E. Mozgovaya organizaciya prednastrojki k zritel'nomu opoznaniyu u detej predpodrostkovogo vozrasta // Fiziologiya cheloveka, 2015. – T. 41. – № 5. – P. 5-15.
15. Fiziologiya podrostka. Seriya obrazovanie i pedagogicheskie nauki. - M.: Pedagogika, 1988. - 208 p.
16. Hehsset Dzh. Vvedenie v psihofiziologiyu. - M.,Mir,1981. - 228 P.
17. Everli Dzh.S., Rozelfeld R. Stress. Priroda i lechenie. – M: Medicina, 1985. – 224 p.
18. Casey, B. J. Beyond simple models of self-control to circuit-based accounts of adolescent behavior // *Annu Rev Psychol* – 2015. Vol. 66. – P. 295-319.
19. Fell J, Axmacher N, Haupt S. From alpha to gamma: electrophysiological correlates of meditation-related states of consciousness // *Medical Hypotheses*. – 2010. - Vol. 75., № 2. - P. 218-24.
20. Gaylord C; Orme-Johnson D; Travis F The effects of the transcendental meditation technique and progressive muscle relaxation on EEG coherence, stress reactivity, and mental health in black adults // *Int J Neurosci*. -1989. - Vol. 46, № 1-2. - P. 77-86.
21. Gregg D. Jacobs, Ph. D The physiology of mind-body interactions: The stress response and the relaxation response // *The Journal of alternative complementary medicine*. - 2001, Vol. 7, Suppl. 1. - P.83 – 92.
22. Hwang K., Velanova R., Luna B. Strengthening of Top-Down Frontal Cognitive Control Networks Underlying the Development of Inhibitory Control: An fMRI Effective Connectivity Study // *J. Neurosci.*, 2010. – V. 30. – № 46. – P. 15535 - 15545
23. Lindsay WR, Morrison FM The effects of behavioural relaxation on cognitive performance in adults with severe intellectual disabilities // *J Intellect Disabil Res*. – 1996. Aug;40, Pt 4. – P.285 - 290
24. Patten TM, Rennie CJ, Robinson PA, Gong P. Human cortical traveling waves: dynamical properties and correlations with responses // *PLoS One*. 2012.-Vol. 7, № 6. - :e38392.
25. Peper, J. S., van den Heuvel, M. P., Mandl, R. C., Hulshoff Pol, H. E., & van Honk, J. Sex steroids and connectivity in the human brain: a review of neuroimaging studies // *Psychoneuroendocrinology*. - 2011.- Vol.36, N.8. – P.1101-1113.
26. Sauseng P, Klimesch W, Schabus M, Doppelmayr M. Fronto-parietal EEG coherence in theta and upper alpha reflect central executive functions of working memory // *Int J Psychophysiol*. - 2005.- Vol. 57, № 2. – P. 97-103.
27. Sebastiani L, Simoni A, Gemignani A, Ghelarducci B, Santarcangelo EL. Relaxation as a cognitive task // *Arch Ital Biol*. – 2005. Vol.143, № 1. - P.1- 8.
28. Travis F, Haaga DA, Hagelin J, Tanner M, Arenander A, Nidich S, Gaylord-King C, Grosswald S, Rainforth M, Schneider RH. A self-referential default brain state: patterns of coherence, power, and LORETA sources during eyes-closed rest and Transcendental Meditation practice // *Cogn Process*. – 2010. – Vol.11, N 1. – P. 21-30.
29. Varela F., Lachaux J-P., Rodriguez E., Martinerie J. The brainweb: Phase synchronization and large-scale integration // *Nat. Rev. Neurosci*. 2001. – Vol.2: – P. 229-239.

# ВОЗРАСТНАЯ МОРФОЛОГИЯ

## КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ СООТНОШЕНИЯ СТРУКТУРНЫХ КОМПОНЕНТОВ КОРЫ БОЛЬШОГО МОЗГА У ПОДРОСТКОВ 13-17 ЛЕТ

Т.А. Цехмистренко<sup>1\*,\*\*</sup>, В.А. Васильева<sup>\*\*</sup>,  
Д.К. Обухов<sup>\*\*\*</sup>, Н.С. Шумейко<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup> ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов»,  
<sup>\*\*</sup> ФГБНУ «Институт возрастной физиологии РАО», Москва

<sup>\*\*\*</sup> ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
университет», Санкт-Петербург

С помощью компьютерной визуализации изображений и стереометрического анализа на гистологических препаратах коры большого мозга подростков от 13 до 17 лет (17 левых полушарий) изучали удельные объёмы нейронов, волокон и кровеносных сосудов. Показаны отличия соотношений микроструктурных компонентов в полях двигательной, зрительной и лобной корковых областей.

**Ключевые слова:** кора большого мозга, микроструктура коры, постнатальный онтогенез, стереометрический метод

**Ratios of microstructural components in different areas of cerebral cortex in adolescents.** The article presents the study of specific volume of neuron, fiber and blood vessels by means of computer visualization and stereometric analysis of histologic specimen. Cerebral cortex of adolescents from 13 to 17 years old (17 left hemispheres) was studied. There were shown differences in ratios of microstructural components in motor, visual and frontal cortical areas.

**Key words:** human cerebral cortex, microstructure of cerebral cortex, postnatal ontogeny, stereometric method.

Несмотря на значительные успехи в изучении возрастных преобразований коры больших полушарий человека, достигнутые благодаря широкому применению прижизненных методов исследования ее структурной организации, по-прежнему существуют фундаментальные разногласия в отношении моделей развития микроструктуры корковых формаций мозга на разных этапах постнатального онтогенеза [8]. К настоящему времени существует много данных о возрастной динамике таких параметров, как толщина и объем коры и ее слоев [10].

Изучение объемных соотношений нейронов, внутрикорковых волокон и микрососудов в коре большого мозга подростков может дать интересные сведения с точки зрения понимания процессов, лежащих в основе морфофункциональных преобразований мозга человека на этом важном этапе восходящего онтогенеза. Ранее нами было показано, что в коре подростков продолжается нарастание размеров нейронов наиболее крупноклеточных классов, усложняются дендритные арборизации нейронов разных типов путем увеличения порядков терминальных

---

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

ветвлений, изменяются размерные параметры нейронных группировок ансамблеобразующих слоев, а также соотношения нейронов и глии [3, 11].

Оценка количественного соотношения микроструктурных компонентов коры предоставляет возможность определить степень различий в структурной организации функционально отличающихся корковых областей на разных этапах постнатального онтогенеза, в том числе в период полового созревания, что особенно важно для понимания специфики возрастных преобразований коры большого мозга в подростковом периоде. Этот подход базируется на представлении о том, что структурные преобразования в функционально отличающихся зонах протекают гетеродинамически и отличаются по срокам. Наибольший интерес он представляет в микроанатомических исследованиях коры большого мозга у подростков, когда наблюдается постепенная стабилизация многих среднестатистических параметров, характеризующих возрастные изменения внутрикорковых структурных компонентов.

В связи с этим в задачу настоящего исследования входило изучение изменений относительного содержания таких наиболее значимых микроструктурных компонентов, как нейроны, внутрикорковые волокна и кровеносные сосуды в различных областях коры больших полушарий у подростков 13-17 лет с целью определения региональных различий их соотношений и динамики возрастных изменений в период нарастания и завершения морфофункциональных преобразований организма, связанных с половым созреванием.

## **ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Материалом послужили 17 левых полушарий головного мозга подростков мужского пола в возрасте 13-17 лет, погибших насильственной смертью без травм мозга. Материал был собран на основании разрешения этической комиссии в судебно-медицинских моргах отделов № 2 и 4 Бюро судебно-медицинской экспертизы Московской области (ГБУЗ МО «Бюро СМЭ»), а также в прозектурах Морозовской детской городской клинической больницы и Городской детской клинической больницы № 13 имени Н.Ф. Филатова Департамента здравоохранения г. Москвы. Кусочки коры вырезали в предцентральной извилине лобной доли (поле 6 двигательной, или сенсомоторной коры), в затылочной доле (поле 19 зрительной коры) и в лобной области коры (фронтальное глазное поле 8).

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 Нисслию, а также импрегнировали нитратом серебра по Петерсу и Гольджи.

Компьютерная визуализация препаратов проводилась с применением программы Image-Tools (National Institutes of Health, USA). Объемные соотношения структурных элементов исследованных областей коры в различных возрастах определяли с помощью стереологического метода [2] в собственной модификации. В  $\Pi^3$  подслое коры выявляли удельные объемы (УО) нейронов, волокон, сосудов и остальных внутрикорковых компонентов (суммарно и без анализа их состава), принимая общее число наблюдаемых объектов за 100 %.

Отношение УО сосудов к УО нейронов (коэффициент содержания сосудов, Кс), а также отношение УО волокон к УО нейронов (коэффициент содержания волокон, Кв) вычисляли для каждого среза в одной возрастной группе. Всего производилось по 850 измерений изучаемых структурных компонентов и их соотношений в каждом возрасте при достижении критерия надежности  $P=95\%$  ( $p<0,05$ ). С целью унификации количественных данных с различных гистологических срезов использовалась формула А. Аберкромби [1] для подсчета истинного числа микрообъектов с учетом толщины среза. Значимость 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  $P=95\%$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что в *поле 6* двигательной коры у 13-летних подростков УО нейронов составляет  $35,5\pm 2,4\%$ , волокон –  $34,5\pm 3,6\%$ , сосудов –  $11,5\pm 1,2\%$  (рис. 1). К 17 годам относительное содержание нейронов в среднем не изменяется и составляет  $34,0\pm 2,4\%$ . Содержание волокон в премоторном поле 6 обнаружило отчетливую тенденцию к нарастанию с возрастом и к 17 годам достигло в среднем  $42,2\pm 2,0\%$  ( $p>0,05$ ). Содержание внутрикорковых сосудов на изучаемом возрастном промежутке остается стабильным и к 17 годам составляет  $11,5\pm 1,2\%$ . (См. рис. 1)

В *поле 8* лобной области коры к 13 годам относительное содержание нейронов составляет в среднем  $18,5\pm 2,0\%$ , что значимо меньше по сравнению с полем 6. Удельный объем волокон значимо не отличается от аналогичного показателя в поле 6 и составляет  $40,9\pm 3,6\%$ . Относительное число кровеносных внутрикорковых сосудов не превышает  $10,7\pm 1,4\%$ , что также не отличается от показателя содержания сосудов в поле 6. От 13 до 17 лет все изучаемые показатели в среднем не изменяются. К 17 годам в поле 8 УО нейронов составляет  $16,2\pm 1,4\%$ , волокон –  $43,8\pm 2,2\%$ , кровеносных сосудов –  $10,3\pm 2,3\%$ .

В *поле 19* зрительной коры у подростков 13-ти лет, как и в поле 8, содержание нейронов меньше по сравнению с полем 6 и составляет  $13,3\pm 3,2\%$ . Относительное содержание волокон достигает в среднем  $54,7\pm 3,2\%$ , что значимо больше, чем в остальных исследованных полях в 1,3-1,6 раза ( $p<0,02\div 0,001$ ). Удельный объем сосудов, составляющий  $8,0\pm 1,6\%$ , значимо меньше ( $p<0,05$ ), чем в полях 6 и 8 коры лобной доли. От 13 до 17 лет относительное содержание нейронов, волокон и сосудов в поле 19 коры затылочной доли остается стабильным и составляет соответственно  $13,3\pm 1,6\%$ ,  $60,3\pm 4,8\%$  и  $6,4\pm 1,6\%$ .

Анализ содержания сосудов по отношению к нейронам в микроструктуре III подслоя исследованных полей позволил установить, что наименьший индекс васкуляризации нейронного компонента коры отмечается в поле 6 премоторной коры (рис. 2).



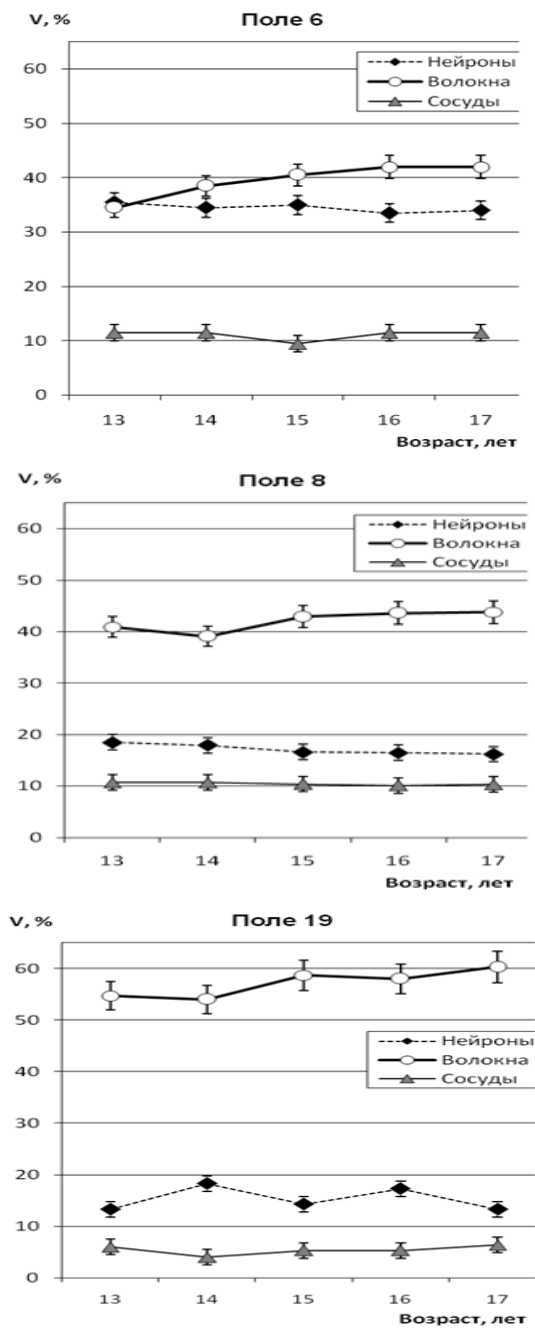
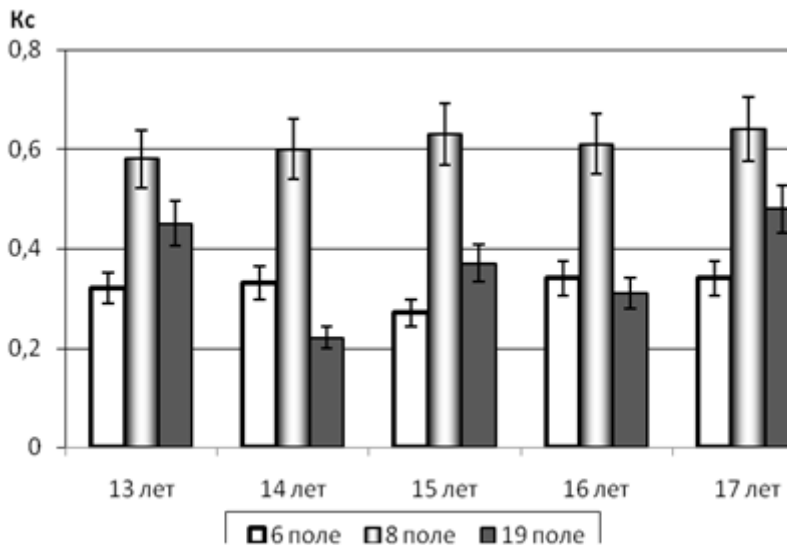


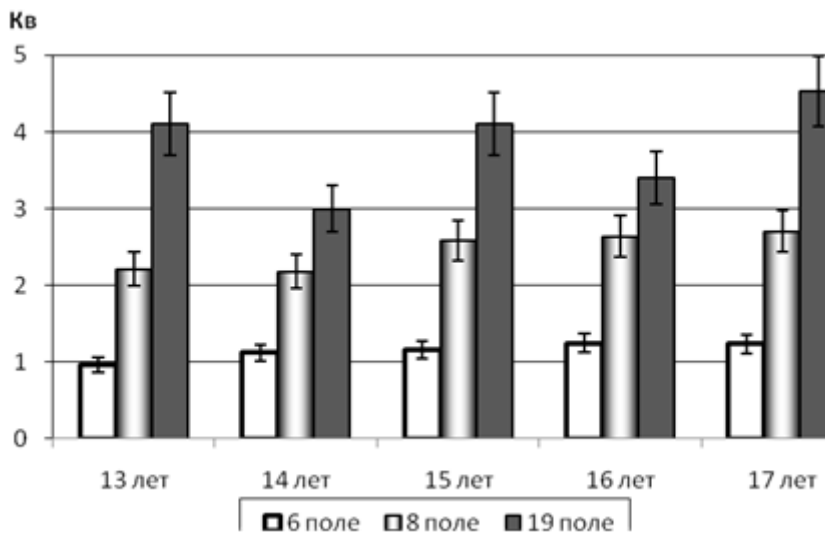
Рис. 1. Изменение удельных объемов (V, %) нейронов, волокон и кровеносных сосудов в ПГ<sup>3</sup> подслое полей 6, 8 и 19 коры большого мозга мальчиков-подростков от 13 до 17 лет. Вертикальные отрезки – значения доверительного интервала.



*Рис. 2. Изменение соотношения удельных объемов внутрикорковых кровеносных сосудов и нейронов (коэффициент кровоснабжения нейронов,  $K_c$ ) в  $III^3$  подслое полей 6, 8 и 19 коры большого мозга мальчиков-подростков от 13 до 17 лет. Вертикальные отрезки – значения доверительного интервала.*

У подростков 13 лет наиболее высокий показатель локальной обеспеченности нейронов внутрикорковыми кровеносными сосудами наблюдается в поле 8, наименьший – в поле 6. Оба показателя регистрируются в коре лобной доли, но в различных ее областях (префронтальной и предцентральной). Как было показано нами ранее [4], у детей 10-12 лет показатели  $K_c$ , характеризующие соотношение относительного содержания компонентов коры в паре «сосуды/нейроны», в полях 8 и 19 больше по сравнению с полем 6. Однако у подростков эти соотношения существенно изменяются. В тесно функционально связанных полях 8 и 19 у подростков 13-17 лет отмечается значимое снижение коэффициента васкуляризации в поле 19 по сравнению с полем 8. Кроме того, в 14-16 лет исследованные зоны зрительной и премоторной коры имеют сравнительно низкий  $K_c$  и мало отличаются друг от друга по относительному содержанию микрососудов в  $III^3$  подслое верхнего этажа коры. К 17 годам содержание сосудов по отношению к нейронам в поле 19 затылочной области коры вновь значимо нарастает и соотношение УО сосудов и нейронов приближается к показателям, характерным для 13 лет.

Изучение относительного содержания волокон по отношению к нейронам показало, что наибольшее количество внутрикорковых связей формируют нейроны в  $III^3$  подслое ассоциативного поля 19 зрительной коры, наименьшее – премоторного поля 6 (рис. 3). Несмотря на тенденцию к нарастанию волокнистого компонента в двигательной коре подростков 13-17 лет, локальные соотношения волокон и нейронов в коре лобной и затылочной долей в среднем остаются относительно стабильными, широко варьируя индивидуально.



*Рис. 3. Изменение соотношения удельных объемов внутрикорковых волокон и нейронов ( $K_v$ ) в III<sup>р</sup> подслое полей 6, 8 и 19 коры большого мозга мальчиков-подростков от 13 до 17 лет. Вертикальные отрезки – значения доверительного интервала.*

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, полученные данные о соотношении удельных объемов наиболее важных компонентов коры свидетельствуют в пользу продолжения преобразований ее микроструктурной организации у подростков. Анализ возрастной динамики изучаемых показателей позволил продемонстрировать, что в период от 13 до 17 лет наиболее стабильными остаются среднестатистические показатели относительного содержания нейронов, волокон и кровеносных сосудов в глазодвигательном поле 8 фронтальной коры. Не имеют значимых различий удельные объемы нейронов от 13 до 17 лет в каждом из исследованных полей. Наиболее динамичным показателем возрастной динамики структурных изменений в коре подростков является индекс васкуляризации коры  $K_v$ , отражающий величину относительного содержания сосудов на единицу удельного объема нейронов.

Полученные данные свидетельствуют также о выраженных региональных особенностях в содержании исследованных микроструктурных компонентов в каждом из полей. Наиболее высокие показатели относительного содержания нейронального компонента отмечаются в поле 6, волокнистого компонента – в поле 19, наибольший индекс васкуляризации коры – в поле 8. Удельный объем внутрикорковых сосудов в коре затылочной доли у подростков ниже, чем у детей 10-12 лет. Этот показатель остается значимо более низким в полях затылочной и премоторной коры по сравнению с префронтальной корой. Соотношение удельного объема нейронов и микрососудов в исследованных корковых зонах имеет

локально специфический характер и не зависит от типа стратификации коры, что подтверждается и другими исследователями [7]. Это также свидетельствует о существенной региональной специфике изученных корковых зон как в морфологическом, так и гистофизиологическом аспектах.

Метаболические процессы, протекающие в мозгу, определяют его функциональную активность, в основе которой лежит система сложноорганизованных и при этом локально ограниченных по причине сохранения метаболической энергии связей [5]. Во всех исследованных полях у подростков 13-17 лет в верхнем ассоциативном этаже премоторной коры, а также в меньшей степени – в ассоциативной зрительной коре, наблюдается тенденция к нарастанию внутрикоркового волокнутого компонента. Это свидетельствует о наличии в мозгу подростков необходимого и достаточного метаболического ресурса для наращивания новых межнейронных контактов, а значит и для повышения эффективности локальных схем обработки информации [6]. При этом в каждом из исследованных полей соотношение «сосуды/нейроны» имеет свою региональную специфику, сохраняющуюся у всех исследованных возрастных групп, несмотря на высокую индивидуальную вариабельность, что, возможно, характерно для всех отделов коры большого мозга [9].

Полученные данные свидетельствуют о том, что у подростков 13-17 лет совершенствование механизмов мозговой деятельности продолжается. С большой вероятностью можно утверждать, что соотношение удельных объемов нейронов, внутрикорковых микрососудов и волокон является информативным показателем для сравнения темпов развития и других функционально и филогенетически отличающихся полей и областей коры большого мозга на этапе восходящего онтогенеза.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автандилов Г.Г. Медицинская морфометрия. – М.: Медицина, 1990. – 384 с.
2. Стефанов С.Б., Кухаренко Н.С. Ускоренные способы количественного сравнения морфологических признаков и систем. – Благовещенск: ВСХИ, 1989. – 65 с.
3. Цехмистренко Т.А. Количественный анализ возрастных преобразований нейронных ансамблей префронтальной коры большого мозга в постнатальном онтогенезе // Естественные и технические науки. – 2015. – № 6 (84). – С. 184-187.
4. Цехмистренко Т.А., Васильева В.А., Шумейко Н.С. Соотношение микроструктурных компонентов в разных областях коры большого мозга у детей и подростков // Новые исследования. – 2015. – № 4 (45). – С. 18-23.
5. Attwell D, Laughlin SB. An energy budget for signaling in the gray matter of the brain // *J Cereb Blood Flow Metabol.* – 2001. – Vol. 21. – P. 1133–1145.
6. Karbowski J. Cortical Composition Hierarchy Driven by Spine Proportion Economical Maximization or Wire Volume Minimization // *PLoS Comput Biol.* – 2015. – Vol. 11, № 10. – e1004532.
7. Kubíková T., Kochová P., Tomášek P., Witter K., Tonar Z. Numerical and length densities of microvessels in the human brain: Correlation with preferential orientation of

microvessels in the cerebral cortex, subcortical grey matter and white matter, pons and cerebellum // *J Chem Neuroanat.* – 2018. – № 88. – P. 22-32.

8. Mills K.L., Tamnes C.K. Methods and considerations for longitudinal structural brain imaging analysis across development // *Dev Cogn Neurosci.* – 2014. – № 9. – P. 172–190.

9. Stubbs D., DeProto J., Nie K., Englund C., Mahmud I. et al. Neurovascular congruence during cerebral cortical development // *Cereb Cortex.* – 2009. – Vol. 19. – P. 32–41.

10. Tamnes Ch.K., Herting M.M., Goddings A.-L., Meuwese R., Blakemore S.-J. et al. Development of the Cerebral Cortex across Adolescence: A Multisample Study of Inter-Related Longitudinal Changes in Cortical Volume, Surface Area, and Thickness. // *Journal of Neuroscience.* – 2017. – Vol. 37, № 12. – P. 3402-3412.

11. Tsekhmistrenko T.A., Vasilyeva V.A., Shumeiko N.S. Structural Rearrangements of the Cerebral Cortex in Children and Adolescents // *Human Physiology.* – 2017. – Vol. 43, No. 2. – P. 123-131.

## REFERENCES

1. Avtandilov G. G. Medical morphometry. – M.: Medicine, 1990. – 384 p.

2. Stefanov S. B., Kukhareno N. S. Accelerated methods of quantitative comparison of morphological features and systems. – Blagoveshchensk: BSHI, 1989. – 65 p.

3. Tsehmistrenko T. A. Quantitative analysis of age-related transformations of neural ensembles of the prefrontal cortex of the brain in postnatal ontogenesis// *Natural and technical Sciences.* – 2015. – № 6 (84). – Pp. 184-187.

4. Tsehmistrenko T. A., Vasilyeva V. A., Shumeyko N. S. The ratio of microstructural components in different areas of the cerebral cortex in children and sub-sprouts // *New studies.* – 2015. – № 4 (45). – P. 18-23.

## СТАТУС ПИТАНИЯ СЕЛЬСКИХ ШКОЛЬНИКОВ КОЛЬСКОГО ЗАПОЛЯРЬЯ В 1995-2018 ГОДАХ

А.И. Козлов<sup>1\*,\*\*</sup>, Г.Г. Вершубская<sup>2\*,\*\*</sup>, Е.Ю. Пермякова<sup>3\*</sup>

<sup>\*</sup>НИИ и Музей антропологии МГУ,  
<sup>\*\*</sup>ФГБНУ «Институт возрастной физиологии РАО», Москва

Мы оценили статус питания обследованных в 1995-97, 2005 и 2016-18 годах детей 7-17 лет Ловозерского района Мурманской области (n=1050). Результаты сравнивали с данными обследований 2009-10 гг школьников сёл Архангельской области (n=820) и г.Архангельска (n=1569). При оценке статуса питания детей по значениям индекса массы тела (ИМТ) использовали рекомендации и критерии Всемирной организацией здравоохранения. Доля детей с.Ловозеро с превышением рекомендованных значений ИМТ возросла с 9,96% (в т.ч. ожирение - ОЖ - 1,42%) в 1995-97 до 34,84% (ОЖ 7,66%) в 2018 году. Мы не выявили различий в распределении оценок статуса питания между саамами, коми-ижемцами и русскими детьми. У сельских школьников Архангельской области рекомендованные значения ИМТ превышены у 18,42% (ОЖ 3,66%), в г. Архангельске у 21,1% (ОЖ 5,99%). Мы установили, что избыточная масса тела у сельских детей Севера европейской части РФ регистрируется с той же частотой, как и в группах городских школьников других регионов страны.

**Ключевые слова:** длина тела, рост, масса тела, индекс массы, ожирение, саамы, коми.

**Nutritional status of rural Kola Arctic schoolchildren in 1995-2018.** We assessed the nutritional status of 7-17 years old children of Lovozero district, Murmansk Oblast in 2005, 1995-97 and 2016-18 (n = 1050) The data on schoolchildren of rural areas of Archangelsk Oblast (n = 820) and Archangelsk city (n = 1569) collected in 2009-10 were shown for comparison. Body mass index (BMI) was used in the assessment in accordance with the recommendations and by criteria of the World Health Organization (WHO). The percentage of children in Lovozero settlement whose BMI exceeded the recommended values increased from 9.96% (include obesity [OB] 1.42%) in 1995-97 to 34.84% (OB 7.66%) in 2018. We did not find any difference in nutritional status distribution between the children of Saami, Komi-Izems and Russian ethnicity. In rural areas of Archangelsk Oblast 18.42% children had BMI above the recommended values (include OB 3.66%), in Archangelsk city it was 21.1% (OB 5.99%). As it appears, overweight and obesity rate among rural children of the North of European part of Russia is as high as in urban areas of other regions of the country.

**Key words:** body height, body mass index, obesity, Sami, Komi.

Физические кондиции здорового человека отражают баланс между потребностями организма в энергии и поступлением питательных веществ. Оценив антро-

---

Контакты: <sup>1</sup> Козлов А.И. – E-mail: <dr.kozlov@gmail.com>

<sup>2</sup> Вершубская Г.Г. – E-mail: <galina.ver@gmail.com>

<sup>3</sup> Пермякова Е.Ю. – E-mail: <ekaterinapermyakova@gmail.com>

пометрические показатели и рассчитанные на их основе индексы, эксперт может судить о статусе питания как индивида, так и группы (популяции) [6, 11, 19]. Превышение нормативных значений массо-ростовых соотношений – первый из группы симптомов, свидетельствующих об ожирении: нарушении метаболизма, в этиопатогенезе которого избыток потребляемой пищи играет ведущую роль [15, 18].

Признаки нарушения питания детей школьного возраста в последние 30 лет быстро распространяются. Согласно оценкам специалистов Всемирной организации здравоохранения, в 1975 году среди детей планеты в возрасте 5-19 лет избыточная масса наблюдалась у 3%, ожирение – у 1 %, но в 2016 соответствующие показатели достигли 12 и 6 % у девочек и 11 и 8 % у мальчиков [27]. Тревогу у специалистов вызывает и тот факт, что превышение рекомендованной массы тела у детей особенно быстро распространяются в регионах, для которых это явление ещё недавно было нехарактерным: в странах Африки и Азии, а также в Заполярье.

Среди групп, которые нуждаются в повышенном внимании со стороны врачей и исследователей – антропологически неоднородное население высокоширотных регионов. Коренные (аборигенные), старожильческие и мигрантные популяции различаются по потребностям в веществе и энергии, особенностям метаболизма, способности усваивать те или иные нутриенты [9]. Но изменения условий жизни и питания на современном Крайнем Севере приводят к быстрому распространению метаболических нарушений во всех группах северян – как среди взрослых, так и у детей.

Если при обследованиях конца 1980-х годов среди живущих в поселках практически здоровых представителей коренного населения Севера Западной Сибири избыток массы тела мы обнаружили у 7-8 % мужчин и 10-20 % женщин различных этнических групп [7], то в начале двухтысячных годов у коренного населения Эвенкии превышение массо-ростовых нормативов было обнаружено у 43 % женщин и 25 % мужчин [4]. Ожирение зафиксировано у 23 % женщин ханты и ненцы ЯНАО [5], 42 % ненцы НАО [24]. Эти показатели сближаются с общероссийскими: в 2008 году 56,2 % мужчин и 62,8 % женщин РФ в возрасте 20 лет и старше имели избыточную массу; ожирение диагностировалось соответственно у 18,6 % и 32,9 % [26].

Обратим внимание на то, что если во внеарктических группах населения Северной Европы и Америки наметилась тенденция к стабилизации и даже сокращению доли людей с «лишним весом», то в высоких широтах «эпидемия ожирения» разгорается. Это хорошо видно на материалах зарубежной Арктики. В 1919-53 гг. превышение нормальной массы тела регистрировалось у 11% у поступающих в школы северных индейцев и эскимосов Канады - втрое реже, чем у детей евроканадцев внеарктических регионов (32 %) [20]. К началу XXI века ситуация изменилась. В 2005 г превышение нормальной массы тела зафиксированы у 10 % детей инуитов (эскимосов) предшкольного возраста в Гренландии, тогда как среди их сверстников-гренландцев европейского происхождения оно составило всего 5 % [22]. В 2010 г эти показатели возросли до 15,8 и 6,8 % соответственно [25]. Эти наблюдения свидетельствуют о том, что метаболические нарушения охватывают всё более молодые группы северян.

Россия входит в первую десятку стран с наиболее быстрым распространением детского ожирения: ежегодно доля российских детей с превышением рекомендованных массо-ростовых соотношений увеличивается примерно на 1 % [14]. Это вызывает тревогу специалистов и стимулирует развёртывание проектов, направленных на мониторинг ситуации и уточнение эпидемиологии данных отклонений [15; 17]. Однако этими исследованиями охвачены преимущественно крупные городские центры. Данных о ситуации в детских группах российского Севера недостаточно, а информация о статусе питания сельских детей Заполярья чрезвычайно скудна.

Цель настоящей публикации – анализ данных об изменениях статуса питания детей школьного возраста Ловозерского района Мурманской области с 1995 по 2018 годы.

## **ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Обследования школьников 7-17 лет с. Ловозеро Мурманской области проводились в апреле 1995-97, 2005 и 2018 годов (n=136). Программа обследований включала измерения массы и длины тела, обхвата грудной клетки, толщины кожно-жировых складок. В настоящей публикации анализируются только массо-ростовые характеристики. Во всех случаях измерения проводились одним антропометристом (А.К.). С разрешения администрации Ловозерской средней общеобразовательной школы проведён анализ медицинских карт учащихся за 2016 год (n=222), данные которых оценивались так же, как собственные антропометрические материалы.

Отклонения в статусе питания выявлялись по критериям Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ). Для выявления индивидов с недостаточным или избыточным питанием и ожирением использовались референтные величины массо-ростового индекса Кетле (далее ИМТ: масса тела в кг, отнесённая к квадрату длины тела в метрах) для детей 5-19 лет [23].

Распределение оценок статуса питания в выборках 2016 и 2018 гг. значительно различается (p=0,5145). Учитывая это, при погодных сравнениях далее использовались значения большей по объёму выборки 2016 года.

Полученные данные сравнивались с результатами обследований сельских школьников Архангельской области (n=820) и учащихся школ г. Архангельска (n=1569). Исследования проведены в 2009-10 гг. коллективом сотрудников лаборатории аукологии НИИ и Музея антропологии МГУ, включая одного из авторов настоящей статьи (Е.П.).

При парном сравнении групп применялся критерий  $\chi^2$  Пирсона. Достоверными считались различия с уровнем значимости меньше 5 % (p<0,05).

Дизайн исследования одобрен Комитетом по этике ИВФ РАО. Включение школьников в обследование проводилось на основании информированного согласия родителей.



## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Население с. Ловозеро представлено тремя основными этническими группами (кольскими саамами, коми-ижемцами, русскими), имеющими различное происхождение и историю [8; 10]. Национальный состав включенных в выборки школьников с. Ловозеро по годам обследования представлен в табл. 1.

Таблица 1

*Национальный состав школьников с. Ловозеро по годам обследования*

Национальность	Объём выборки по годам обследования		
	1995-97	2005	2016
Саамы	147	95	60
Коми	92	102	57
Русские	88	123	81
Другие	24	21	24
Всего	351	341	222

Учитывая антропологическую специфику указанных этнических групп, был проведён анализ распределения оценок статуса питания школьников с. Ловозеро по этническим группам. Установлено, что ни в одной из подвыборок по годам обследования межэтнические различия не достигают пятипроцентного уровня значимости (критерий  $\chi^2$  Пирсона). Соответственно, при дальнейшем исследовании разделения детей по этническим группам не проводилось.

Распределение оценок статуса питания школьников по результатам антропометрических обследований 1995-97, 2005 и 2018 гг., а также по данным медицинских карт 2016 года, приведено в табл.2.

Таблица 2

*Распределение сельских школьников Кольского Заполярья и Архангельской области по статусу питания (в процентах, по значениям ИМТ) по годам обследования*

Населенные пункты	N	Статус питания (по значениям ИМТ)			
		Недостаток	Без откл.	Избыток	Ожирение
с. Ловозеро, 1995-97	351	1,99	<b>89,46</b>	7,12	1,42
с. Ловозеро, 2005	341	4,99	<b>84,16</b>	8,80	2,05
с. Ловозеро, 2016*	222	2,70	<b>73,42</b>	16,22	7,66
с. Ловозеро, 2018	136	0,74	<b>72,06</b>	16,18	11,03
Архангельск. обл., 2010	80	1,34	<b>80,24</b>	14,76	3,66
г. Архангельск, 2009-10	1569	1,66	<b>77,25</b>	15,11	5,99

\* - по данным медицинских карт

Значимость различий по годам обследования в долях детей 7-17 лет с.Ловозеро с отклонениями ИМТ от нормативных значений как в сторону отставания (свидетельствующими о недостаточном питании), так и в сторону превышения (т.е. суммарно избыточной массой и ожирением) представлена в табл.3. Полученные результаты подтверждают, что доля школьников, не имеющих отклонений в статусе питания по критериям ВОЗ, значимо сокращается, тогда как процент детей с с превышением нормативных значений ИМТ нарастает.

Таблица 3

*Достоверность различий доли школьников с.Ловозеро с отклонениями ИМТ от нормативных значений по годам обследования (критерий  $\chi^2$  Пирсона)*

Год обследования	1995-97	2005	2016
2005	0,0506	--	--
2016	0,00000	0,00013	--
2018	0,00000	0,00000	0,5145

Частота высоких значений ИМТ (свидетельствующих об избыточной массе и ожирении) у ловозёрских детей выборки 2016 года значимо не отличается от соответствующего показателя школьников Архангельской обл. ( $p=0,06899$  при сравнении с сельскими,  $p=0,34525$  – с городскими детьми).

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

По состоянию на 2006 год, среди российских учащихся 12–17 лет избыточную массу тела имели 11,8 %, из них ожирением страдали 2,3-4,8 % [3; 12]. К 2010-12 гг распространенность ожирения у детей 5-17 лет достигла 6,8% у мальчиков и 5,3 % у девочек [16]. Согласно данным мультицентрового исследования, охватившего 5182 ребёнка 5, 10 и 15 лет пяти крупных городов РФ, 19,9 % обследованных характеризуется избыточной массой тела, и 5,6 % - ожирением [17]. Таким образом, примерно 25,5 % российских детей-горожан во втором десятилетии XXI в. характеризуются превышением массо-ростовых показателей.

Результаты наших исследований в группах сельских школьников Мурманской и Архангельской областей близки к этим показателям.

За двадцатилетний период наблюдений (1995-2018 гг.) доля сельских детей Кольского Заполярья, не имеющих отклонений в статусе питания, снизилась с 89,46 до 72,06 % (Табл. 1). Свидетельствующее об излишнем весе и ожирении превышение нормативных значений ИМТ в 2016-18 годах зарегистрировано у 24-27 % школьников (2016 - 23,88 %, 2018-27,18 %), против 10,85 % в 2005 и 8,54 % в 1995-97 годах. Эти показатели близки к полученным в другом северном регионе России – Архангельской области.

Наши данные свидетельствуют, что, по крайней мере, в высокоширотных регионах Европейской России, избыточная масса и ожирение распространяются среди сельских школьников темпами, близкими к зафиксированным у жителей крупных городов умеренной климатической зоны страны [17].

Важным мы считаем установление того факта, что частота превышений нормативов ИМТ у детей коренного населения Севера, кольских саамов и коми-ижемцев, распространяется столь же интенсивно, как и у сверстников из внеарктических регионов. Для коренных северян, представителей «арктического адаптивного типа», в норме характерно малое содержание жировой ткани [1]. Поэтому даже умеренное, согласно нормативам ВОЗ, нарастание жирового компонента состава тела у северян следует расценивать как ранний симптом метаболических нарушений. Однако в наши дни ожирение в аборигенных общинах распространяется так же быстро, как и в других группах населения; основными причинами являются изменения образа жизни и (в частности) питания [2; 9; 21].

Учитывая, что набор избыточной массы тела в детском возрасте специалисты считают одним из наиболее неблагоприятных прогностических признаков [13], нарастание доли сельских школьников Севера с симптомами ожирения вызывает особенную тревогу.

## ВЫВОДЫ

За последние 20 лет у сельских школьников Мурманской области быстро нарастает доля детей с превышением нормативных значений индекса массы тела (ИМТ). В 2018 году избыточная масса зарегистрирована у 27,18% школьников (в том числе ожирение у 7,66%) против 8,54% (ожирение 1,42%) в 1995-97 годах.

Дети коренного населения Севера (саамы, коми-ижемцы) по распределению оценок статуса питания не отличаются от сельского русского населения Кольского Заполярья.

Частота соматических проявлений избыточного питания сельских детей Кольского Заполярья близка к выявленному в другом северном регионе России. Среди сельских школьников Архангельской области нормативные значения ИМТ превышены у 14,76 %, ещё 3,66 % обследованных страдают ожирением. Соответствующие показатели для детей 7-17 лет г. Архангельска – 14,76 и 3,66%.

Согласно полученным результатам, симптомы избыточного питания у сельских детей Крайнего и Ближнего Севера европейской части РФ распространены столь же широко, как и у городских школьников других регионов страны.

*Частично поддержано грантами РФФИ № 18-09-00487 (А.К., Г.В.) и № 17-06-00721А (Е.П.).*

**Благодарности:** Авторы выражают благодарность коллективу лаборатории ауксологии НИИ и Музея антропологии МГУ имени М.В. Ломоносова, участвовавшему в обследовании детей и подростков Архангельского региона.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеева Т.И. Адаптивные процессы в популяциях человека. – М.: Изд-во МГУ, 1986. – 216 с.
2. Бабенко Л.Г., Бойко Е.Р. Этно-социальные особенности заболеваемости ожирением и сахарным диабетом населения Европейского Севера // Известия Коми НЦ УРО РАН. – 2010. – № 2. – С. 32-39.

3. Дедов И.И., Мельниченко Г.А., Бутрова С.А. и др. Ожирение у подростков в России // Ожирение и метаболизм. – 2006. – Т. 3. № 4. – С. 30-34.
4. Догадин С.А., Ноздрачев К.Г. Ожирение и сахарный диабет у мужчин и женщин коренного населения Эвенкии. В сб.: Л.Е. Панин (ред). 13й Международный конгресс по приполярной медицине. Новосибирск, ООО «РИЦ». – 2006. – С. 69-70.
5. Еганян Р.А., Карамнова Н.С., Гамбарян М.Г. Особенности питания жителей Крайнего Севера России // Проф. заб. и укрепл. Здоровья. – 2005. – № 4. – С. 33-37; № 5. – С. 34-41.
6. Козлов А.И. Экология человека: Питание. – 2-е изд. – М., ЮРАЙТ, 2016. – 187 с.
7. Козлов А.И., Вершубская Г.Г. Медицинская антропология коренного населения Севера России. – М., Изд-во МНЭПУ, 1999. – 288 с.
8. Козлов А.И., Вершубская Г.Г., Лисицын Д.В., Санина Е.Д., Атеева Ю.А. Пермские и волжские финны: медицинская антропология в экологической перспективе. – Пермь: ПГПУ, ИЛ «АрктАн-С», 2009. – 160 с.
9. Козлов А.И., Козлова М.А., Вершубская Г.Г., Шилов А.Б. Здоровье коренного населения Севера РФ: на грани веков и культур. – Пермь: РИО ПГГПУ, 2012. – 159 с.
10. Козлов А.И., Лисицын Д.В., Козлова М.А., Богоявленский Д.Д., Боринская С.А., Варшавер Е.А., Вершубская Г.Г., Кальина Н.Р., Лапицкая Е.М., Санина Е.Д. Кольские саамы в меняющемся мире. – М.: Институт Наследия, 2008. – 96 с.
11. Мартинчик А.Н., Маев И.В., Петухов А.Б. Питание человека (основы нутрициологии). – М.: ГОУ ВУНМЦ МЗ РФ, 2002. – 576 с.
12. Мельниченко Г.А., Бутрова С.А., Савельева Л.В., Чеботникова Т.В. Распространенность избыточного веса и ожирения в популяции московских подростков // Ожирение и метаболизм. – 2006. – Т. 3. № 2. – С. 25-31.
13. Мельниченко Г.А., Романцева Т.И. Ожирение: эпидемиология, классификация, патогенез, клиническая симптоматика и диагностика. – М.: МИА, 2004. – 456 с.
14. Нетребенко О.К., Украинцев С.Е., Мельникова И.Ю. Ожирение у детей: новые концепции и направления профилактики. Обзор литературы // Вопросы современной педиатрии. – 2017. – Т.16. № 5. – С. 399-405.
15. Разина А.О., Руненко С.Д., Ачкасов Е.Е. Проблема ожирения: современные тенденции в России и в мире // Вестник РАМН. – 2016. – Т.71. № 2. – С. 154-159.
16. Соболева Н.П. Биоимпедансный скрининг населения России в центрах здоровья: распространенность избыточной массы тела и ожирения // Российский медицинский журнал. – 2014. – №4. – С. 4-13.
17. Тутельян В.А., Батулин А.К., Конь И.Я. и др. Распространенность ожирения и избыточной массы тела среди детского населения РФ: мультицентровое исследование // Педиатрия. Журнал им. Г.Н.Сперанского. – 2014. – Т. 93. № 5. – С. 28-31.
18. Федеральные клинические рекомендации (протоколы) по ведению детей с эндокринными заболеваниями. И.И. Дедов, В.А. Петеркова (ред.). – М.: Практика, 2014. – 442 с.

19. Frisancho A.R. Anthropometric standards for the assessment of growth and nutritional status. – Ann Arbor: The University of Michigan Press, 1990. – P. 189.
20. Hackett F.J.P., Abonyi S., Dyck R.F. Anthropometric indices of First Nations children and youth on first entry to Manitoba/Saskatchewan residential schools - 1919 to 1953 // *Int J Circumpolar Health*. – 2016. – V. 75. № 1. – Article 30734. doi: 10.3402/ijch.v75.30734.
21. Kozlov A., Vershubsky G., Kozlova M. Indigenous peoples of Northern Russia: Anthropology and health // *Circumpolar Health Supplements*. – 2007. № 1. – P. 1–184.
22. Madsen S.S., Wetterstrand V.J.R., Pedersen M.L. Dental caries and weight among children in Nuuk, Greenland, at school entry // *International Journal of Circumpolar Health*. – 2017. – V.76. № 1. – Article 1311535. doi: 10.1080/22423982.2017.1311535.
23. Onis M. de, Onyango A., Borghi E., et al. Worldwide implementation of the WHO Child Growth Standards // *Public Health Nutr*. – 2012. – V. 15. № 9. P. 1603–1610. doi: 10.1017/S136898001200105x.
24. Petrenya N., Brustad M., Dobrodeeva L., et al. Obesity and obesity-associated cardiometabolic risk factors in indigenous Nenets women from the rural Nenets Autonomous Area and Russian women from Arkhangelsk city // *Int J Circumpolar Health*. – 2014. – V. 73. – Article 23859. doi: 10.3402/ijch.v73.23859.
25. Rex K.F., Larsen N.H., Rex H., Niclasen B., Pedersen M.L. A national study on weight classes among children in Greenland at school entry // *Int J Circumpolar Health*. – 2014. – V. 73. – Article 25537. doi: 10.3402/ijch.v73.25537.
26. WHO Global Health Observatory Data Repository [online database]. Geneva, World Health Organization, 2013. URL: <http://apps.who.int/gho/data/view.main> (accessed 21 May 2013)
27. WHO Obesity and overweight. 2017. URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/> (accessed 18 May 2018).

## REFERENCES

1. Alekseeva T.I. Adaptivnye processy v populyaciyah cheloveka. – M.: Izd-vo MGU, 1986. – 216 p.
2. Babenko L.G., Bojko E.R. Ehtno-socialnye osobennosti zaboлеваemosti ozhireniem i saharnym diabetom naseleniya Evropejskogo Severa // *Izvestiya Komi NC URO RAN*. – 2010. – № 2. – P. 32–39.
3. Dedov I.I., Melnichenko G.A., Butrova S.A. i dr. Ozhirenie u podrostkov v Rossii // *Ozhirenie i metabolism*. – 2006. – V. 3(4). – P. 30–34.
4. Dogadin S.A., Nozdrachev K.G. Ozhirenie i saharnyj diabet u muzhchin i zhenshchin korennoho naseleniya Ehvenkii // *V sb. Pod red. L.E. Panina. 13j Mezhdunarodnyj kongress po pripolyarnoj medicine*. – Novosibirsk, OOO RIC, 2006. – P.69–70.
5. Eganyan R.A., Karamnova N.S., Gambaryan M.G. Osobennosti pitaniya zhitelej Krajnego Severa Rossii // *Prof zab i ukrepl Zdorovya*. – 2005. – № 4. – P. 33–37; № 5. – P. 34–41.
6. Kozlov A.I. Ehkologiya cheloveka. Pitanie. – M.: Yurait, 2016. 2-e izd. – 187 p.

7. Kozlov A.I., Vershubskaya G.G. Medicinskaya antropologiya korennoogo nasele-niya Severa Rossii. – M.: Izd-vo MNEHPU, 1999. – 288 p.
8. Kozlov A., Vershubsky G., Kozlova M. Indigenous peoples of Northern Russia: Anthropology and health // *Circumpolar Health Supplements*. – 2007. № 1. – P. 1–184.
9. Kozlov A.I., Kozlova M.A., Vershubskaya G.G., Shilov A.B. Zdorove koren-nogo naseleniya Severa RF na grani vekov i kultur. – Per'm: RIO PGGPU, 2012. – 159 p.
10. Kozlov A.I., Lisicyn D.V., Kozlova M.A., Bogoyavlenskij D.D., Borinskaya S.A., Varshaver E.A., Vershubskaya G.G., Kalina N.R., Lapickaya E.M., Sanina E.D. Kolskie saamy v menyayushchemsya mire. – M.: Institut Naslediya, 2008. – 96 p.
11. Martinchik A.N., Maev I.V., Petuhov A.B. Pitanie cheloveka osnovy nutri-ciologii. – M.: GOU VUNMC MZ RF, 2002. – 576 p.
12. Melnichenko G.A., Butrova S.A., Saveleva L.V., Chebotnikova T.V. Rasprostranennost izbytochnogo vesa i ozhireniya v populyacii moskovskih podrostkov // *Ozhirenie i metabolism*. – 2006. – V. 3 (2). – P. 25–31.
13. Mel'nichenko G.A., Romanceva T.I. Ozhirenie ehpidemiologiya klassifikaciya patogenez klinicheskaya simptomatika i diagnostika. – M.: MIA, 2004. – 456 p.
14. Netrobenko O.K., Ukrainev S.E., Melnikova I.Yu. Ozhirenie u detej novye koncepcii i napravleniya profilaktiki. Obzor literatury // *Voprosy sovremennoj pediatrii*. – 2017. – V.16(5). – P. 399–405.
15. Razina A.O., Runenko S.D., Achkasov E.E. Problema ozhireniya sovremennye tendencii v Rossii i v mire // *Vestnik RAMN*. – 2016. – V.71(2). – P. 154–159.
16. Soboleva N.P. Bioimpedansnyj skринing naseleniya Rossii v centrah zdorovya rasprostranennost izbytochnoj massy tela i ozhireniya // *Rossijskij medicinskij zhurnal*. – 2014. – № 4. – P. 4–13.
17. Tutelyan V.A., Baturin A.K., Kon I.Ya i dr. Rasprostranennost ozhireniya i iz-bytochnoj massy tela sredi detskogo naseleniya RF. Multicentrovoe issledovanie // *Pediatriya. Zhurnal im. G.N. Speranskogo*. – 2014. – V.93(5). P. 28–31.
18. Federalnye klinicheskie rekomendacii protokoly po vedeniyu detej s ehndokrinnyimi zabolevaniyami pod red. I.I. Dedov, V.A. Peterkova. – M.: Praktika, 2014. – 442 p.
19. Frisancho A.R. Anthropometric standards for the assessment of growth and nu-tritional status. – Ann Arbor: The University of Michigan Press, 1990. – P. 189.
20. Hackett F.J.P., Abonyi S., Dyck R.F. Anthropometric indices of First Nations children and youth on first entry to Manitoba/Saskatchewan residential schools - 1919 to 1953 // *Int J Circumpolar Health*. – 2016. – V. 75. № 1. – Article 30734. doi: 10.3402/ijch.v75.30734.
21. Kozlov A.I., Vershubskaya G.G., Lisicyn D.V., Sanina E.D., Ateeva Yu.A. Permskie i volzhskie finny medicinskaya antropologiya v ehkologicheskoy perspective. – Per'm: PGPU IL “ArktAn-S”, 2009. – 160 p.
22. Madsen S.S., Wetterstrand V.J.R., Pedersen M.L. Dental caries and weight among children in Nuuk, Greenland, at school entry // *International Journal of Circumpolar Health*. – 2017. – V.76. № 1. – Article 1311535. doi: 10.1080/22423982.2017.1311535.

23. Onis M. de, Onyango A., Borghi E., et al. Worldwide implementation of the WHO Child Growth Standards // *Public Health Nutr.* – 2012. – V. 15. № 9. P. 1603-1610. doi: 10.1017/S136898001200105x.

24. Petrenya N., Brustad M., Dobrodeeva L., et al. Obesity and obesity-associated cardiometabolic risk factors in indigenous Nenets women from the rural Nenets Autonomous Area and Russian women from Arkhangelsk city // *Int J Circumpolar Health.* – 2014. – V. 73. – Article 23859. doi: 10.3402/ijch.v73.23859.

25. Rex K.F., Larsen N.H., Rex H., Niclasen B., Pedersen M.L. A national study on weight classes among children in Greenland at school entry // *Int J Circumpolar Health.* – 2014. – V. 73. – Article 25537. doi: 10.3402/ijch.v73.25537.

26. WHO Global Health Observatory Data Repository [online database]. Geneva, World Health Organization, 2013. URL: <http://apps.who.int/gho/data/view.main> (accessed 21 May 2013)

27. WHO Obesity and overweight. 2017. URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/> (accessed 18 May 2018).

# ВОЗРАСТНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

## ВОЗРАСТНОЕ РАЗВИТИЕ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ, АВТОНОМНОЙ НЕРВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА И ЭНДОКРИННОЙ СИСТЕМЫ У ШКОЛЬНИКОВ 10-15 ЛЕТ

*А.Н. Шаранов, Н.Б. Сельверова, С.Б. Догадкина<sup>1</sup>, Г.В. Кмить, Л.В. Рублева, В.Н. Безобразова, И.В. Ермакова*  
ФГБНУ «Институт возрастной физиологии РАО», Москва

*Методами спектрального и временного анализа вариабельности сердечного ритма, электрокардиографии, поликардиографии, биполярной реоэнцефалографии и иммуноферментного анализа обследовано 200 школьников 10-15 лет.*

*Показано, что у детей 10-15 лет появляются достоверные половые различия в значениях частотных и временных показателей вариабельности сердечного ритма. У девочек отмечена более высокая активность вегетативной регуляции сердечного ритма, в том числе парасимпатического и симпатического звеньев ВНС в сравнении с мальчиками, что свидетельствует об их лучших адаптационных возможностях в данном возрасте.*

*Изучение биоэлектрических функций миокарда и фазовой структуры сердечного цикла показало, что наиболее существенные изменения проводимости возбуждимости и сократимости миокарда отмечаются в 12-13-летнем возрасте и у 15-летних подростков. Указанные изменения обусловлены различиями в воздействии на миокард со стороны автономной нервной системы, гетерохронностью развития отделов сердца, изменениями гормонального статуса и рядом других факторов.*

*Изучение кровообращения головного мозга у школьников 10-15 лет позволило выявить возрастные изменения мозгового кровообращения: повышение тонического напряжения крупных церебральных артерий у учащихся с 13 лет, а также снижение пульсового кровенаполнения и тонуса мелких мозговых артерий в возрасте от 14 к 15 годам.*

*В ходе развития школьников от 10 до 15 лет происходит повышение концентрации ДГЭА как у мальчиков, так и у девочек, но достоверно значимые половые различия выявляются к 13-14 годам. У 10-летних школьников установлена самая высокая концентрация кортизола. У девочек уровень кортизола практически не изменяется в период от 11 до 15 лет, у мальчиков же отмечается повышение гормона в 14 лет с последующим снижением к 15 годам.*

**Ключевые слова:** *подростки, адаптация, автономная нервная система, вариабельность сердечного ритма, миокард, биоэлектрические функции миокарда, сократительная функция миокарда, мозговое кровообращение, дегидроэпиандростерон, кортизол.*

---

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



**Age development of cardiovascular system, autonomic nervous regulation of heart rhythm and endocrine system in 10-15-year-old schoolchildren.** The paper presents the study of 200 schoolchildren at the age of 10 - 15 years old using the following methods: method of spectral and temporal analysis of heart rate variability, electrocardiography, polycardiography, bipolar rheoencephalography and immunoenzymatic analysis.

It is shown that in 10-15-year-old children there appear reliable sex differences in frequency and temporal indices of heart rate variability. Girls demonstrate a higher activity of heart rhythm autonomic regulation, including the parasympathetic and sympathetic divisions of the ANS, compared with boys, which indicates their better adaptive abilities at this age.

The study of the bioelectric functions of the myocardium and the phase structure of the cardiac cycle showed that the most significant changes in the conductivity of excitability and contractility of the myocardium are observed in 12-13-year-old and 15-year-old adolescents. These changes are caused by different effects of the autonomic nervous system on the myocardium: by the heterochrony of the heart development, by the hormonal changes, and by a number of other factors.

The study of cerebral circulation in schoolchildren at the age of 10-15 years old allowed to reveal the age-related changes in cerebral circulation: an increase in the tonic tension of large cerebral arteries in pupils from the age of 13, as well as a decrease in pulse blood filling and tone of small cerebral arteries at the age of 14-15 y.o..

During the development of schoolchildren from 10 to 15 years, there is an increase in the concentration of DHEA in both boys and girls, but significantly significant sex differences are revealed by the age of 13-14 y.o.. 10-year-old schoolchildren have the highest concentration of cortisol. In girls, the level of cortisol does not practically change during the period from 11 to 15 years old; boys also have a hormone increase at the age of 14, followed by a decrease by the age of 15.

**Key words:** adolescents, adaptation, autonomic nervous system, heart rate variability, myocardium, myocardium bioelectric functions, myocardium contractile function, cerebral circulation, dehydroepiandrosterone, cortisol.

Период развития школьников от 10 до 15 лет сопровождается значительными изменениями в деятельности всех физиологических систем, включая сердечно-сосудистую, эндокринную и центральную нервную системы.

В процессе роста происходит совершенствование нервных регуляторных механизмов деятельности сердца, нарастает тонус парасимпатической нервной системы. Указанные изменения обусловлены тем, что у учащихся продолжается дифференцировка отделов АНС, формируются сегментарные вегетативные центры и высшие отделы АНС, завершается миелинизация проводников и плотность вегетативных сплетений.

Деятельность сердца и сосудов в подростковом периоде имеет свои особенности, в значительной мере связанные с изменением гормонального статуса и автономной нервной системы. Именно в этом периоде происходят бурные процессы роста и созревания в организме подростков, которые могут сопровождаться несбалансированностью формирования различных отделов сердечно-сосудистой системы, в результате чего могут возникнуть предпосылки к формированию как

функциональных, так и органических нарушений. С 10 до 16 лет размеры сердца удваиваются. Объем камер сердца увеличивается быстрее, чем толщина стенок и диаметр сосудов. Увеличение ударного объема сердца при относительной узости кровеносных сосудов может обуславливать развитие гипертрофии миокарда и так называемого «юношеского» сердца. В условиях повышения активности гипоталамо-гипофизарной системы и, соответственно, уровня катехоламинов и других биологически активных веществ сердечно-сосудистая система подростка функционирует неэкономно, что может способствовать развитию транзитной юношеской гипертрофии левых отделов сердца. Таким образом, пубертатный возраст является тем пограничным периодом, когда сердце завершает свое развитие, приближаясь к сердцу взрослого человека.

Биологические изменения, происходящие в организме школьников на этом этапе, регулируются различными гормонами эндокринной системы, обеспечивающими физическое развитие и половое созревание. Гормоны надпочечников играют важную роль в физиологии человека.

## **ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Проведено комплексное обследование 200 детей 10-15 лет - учащихся общеобразовательных школ г. Москвы. Все обследованные дети, согласно данным медицинских карт, относились к I-II группам здоровья и имели физическое развитие, соответствующее возрастным нормам. Исследование проводили в 3 учебной четверти в первой половине дня.

Функциональное состояние автономной (вегетативной) нервной системы (ВНС) оценивали с помощью методов временного и спектрального анализа вариабельности сердечного ритма. Для оценки симпато-парасимпатического баланса использовали отношение мощностей низкочастотного и высокочастотного диапазонов спектра (коэффициент LF/HF) [15].

Возбудимость и проводимость миокарда изучались с помощью метода электрокардиографии. Амплитуда и длительность зубцов ЭКГ определялись в 12 общепринятых отведениях, длительность интервалов ЭКГ определялась по данным II стандартного отведения. Для изучения сократительной функции миокарда был применен метод поликардиографии. Запись поликардиограммы осуществлялась в положении исследуемого лежа, при задержке дыхания, после предварительного отдыха в течение 10 минут. Анализ поликардиограммы базировался на сопоставлении элементов записанных кривых во времени по методике В.Л. Карпмана (1965). Изучение мозгового кровообращения проводилось в положении испытуемого лежа. Использовался метод биполярной реоэнцефалографии [29]. Регистрация реоэнцефалограмм проводилась при помощи компьютерного реографа "Реоспектр" в бифронтальном (F-F) отведении, что позволяло получать информацию о кровообращении лобных областей больших полушарий головного мозга.

Для оценки андрогенной и глюкокортикоидной функции коры надпочечников у детей собирали нестимулированную слюну в пластиковые одноразовые пробирки перед началом школьных занятий (8.00-8.20). Пробы слюны до проведения анализа хранили в морозильной камере при температуре  $-20^{\circ}\text{C}$ . Уровень ДГЭА и кортизола в слюне определяли иммуноферментным методом (ИФА), используя

стандартные диагностические наборы фирмы DRG. Оптическую плотность и значения концентрации гормона определяли с помощью ИФА-анализатора «Stat Fax 2100». Концентрацию ДГЭА выражали в пг/мл, кортизола – в нг/мл.

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

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты оценки вариабельности сердечного ритма у детей 10-15 лет представлены в таблице 1 и 2 соответственно. Выявлен ряд возрастных и половых различий в значениях исследованных показателей.

Таблица 1

*Показатели спектрального анализа вариабельности сердечного ритма у учащихся 10 - 15 лет в покое ( $M \pm m$ )*

Воз- раст	Пол	TP, мс <sup>2</sup>	VLF, мс <sup>2</sup>	LF, мс <sup>2</sup>	HF, мс <sup>2</sup>	LF n.u.	HF n.u.	LF/HF n.u.	% VLF	% LF	% HF
10 лет	М	4068,6 ±748,8	1101,0 ±288,4	1224,4 ±328,6	1743,0 ±601,1	45,3 ±4,6	54,6 ±4,6	1,021 ±0,195	29,6 ±4,4	30,9 ±3,2	40,0 ±4,8
	Д	5911,0* ±873,1	1266,7 ±382,3	1494,3 ±205,7	3149,8* ±577,8	36,6 ±3,9	63,4 ±3,9	0,652 ±0,103	21,1 ±2,9	27,8 ±2,6	51,0 ±4,8
11 лет	М	3589 ±675,1	950,5 ±115,2	885,0 ±169,9	1408,5 ±429,9	39,05 ±3,1	60,95 ±3,1	0,645 ±0,13	22,1 ±2,67	26,1 ±2,1	48,6 ±3,2
	Д	5531,0* ±1059	936,0 ±279,1	1541,0* ±187,1	2142,0 ±886,0	31,1 ±4,05	68,9 ±4,1	0,452 ±0,14	23,9 ±3,7	24,4 ±2,6	47,1 ±4,8
12 лет	М	5050 <sup>&amp;</sup> ±619,1	1475 ±366,6	1137,6 ±276	2437,2 <sup>&amp;</sup> ±416,0	38,5 ±3,1	61,5 ±3,1	0,830 ±0,13	33,5 <sup>&amp;</sup> ±2,67	24,7 ±2,1	41,7 ±3,2
	Д	4858 ±1059	2128,1* & ±279,1	1105,7 ±187,1	1624,5* & ±360,9	41,5 ±3,8	58,5 ±4,1	0,804 <sup>&amp;</sup> ±0,13	37,6 <sup>&amp;</sup> ±3,7	24,5 ±2,6	37,9 ±4,8
13 лет	М	2644,0 <sup>&amp;</sup> ±523,3	1370,0 ±283,1	870,0 ±170,1	1055,0 <sup>&amp;</sup> ±268,0	45,4 ±3,6	54,6 ±3,6	0,833 ±0,2	18,2 ±5,0	27,4 ±3,3	40,6 ±3,5
	Д	4100,51* ±493,3	1119,5 <sup>&amp;</sup> ±157,6	881,0 ±177,3	1724,0 ±287,2	38,6* ±3,5	61,4 ±3,5	0,628 ±0,1	27,0* ±1,8	27,3 ±2,7	43,2 ±2,7
14	М	3696,8 ±488,4	1535,2 ±223,3	846,4 ±189,6	1315,0 ±169,4	39,2 ±3,0	60,7 ±3,1	0,71 ±0,20	38,3 <sup>&amp;</sup> ±3,3	24,6± 2,4	37,0± 1,8
	Д	7144,4 <sup>&amp;</sup> * ±483,4	1095,7 ±279,0	2196 <sup>&amp;</sup> * ±197,4	3852,5 <sup>&amp;</sup> * ±260,7	37,8 ±3,5	62,2 ±2,9	0,730 ±0,33	16,3 <sup>&amp;</sup> * ±2,8	31* ±2,0	52,6* ±2,7
15	М	5437,6 ±523,3	1654,7 ±283,1	1932,1 ±170,1	1850,5 ±170,1	51,33 ±2,0	48,67 ±3,6	1,1 ±0,6	35,4 ±2,2	33,2 ±3,3	31,3 ±3,5
	Д	8552* ±493,3	1436,5 ±157,6	1657,5 ±177,3	5458,2* ±287,2	33,9* ±3,5	66,1 ±3,5	0,6122 * ±0,1	19,7* ±1,8	26,4 ±2,7	53,8* ±2,7

*Примечание: М – мальчики, Д - девочки; \* - достоверность различий между показателями у мальчиков и девочек; & - достоверность различий между показателями у детей 11, 12 и 13 лет.*

Таблица 2

Показатели временного анализа variability сердечного ритма у учащихся  
14-15 лет в покое ( $M \pm m$ )

Возраст ((лет)	группы	R-Rmin	R-Rmax	RRNN	SDNN	RMSSD	pNN50	CV
	М	542,0 ±15,7	861,5 ±34,3	673,6 ±22,7	54,4 ±6,3	54,8 ±6,8	26,6 ±4,3	7,8 ±0,6
	Д	557,5 ±19,0	977,2 ±49,3	719,6 ±30,5	69,4* ±6,3	74,2* ±8,5	39,3* ±5,3	9,4* ±0,5
11	М	588,0 ±12,1	903,0 ±30,2	727,0 ±18,2	52,5 ±4,9	50,5 ±6,75	29,8 ±4,0	7,6 ±0,5
	Д	590 ±18,4	984 ±36,7	767 ±26,7	66 ±7,08	62 ±11,0	31 ±5,8	9,3* ±0,7
12	М	560,4 ±15,8	916,7 ±31,6	707,4 ±27,3	62,2 ±4,1	69,8 <sup>к</sup> ±12,5	30,2 ±2,5	8,4 ±0,8
	Д	537,5 ±27,0	870,7 ±38,8	714,0 ±32,3	59,5 ±6,1	53,7 ±6,8	29,2 ±4,6	8,3 ±0,7
13	М	590,0 ±27,8	930,0 ±27,8	768,0 ±36,7	55,0 ±11,2	58,0 ±6,3	34,5 ±4,8	7,4 ±1,1
	Д	589,0 ±26,7	957,0 ±38,3	738,0 ±31,8	61,5 ±4,2	65,0 ±6,5	32,3 ±4,4	8,1 ±0,4
14	М	631,5 ±26,7	941,7 ±27,5	774,8 ±34,6	56,1 ±8,2	54,4 ±5,4	31,4 ±4,5	7,2 ±0,9
	Д	641,4 ±28,6	1110,7 ±40,5	889,1 ±34,7	79 ±4,3	95 ±5,1	49,6 ±3,9	9,0 ±0,6
15	М	630,3 ±27,8	1017,3 ±27,8	829,4 ±36,7	67,2 ±11,2	66,1 ±6,3	35,266 ±4,8	7,976 ±1,1
	Д	674 ±26,7	1156,75 ±38,3	861,25 ±31,8	85,75* ±4,2	102* ±6,5	51,575* ±4,4	9,8825 ±0,4

Примечание: \* - достоверность различий между показателями у мальчиков и девочек

Спектральный анализ ВРС (табл. 1) выявил, половые различия в значениях показателей спектрального анализа у детей начиная с 10 лет со снижением низкочастотного компонента спектра в период 11-13 лет и значимым повышением к 14-15 годам у мальчиков. У девочек отмечается период 12-13 лет, когда происходит значимое снижение значений низко и высокочастотного компонентов спектра, что, по-видимому, связано с периодом интенсивных гормональных перестроек. В возрасте 14-15 лет у девочек отмечены достоверно более высокие значения низко- и высокочастотных показателей ( $LF \text{ мс}^2$ ,  $HF \text{ мс}^2$ ) и  $TP(\text{мс}^2)$  у девочек по сравнению с мальчиками. Не выявлено половых различий в показателях очень высоких колебаний ВРС, выраженных в абсолютных и нормализованных единицах.

Временной анализ ВРС (табл. 2) выявил увеличение показателей RMSSD и pNN50, отражающих активность парасимпатического звена автономной нервной системы и у девочек 13-15 лет, и, в меньшей степени, у мальчиков 14-15 лет.

Таким образом, исследование вариабельности сердечного ритма у детей 10-15 лет в состоянии относительного покоя показало, что значения спектральных и временных показателей ВРС соответствуют таковым, приводимым в ряде исследований других авторов [1, 15 и др.] и указанным в международных стандартах. У них выявлены достоверные половые различия в значениях частотных и временных показателей вариабельности сердечного ритма (ВРС). Более высокая суммарная активность нейрогуморальных влияний на сердечный ритм за счет достоверно более высоких величин показателей высокочастотных колебаний ВРС у девочек 14-15 лет, свидетельствуют о большей их устойчивости к стрессирующим факторам в сравнении с мальчиками этого же возраста.

Таблица 3

*Временные характеристики основных интервалов ЭКГ детей 10-15-летнего возраста в покое (M±m)*

Возр., пол	R-R, с	P-Q, с	QRS, с	QT, с
10м	0,753± 0,0531	0,135± 0,0034	0,098± 0,0013	0,374± 0,0174
10д	0,811± 0,0531	0,124± 0,0034	0,097± 0,0014	0,390± 0,0173
11м	0,763± 0,0531	0,136± 0,0034	0,098± 0,0013	0,377± 0,0174
11д	0,831± 0,0531	0,126± 0,0034	0,097± 0,0014	0,388± 0,0173
12 м	0,853^± 0,0531	0,135± 0,0034	0,095± 0,0013	0,367± 0,0174
12 д	0,841± 0,0531	0,129± 0,0034	0,094± 0,0014	0,361± 0,0173
13 м	0,823^± 0,0531	0,131± 0,0034	0,095± 0,0013	0,352^± 0,0174
13 д	0,891^± 0,0531	0,131± 0,0034	0,095± 0,0014	0,369± 0,0173
14 м	0,893± 0,0531	0,132± 0,0034	0,095± 0,0013	0,359± 0,0174
14 д	0,911± 0,0531	0,133± 0,0034	0,096± 0,0014	0,369± 0,0173
15 м	0,953^± 0,0511	0,138^± 0,0034	0,096± 0,0013	0,376^± 0,0170
15 д	0,941^± 0,0523	0,137^± 0,0032	0,097± 0,0012	0,373± 0,0171

*Примечания: интервалы представлены по данным II стандартного отведения, ^ - достоверность различий по сравнению с предыдущим возрастом.*

В ходе исследования нами были проанализированы данные электрокардиограмм детей 10-15 лет. Проведенный нами анализ ЭКГ показал, что абсолютные значения большинства показателей ЭКГ обследованных детей в целом соответствуют возрастным нормативам, представленным в литературе [10,

12, 13, 16, 22, 23, 27]. Данные о длительности интервалов и амплитуде зубцов ЭКГ представлены в таблицах 3,4.

Таблица 4

Амплитудные характеристики основных зубцов ЭКГ детей 10-15-летнего возраста в покое ( $M \pm m$ )

Возр пол	Отвед.	Показатели				
		P, мм	Q, мм	R, мм	S, мм	T, мм
10м	II	0,898 ±0,046	-0,268 ±0,062	10,436 ±0,514	-1,403 ±0,184	4,383 ±0,174
	V5	0,544 ±0,024	-0,546 ±0,114	14,775 ±0,543	-3,710 ±0,344	5,817 ±0,184
	V6	0,540 ±0,044	-0,674 ±0,144	12,433 ±0,444	-1,540 ±0,148	4,746 ±0,249
10д	II	1,096 ±0,066	-0,310 ±0,062	9,736 ±0,417	-1,489 ±0,145	3,757 ±0,154
	V5	0,656 ±0,024	-0,577 ±0,114	12,433 ±0,574	-1,922 ±0,246	4,600 ±0,125
	V6	0,636 ±0,023	-0,622 ±0,143	10,883 ±0,436	-1,038 ±0,123	4,122 ±0,223
11м	II	0,888 ±0,046	-0,266 ±0,062	10,416 ±0,514	-1,400 ±0,184	4,183 ±0,174
	V5	0,594 ±0,024	-0,536 ±0,114	14,715 ±0,543	-3,700 ±0,344	5,847 ±0,184
	V6	0,560 ±0,044	-0,670 ±0,144	12,333 ±0,444	-1,510 ±0,148	4,726 ±0,249
11д	II	1,090 ±0,066	-0,314 ±0,062	9,746 ±0,417	-1,469 ±0,145	3,727 ±0,154
	V5	0,666 ±0,024	-0,577 ±0,114	12,433 ±0,574	-1,912 ±0,246	4,620 ±0,125
	V6	0,616 ±0,023	-0,642 ±0,143	10,743 ±0,436	-1,058 ±0,123	4,422 ±0,223
12 м	II	0,868 ±0,046	-0,256 ±0,062	10,216 ±0,514	-1,400 ±0,184	4,213 ±0,174
	V5	0,583 ±0,024	-0,526 ±0,114	14,715 ±0,543	-3,770 ±0,244	5,847 ±0,184
	V6	0,550 ±0,044	-0,670 ±0,144	12,333 ±0,444	-1,510 ±0,168	4,626 ±0,249
12 д	II	1,090 ±0,066	-0,311 ±0,062	9,637 ±0,417	-1,489 ±0,145	3,757 ±0,154
	V5	0,666 ±0,024	-0,587 ±0,114	12,333 ±0,574	-1,922 ±0,246	4,559 ±0,125
	V6	0,616 ±0,023	-0,632 ±0,143	10,783 ±0,436	-1,038 ±0,123	4,122 ±0,223
13 м	II	0,898 ±0,046	-0,266 ±0,062	10,336 ±0,514	-1,420 ±0,184	4,483 ±0,174
	V5	0,613 ±0,024	-0,516 ±0,114	14,785 ±0,543	-3,670 ±0,244	5,917 ±0,184

	V6	0,560 ±0,044	-0,679 ±0,144	12,833 ±0,444	-1,532 ±0,168	4,726 ±0,249
13 д	II	0,971 ±0,066	-0,321 ±0,062	9,237 ±0,417	-1,476 ±0,145	3,657 ±0,154
	V5	0,616 ±0,024	-0,577 ±0,114	11,813 ±0,574	-1,911 ±0,246	4,499 ±0,125
	V6	0,593 ±0,023	-0,612 ±0,143	9,813 ±0,436	-1,029 ±0,123	4,082 ±0,223
14 м	II	0,888 ±0,046	-0,256 ±0,060	9,836 ±0,510	-1,310 ±0,174	4,183 ±0,178
	V5	0,593 ±0,025	-0,486 ±0,112	12,685 ±0,540	-3,270 ±0,246	5,117 ±0,174
	V6	0,550 ±0,054	-0,599 ±0,124	10,633 ±0,448	-1,232 ±0,166	4,226 ±0,247
14 д	II	0,951 ±0,066	-0,281 ±0,061	8,837 ±0,420	-1,376 ±0,141	3,557 ±0,154
	V5	0,596 ±0,014	-0,578 ±0,111	10,713 ±0,564	-1,711 ±0,241	4,299 ±0,145
	V6	0,583 ±0,021	-0,592 ±0,141	9,513 ±0,456	-1,027 ±0,121	4,082 ±0,243
15 м	II	0,868 ±0,046	-0,246 ±0,060	9,336 ±0,510	-1,313 ±0,174	3,923 ±0,178
	V5	0,568 ±0,025	-0,468 ±0,112	12,115 ±0,540	-3,253 ±0,246	4,987 ±0,174
	V6	0,537 ±0,054	-0,584 ±0,124	10,123 ±0,448	-1,222 ±0,166	4,116 ±0,247
15 д	II	0,931 ±0,066	-0,281 ±0,061	8,237 ±0,420	-1,306 ±0,141	3,117 ±0,154
	V5	0,536 ±0,014	-0,578 ±0,111	10,223 ±0,564	-1,541 ±0,241	4,029 ±0,145
	V6	0,533 ±0,021	-0,592 ±0,141	9,123 ±0,456	-1,027 ±0,121	3,992 ±0,243

Анализ ЭКГ детей 10-15 лет показал, что существенное увеличение длительности сердечного цикла отмечается у мальчиков к 12 годам, а у девочек к 13 годам. У 13-летних мальчиков наблюдаются достоверные уменьшения длительности сердечного цикла и электрической систолы. Также выявлено, что от 14 к 15 годам, как у девочек, так и у мальчиков, наблюдается существенное увеличение таких временных показателей, как длительность сердечного цикла, время предсердно-желудочковой проводимости и электрической систолы. Исследование показало, что амплитуда зубцов R и T во II стандартном и левых грудных отведениях к 15-летнему возрасту уменьшается у детей обоего пола.

В целом, увеличение длительности сердечного цикла, времени предсердно-желудочковой проводимости и электрической систолы является общей возрастной тенденцией. Оно связано, в основном, с повышением тонической активности центров блуждающего нерва и, возможно, не с абсолютным повышением тонуса вагуса, а с относительным преобладанием его активности вследствие понижения тонуса симпатической нервной системы. Усиление влияний из центров блуждающих нервов, обладающих отрицательным

батмотропным эффектом, приводит также к снижению возбудимости миокарда и уменьшению амплитуды ряда зубцов ЭКГ.

Укорочение данных интервалов у 13-летних мальчиков обусловлено, вероятно, их интенсивным половым развитием на этом периоде онтогенеза. В период интенсивного полового созревания помимо воздействий на сердце со стороны нервной системы, существенное значение приобретают гормональные влияния, в особенности катехоламины (адреналин и норадреналин), экскреция которых в пубертатный период значительно возрастает.

Следует отметить, что изменение амплитуды зубцов ЭКГ может быть обусловлено и гетерохронным развитием сердечной мышцы, а снижение амплитуды показателей возбудимости в грудных отведениях может объясняться увеличением массы и утолщением стенки грудной клетки с возрастом.

Индивидуальный анализ электрокардиограмм детей 10-15 лет позволил выявить частоту встречаемости некоторых функциональных изменений ЭКГ на данном отрезке онтогенеза. Как показало исследование, наиболее частыми в данном возрасте являются различные нарушения хронотропной функции миокарда, такие как синусовая аритмия и синусовая тахикардия. Также распространены нарушения внутрижелудочковой проводимости. Такие функциональные изменения миокарда, как нарушения проведения в предсердиях, электрическая альтернация, нарушения процессов реполяризации миокарда, встречались достаточно редко и лишь в определенные возрастные периоды. В целом, от 10 к 15 годам частота возникновения указанных изменений существенно уменьшается.

Высокая распространенность различных функциональных нарушений сердечного ритма является одной из отличительных особенностей хронотропной функции сердца в детском возрасте и отмечается в исследованиях большого числа авторов [8, 10, 13, 18, 23, 28].

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

В результате проведенного исследования были получены данные по продолжительности основных фаз и периодов сердечного цикла у подростков 10-15 лет (табл. 5). Исследование показало, что, полученные величины параметров сократительной функции миокарда детей 10-15 лет не противоречат имеющимся в литературе данным по этому вопросу [3, 7, 20, 21, 22, 25].

Показано, что в фазовой структуре сердечного цикла отмечаются половые различия: в возрасте 10-11 лет у девочек продолжительность общей и электрической систолы больше, чем у мальчиков; в 12 лет у девочек общая, механическая систолы, время изгнания крови были существенно короче, чем у мальчиков; в 13 лет у девочек общая, механическая систолы, время изгнания



крови были существенно продолжительнее, чем у мальчиков. Выявленные отличия могут свидетельствовать о более интенсивном половом созревании девочек в 12 лет, а мальчиков в 13 лет.

В 14 и 15 лет не выявлено гендерных различий показателей фазовой структуры сердечного цикла. По данным ряда авторов [3, 20, 25] половые различия в фазовой структуре сердечного цикла начинают проявляться с 10-летнего возраста.

Изучение сократительной функции миокарда показало, что основной тенденцией изменения структуры сердечного цикла с возрастом является увеличение продолжительности фаз и периодов сердечного цикла (табл.5)

Таблица 5

*Длительность фаз сердечного цикла у подростков 10-15 лет  
в состоянии относительного покоя ( $M \pm m$ )*

ПАРАМЕТРЫ									
Воз/ пол	R-R, мс	ФАС,м с	ФИС,м с	T, мс	E, мс	Sm, мс	So, мс	Sэ, мс	Д, мс
10 М	760.5 ±24.1	48.1 ±1.6	26.4 ±1.3	74.5 ±2.0	243.7 ±8.4	270.2 ±5.1	328.3 ±4.8	336.9 ±4.6	436.4 ±23.9
10 Д	759.4 ±28.2	49.5 ±2.2	27.7 ±1.4	77.2 ±2.8	251.3 ±5.4	279.0 ±5.3	342.3 ±4.8^	351.8 ±4.6^	458.5 ±34.3
11 М	761.5 ±24.1	47.7 ±1.8	26.4 ±1.3	74.1 ±2.0	243.7 ±8.4	270.2 ±5.1	327.3 ±4.3	332.8 ±4.7	436.4 ±23.9
11 Д	769.2 ±24.2	49.6 ±2.2	26.6 ±1.6	76.2 ±2.5	251.3 ±5.4	279.0 ±5.3	346.9 ±4.2^	350.8 ±4.5^	458.5 ±34.3
12М	764.4 ±21.2	54.6 ±2.4	29.6 ±2.3	84.2 ±3.8	266.6 ±9.4^	296.2 ±5.3^	350.8 ±4.7^*	345.8 ±5.6	414.5 ±24.3
12 Д	788.1 ±25.2	53.4 ±2.1	32.0 ±1.2	85.4 ±2.7	217.7 ±5.1*	250.0 ±5.7*	303.7 ±4.9*	347.2 ±8.4	484.4 ±34.9
13М	762.4 ±28.2	48.2 ±2.1	34.4 ±2.08	82.7 ±2.3	233.7 ±5.87*	268.1 ±6.1*	316.4 ±5.4*	336.6 ±8.7	448.3 ±36.2
13 Д	778.7 ±30.2	48.5 ±1.8	32.6 ±1.9	81.1 ±2.1	252.2 ±5.8^*	284.8 ±7.6^*	353.3 ±6.1^*	357 ±13.5	446.2 ±34.8
14 М	782.1 ±22.2	49.2 ±2.1	34.2 ±2.1	83.4 ±2.3	243.7 ±5.27	278.1 ±5.1	326.2 ±5.7	349.6 ±7.7	458.3 ±26.2
14 Д	791.5 ±31.2	49.9 ±1.9	33.6 ±1.8	83.5 ±2.4	258.2 ±11.8	284.8 ±11.1	349.3 ±12.1	360 ±9.5	456.3 ±33.8
15 М	950.1 ±20.2*	67.2 ±2.0*	28.2 ±2.4	95.4 ±2.6	278.7 ±5.1	373.1 ±5.0*	367.2 ±5.4	367.6 ±7.8	576.3 ±25.2*
15 Д	952.5 ±21.2*	66.9 ±1.8*	29.6 ±2.2	97.5 ±2.4	278.2 ±9.8	374.8 ±8.1*	368.3 ±10.1	370 ±9.0	586.3 ±23.8*

Примечание: \*- погодные различия показателей по возрасту у мальчиков и девочек 10-15 лет; ^ - различия показателей между мальчиками и девочками одного возраста.

Как у мальчиков, так и у девочек не выявлено каких-либо значимых изменений параметров сердечного цикла от 10 к 11 годам. В возрасте 12 лет только у мальчиков отмечено существенное увеличение продолжительности общей систолы по сравнению с 11-летними. Наиболее значимые изменения фазовой структуры сердечного цикла происходят от 12 к 13 годам: у мальчиков существенно снижается продолжительность общей и механической систол, а также времени изгнания крови; у девочек, напротив - данные показатели возрастают. От 13 к 14 годам не выявлено каких-либо значимых изменений параметров сердечного цикла. Как у мальчиков-подростков, так и у девочек-подростков существенные изменения длительности периодов сердечного цикла отмечены от 14 к 15 годам: увеличивается продолжительность сердечного цикла, фазы асинхронного сокращения, диастолы, механической систолы.

В целом, увеличение длительности сердечного цикла, общей, механической и электрической систол, а также продолжительности времени изгнания крови является общей возрастной тенденцией и связано, в основном, с повышением тонической активности центров блуждающего нерва. Укорочение общей, механической систол, а также продолжительности времени изгнания крови у 12-летних девочек и 13-летних мальчиков обусловлено, вероятно, интенсивным половым развитием на этом этапе онтогенеза. В период интенсивного полового созревания помимо воздействий на сердце со стороны нервной системы, существенное значение приобретают гормональные влияния, в особенности катехоламины (адреналин и норадреналин), экскреция которых в пубертатный период значительно возрастает.

Проведенное реоэнцефалографическое исследование кровообращения головного мозга не выявило достоверных различий изученных показателей между мальчиками и девочками в возрастной период от 10 до 15 лет. Результаты изучения мозгового кровообращения показали достоверные изменения ряда параметров РЭГ от 10 к 15 годам (табл. 6).

Выявлено достоверное возрастание значений параметра  $\alpha/T$ . Следует отметить, что в 13-15 лет величина этого показателя остается высокой, что указывает на значительное повышение тонуса мозговых артерий крупного калибра. Морфологические исследования показали, что в этом возрастном периоде происходит заметное удлинение сосудов, увеличение просвета сосудов, и толщины сосудистой стенки [2, 24]. Повышение тонуса мозговых артерий крупного калибра также обусловлено изменениями центральной гемодинамики: возрастанием ударного и минутного объемов крови, увеличением артериального давления [26] что является важным фактором, оказывающим влияние на механизмы, регулирующие приток крови к головному мозгу [17].

Возрастной период 12-14 лет характеризуется высокими значениями дикротического индекса, что свидетельствует о повышении тонуса мозговых артерий малого калибра, связанного с процессами интенсивного полового созревания у подростков. У школьников от 14 к 15 годам отмечено снижение величин параметров  $A$  и дикротического индекса. Выявленные изменения свидетельствуют о снижении пульсового кровенаполнения и тонуса мозговых артерий малого калибра, что соответствует возрастной динамике мозгового кровообращения [26].

Таблица 6

Показатели кровообращения головного мозга у школьников 10-15 лет в состоянии покоя ( $M \pm m$ )

Возраст	Пол	Показатели			
		A, Ом	a, с	di, %	a/T, %
10	М	0,238±0,008	0,132±0,007	60,2±1,15	19,5±1,22
11		0,347±0,007	0,135±0,009	59,2±1,12	19,7±1,27
10	Д	0,230±0,007	0,132±0,008	63,6±2,91	21,2±1,76
11		0,229±0,009	0,128±0,006	60,1±2,64	21,9±1,66
12	М	0,222±0,009	0,138±0,009	66,8±1,17*	19,5±1,29
13		0,226±0,009	0,144±0,009*	65,7±1,17	23,2±1,29*
12	Д	0,220±0,009	0,130±0,006	64,4±2,84	20,4±1,66
13		0,228±0,012	0,142±0,008*	64,1±2,64	24,2±1,86*
14	М	0,230±0,009	0,154±0,009	66,1±1,17	25,1±1,29
15		0,218±0,011*	0,158±0,012	60,2±1,15*	23,4±1,17
14	Д	0,232±0,012	0,151±0,008	65,1±2,64	26,4±1,86
15		0,212±0,018*	0,156±0,014	59,9±2,78*	24,5±3,22

Примечание \* - достоверные отличия показателей по сравнению с предыдущим возрастом

Следовательно, кровообращение головного мозга мальчиков и девочек от 10 к 15 годам претерпевает существенные изменения: повышение тонического напряжения крупных церебральных артерий с 13-летнего возраста, а также снижение пульсового кровенаполнения и тонуса мелких мозговых артерий от 14 к 15 годам.

При изучении Функционального состояния эндокринной системы школьников 10-15 лет было показано, что в ходе развития происходит увеличение концентрации ДГЭА в слюне  $\{F(5, 136)=8,55$  – у мальчиков и  $F(5, 143)=8,58$  – у девочек;  $p<0,001\}$ . От 10 к 15 годам среднее значение концентрации ДГЭА у мальчиков увеличилось в 5,07 раз, а у девочек – в 5,35 раз (табл. 7). При этом наибольший прирост концентрации ДГЭА у школьников наблюдался между 10 и 11 годами (180,02 % у мальчиков и 154,50 % у девочек;  $p<0,01-0,001$ ) и между 14 и 15 годами (74,61 % и 53,41 %, соответственно;  $p<0,05$ ). В возрасте 10-12 лет мальчики и девочки достоверно не различались по среднему значению концентрации ДГЭА, половые отличия были выявлены лишь в 13-14 лет ( $p<0,05$ ). Корреляционный анализ установил связь концентрации ДГЭА со возрастом, длиной тела, массой тела, ИМТ. Наши данные согласуются с литературными сведениями о том, что концентрация ДГЭА по мере развития детей увеличивается у представителей обоих полов [30; 34].

Кортизол – главный стрессовый гормон коры надпочечников. Концентрация кортизола у школьников 10-15 лет зависит от возраста: у мальчиков – достоверно  $\{F(5, 137)=2,53$ ;  $p<0,05\}$ , у девочек – на уровне тенденции  $\{F(5, 143)=1,98$ ;  $p=0,08\}$ . Самый высокий уровень кортизола наблюдается у 10-летних школьников. В период с 11 до 15 лет концентрация гормона у девочек практически не изменяется, у мальчиков достоверное повышение кортизола отмечается в 14-летнем возрасте, с последующем снижением к 15 годам. При сравнении концентрации

кортизола в слюне у мальчиков и девочек одного возраста достоверных различий не выявили, как и другие авторы [31, 32].

Таблица 7

*Концентрация гормонов у школьников 10-15 лет*

гормоны	пол	возраст					
		10 лет	11 лет	12 лет	13 лет	14 лет	15 лет
ДГЭА, пг/мл	м	73,69 ±7,53	206,35 ±42,39 a <sub>10-11</sub> **	238,99 ±30,87	246,60 ±18,71	214,06 ±35,6	373,78 ±48,09 a <sub>14-15</sub> *
	д	95,06 ±9,01	241,93 ±31,62 a <sub>10-11</sub> ***	264,93 ±40,48	292,13 ±45,21 b*	331,78 ±32,81 b*	508,97 ±65,38 a <sub>14-15</sub> *
кортизол, нг/мл	м	10,38 ±0,63	8,62 ±0,81	8,32 ±0,58	8,04 ±0,63	9,85 ±0,59 a <sub>13-14</sub> *	7,97 ±0,44 a <sub>14-15</sub> *
	д	11,34 ±1,01	8,38 ±0,73 a <sub>10-11</sub> *	8,46 ±0,70	8,76 ±0,89	9,60 ±0,73	8,70 ±0,67

*Примечание: a – достоверность различий между показателями в группах мальчиков и девочек разного возраста; b – достоверность различий между показателями в группе мальчиков и девочек одного возраста; \* – p<0,05; \*\* – p<0,01; \*\*\* - p<0,001*

Особенностью подросткового этапа онтогенеза является активный процесс совершенствования деятельности всех физиологических систем организма, который протекает одновременно и взаимосвязан с созреванием репродуктивной функции, сопряжённой с значительными перестройками. Именно в подростковом периоде развития предъявляются повышенные требования к эндокринной и сердечно-сосудистой системам - как ведущим системам жизнеобеспечения, которые лимитируют развитие приспособительных реакций растущего организма в процессе его адаптации к условиям обучения и воспитания.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, исследование вариабельности сердечного ритма школьников в состоянии относительного покоя показало, что значения спектральных и временных показателей ВРС вполне сопоставимы с таковыми, приводимыми в работах последних лет многими исследователями [1; 4; 15; 19] и согласуются с указанными в международных стандартах критериями [33]. У всех обследованных детей частотный спектр ВРС характеризовался хорошо выраженными волнами высокой, низкой и очень низкой частот. При этом у большинства обследованных школьников суммарная мощность спектра в диапазонах низких и высоких частот доминировала над величинами мощности спектра в очень низкочастотном диапазоне, особенно у детей с парасимпатотоническим типом регуляции. Это свидетельствует о преобладании модулирующего симпато-парасимпатического

регуляторного влияния над гуморально-метаболическим и центральными эрготропными регуляторными стимулами [15]. И у мальчиков, и у девочек 13 лет отмечено существенное усиление гормональных влияний на ВРС, связанное, очевидно, с периодом полового созревания.

Проведенное электрографическое исследование показало, что от 10 к 15 годам происходит существенное увеличение длительности сердечного цикла и электрической систолы, а также уменьшение амплитуды ряда зубцов ЭКГ. Данные изменения связаны с усилением влияний на миокард со стороны парасимпатического отдела автономной нервной системы и гетерохронным развитием сердечной мышцы, а снижение амплитуды показателей возбудимости в грудных отделах может объясняться увеличением массы и утолщением стенки грудной клетки с возрастом.

У части детей 10-15-летнего возраста выявлены различные изменения ритма и проведения возбуждения, нарушения процессов реполяризации и метаболизма в миокарде. Указанные изменения связаны с морфологическим и функциональным созреванием сердечной мышцы на данном этапе онтогенеза и с процессами формирования механизмов вегетативной регуляции сердечной деятельности. Частота встречаемости функциональных изменений ЭКГ уменьшается с возрастом.

Возрастные изменения параметров сократительной функции миокарда гетерохронны, интенсивность увеличения длительности отдельных периодов неодинакова. Наиболее значимые изменения фазовой структуры сердечного цикла происходят от 12 к 13 и от 14 к 15 годам, как у мальчиков, так и у девочек. Изменения с возрастом обусловлены различными воздействиями на миокард со стороны автономной нервной системы, гетерохронностью развития различных отделов сердца, изменениями гормонального статуса и рядом других факторов. В возрасте от 10 до 13 лет в фазовой структуре сердечного цикла отмечаются половые различия параметров (продолжительность общей и механической систол, времени изгнания крови), характеризующих сократительную активность миокарда, что связано с нейрогуморальными влияниями на сердце.

Кровообращение головного мозга мальчиков и девочек от 10 к 15 годам претерпевает существенные изменения. Наблюдается повышение тонического напряжения крупных церебральных артерий с 13-летнего возраста, а также снижение пульсового кровенаполнения и тонуса мелких мозговых артерий от 14 к 15 годам, связанные с процессами интенсивного полового созревания у подростков.

В ходе развития школьников 10-15 лет происходит повышение концентрации ДГЭА и у мальчиков, и у девочек, но достоверно значимые половые различия отмечаются с 13-14 лет. Установлена положительная связь ДГЭА как с возрастом, так и с физическим развитием. У 10-летних школьников установлена самая высокая концентрация кортизола. У девочек уровень кортизола практически не изменяется в период с 11 до 15 лет, у мальчиков отмечается повышение гормона в 14 лет с последующим снижением к 15 годам.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галеев А.Р. Взаимосвязь типа вегетативной регуляции и потребности в двигательной активности / А.Р. Галеев, Л.Н. Игишева. – 2002. – <http://www.ortoplus.da.ru/>; [ortoplus@mail.ru](mailto:ortoplus@mail.ru)
2. Есипова И.К. Морфологические параллели в исследовании кровеносных сосудов и классификация последних// Очерки по гемодинамической перестройке сосудистой системы. – М., 1971. – С. 3-18.
3. Индивидуальные особенности развития системы кровообращения школьников/Под ред. И.О.Тупицына. – М, 1995. – 64 с.
4. Казин Э.М. Оценка адаптивных возможностей организма подростков с различным темпом полового созревания по соматическим, вегетативным и гормональным показателям / Э.М. Казин, Р.М. Мирзаханова, О.Л. Тарасова / Валеология. – 2002. – № 3. – С. 70-73.
5. Калужный Е.А. Морфофункциональное состояние и адаптационные возможности учащихся общеобразовательных учреждений в современных условиях. Автореф. дисс. ... д.б.н. – М., 2015. – 40 с.
6. Карпман В.Л. Фазовый анализ сердечной деятельности. – М: Медицина, 1965. – 159 с.
7. Колесниченко С.М. Функциональное состояние миокарда левого желудочка у детей 7-12 лет (по данным эхо- и электрокардиографии): автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – М.,1988. – 18 с.
8. Кубергер М.Б. Руководство по клинической электрокардиографии детского возраста. – М.:Медицина, 1983. – 368 с.
9. Кучма В.Р., Скоблина Н.А., Бокарева Н.А. [и др.] Особенности полового созревания современных московских школьников // Российский педиатрический журнал. – 2012. – № 6. – С. 44-47.
10. Мазо Р.Э. Электрокардиограммы здоровых детей. – Минск: Изд-во АН БССР, 1961. – 198 с.
11. Макаров Л. М., Киселева И. И., Долгих В. В. и др. Нормативные параметры ЭКГ у детей // Педиатрия. – 2006. – № 2. – С. 4-10.
12. Макаров Л.М. ЭКГ в педиатрии. – 2002. – 274 с.
13. Макаров Л.М., Кондрыкинский Е.Л., Мягков И.Ф. Сердцебиение у детей: клиническая характеристика, тактика обследования и лечения // Педиатрия. – 2005. – № 2.– С. 4-8.
14. Мартиросов Э.Г., Николаев Д.В., Николаева Н.Д. [и др.] Биоимпедансная оценка состава тела у детей 10-16 лет с использованием анализатора АВС-01 // Медасс. 2006. [http:// www.medass.ru](http://www.medass.ru)
15. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения. – Иваново: Иван. Гос. Мед. академия, 2002. – 290 с.
16. Мурашко Е.В. Стандартная электрокардиография в педиатрической практике // Лечащий врач. – 2005. – № 1. – С. 52-57.
17. Мchedlishvili Г.И. Регуляция мозгового кровообращения. – Тбилиси: Мецниераба, 1980. – 158 с.

18. Осколкова М.К., Куприянова О.О. Электрокардиография у детей. – М.: Медицина, 1986. – 286 с.
19. Панкова Н.Б. Функциональное развитие вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы в онтогенезе человека // Физиол. журнал им. И.М. Сеченова. – 2008. – 94. № 3. – С. 267-275.
20. Преснякова Н.М. Взаимосвязь сократительной функции миокарда с основными показателями гемодинамики у современных школьников 7 – 17 лет: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 1979. – 24 с.
21. Прокофьева В.Н., Кузнецов В.И., Корневская А.А. Зависимость продолжительности фаз и периодов сердечного цикла у спортсменов от направленности тренировочного процесса // Физиология человека. – 2007. – Т. 33, №6. – С. 71-78.
22. Рублева Л.В. Развитие основных функций миокарда детей 7-15 лет, проживающих в различных экологических условиях: Дисс. ... канд. биол. наук. – М., 1999. – 188 с.
23. Справочник педиатра-кардиоревматолога / Под ред. Р.Э.Мазо. – Минск: Наука и техника, 1982. – 342 с.
24. Толгская М.С. Возрастная морфология сосудов мозга// Вопросы возрастной морфологии и физиологии: Изд-во АПН РСФСР. – М., 1953.- Вып. 47. – С. 53-68.
25. Тупицын И.О. Возрастная динамика и адаптационные изменения сердечно-сосудистой системы школьников: автореф. дис. ... докт. мед. наук. – М., 1986. – 42 с.
26. Тупицын И.О., Андреева И.Г., Безобразова В.Н. с соавт. Развитие системы кровообращения // Физиология развития ребенка / Под ред. М.М. Безруких, Д.А. Фарбер. – 2000. – С. 148-166.
27. Хомич М.М. Возрастные изменения временных показателей электрокардиограммы у детей // Вопр. соврем. педиатрии. – 2006. – № 2. – С. 17-19.
28. Чернышов В.Н., Тарасова Е.А., Трясак О.А. Варианты нарушений ритма сердца и проводимости у здоровых детей школьного возраста // Новое в диагностике, клинике, лечении и профилактике заболеваний детского возраста: Сб. науч. тр. – Ростов-на-Дону, 1988. – С. 85-86.
29. Яруллин Х.Х. Клиническая реоэнцефалография. – Л.: Медицина, 1988. – 275 с.
30. Aguilar G.M.J., Sanchez L.A.M., Mur V.N. [et al.] Salivary cortisol as an indicator of physiological stress in children and adults; a systematic review // Nutr. Hosp. 2014. V, 29, № 5. P. 960-968.
31. Bandini L.G., Must A., Naumova E.N. [et al.] Change in leptin, body composition and other hormones around menarche - a visual representation // Acta Paediatr. 2008. V. 97. P. 1454-1459.
32. Barra C.B., Silva I.N., Rodrigues T.M. [et al.] Morning serum Basal cortisol levels are affected by age and pubertal maturation in school-aged children and adolescents // Horm. Res. Paediatr. 2015. V. 83, № 1. P. 55-61.
33. Heart rate variability. Standards of Measurement, Physiological interpretation and clinical use.// Circulation. –1996.–93/–P.1043–1065.
34. Mouritsen A., Soeborg T., Hagen C.P. [et al.] Longitudinal changes in serum

concentrations of adrenal androgen metabolites and their ratios by LC-MS/MS in healthy boys and girls // Clin. Chim. Acta. 2015. V. 450. P. 370-375.

## REFERENCES

1. Galeev A. R. the Relationship the type of vegetative regulation and the need for motor activity / A. R. Galeev, L. N. Igisheva. - 2002. – <http://www.ortoplus.da.ru/ortoplus@mail.ru>

2. Esipova I. K. Morphological Parallels in the study of blood vessels and the classification of the latter// Essays on hemodynamic restructuring of the vascular system. - M., 1971. – S. 3-18.

3. Individual features of the development of the circulatory system of students/Under the editorship of O. I. tupitsyna. - M, 1995. - 64 p –

4. Kazin E. M. Evaluation of adaptive possibilities of organism of teenagers with different rate of sexual maturation on somatic, autonomic and hormones-ing pokazatelem / E. M. Kazin, R. M. Mirzakhanova, O. L. Tarasova /Valeology. - 2002. - № 3. - P. 70-73.

5. Kalyuzhny E. A. morphological and Functional state and adaptation opportunities of students of educational institutions in modern conditions. Abstract. dis. ... D. b.n. - M., 2015. - 40 p.

6. Karpman V. L. Phase analysis of cardiac activity. - M: Medicine, 1965. - 159 p.

7. Kolesnichenko, S. M. the Functional state of the myocardium of the left ventricle in children 7 – 12 years (according to the echo - and electrocardiography): abstract. dis. ... kand. Biol. sciences' - M., 1988. - 18 p.

8. Koberger, M. B. Manual of clinical electrocardiography in children. - M.: Medicine, 1983. - 368 p.

9. Kuchma V. R., Skoblina N. A. Bokareva N.. [et al.] peculiarities of sexual maturation of modern Moscow school children // Russian pediatric journal. - 2012. - № 6. - P. 44-47.

10. Mazo R. E. Electrocardiograms of healthy children. - Minsk: publishing House of the BSSR, 1961. - 198 p –

11. Makarov L. M., Kiseleva I. I., Dolgikh V. V. and others Normative parameters of ECG in children.Pediatrics. - 2006. - № 2. - C. 4-10.

12. Makarov L. M. ECG in Pediatrics. - 2002. - 274 p.

13. Makarov L. M., Kondrykinskaya E. L., Miagkov I. F. Palpitations in children: clinical characteristics, tactics of inspection and treatment // Pediatrics. - 2005. - №2.- P. 4-8.

14. Martirosov E. G., Nikolaev D. V., Nikolaeva N. D. []. Bioimpedance assessment of body composition in children aged 10-16 years using the analyzer ABC-01 // Medass. 2006.

<http://www.medass.ru>

15. Mikhailov V. M. heart rate Variability: experience of practical implementation. - Ivan. State. Honey. Academy, 2002. - 290 p.

16. Murashko E. V. Standard electrocardiography in pediatric practice / / the Attending physician. - 2005. - № 1. - C. 52-57.

17. Mchedlishvili G. I. Regulation of cerebral circulation. "Metsniereba", 1980. - 158 p.



18. Oskolkova M. K., Kupriyanova O. Electrocardiography in children. - M.: Medicine, 1986. - 286 p.
19. Pankova N. B. Functional development of autonomic regulation of the heart-but-vascular system in human ontogenesis // Fiziol. magazine them. I. M. Sechenov. - 2008.- 94. No. 3. – Pp. 267-275.
20. Presnyakova N. Mmm. The relationship of myocardial contractile function with the main indicators of hemodynamics in modern schoolchildren 7 – 17 years: autoref. dis. ... kand. Biol. sciences'. - M., 1979. - 24 p.
21. Prokofiev V. N., Kuznetsov V. I., Korenev A. A. the Dependence of the phases and periods of the cardiac cycle in athletes from the orientation of the training process // human Physiology. - 2007. - Vol. 33, №6. - P. 71-78.
22. Rubleva L. V. development of basic myocardial functions in children aged 7-15 years living in different environmental conditions: Diss. ... kand. Biol. sciences'. - M., 1999. - 188 p.
23. Reference pediatrician-cardiorheumatologists, ed. by R. E. Mazo. - Minsk: Science and technology, 1982. - 342 p.
24. Tolga M. S. Age-related morphology of blood vessels of the brain// Problems of age morphology and physiology: Publishing house of APN of the RSFSR. - M., 1953.- Issue. 47. - P. 53-68.
25. Tupitsyn I. O. Age dynamics and adaptation changes of cardiovascular system of schoolchildren: autoref. dis. ... Doc. honey. sciences'. - M., 1986. - 42 p.
26. Tupitsyn I. O., Andreeva I. G., Bezobrazova V. N. with et al. Development of the circulatory system // Physiology of child development / ed. M. M. Bezrukikh, D. A. Farber, 2000. - P. 148-166.
27. Khomich M. M. Age-related changes in the temporal parameters of the electric car-charts in children // Vopr. tell lies. pediatrics. - 2006. - № 2. - C. 17-19.
28. Chernyshov V. N., Tarasova E. A., O. A. Track versions of arrhythmias and conduction in healthy children of school age // New in diagnostic stick, clinic, treatment and prevention of childhood diseases: Sat. scientific. Tr. Rostov-on-don, 1988. – Pp. 85-86.
29. Yarullin HH Clinical rheoencephalography. - L.: Medicine, 1988. - 275 p.

## ФОРМИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ РЕГУЛЯЦИИ СЕРДЦА И СОСУДОВ У ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

О.А. Гурова<sup>1</sup>

Российский университет дружбы народов, Москва

*Особенности вариабельности сердечного ритма и кожной микроциркуляции изучены у 70 детей в возрасте от 4 до 7 лет. Применяли методы лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) и кардиоинтервалографии. В регуляции сердца в период от 4 до 7 лет наблюдается увеличение уровня активности регуляторных систем и рост показателя централизации управления ритмом сердца. Наибольшие изменения, связанные с усилением симпатических влияний, происходят у детей в возрасте 6 лет. В состоянии микроциркуляции отмечается уменьшение ее интенсивности и изменение реакции на умеренную нагрузку, что также особенно заметно у детей 6 лет. Таким образом, в период от 4 до 7 лет именно 6-летний возраст является переломным в плане формирования механизмов регуляции сердца и сосудов.*

**Ключевые слова:** дети 4-7 лет, вариабельность сердечного ритма, микроциркуляция крови.

**Development of heart and vessels regulation mechanisms in children of pre-school age.** *The paper presents the study of heart rate variability and skin microcirculation in 70 children at the age of 4-7 years old. The methods of laser Doppler flowmetry (LDF) and cardiointervalography were used. Heart regulation in the period from 4 to 7 years demonstrates an increase of the regulatory systems activity level and an increase in the index of centralization of heart rate control. The greatest changes associated with the increased sympathetic effects occur in children at the age of 6. The decrease in the microcirculation intensity and the change in the reaction to moderate load is particularly noticeable in children aged 6 years old. Consequently, within the period from 4 to 7 years old, it is the age of 6 that is a turning point in the formation of the heart and blood vessels regulation mechanisms.*

**Key words:** 4-7-year-old children, heart rate variability, blood microcirculation.

Дошкольный возраст, особенно в плане подготовки к началу обучения в школе, требует тщательного изучения функциональных возможностей организма ребенка и его готовности к увеличению нагрузок. Состояние сердечно-сосудистой системы ребенка может служить одним из главных индикаторов этой готовности. Изучение состояния сердечно-сосудистой системы на разных уровнях ее функционирования у детей позволяет раскрыть закономерности формирования в онтогенезе механизмов регуляции как центральной гемодинамики, так и микроциркуляции [1; 2; 6; 9]. Определение вариабельности сердечного ритма (ВСР) является информативным методом оценки состояния вегетативной регуляции сердца [8], а метод лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) позволяет оценивать уровень микроциркуляции крови в тканях и реактивность микрососудов [7]. Сосудистое

---

Контакты: <sup>1</sup> Гурова О.А. - E-mail: <oagur@list.ru>

русло кожи представляет собой доступный объект для изучения микроциркуляции крови у детей с помощью метода ЛДФ [4,6,7].

Цель настоящего исследования – на основе изучения возрастных особенностей variability сердечного ритма и кожной микроциркуляции у детей 4 - 7 лет выявить период, наиболее значимый для формирования регуляторных механизмов сердца и сосудов у дошкольников.

## ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проведено у 70 практически здоровых детей в возрасте от 4 до 7 лет: 11 детей 4 лет, 22 – 5 лет, 19 – 6 лет, 18 детей - 7 лет. Состояние микроциркуляции крови исследовалось методом ЛДФ в коже дистальной фаланги 4-го пальца кисти детей с помощью аппарата «Лакк-01» (НПО «Лазма», Москва) по существующей методике [7]. Автоматически рассчитывались параметр микроциркуляции (ПМ) - средняя величина перфузии единицы объема ткани за единицу времени, и среднее квадратичное отклонение (СКО) - средняя амплитуда колебаний кровотока, в условных перфузионных единицах (пф. ед.). При анализе амплитудно-частотного спектра (АЧС) вычислялась амплитуда (А, в пф. ед.) физиологически наиболее значимых колебаний кровотока и вклад каждого из них в мощность всего спектра колебаний (в %). Выделяют очень низкочастотные колебания (VLF), связанные с состоянием гуморально-метаболических факторов; низкочастотные колебания (LF), обусловленные нейрогенной и миогенной активностью самих сосудов - вазомоциями; высокочастотные колебания (HF), обусловленные периодическими изменениями давления в венозном отделе сосудистого русла при дыхании; пульсовые колебания (CF), синхронизированные с сердечным ритмом. VLF и LF-колебания характеризуют активные механизмы модуляции кровотока, HF и CF – пассивные. Соотношение активных и пассивных модуляций кожного кровотока рассчитывается как индекс флаксмоций (ИФМ).

Регистрация показателей variability сердечного ритма производилась методом кардиоинтервалографии по Р.М.Баевскому на аппарате «Варикард» («Рамена», Рязань) [8]. Рассчитывались частота сердечных сокращений (ЧСС), индекс напряжения регуляторных систем (стресс-индекс, SI), индекс централизации (IC). Вклад отдельных механизмов регуляции (парасимпатических - HF, симпатических - LF и гуморально-метаболических - VLF) в суммарный уровень активности регуляторных систем (TP) оценивался по мощности их спектра, в %.

Измерения проводили в состоянии покоя (сидя) и сразу после умеренной физической нагрузки, в качестве которой дети выполняли 20 приседаний в быстром темпе. Полученные данные обработаны методами вариационной статистики.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При изучении variability ритма сердца у детей 4-7 лет самые высокие значения ЧСС зафиксированы у 4-летних:  $106 \pm 3$ , самые низкие - у детей 6 и 7 лет:  $98 \pm 2$  в мин, что соответствует возрастным тенденциям развития [9].

В таблице 1 представлена динамика показателей активности регуляторных систем, влияющих на variability сердечного ритма.

Таблица 1

Показатели активности регуляторных систем, влияющих на вариабельность сердечного ритма, у детей 4-7 лет

Возраст, лет	TP, мс <sup>2</sup> x 1000	Соотношение различных колебаний, %		
		HF	LF	VLF
4	1,77±0,54	48,5±4,4	31,9±3,3	19,6±3,6
5	1,91±0,4	41,4±2,8	37,7±2,3	20,8±2,1
6	4,16±2,07	45,5±3,2	37,1±2,4	17,4±1,8
7	4,37±1,94	39,5±4,1	41,7±2,5	18,8±2,4

С возрастом наблюдается увеличения суммарного уровня активности регуляторных систем (TP), влияющих на вариабельность сердечного ритма, скачкообразный прирост которого в 2,2 раза отмечается от 5 к 6 годам. Происходит это преимущественно за счет увеличения уже у 5-летних мощности вазомоторных низкочастотных волн (LF) и их относительного преобладания над высокочастотной составляющей спектра, что в целом характеризует рост активности симпатического контура регуляции. Мощность вклада парасимпатического контура (HF) от 4 к 7 годам проявляет тенденцию к снижению, но происходит это неравномерно, с некоторым подъемом у детей 6 лет. Влияние гуморально-метаболического компонента регуляции сердечного ритма меняется от 4 к 7 годам незначительно, с тенденцией к снижению в 6-7 лет.

Степень напряжения регуляторных систем, показателем которой является индекс напряжения регуляторных систем, или стресс-индекс (SI), у детей 4-7 лет превышает дефинитивные значения в несколько раз. У детей 6 лет величина SI наименьшая среди всех обследованных: 265,3±38,8, у детей 5 лет – наибольшая: 465,4±114,3 усл.ед. У детей 7 лет этот показатель составляет 357,7±87,6. У взрослых величина SI в покое колеблется в пределах 80-150 усл.ед., а увеличение показателя наблюдается при значительных нагрузках [5]. Высокие значения SI у обследуемых детей свидетельствуют о незрелости механизмов регуляции сердечного ритма.

Показатель централизации управления ритмом сердца - индекс централизации (IC), у обследованных детей в 2-3 раза ниже дефинитивных величин. На рассматриваемом отрезке онтогенеза IC достоверно увеличивается от 1,25±0,22 в 4 года до 2,28±0,57 усл. ед. в 7 лет. Скачкообразный прирост происходит в период от 6 (1,43±0,22 усл. ед.) до 7 лет. Это подтверждает значение возраста 6 лет как важнейшего в формировании механизмов регуляции сердца и сосудов.

Изменения с возрастом показателей ЛДФ-грамм у детей 4-7 лет представлены в таблице 2. Снижение ПМ на 23-37 % и СКО на 17-21% у детей на этом отрезке онтогенеза свидетельствует об уменьшении интенсивности кожной микроциркуляции, что наиболее заметно в период от 5 до 6 лет.

В АЧС у обследованных детей преобладают активные механизмы регуляции, связанные с низкочастотными VLF- и LF-колебаниями. Их совокупный вклад в

общую мощность спектра колебаний доходит до 86-89%. Прослеживается тенденция к снижению амплитуды всех типов колебаний, особенно от 5 к 6 годам. Вклад вазомоторных колебаний (LF), обусловленных преимущественно ростом симпатических воздействий на сосуды, в этот период возрастает с 40 до 45 %.

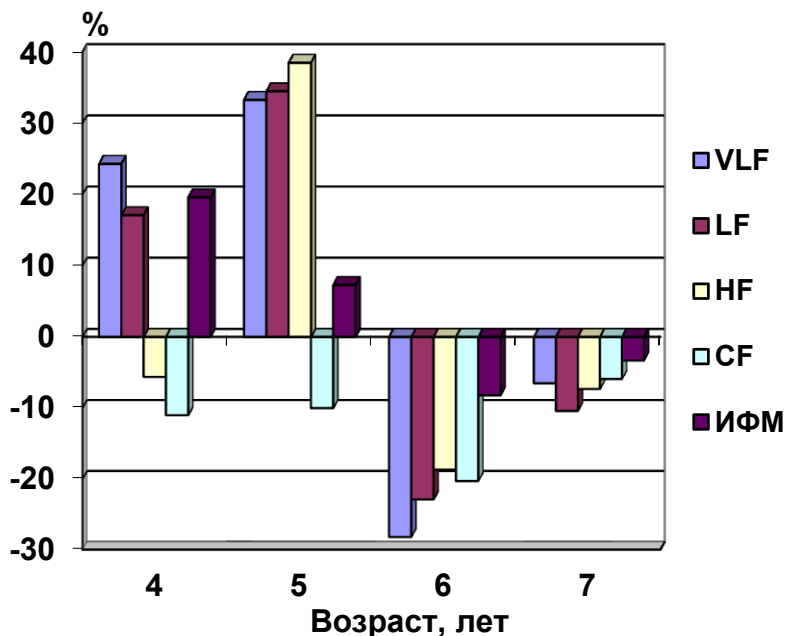
Таблица 2

Параметры ЛДФ-граммы в коже пальца кисти у детей 4-7 лет ( $M \pm t$ )

Показатели микроциркуляции			Возраст, лет				
			4	5	6	7	
ПМ, пф. ед.			34,3±2,1	35,0±1,3	26,3±2,1*	21,7±2,4**	
СКО, пф. ед.			2,3±0,2	2,0±0,1	1,9±0,2	1,8±0,1*	
<b>Соотношение ритмических составляющих кожного кровотока</b>							
Частотный диапазон	VLF	А, пф. ед.	3,5±0,4	3,3±0,4	2,7±0,2	3,0±0,2	
		Вклад, %	47,1	48,4	41,9	49,3	
	LF	А, пф. ед.	3,2±0,4	3,0±0,3	2,8±0,2	2,7±0,3	
		Вклад, %	39,2	40,0	45,0	40,0	
	HF	А, пф. ед.	1,8±0,3	1,5±0,1	1,4±0,1	1,3±0,1	
		Вклад, %	12,4	10,0	11,3	9,3	
	CF	А, пф. ед.	0,58±0,1	0,61±0,1	0,60±0,1	0,5±0,05	
		Вклад, %	1,3	1,6	2,0	1,4	
	ИФМ, усл.ед.			1,39±0,1	1,39±0,1	1,44±0,1	1,39±0,1

Примечание: достоверное изменение по сравнению с детьми 4 лет (\*  $p \leq 0,05$ ; \*\*  $p \leq 0,005$ ).

В ответ на умеренную физическую нагрузку в виде 20 приседаний у всех обследованных детей интенсивность микроциркуляции в коже несколько снижается, что, по-видимому, обусловлено перераспределением крови в пользу работающих мышц. Физическая нагрузка, выполненная детьми, также подтвердила наличие изменений в регуляции сердечно-сосудистой системы у 6- и 7-летних испытуемых по сравнению с 4-5-летними. Наиболее показательны изменения в состоянии амплитудно-частотного спектра (АЧС) ЛДФ-грамм (рис. 1).



*Рис. 1. Изменение показателей амплитудно-частотного спектра ЛДФ-граммы после физической нагрузки у детей 4-7 лет, в % к исходному уровню*

У детей 4 и 5 лет физическая нагрузка приводит к усилению активности механизмов регуляции микроциркуляции, что выражается в росте амплитуды как низкочастотных VLF- и LF-колебаний, так и высокочастотных HF-колебаний. ИФМ, отражающий соотношение активных и пассивных механизмов в регуляции микроциркуляции, у детей 4-5 лет после нагрузки возрастает на 8-19,6 %. Подобная динамика АЧС ЛДФ-грамм выдает напряжение регуляторных систем у детей 4 и 5 лет.

Иная картина АЧС наблюдается у детей 6 и 7 лет. У 6-летних после нагрузки уменьшаются амплитуды всех типов колебаний: низкочастотных VLF- и LF- на 28,2 и 22,9 %, высокочастотных HF- и CF- на 18,7 и 20,3 %, соответственно. ИФМ после нагрузки становится меньше на 8,2 %. В возрасте 7 лет направленность изменений АЧС после нагрузки совпадает с таковой у 6-летних, но размах сдвигов существенно меньше. По-видимому, система микроциркуляции у детей к 7 годам выходит на новый уровень функционирования, и умеренная физическая нагрузка не вызывает заметных изменений в кожном кровотоке.

Таким образом, у детей на этапе от 4 до 7 лет именно 6-летний возраст является переломным в плане формирования механизмов регуляции сердца и сосудов. Это подтверждается возрастной динамикой показателей кожной микроциркуляции и вариабельности сердечного ритма как в покое, так и при выполнении функциональной пробы.

*Публикация подготовлена в рамках Программы повышения конкурентоспособности РУДН «5-100».*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев А.П., Стрельцова Н.Н. Возрастные особенности микрогемодинамики // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2012. – Т. 11, № 4 (44). – С. 23-27.
2. Гурова О.А. Комплексное исследование микроциркуляции крови и вариабельности ритма сердца у детей 4-7 лет // Новые исследования. – 2010. – № 3(24). – С. 78-86.
3. Гурова О.А. Индивидуально-типологические особенности микроциркуляции крови у детей 4-7 лет // Новые исследования. – 2014. – № 2 (39). – С. 15-23.
4. Гурова О.А. Зависимость между показателями кровообращения у детей 4-7 лет с разным типом микроциркуляции крови // Новые исследования. – 2017. – № 3 (52). – С.4-10.
5. Димитриев Д.А., Карпенко Ю.Д., Кругликов Н.Ю. и др. Особенности вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы при относительном покое и стрессе // Вариабельность сердечного ритма: теоретические и прикладные аспекты: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Чебоксары: Изд-во ЧГПУ, 2014. – С. 49-54.
6. Козлов В.И. Развитие системы микроциркуляции. – М.: Изд-во РУДН, 2012. – 314 с.
7. Козлов В.И., Азизов Г.А., Гурова О.А., Литвин Ф.Б. Лазерная доплеровская флоуметрия в оценке состояния и расстройств микроциркуляции крови. – М.: ГИЦ лазерной медицины, 2012. – 32 с.
8. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца. Опыт практического применения метода. – Иваново, 2000. – 200 с.
9. Развитие системы кровообращения // Физиология развития ребенка: теоретические и прикладные аспекты. – М.: Образование от А до Я, 2000. – С. 148-166.

## REFERENCES

1. Vasil'ev A.P., Strel'cova N.N. Vozrastnye osobennosti mikrohemocirkulyacii (Age features of microcirculation) // Regionarnoe krovoobrashchenie i mikrocirculyaciya (Regional haemodynamics and microcirculation). - 2012. – Т. 11, № 4 (44). – S. 23-27.
2. Gurova O.A. Kompleksnoe issledovanie mikrocirculyacii krovi i variabel'nosti ritma serdca u detej 4-7 let (Complex study of blood microcirculation and heart rate variability in children 4-7 years) // Novye issledovaniya (New research). – 2010. – № 3 (24). – S. 78-86.
3. Gurova O.A. Individual'no-tipologicheskie osobennosti mikrocirculyacii krovi u detej 4-7 let (Individual-typological features of blood circulation in children 4-7 years) // Novye issledovaniya (New research). – 2014. № 2 (39). S. 15-23.

4. Gurova O.A. Zavisimost' mezhdru pokazatelyami krovoobrashcheniya u detej 4-7 let s raznym tipom mikrocirkulyacii krovi (Correlation between indices of blood circulation in 4-7-year-old children with different types of blood microcirculation) // Novye issledovaniya (New research). – 2017. № 3 (52). S. 4-10.

5. Dimitriev D.A., Karpenko Yu.D., Kruglikov N.Yu. i dr. Osobennosti vegetativnoj regulyacii serdechno-sosudistoj sistemy pri otnositel'nom pokoe i stresse (Features of autonomic regulation of the cardiovascular system in relative rest and stress) // Variabel'nost' serdechnogo ritma: teoreticheskie i prikladnye aspekty: Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. – Cheboksary: Izd-vo CHGPU, 2014. S. 49-54.

6. Kozlov V.I. Razvitie sistemy mikrocirkulyacii (Development of microcirculatory system). - M.: Izd-vo RUDN, 2012. 314 s.

7. Kozlov V.I., Azizov G.A., Gurova O.A., Litvin F.B. Lazernaya dopplerovskaya floumetriya v ocenke sostoyaniya i rasstrojstv mikrocirkulyacii krovi (Laser Doppler flowmetry in the assessment of the state and disorders of blood microcirculation). - M.: GNC lazernoj mediciny, 2012. 32 s.

8. Mihajlov V.M. Variabel'nost' ritma serdca. Opyt prakticheskogo primeneniya metoda (Heart rate variability. Experience of practical application of the method). - Ivanovo, 2000. 200 s.

9. Razvitie sistemy krovoobrashcheniya (Development of the circulatory system) // Fiziologiya razvitiya rebenka: teoreticheskie i prikladnye aspekty. - M.: Obrazovanie ot A do YA, 2000. S. 148-166.



# ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЕАКЦИИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ГЕМОДИНАМИКИ И ТЕРМОВЕГЕТАТИВНОЙ РЕАКТИВНОСТИ КОЖИ У ДЕВОЧЕК-СПОРТСМЕНОК 13-14 ЛЕТ ПРИ СТАНДАРТНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ

Р.М. Васильева<sup>1</sup> \*, В.Д. Сонькин \*, \*\*, Н.И. Орлова \*, А.Д. Колесов \*\*,

\* ФБГНУ «Институт возрастной физиологии РАО»,

\*\* ФГБОУ ВО «Российский государственный университет физической культуры,  
спорта, молодёжи и туризма», Москва

*Проведено экспериментальное исследование изменений центральной гемодинамики методом тетраполярной реографии и динамики кожной температуры (Т) с применением технологии i-Button ThermoChron под влиянием стандартной физической нагрузки (велозергометрия). Для этого у 10 девочек-подростков 13-14 лет, регулярно занимающихся плаванием, синхронно записывали реограммы грудной клетки и ЭКГ, а также показатели температуры на четырех участках поверхности тела: на шее над ключицей, на груди, на плече и на спине между лопатками.*

*Выявлены существенные различия в динамических термовегетативных процессах между различными участками поверхности тела, а также межиндивидуальные различия в реакциях гемодинамики на физическую нагрузку у девочек-спортсменок 13-14 лет.*

*Изменение температуры спины главным образом связано с термогенной активностью сердца. Выявленный нами факт, что реакции Т кожи спины превышает по длительности реакцию сердца на нагрузку, дало нам основание предположить наличие у некоторых девочек на спине, под местом прикрепления датчика, подкожных термогенных структур – таких, как БЖТ. Активность БЖТ может оказывать влияние на Т кожи спины, когда работа сердца уже в значительной степени восстановилась после ФН.*

**Ключевые слова:** дети; подростки; физическая нагрузка; термовегетативная реактивность кожи; кровообращение; гемодинамика.

**Individual reaction of skin central hemodynamics and thermovegetative reactivity in 13-14-year-old female athletes under standard physical load.** *The paper presents the experimental study of changes in central hemodynamics performed with the method of tetrapolar rheography and skin temperature (T) dynamics using i-Button ThermoChron technology under the influence of standard physical load (cardiac stress test). To do this, 10 teenage girls at the age of 13-14 years old, regularly engaged in swimming, synchronously recorded rheograms of the chest and ECG, as well as temperature in four areas of the body: on the neck above the collarbone, on the chest, on the shoulder and on the back between the shoulder blades.*

---

Контакты: <sup>1</sup> Васильева Р.М. – E-mail: <w.rm@yandex.ru>

*The paper reveals significant differences in dynamic thermo-vegetative processes between different parts of the body surface, as well as individual differences in hemodynamic responses to physical activity in female athletes aged 13-14 y.o.*

*The change in the temperature of the back mainly depends on the thermogenic activity of the heart. The fact that the reaction of the back skin T exceeds the length of the heart reaction to the load, made it possible to assume that some girls have subcutaneous thermogenic structures, such as BAT, under the skin sensor. BAT activity can influence the skin T of the back, when the heart mostly recovers after the physical load.*

**Key words:** children; adolescents; physical load; thermo-vegetative skin reactivity; circulation; hemodynamics.

Динамические наблюдения за температурой различных участков кожных покровов дают наиболее существенную информацию о состоянии энергovegetативных процессов в организме [3]. При этом температура кожи в разных участках поверхности тела отражает несколько различающиеся физиологические процессы. Так, например, температура плеча отражает тотальные изменения метаболизма и повышается, когда интенсивность метаболических процессов растет, а их экономичность падает [1; 4]. В то же время, она может снижаться за счет охлаждения – например, благодаря активному потоотделению [5]. На плече под поверхностью кожи нет внутренних органов, которые могли бы обладать повышенной термогенной активностью, поэтому температура в этих участках отражает системную температуру организма (с точностью до величин, зависящих от толщины и экраняющих свойств подкожной клетчатки).

Совершенно иная динамика может наблюдаться в области шеи и надключичных ямок, где, по данным ряда исследователей, располагаются локусы бурой жировой ткани (БЖТ), отличающейся высокой термогенностью в условиях охлаждения [6]. Третью альтернативу представляет собой межлопаточная область спины, где БЖТ располагается обычно у детей, но у взрослых в этом расположении встречается редко.

Четвертая точка – грудина, за которой расположено сердце, обладающее высокой термогенной активностью, и иногда эта активность проявляется в виде теплового потока, проецируемого на поверхность кожи. В то же время, подкожный жир в области грудины иногда может содержать компоненты БЖТ.

Учитывая сказанное, мы предположили, что динамика кожной температуры в этих четырех локусах будет существенно различаться как при охлаждении, так и при проведении теста с физической нагрузкой (ФН). Для полноты картины эта динамика должна быть сопоставлена с динамикой показателей кровообращения.

Целью настоящей работы было изучить индивидуальные особенности реакции центральной гемодинамики и термоvegetативной реактивности кожи в разных участках тела у девочек-спортсменок 13-14 лет при стандартной физической нагрузке.

## ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведено экспериментальное исследование центральной гемодинамики методом тетраполярной реографии и динамики кожной температуры (Т) с примене-

нием технологии i-Button ThermoChron в ответ на холодовые воздействия до и после стандартной физической нагрузки (VELOЭРГОМЕТРИЯ). Для этого у 10 девочек-подростков 13-14 лет, регулярно занимающихся плаванием, синхронно записывали реограммы грудной клетки и ЭКГ, а также показатели температуры на четырех участках поверхности тела: на шее над ключицей, на груди, на плече и на спине между лопатками.

Эти измерения производили в исходном состоянии, а затем при одномоментном воздействии стандартного локального охлаждения, в качестве которого применялась ванночка с водой температуры 16-17 градусов, в которую опускались кисти рук и дистальные участки предплечья. После десятиминутного интервала испытуемые выполняли стандартную физическую нагрузку на велоэргометре мощностью 100 Вт под контролем частоты пульса и параметров кровообращения. Затем следовал отдых в течение 10 мин., и дети вновь подвергались одномоментному воздействию холода точно так же, как до физической нагрузки.

На протяжении всего исследования непрерывно регистрировали ЭКГ в I-ом отведении и реокардиограмму грудной клетки, которая позволяет рассчитать текущие значения ударного объема (УО) сердца и минутный объем крови (МОК). Для записи параметров гемодинамики использовали компьютерный реограф «Рео-Спектр», который дает возможность определять УО сердца с помощью методики тетраполярной импедансной кардиографии в модификации Кубичека [2].

Для измерения температуры были использованы наклеивающиеся термодатчики ThermoChron i-Button, информация с которых считывалась в компьютер со специализированным программным обеспечением.

Мониторинг температуры кожи проводился в течение всего периода исследования с одномоментным интервалом измерения на четырех вышеуказанных участках поверхности тела.

Испытуемыми были 10 девочек – спортсменов-пловцов в возрасте 13-14 лет, посещающие бассейн при РГУФКСМиТ. Каждая из обследованных девочек (Д) не менее 5 лет тренировалась в спортивной секции по плаванию, и на момент обследования имела 1-2 взрослый спортивный разряд.

Непосредственно перед началом тестирования у испытуемых измеряли параметры физического развития: длину и массу тела, окружность грудной клетки и т.д., а также АД. Рассчитывали индекс массы тела (ИМТ) Кетле-2 ( $M/L^2$ ).

Дети и их родители были ознакомлены с процедурой тестирования и дали письменное согласие на участие в исследовании. К занятиям в группе подростки допускались на основании заключения врача-терапевта и спортивного врача. В процессе исследований принимал участие тренер, работающий с этими детьми.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Чтобы дать представление о ходе всего эксперимента, в качестве примера рассмотрим динамические наблюдения за одной из девочек и проследим специфику температурных и гемодинамических реакций на проведенные тесты.

Для удобства отображения данных гемодинамики и температуры на одном графике, мы представили МОК не как обычно принято в литрах, а в децилитрах в минуту. Время начала тестов обозначено на рисунке вертикальными стрелками.

На рис. 1 можно видеть, что определенные сдвиги гемодинамики и кожной температуры происходят в ответ как на холодовое воздействие, так и под влиянием физической нагрузки.

Первая холодовая проба не вызвала заметной реакции системы кровообращения. Брадикардия была незначительной и очень короткой, и снижение УО и МОК также выглядели минимальным и кратковременным.

Подъем температуры в ответ на первое охлаждение отчетливо проявляется в области спины и плеча. Динамика температуры на шею менее выражена. Подъем температуры на спине и плече начинался через 1-2 мин. после начала теста и продолжался еще 2-3 мин. после его окончания.

Холодовая проба вызывает плавный и длительный подъем температуры в области груди. Здесь она начинает повышаться через минуту после начала холодового теста и неуклонно растет вплоть до завершения теста с физической нагрузкой. Можно предположить, что на груди мы имеем отражение работы сердца.

Физическая нагрузка действует на ССС таким образом, что все показатели повышаются достаточно резко уже на первой минуте работы, и к концу работы достигают своего максимума. После физической нагрузки все показатели снижаются и приходят к уровню покоя уже на 5-6 минуте после работы.

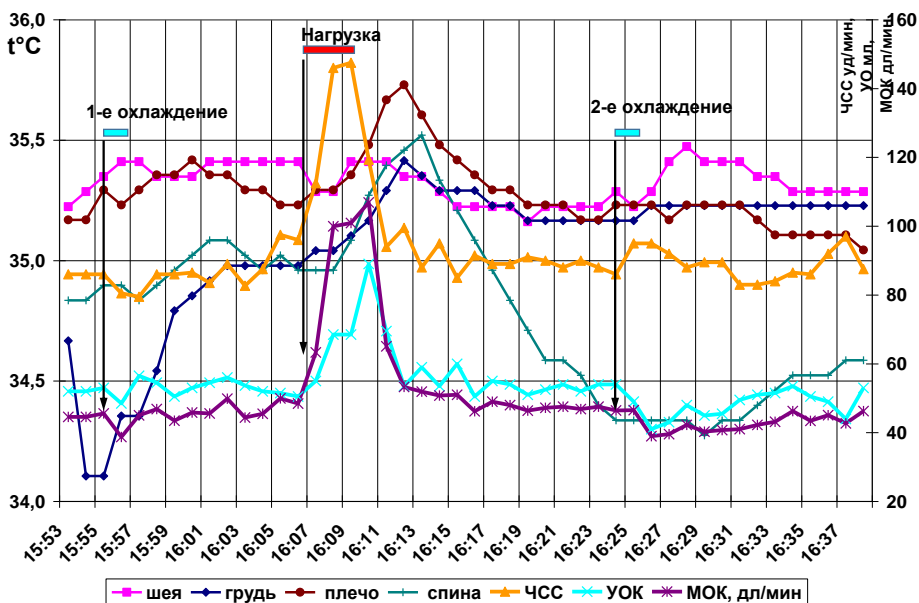


Рис.1. Синхронизированная динамика показателей температуры и кровообращения у испытуемой К.Л.

(Начало холодового воздействия и начало выполнения физической нагрузки обозначено стрелками. Время проведения тестов – охлаждение и физическая нагрузка – обозначено на графике горизонтальными полосками).

Во время физической нагрузки мы наблюдаем отчетливое повышение температуры груди, спины и плеча. Самым горячим становится плечо – оно нагревается, видимо, в результате генерализованного расширения капилляров и притока горячей крови во время физической нагрузки. Колебания температуры на шее были выражены в меньшей степени.

Повышение температуры на груди, спине и плече начинается только через 2 мин. после начала физической нагрузки. Максимальное увеличение температуры достигается на груди и плече через 2 мин., а на спине только через 3 мин. после окончания теста с физической нагрузкой.

Затем температура кожи в различных точках измерения начинает с разной скоростью снижаться. Так, температура плеча приходит к норме уже приблизительно через 6-7 мин. после физической нагрузки. Температура груди не успевает опуститься до исходного уровня вплоть до следующей холодовой пробы.

Температура спины, напротив, через 4 мин. после окончания физической нагрузки начинает неуклонно падать и опускается ниже дорабочих величин. Она прекращает свое снижение только при повторной холодовой пробе.

Действие повторного охлаждения оказывает на систему кровообращения небольшое влияние. Однако если при первом предъявлении холодовой пробы она имела отчетливо тормозящее воздействие (падают ЧСС, УО и МОК), то повторная проба, напротив, ведет к некоторой активации хронотропной функции сердца – и пульс растет на 10 уд./мин. В то же время, более заметно падает УО, и это приводит к некоторому падению МОК.

Что касается изменений температуры кожи, то повторная холодовая проба после физической нагрузки действует стимулирующее только на область шеи. Реакции на груди и плече не наблюдаются. При этом температура спины приостанавливает свое снижение, начавшееся после физической нагрузки.

Таким образом, нами выявлена достаточно сложная динамика изменений показателей ССС и температуры кожи на различных участках тела в ответ на предъявленные тесты.

На представленной синхронизированной записи видно, что хотя определенные сдвиги гемодинамики и термовегетативной реактивности кожи происходят в ответ на холодовое воздействие, наиболее выражены все реакции проявляются под влиянием физической нагрузки.

Предметом дальнейшего обсуждения настоящей статьи будет именно анализ пробы с физической нагрузкой.

При рассмотрении полученного материала обнаружены существенный межиндивидуальный разброс в показателях гемодинамики в покое и индивидуальные отличия в реакциях системы кровообращения на физическую нагрузку.

Чтобы показать, насколько сильно различались индивидуальные особенности гемодинамических процессов при физической нагрузке, мы представили персональные диаграммы всех девочек на одном графике. При этом мы расположили отрезки индивидуальных гемодинамических кривых таким образом, чтобы момент начала работы совпал и оказался на одном уровне у всех обследованных девочек (рис. 2). В табл. 2 мы представили индивидуальные данные каждой испытуемой и средние значения показателей в группе, которые в определенной мере отражают общую тенденцию изменений гемодинамики при работе.

Из приведенной таблицы и на индивидуальных графиках (рис. 2) наглядно видно, что обследованная нами группа спортсменок оказалась неоднородна. Выявляется большая индивидуальная вариабельность в показателях гемодинамики как в покое, так и при работе.

Так, если среднее значение ЧСС в покое у обследованных девочек составляло  $89,75 \pm 12,0$  уд./мин., то три девочки (Г.К., Б.Д., М.Д) имели ЧСС более 100 уд./мин, что было выше средних значений по группе и выше возрастной нормы.

Из общего числа детей выделялись также девочки, у которых зарегистрирован более высокий УО в покое по сравнению с остальными (З.В, Л.Л., П.П.). Именно у этих трех испытуемых наблюдали и самые высокие в группе значения МОК до работы.

Проанализируем реакции гемодинамики на физическую нагрузку.

Влияние физической нагрузки на гемодинамику достаточно очевидно. На систему кровообращения она действует так, как должна: с первых секунд вхождения в работу у девочек наблюдалось увеличение всех параметров кровообращения (табл. 2), динамику которых удалось в деталях проследить с помощью метода РКГ [2].

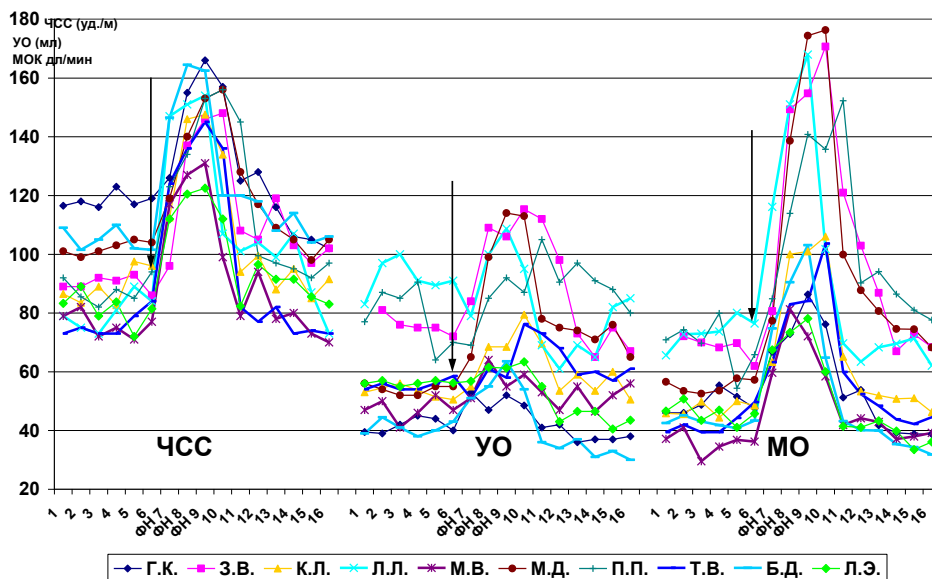


Рис. 2. Изменение показателей гемодинамики у девочек-спортсменок 13-14 лет при стандартной физической нагрузке.

(Начало выполнения физической нагрузки обозначено стрелками).

У всех детей происходит закономерное значительное увеличение ЧСС. На первой минуте она увеличивалась до  $122,3 \pm 4,4$  уд./мин, а к моменту окончания работы, в конце 3 мин., достигала своего максимума в  $148,1 \pm 12,0$  уд./мин ( $p < 0,05$ ) (табл. 2). При этом в обследованной группе наблюдается большой разброс этого параметра: максимальные значения ЧСС в конце работы варьируют у отдельных испытуемых в пределах 122,5-166,0 уд./мин.

УО так же начинает увеличиваться на первой минуте работы. К третьей минуте его значения достигали своего максимума и превышали уровень покоя в среднем на 30% ( $p < 0,05$ ). При этом весь период работы самый высокий УО отмечали у 4 испытуемых (З.В., Л.Л., П.П., М.Д.). Первые три из них имели изначально в покое высокий УО, а у третьей (М.Д.) при вполне типичном УО в покое наблюдали самый большой в группе (почти двукратный) прирост УО по отношению к уровню покоя почти в два раза (табл. 2, рис. 2).

У всех детей МОК при физической нагрузке также увеличивался с первой минуты работы, и к моменту ее окончания уже был более чем в два раза выше по сравнению с уровнем покоя. При этом самый высокий МОК имели те 4 девочки, у которых наблюдался самый высокий УО при работе. У остальных рабочие значения МОК достигались оптимальным сочетанием прироста УО и ЧСС.

Большой разброс показателей гемодинамики при работе объясняется неодинаковым изначальным уровнем ЧСС, УО и МОК в покое и разной степенью увеличения этих параметров в ответ на физическую нагрузку.

Сразу после работы все показатели гемодинамики начинают достаточно быстро восстанавливаться к уровню покоя. ЧСС на 4 минуте превышает дорабочий уровень всего на 4 уд./мин ( $p > 0,05$ ), а к 6 минуте реституции почти у всех девочек приходит к норме, и только у двух (З.В. и П.П.) превышают значения покоя на 10 уд./мин.

УО на 2-й минуте после работы уже не отличается достоверно от значений покоя, а к 3-й минуте – полностью восстанавливается. МОК к 4 минуте реституции практически у всех полностью приходит к норме. Только у двух девочек МОК не успевал полностью восстановиться к 7 минуте после работы (М.Д. П.П.).

Изменения гемодинамики при физической нагрузке достаточно очевидны, но эти данные необходимы нам для сопоставления их с изменениями термовегетативной реакцией кожи.

Выявленная нами высокая индивидуальная вариативность процессов адаптации гемодинамики к физической работе у девочек-спортсменок 13-14 лет обусловлена морфофункциональными свойствами ССС конкретного ребенка, особенностями развития различных звеньев системы кровообращения, а также различными темпами формирования вегетативных механизмов мышечной деятельности в пубертатный период.

На рис. 3 представлены отрезки индивидуальных кривых испытуемых, на которых показана динамика изменений температуры кожи в различных участках тела в покое и при проведении пробы с физической нагрузкой. В табл. 2 приведены численные значения этих температур. У нескольких девочек показания температуры на отдельных участках тела отсутствуют из-за технических помех в работе записывающих датчиков.

При анализе данных выявлены значительные межиндивидуальные различия кожных температур как у отдельных у девочек в пределах обследованной группы, так и температур кожи на анатомически разных участках тела у одного и того же ребенка.

Из табл. 2 и рис. 3 видно, что в покое перед работой температура кожи на анатомически разных участках кожи тела одного и того же ребенка была различна.

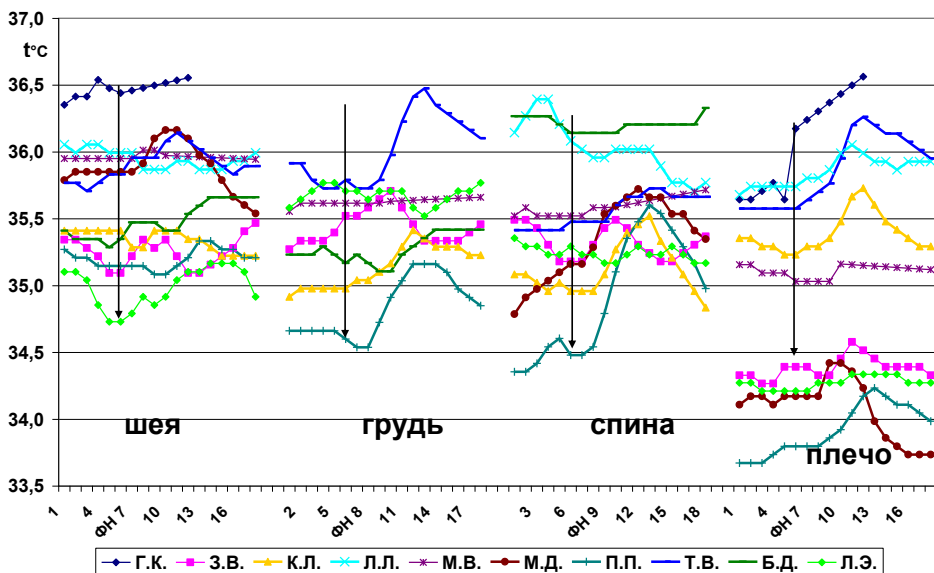


Рис. 3. Изменение температуры кожи на разных участках тела у девочек-спортсменок 13-14 лет при стандартной физической нагрузке. (Начало выполнения физической нагрузки обозначено стрелками).

Самая высокая температура в покое была зарегистрирована в области шеи –  $35,62 \pm 0,11^\circ\text{C}$ , а наименьшая в области плеча –  $34,87 \pm 0,24^\circ\text{C}$  ( $p < 0,05$ ). Температура кожи на груди и спине незначительно различалась между собой и составляла соответственно  $35,33 \pm 0,15$  и  $35,40 \pm 0,18^\circ\text{C}$ .

При этом отмечен большой межиндивидуальный разброс в показателях температуры на каждом из обследованных участках тела как в покое, так и при работе. Наибольшая межиндивидуальная вариабельность значений температуры кожи в покое в исследованной группе испытуемых наблюдалась в области плеча, а наименьшая – в зоне груди.

Температура кожи плеча у детей исследованной группы находилась в пределах  $33,71 - 35,73$ . т. е. ее разброс в области плеча у отдельных испытуемых в группе составлял  $2,02^\circ\text{C}$ .

Величина температуры кожи груди варьировала в пределах  $34,66 - 35,82$ , т. е. ее разброс в области груди у отдельных испытуемых в группе составлял  $1,15^\circ\text{C}$ .

На шее температура определялась в пределах  $34,97 - 36,40$  (разброс  $1,43^\circ\text{C}$ ), а на спине в границах  $34,46 - 36,28^\circ\text{C}$  (разброс  $1,83^\circ\text{C}$ ).

Разброс значений температуры кожи на различных участках тела у детей обследованной группы можно также оценить по величине стандартного отклонения ( $\sigma$ ), представленным в табл. 2. Ее величина составляла на шее и груди  $\sigma = 0,34$  и  $0,36$  соответственно, на спине  $\sigma = 0,53$  а на плече –  $\sigma = 0,67$



Под влиянием физической работы на велоэргометре температура кожи изменялась в разной степени как у отдельных испытуемых, так и у одного и того же ребенка на разных участках тела.

Как уже отмечалось выше на примере испытуемой (Т.Д.) при физической работе на велоэргометре температура кожи на разных участках тела начинала увеличиваться через 1-3 мин. после начала работы (рис. 1).

При этом температура продолжала расти и после окончания работы, и достигала своего максимума на разных участках тела и у разных испытуемых только через 1-4 мин. после окончания работы. Достаточно большой разброс длительности реакции наблюдался как у разных девочек, так и на различных участках тела у одного и того же ребенка.

Создалось впечатление, что реакция температуры кожи на плече начинается несколько позже, а заканчивается чуть раньше, чем на других участках тела. Таким образом, самый короткий период реакции температуры кожи в ответ на физическую нагрузку наблюдался на плече (в среднем 2,5 мин.), а самый продолжительный – на коже спины (в среднем 3,6 мин.). Хотя эта тенденция не нашла статистически достоверного подтверждения из-за малого количества испытуемых и большой индивидуальной вариабельности данных.

Под влиянием физической нагрузки температура на разных участках кожи у одной и той же испытуемой могла увеличиваться в разной степени. Наименьший подъем температуры при нагрузке был выявлен на коже шеи, а наибольший – на коже спины и груди.

Прирост температуры шеи (табл. 3) при нагрузке отмечали у 7 девочек из 10, и он составлял у них в среднем  $0,24 \pm 0,03^\circ\text{C}$  по отношению к уровню покоя. При этом Т груди увеличивалась у них до  $35,78 \pm 0,18^\circ\text{C}$ . У трех девочек (К.Л., Л.Л., М.В.) температурные сдвиги на шее при физической нагрузке были минимальными, а направленность реакции выражена не четко.

Увеличение температуры кожи груди при нагрузке наблюдалось в 70% случаев. Ее прирост составлял  $0,43 \pm 0,06^\circ\text{C}$ , а сама Т этой области на пике подъема достигала  $35,64 \pm 0,19^\circ\text{C}$ .

Подъем температуры кожи спины был наиболее отчетливо выражен по сравнению с другими точками тела, и он наблюдался у 6 из 9 девочек. Температура спины у этих испытуемых увеличивалась в среднем на  $0,50 \pm 0,14^\circ\text{C}$ , а температура спины на пике подъема у этих девочек достигала  $35,63 \pm 0,04^\circ\text{C}$ , что значительно превышало ее значение в покое ( $p < 0,02$ ). При этом отметим, что температура спины достигала своего максимума в основном через 2-4 мин. после окончания работы – в тот момент, когда показатели гемодинамики уже начинают возвращаться к до-рабочему уровню.

В период наибольшего подъема температура кожи груди и спины была лишь незначительно ниже, чем температура шеи. Хотя в покое последняя была выше, чем температура груди и спины.

У двух девочек (Б.Д, Л.Э.) сдвиги температуры на коже спины при нагрузке были незначительными, а направленность реакции не имела определенной тенденции. Отметим также, что у одной из девочек (Б.Д.) во время физической нагрузки наблюдали снижение температуры спины, которое, по нашему мнению, не является прямым ответом на нагрузку, поскольку еще за несколько минут до

начала работы у испытуемой было отмечено значительное увеличение температуры спины, сменившееся затем снижением, что, по-видимому, являлось реакцией кожи на предшествующую холодовую пробу.

По нашему мнению, термогенное влияние работающего сердца на температуру кожи спины и груди обнаруживается при сравнении реакций показателей гемодинамики и сдвиг термовегетативных процессов этой области.

Так, выявлены 2 девочки (М.В., Л.Э.), у которых подъем температуры при физической нагрузке в большинстве обследованных точек был минимальным, а направленность температурной реакции была плохо выражена. Оказалось, что эти девочки имели одно из самых низких значений МОК как в покое, так и при работе.

В то же время, З.В., К.Л., М.Д., П.П. и Т.В., у которых отмечали самые высокие значения МОК в покое и хорошо выраженную реакцию гемодинамики на физическую нагрузку, имели наибольшие приросты температуры спины и груди при работе.

У Л.Л., Б.Д. и Г.К. отчетливых соответствий между степенью увеличения показателей гемодинамики и приростом температуры кожи выявить не удалось. Таким образом, у 7 из 10 девочек (в 70% рассмотренных случаев) установлено определенное соответствие между изменениями параметров гемодинамики и термовегетативной реакцией кожи спины и груди на физическую нагрузку.

Результаты эксперимента, касающиеся изменения температуры спины при физической нагрузке, можно наглядно отобразить на одном графике.

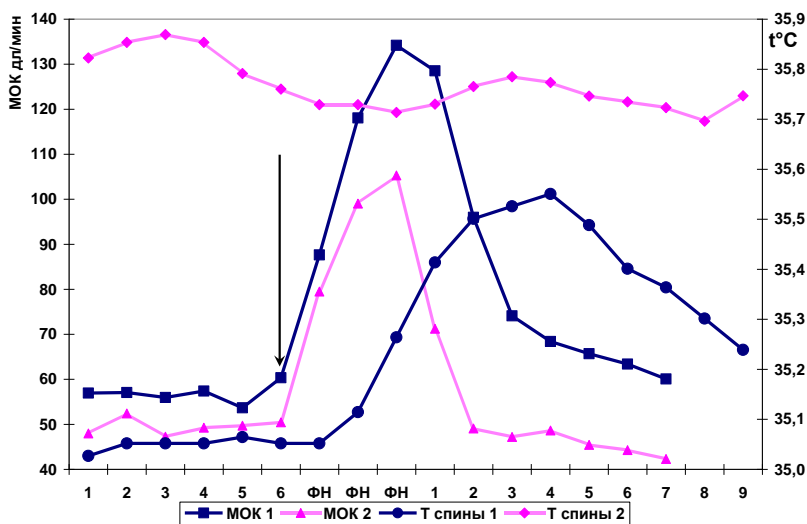


Рис. 4. Изменение МОК и температуры кожи спины у девочек-спортсменок 13-14 лет при стандартной физической нагрузке.

Примечания: МОК 1 и Т спины 1 – показатели у девочек, у которых отмечен подъем Т спины при ФН. МОК 2 и Т спины 2 – показатели у девочек, у которых нет подъем Т спины при ФН.

Стрелкой отмечено начало работы

Из рисунка видно (Рис. 4), что у тех девочек, у которых наблюдался подъем температуры спины при физической нагрузке, этот подъем начинался позже, чем увеличение МОК, и достигал своего максимума на 4 мин. после работы, когда МОК уже успевает в достаточной мере восстановиться.

На рисунке также видно, что девочки, у которых наблюдалось значительное увеличение температуры спины, имели более высокий прирост МОК при работе, чем те, у которых температура спины при нагрузке почти не изменялась.

Изменение температуры спины главным образом связано с термогенной активностью сердца, при этом увеличение Т спины – это процесс, который, конечно, развивается более медленно, чем реакция гемодинамики на физическую нагрузку. Однако значительная продолжительность реакции Т кожи в этой области, которая превышает по длительности реакцию самого сердца на нагрузку, дает нам основание предположить, что у части девочек в этой области, возможно, находится и другая термогенная структура (такая как БЖТ). Активность БЖТ может оказывать влияние на температуру кожи в этой области, когда работа сердца уже начинает восстанавливаться после ФН.

Оказалось также, что температура спины в покое и при нагрузке была выше у тех девочек, у которых она при физической нагрузке почти не изменялась.

Подъем температуры кожи плеча наблюдался у 8 из 9 девочек (89% случаев). Он был достаточно хорошо выражен и составлял  $0,41 \pm 0,08^{\circ}\text{C}$  к дорабочему уровню. Тем не менее, весь период наблюдения (в покое, при физической нагрузке, а также после нее) температура плеча была ниже, чем температура шеи, спины и груди. Разница температуры плеча и других участков тела составляла  $0,24 - 0,76^{\circ}\text{C}$ .

После работы температура кожи на всех обследованных участках, достигнув своего максимума, начинала постепенно снижаться. Однако у большинства испытуемых она не успевала полностью вернуться к исходному дорабочему уровню ни к пятой, ни даже к 6-7 минутам реституции, особенно на спине и груди.

Выявлены, однако, отдельные случаи, когда температура кожи в восстановительном периоде падала ниже исходных величин (М.Д. – температура шеи и плеча, К.Л. – температура спины).

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Таким образом, нами выявлены существенные различия в динамических термовеgetативных процессах между различными участками поверхности тела, а также межиндивидуальные различия в реакциях гемодинамики на физическую нагрузку у девочек-спортсменок 13-14 лет.

Было обнаружено, что у испытуемых в покое и при физической нагрузке самой низкой была температура кожи плеча, что отражает степень васкуляризации кожи на данном участке тела и отсутствие термогенных структур непосредственно под данной областью измерения. Увеличение температуры кожи плеча при физической нагрузке обусловлено усилением кровотока кожи на этом участке во время работы.

Высокая температура кожи на шее над ключицей в покое и при физической нагрузке, возможно, свидетельствует о наличии термогенных структур (таких, как

БЖТ) непосредственно в этой области. А увеличение температуры кожи шеи при физической нагрузке может свидетельствовать об активизации термогенной активности БЖТ [1, 6].

На величину температуры спины и груди оказывает влияние сразу несколько факторов: состояние капиллярного кровотока в данной области и термогенный эффект работы сердца. Тот факт, что реакции Т кожи спины превышает по длительности реакцию сердца на нагрузку, дает нам основание предположить наличие у некоторых девочек на спине, под местом прикрепления датчика, подкожных термогенных структур – таких как БЖТ. Возросшая при ФН активность БЖТ может оказывать влияние на Т кожи спины, когда работа сердца уже в значительной степени восстановилась после ФН.

На данном этапе описанный фрагмент нашего эксперимента является пилотным исследованием. Из-за малого количества испытуемых и большой межиндивидуальной вариабельности данных выявленные нами изменения гемодинамики и Т кожи на разных участках тела не всегда были статистически достоверны. Наличие большего количества данных позволит более четко подтвердить установленные нами зависимости.

В дальнейших наших работах мы предполагаем продолжить изучение реакции гемодинамики и кожных температур на холодное воздействие до и после физической нагрузки, а также изменения этих реакций с возрастом.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акимов Е.Б., Андреев Р.С., Каленов Ю.Н., Сонькин В.Д., Тоневицкий А.Г. Температурный портрет человека и его связь с аэробной производительностью и уровнем лактата в крови // Физиология человека. – 2010. – Т. 36. – № 4. – С. 89-101.
2. Васильева Р.М. Реография – неинвазивный метод исследования кровообращения у детей и взрослых: успехи и перспективы // Физиология человека. – 2017. – Т. 43. – № 2. – С. 125-136.
3. Воловик М.Г. Динамическое инфракрасное картирование терморегуляторных процессов в биологических тканях: автореф. дисс. доктора биологических наук: 03.03.01. – Пушкино, 2016. – 42 с.
4. Сонькин В.Д., Кирдин А.А., Андреев Р.С., Акимов Е.Б. Гомеостатический несократительный термогенез у человека: факты и гипотезы // Физиология человека. – 2010. – Т. 36. – № 5. – С. 121-139.
5. Son'kin V.D., Akimov E.B., Andreev R.S., Yakushkin A.V. and Kozlov AV. Brown Adipose Tissue Participate in Lactate Utilization during Muscular Work // icSPORTS 2014. Proceedings of the 2nd International Congress on Sports Sciences Research and Technology Support – P.97-102.
6. Symonds M.E., Henderson K., Elvidge L., Bosman C., Sharkey D., Perkins A.C. & Budge H. Thermal imaging to assess age-related changes of skin temperature within the supraclavicular region co-locating with brown adipose tissue in healthy children // J. Pediatr. – 2012. – Vol. 161. – P.892–898.

## REFERENCES

1. Акимов Е.Б., Р Андреев.С., Каленов Ю.Н., В Сонькин.Д., А Тоневицкий.Г. Температурный портрет человека и его связь с аэробной производительностью и уровнем лактата в крови // Физиология человека. – 2010. – Т. 36. – № 4. – С. 89-101.
2. Васильева Р.М. Реография – неинвазивный метод исследования кровообращения у детей и взрослых: успехи и перспективы // Физиология человека. – 2017. – Т. 43. – № 2. – С. 125-136.
3. Воловик М.Г. Динамическое инфракрасное терморегуля-торных картирование процессов в биологических тканях: автореф. дисс. доктора биологических наук: 03.03.01. – Пущино, 2016. – 42 с.
4. В Сонькин.Д., Кирдин А.А., Р Андреев.С., Акимов Е.Б. Гомеопатический несократительный термогенез у человека: факты и гипотезы // Физиология человека. – 2010. – Т. 36. – № 5. – С. 121-139.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Табл. 1

Изменение показателей гемодинамики у девочек-спортсменок 13-14 лет при стандартной физической нагрузке (велоэргометрия)

Этап	Время (мин)	ЧСС (уд./м)										Среднее	
		Г.К.	З.В.	К.Л.	Л.Л.	М.В.	М.Д.	П.П.	Т.В.	Б.Д.	Л.Э.	М	σ
До работы	1	116,5	89,0	73,0	86,5	79,0	79,0	101,0	92,0	109,0	83,3	90,8	4,0
	2	118,0	89,0	75,0	83,5	75,0	82,0	99,0	85,5	101,5	89,0	89,8	3,8
	...												
	6	119,0	86,0	84,0	96,0	84,0	77,0	104,0	94,0	101,5	81,4	92,7	3,7
Физ. нагрузка	ФН 7	126,0	96,0	124,0	112,5	147,0	117,0	119,0	123,0	146,5	112,0	122,3	4,4
	ФН 8	155,0	137,0	136,0	146,0	151,0	127,0	140,0	134,0	164,5	120,5	141,1	3,8
	ФН 9	166,0	146,0	145,0	147,5	154,0	131,0	153,0	153,0	162,5	122,5	148,1	3,8
Восстановление	10	157,0	148,0	136,0	133,9	107,0	99,0	156,0	156,0	120,0	112,0	132,5	6,3
	11	125,0	108,0	82,0	94,0	101,0	79,0	128,0	145,0	120,0	82,3	106,4	6,5
	12	128,0	105,0	77,0	99,5	104,0	94,0	117,0	99,5	118,0	96,5	103,9	4,1
	13	116,0	119,0	82,0	88,0	99,0	78,0	109,0	97,0	108,0	91,5	98,8	4,0
	14	106,0	103,0	73,0	95,0	107,0	80,0	105,0	95,0	114,0	91,5	97,0	3,7
	15	105,0	97,0	74,0	85,0	87,0	73,0	98,0	92,0	104,0	85,5	90,1	3,2
16	102,0	102,0	73,0	91,5	73,0	70,0	105,0	97,0	106,0	83,0	90,3	4,1	
Этап	Время (мин)	УО (мл)										Среднее	
		Г.К.	З.В.	К.Л.	Л.Л.	М.В.	М.Д.	П.П.	Т.В.	Б.Д.	Л.Э.	М	σ
До работы	1	39,5	81,0	54,0	53,0	83,0	47,0	56,0	77,0	39,0	56,0	58,6	14,7
	2	39,0	76,0	56,0	54,5	97,0	50,0	54,0	87,0	44,5	57,0	61,5	17,1
	...												
	6	40,0	84,0	58,5	50,5	91,0	47,0	55,0	70,0	43,0	56,2	59,5	15,4
Физ. нагрузка	ФН 7	53,0	109,0	51,0	55,0	79,0	51,0	65,0	69,0	51,0	56,8	64,0	16,6
	ФН 8	47,0	106,0	61,0	68,5	100,0	64,0	99,0	85,0	55,0	61,5	74,7	19,0
	ФН 9	52,0	115,3	58,0	68,5	108,7	55,0	114,0	92,0	63,5	61,3	78,8	23,4
Восстановление	10	48,5	112,0	76,2	79,4	95,0	59,0	113,0	87,0	54,0	63,3	78,7	20,8
	11	41,0	98,0	73,0	69,5	69,0	53,0	78,0	105,0	36,0	55,0	67,8	20,3
	12	42,0	73,0	68,0	53,5	61,0	47,0	75,0	90,5	34,0	43,0	58,7	16,2
	13	36,0	65,0	59,0	59,0	69,0	55,0	74,0	97,0	37,0	46,5	59,8	16,5
	14	37,0	75,0	60,0	53,5	65,0	46,5	71,0	91,0	31,0	46,5	57,7	16,7
	15	37,0	67,0	57,0	60,0	82,0	52,0	76,0	88,0	33,0	40,5	59,3	17,3
16	38,0	70,0	61,0	50,5	85,0	56,0	65,0	80,0	30,0	43,5	57,9	16,2	
Этап	Время (мин)	МОК (л/мин.)										Среднее	
		Г.К.	З.В.	К.Л.	Л.Л.	М.В.	М.Д.	П.П.	Т.В.	Б.Д.	Л.Э.	М	σ
До работы	1	46,0	72,1	39,4	45,9	65,6	37,1	56,6	70,8	42,5	46,6	52,3	11,8
	2	46,0	69,9	42,0	45,6	72,8	41,0	53,5	74,3	45,1	50,7	54,1	11,9
	...												
	6	47,6	80,6	49,6	48,5	76,4	36,2	57,2	65,8	43,3	45,8	55,1	13,3
Физ. нагрузка	ФН 7	66,8	149,3	63,2	63,3	116,1	59,7	77,4	84,9	74,7	67,4	82,3	26,0
	ФН 8	72,9	154,8	83,0	100,0	151,0	81,3	138,6	113,9	90,5	73,4	105,9	28,8
	ФН 9	86,3	170,7	84,1	100,9	168,0	72,1	174,4	140,8	103,1	78,1	117,8	37,4
Восстановление	10	76,1	121,0	103,6	106,0	101,7	58,4	176,3	135,7	64,8	60,0	100,4	34,0
	11	51,3	102,9	59,9	65,1	69,7	41,9	99,8	152,3	43,2	41,5	72,7	32,3
	12	53,8	86,9	52,4	53,3	63,4	44,2	87,8	90,2	40,1	41,1	61,3	18,0
	13	41,8	67,0	48,4	51,9	68,3	42,9	80,7	94,1	40,0	43,3	57,8	17,0
	14	39,2	72,8	43,8	50,8	69,6	37,1	74,6	86,5	35,3	39,8	54,9	17,1
	15	38,9	68,3	42,2	51,0	71,3	38,0	74,5	81,0	34,3	33,5	53,3	16,8
16													

Табл. 2

Изменение температуры кожи на разных участках тела у девочек-спортсменок 13-14 лет при стандартной физической нагрузке

Этап	Время (мин)	Фамилия, имя / Температура шеи										Среднее	
		Г.К.	З.В.	К.Л.	Л.Л.	М.В.	М.Д.	П.П.	Т.В.	Б.Д.	Л.Э.	М	$\sigma$
До работы	Покой	36,44	35,26	35,41	36,03	35,95	35,84	35,20	35,77	35,35	34,97	35,62	0,34
	6	36,44	35,09	35,41	35,99	35,95	35,85	35,15	35,83	35,35	34,73	35,58	0,47
Физ. нагрузка	ФН 7	36,46	35,22	35,29	35,99	35,95	35,85	35,15	35,96	35,47	34,79	35,61	0,46
	ФН 8	36,48	35,34	35,29	35,87	36,01	35,91	35,15	35,96	35,47	34,92	35,64	0,43
	ФН 9	36,50	35,28	35,41	35,87	36,01	36,10	35,08	35,96	35,47	34,85	35,65	0,46
Восстановление	10	36,52	35,34	35,41	35,87	35,97	36,16	35,08	36,08	35,41	34,92	35,68	0,47
	11	36,54	35,22	35,41	35,93	35,97	36,16	35,15	36,14	35,41	35,04	35,70	0,46
	12	36,56	35,09	35,35	35,93	35,97	36,10	35,21	36,08	35,54	35,10	35,69	0,45
	13	36,57	35,09	35,35	35,87	35,96	35,98	35,33	36,02	35,60	35,10	35,69	0,43
	14	36,57	35,16	35,29	35,87	35,96	35,91	35,33	35,96	35,66	35,17	35,69	7,48
	15	36,57	35,22	35,22	35,87	35,96	35,79	35,27	35,89	35,66	35,17	35,66	7,11
	16	36,57	35,28	35,22	35,93	35,95	35,66	35,27	35,83	35,66	35,17	35,66	6,75
Этап	Время (мин)	Фамилия, имя / Температура груди										Среднее	
		Г.К.	З.В.	К.Л.	Л.Л.	М.В.	М.Д.	П.П.	Т.В.	Б.Д.	Л.Э.	М	$\sigma$
До работы	Покой		35,33	34,97		35,60		34,66	35,82	35,24	35,69	35,33	0,36
	6		35,52	34,98		35,62		34,60	35,79	35,17	35,71	35,34	0,38
Физ. нагрузка	ФН 7		35,52	35,04		35,62		34,54	35,73	35,23	35,71	35,34	0,38
	ФН 8		35,58	35,04		35,62		34,54	35,73	35,17	35,65	35,33	0,38
	ФН 9		35,65	35,10		35,62		34,72	35,79	35,11	35,71	35,39	0,35
Восстановление	10		35,71	35,17		35,63		34,91	35,98	35,11	35,71	35,46	0,34
	11		35,58	35,29		35,64		35,04	36,23	35,23	35,71	35,53	0,34
	12		35,46	35,42		35,64		35,16	36,41	35,29	35,58	35,57	0,35
	13		35,33	35,35		35,64		35,16	36,48	35,36	35,52	35,55	0,38
	14		35,33	35,29		35,65		35,16	36,35	35,42	35,58	35,54	0,34
	15		35,33	35,29		35,65		35,10	36,29	35,42	35,65	35,53	0,33
	16		35,33	35,29		35,65		34,97	36,23	35,42	35,71	35,52	0,34
Этап	Время (мин)	Фамилия, имя / Температура спины										Среднее	
		Г.К.	З.В.	К.Л.	Л.Л.	М.В.	М.Д.	П.П.	Т.В.	Б.Д.	Л.Э.	М	$\sigma$
До работы	Покой		35,38	35,03	36,28	35,53	34,96	34,46	35,42	36,26	35,28	35,40	0,53
	6		35,18	34,96	36,08	35,52	35,16	34,48	35,48	36,14	35,29	35,37	0,47
Физ. нагрузка	ФН 7		35,18	34,96	36,02	35,52	35,16	34,48	35,48	36,14	35,23	35,35	0,46
	ФН 8		35,31	34,96	35,96	35,58	35,29	34,54	35,48	36,14	35,23	35,39	0,43
	ФН 9		35,43	35,08	35,96	35,58	35,54	34,79	35,48	36,14	35,17	35,46	0,38
Восстановление	10		35,49	35,27	36,02	35,59	35,60	35,10	35,60	36,14	35,17	35,55	0,32
	11		35,43	35,40	36,02	35,60	35,66	35,35	35,66	36,21	35,23	35,62	0,29
	12		35,31	35,46	36,02	35,62	35,72	35,48	35,66	36,21	35,29	35,64	0,28
	13		35,24	35,52	36,02	35,64	35,66	35,60	35,73	36,21	35,23	35,65	0,28
	14		35,18	35,33	35,90	35,65	35,66	35,54	35,73	36,21	35,23	35,60	0,29
	15		35,18	35,21	35,77	35,67	35,54	35,42	35,66	36,21	35,29	35,55	0,29
	16		35,24	35,08	35,77	35,68	35,54	35,29	35,66	36,21	35,23	35,52	0,31

Этап	Время (мин)	Фамилия, имя / Температура плеча										Среднее	
		Г.К.	З.В.	К.Л.	Л.Л.	М.В.	М.Д.	П.П.	Т.В.	Б.Д.	Л.Э.	М	σ
До работы	Покой	35,68	34,32	35,31	35,73	35,12	34,15	33,71	35,58		34,24	34,87	0,67
	6	36,17	34,39	35,23	35,74	35,03	34,17	33,80	35,58		34,21	34,93	0,73
Физ. нагрузка	ФН 7	36,24	34,39	35,29	35,80	35,03	34,17	33,80	35,64		34,21	34,95	0,76
	ФН 8	36,30	34,33	35,29	35,80	35,03	34,17	33,80	35,70		34,27	34,97	0,78
	ФН 9	36,37	34,33	35,36	35,87	35,03	34,42	33,86	35,76		34,27	35,03	0,77
Восстановление	10	36,43	34,45	35,48	35,99	35,16	34,42	33,92	35,95		34,27	35,12	0,80
	11	36,50	34,58	35,67	36,05	35,16	34,36	34,05	36,20		34,34	35,21	0,83
	12	36,56	34,52	35,73	35,99	35,15	34,23	34,17	36,26		34,34	35,22	0,84
	13	36,63	34,45	35,60	35,93	35,15	33,98	34,23	36,20		34,34	35,17	0,86
	14	36,63	34,39	35,48	35,93	35,14	33,86	34,17	36,14		34,34	35,12	0,88
	15	36,63	34,39	35,42	35,87	35,14	33,80	34,11	36,14		34,34	35,09	0,89
	16	36,63	34,39	35,36	35,93	35,13	33,74	34,11	36,08		34,27	35,07	0,90

Табл. 3

Температуры кожи на разных участках тела в момент ее максимального подъема при физической нагрузке

Область измерения	шея n=7	грудь n=5	спина n=6	плечо n=8
До работы	35,54±0,18	35,20±0,16	35,13±0,14	34,95±0,28
Максимальная T°	35,78±0,18	35,64±0,19	35,63±0,14	35,36±0,32
Прирост T° при ФН	0,24±0,03	0,43±0,06	0,50±0,04	0,41±0,08



# ШКОЛА И ЗДОРОВЬЕ

## СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ И РЕЖИМ ДНЯ УЧАЩИХСЯ 11 ЛЕТ МОСКОВСКОЙ ШКОЛЫ

Л.В. Макарова<sup>1</sup> Г.Н., Лукьянец, К.В. Орлов,  
М.С. Шибалова, О.А. Курмышова, Г.В. Власова\*  
ФГБНУ «Институт возрастной физиологии РАО»,  
\*ГБОУ «Школа №760 им. А.П. Маресьева», Москва

*Изучались показатели здоровья и режима дня школьников 5-х классов Московских школ 11-летнего возраста. Использовались следующие методы: антропометрия, анкетирование, программный опрос, выкопировка данных медицинских карт, вариационно-статистические. Исследование здоровья выявило ряд особенностей. В структуре заболеваний первое место занимают нарушения опорно-двигательного аппарата – 57,7%; на втором месте - патология сердечно-сосудистой системы (до 26%); на третьем месте - патология зрения: 15,4%. Выявленная структура нарушений здоровья в определенной степени согласуется с литературными данными по г. Москве и др. городам Российской Федерации.*

*Изучение режима дня показало, что по продолжительности выполнения домашних заданий треть 11-летних детей (33%) превышали установленный норматив (23,6% мальчиков и 45,1% девочек). Досуговая деятельность пятиклассников была достаточно насыщена. В каждом из занятий (просмотр ТВ, музыка, иностранный язык, другие занятия по интересам, спорт) участвует примерно треть детей, в занятиях спортом – половина. Электронными устройствами были увлечены 96% детей и в большинстве случаев – ежедневно. Установлены нарушения режима дня в ущерб ночного сна и дневного отдыха (сокращение времени двигательного компонента и пребывания на открытом воздухе), что нуждается в своевременной корректировке.*

**Ключевые слова:** школьники, здоровье, патология, физическое развитие, режим дня.

**Health status and student daily regime in 11-year-old pupils of moscow schools.**  
*The paper presents the study of health and daily regime of 11-year-old schoolchildren studying in the 5th grade of Moscow schools. The following methods were used: anthropometry, questionnaire, program interrogation, medical records, variational-statistical methods. The health study revealed a number of features: the musculoskeletal system disorders comprise 57,7%; the pathology of the cardiovascular system – up to 26%; and finally, vision pathology makes 15,4%. The revealed structure of health disorders to a certain extent agrees with the data received in Moscow and other cities of the Russian Federation.*

*The study of daily regime showed that a third of 11-year-old children (33%) exceeded the established norm of time (23.6% of boys and 45.1% of girls) that is to be spent on homework. The leisure activity of the fifth graders was various. About one*

---

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

*third of children participate in each of these classes: TV, music, a foreign language, other interests); half of children are involved in sports. 96% of children use electronic devices, in most cases, on a daily basis. There were found out daily regime violations in night sleep and day rest (less activity component and staying in the open air), which needs timely correction.*

**Key words:** *schoolchildren, health, pathology, physical development, daily regime.*

Вопросы профилактической школьной медицины связаны с изучением условий, влияющих на рост и развитие подрастающего ребенка, с выявлением факторов риска, угрожающих формированию его полноценного здоровья. Определяя отклонения в сроках возрастного развития и дисгармоничность морфо-функционального созревания, мы можем не только констатировать определенные изменения в состоянии здоровья, но, также, определять степень риска возникновения того или иного заболевания. Вместе с тем, важно учесть и все другие возможные факторы, обеспечивающие благоприятное протекание процессов роста и развития детского организма.

Важнейшим показателем развития ребенка является здоровье, которое позволяет обеспечить равновесие человека с окружающим миром и выполнение социальных функций, а, следовательно, неразрывно связано с успешностью социальной адаптации. Как известно, наиболее выраженный рост распространенности функциональных нарушений и хронических заболеваний происходит в период получения детьми систематического образования. Это связано как с более ранним началом обучения, с возрастающей учебной нагрузкой, углубленным изучением отдельных предметов при интенсификации учебного процесса в целом, так и с тем, что на возрастном отрезке от 3 до 18 лет организм ребёнка интенсивно растёт и развивается. Вместе с тем, и это отмечается многими исследователями как установившийся факт, современные дети постоянно испытывают психоэмоциональное напряжение. Ему часто сопутствуют нарушения режима дня. Все это снижает резистентность растущего организма, способствует формированию различных функциональных отклонений и их переходу в хронические заболевания, приводит к увеличению распространенности пограничных психических расстройств разной степени выраженности и психосоматических нарушений здоровья.

Целью исследования было изучить состояние физического здоровья и режим дня учащихся пятых классов московской школы.

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании приняло участие 188 учащихся 5-х классов, трех московских школ, из них 106 мальчиков и 82 девочки (11лет). Использовались следующие методики: антропометрия, выкопировка данных медицинских карт, анкетирование. Для оценки режима дня школьников использовалась методика программного опроса с помощью специальных недельных хронометражных листов, которые заполнялись учениками. Полученные данные подвергались вариационно-статистической обработке с использованием программы SPSS Statistics.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Основная доля обследованных детей 11 лет относилась ко второй группе здоровья – 76,0 %, лишь 6,7 % детей были абсолютно здоровы, а 16,3 % учащихся уже имели в своем анамнезе хронические заболевания и относились к третьей группе здоровья. При анализе ранговой структуры заболеваний выявилось, что первое место занимают нарушения опорно-двигательного аппарата (ОДА) – около 57,7 % (до 56,2 % у девочек и 58,9 % у мальчиков). В основном это плоскостопие и нарушение осанки. Высокие показатели нарушений ОДА были выявлены благодаря привлечению специалистов для обследования детей в данной школе, проводивших тщательное измерение отклонений в развитии стопы и осанки. Различия по полу незначительны. На втором месте оказалась патология сердечно-сосудистой системы (до 26 %). Это разнообразные нарушения, в том числе малые аномалии развития и аритмии. На третьем месте патология зрения (преимущественно миопия) – 15,4 %. Лидирующие патологии: нарушения опорно-двигательного аппарата, заболевания сердечно-сосудистой системы, органа зрения, органов дыхания и ЛОР-органов сопутствовали друг другу чаще, чем более редкие виды патологии.

Оценка физического развития, важнейшей характеристики здоровья, свидетельствовала о том, что средние показатели длины тела имели соответственно 59,6 % мальчиков и 53,1 % девочек 11 лет, ниже среднего – 10,5 % и 16,3 %, выше среднего – 19,3 % и 18,4 %. Низкий рост отмечен у 3,5 % мальчиков, высокий – соответственно у 7,0 % мальчиков и 12,2 % девочек. Девочки были в среднем на 3 см выше мальчиков.

Выявлена значимая, хотя несильная связь между длиной тела и наличием патологии опорно-двигательного аппарата (корреляция Спирмена 0,09,  $p < 0,05$ ): у детей с ростом ниже нормы реже имела место патология опорно-двигательного аппарата, чем у детей с ростом средним и выше среднего.

Средняя масса тела у 11-летних детей увеличилась на 3,8 кг по сравнению с предыдущим возрастом. Масса тела девочек на 2,0 кг превышала массу тела мальчиков. Комплексная оценка физического развития, проведенная на основании региональных возрастно-половых нормативов, показала, что 75,5 % детей имело гармоничное (нормальное) физическое развитие. Анализ литературы по данному вопросу показал, что показатели физического развития обследованных нами детей близки к показателям современных детей г. Москвы и по длине тела, и по массе тела, и по степени выраженности половых признаков [1; 3]. Наши дети существенно опережают своих сверстников предыдущих поколений и жителей некоторых других районов страны (Сибири, Севера, Ивановской области и др.). Общей тенденцией динамики соматического статуса обследованных нами детей было уменьшение поперечного развития тела на фоне увеличения продольных скелетных размеров. И эти процессы в большей мере выражены у девочек по сравнению с мальчиками.

Исследование режима дня 11-летних детей предусматривало изучение равновесия между учебной нагрузкой и компонентами вне учебной деятельности в точном распределении времени. Было установлено, что аудиторная учебная нагрузка (29 уроков) соответствует требованиям СанПиН [6]. Количество занятий

колебалось в зависимости от дня недели и класса (5 или 6 уроков). В режиме уроков предусмотрены перемены по 15 минут.

У большинства детей были дополнительные индивидуальные занятия, которые проводились во второй половине дня: около трети детей имело по два дополнительных занятия, у 12,2 % детей - одно занятие, у 17,6 % - три и у 16,5 % детей имело место четыре дополнительных занятия. У 21,1 % школьников дополнительные занятия отсутствовали. Существенные половые различия не обнаружались.

Продолжительность выполнения домашних заданий у детей в 5-х классах составляла от одного до четырех часов. По среднестатистическим данным, дети тратили на домашние задания в выходные дни  $1,01 \pm 0,08$  час и в будние дни  $2,11 \pm 0,09$  часа. В целом, 67% детей выдерживали норматив в учебные дни и 91% детей - в выходные дни. Девочки отличались от мальчиков по этому показателю тем, что чаще превышали норматив выполнения домашних заданий как на 0,5-1 час, так и более чем на час. Выдерживающих норматив среди них было 54,9 % в учебные дни и 87,8 % - в выходные дни. Среди мальчиков их было больше: 76,4 % и 93,4 % соответственно. Таким образом, по продолжительности выполнения домашних заданий в учебные дни треть (33 %) детей превышали рекомендуемый норматив (23,6 % мальчиков и 45,1 % девочек).

Суммарная учебная нагрузка, включая выполнение домашних заданий, составляла около  $7,56 \pm 0,10$  часов в учебные дни. В выходной день не все дети занимались выполнением домашнего задания.

Средняя продолжительность ночного сна в будние дни составляла  $8,40 \pm 0,08$  часов и  $9,41 \pm 0,11$  часов - в выходные. Распределение учащихся по длительности ночного сна относительно нормы (10,5 час), показало, что выдерживают норматив по продолжительности ночного сна очень небольшой процент детей: 6,4 % - в будни и 10,1 % - в выходные дни (рис.). Большинство детей не досыпает более чем на час: 82,4% в будни, 57,4 % - в выходные дни.

*Таблица 1*

*Распределение учащихся по длительности прогулок относительно норматива (число случаев в %)*

Дни недели	Длительность относительно норматива	Мальчики	Девочки	В целом
Учебные	Выдерживают норматив	19,8	8,5	14,9
	Меньше нормы на 1-1,9 ч	20,8	26,8	23,4
	Меньше нормы на 2 ч и более	40,5	57,4	47,9
	Не гуляют	18,8	7,4	13,8
Выходные	Выдерживают норматив	45,3	25,6	36,7
	Меньше нормы на 1-1,9 ч	21,7	43,9	31,4
	Меньше нормы на 2 ч и более	19,8	25,6	22,3
	Не гуляют	13,2	4,9	9,6

Норматив продолжительности прогулок на свежем воздухе (3 часа) выдерживали в учебные дни только 19,8 % мальчиков и 8,5 % девочек (табл. 1,

рис.). В выходные дни картина изменялась в лучшую сторону: достаточную по длительности прогулку имело 45,3 % мальчиков и 25,6 % девочек. Между тем, следует подчеркнуть, что даже в выходные дни большинство детей проводило на свежем воздухе недостаточное время. Продолжительность прогулки у мальчиков немного больше, чем у девочек.

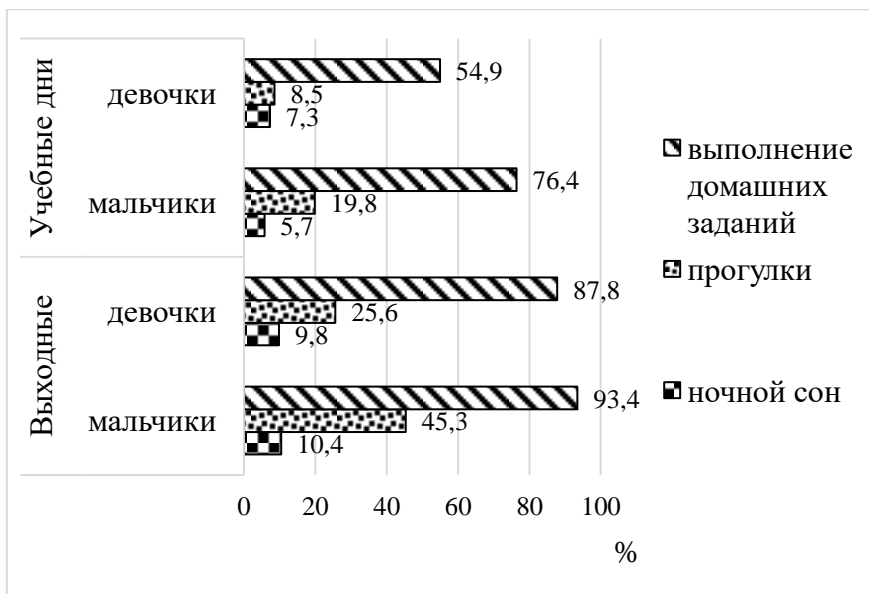


Рис. Количество детей, соблюдающих режим дня (число случаев в %)

Деятельность по интересам (просмотр телепередач, чтение, занятия иностранным языком, занятия музыкой, спортом, рисованием и прочее) так же занимала важное место в режиме дня школьника. В каждом из перечисленных занятий участвовала примерно треть детей, в занятиях спортом – половина. Электронными устройствами увлечены 96 % детей и в большинстве случаев – ежедневно.

Длительность занятий по интересам весьма различна (табл. 2). Большинство детей на то или иное увлечение отводили в течение дня около часа времени. Занятия продолжительностью 1 ч по иностранному языку имели место в 80 % случаев, по другим видам досуговых занятий (музыка, спорт, кружки и т.п.) – в половине случаев. Другая половина случаев приходилась на двухчасовую (около 32 %) или более чем двухчасовую (14,0-18,3 %) длительность.

По показателю частоты занятий в течение недели первое место занимали занятия спортом и физкультурой. Общая сумма их составляла 520, в то время как занятий по иностранному языку в целом по группе насчитывалось 220, музыкой – 292, по интересам – 308 (табл. 2). Кратность различных занятий в неделю была различна. Распределение детей в зависимости от частоты занятий в течение недели показало, что ежедневно спортом и физкультурой занималась пятая часть пятиклассников, каким-либо другим занятием по интересам – десятая часть (табл. 3).

Таблица 2

*Распределение занятий досуговой деятельности учащихся в зависимости от их длительности (число случаев в %)*

Вид занятий досуговой деятельности	Пол учащегося	Длительность, ч					Общее число случаев
		До 0,5	От 0,5 до 1,0	От 1,0 до 2,0	От 2,0 до 4,0	Более 4,0	
Музыка	Мальчики	13,3	59,6	14,5	10,8	1,8	166
	Девочки	14,3	39,7	30,1	15,9	0	126
	Всего	13,7	51,0	21,3	13,0	1,0	292
Ин. языки	Мальчики	5,2	81,9	11,2	1,7	0	116
	Девочки	13,5	76,9	7,7	1,9	0	104
	Всего	9,2	79,5	9,5	1,8	0	220
Спорт	Мальчики	8,4	35,8	31,9	23,3	0,6	335
	Девочки	23,8	38,4	29,7	7,6	0,5	185
	Всего	13,8	36,7	31,2	17,7	0,6	520
Другие виды	Мальчики	10,0	44,3	34,3	7,1	4,3	140
	Девочки	1,2	45,2	29,8	23,8	0	168
	Всего	5,2	44,8	31,8	16,3	1,9	308

Таблица 3

*Распределение учащихся в зависимости от частоты занятий в течение недели (число случаев в %)*

Вид занятий досуговой деятельности	Пол учащегося	Число раз в неделю					Общее число случаев
		0	1-2	3-4	5-6	7	
Музыка	Мальчики	63,2	13,2	4,7	5,7	13,2	106
	Девочки	54,7	20,8	9,8	9,8	4,9	82
	Всего	59,6	16,5	6,9	7,4	9,6	188
Ин. языки	Мальчики	62,3	24,5	4,7	3,8	4,7	106
	Девочки	50,0	28,0	19,6	0	2,4	82
	Всего	56,9	26,1	11,2	2,1	3,7	188
Спорт	Мальчики	29,2	10,4	27,4	12,3	20,7	106
	Девочки	43,9	17,1	19,5	7,3	12,2	82
	Всего	35,6	13,3	23,9	10,1	17,1	188
Другие виды	Мальчики	67,0	14,1	4,7	5,7	8,5	106
	Девочки	62,2	2,4	13,4	2,4	19,6	82
	Всего	64,9	9,1	8,6	4,2	13,2	188

Чаще всего дети занимались 1-4 раза в неделю. Совсем не имели занятий по спорту 35 % школьников и 57-65 % по другим интересам. Половые различия не выражены за исключением частоты занятий спортом: им занималось 70,8 % мальчиков и только 56,1 % девочек. Более частые занятия преобладали также у мальчиков (60,4 %) по сравнению с девочками (39,0 %) и в большем количестве занимались спортом ежедневно: 17,1% против 8,5 %.

Таким образом, деятельность или отдых по интересам (просмотр телепередач, чтение, занятия иностранным языком, занятия музыкой, спортом, рисованием и прочее) занимала значительное место в распорядке дня пятиклассников.

Подводя итог, следует сказать, что были выявлены нарушения режима дня в ущерб ночного сна и дневного отдыха. Отмечено превышение суммарной учебной нагрузки при сокращении продолжительности сна, двигательной активности и времени пребывания на свежем воздухе. Большую долю в распорядке дня составляли занятия на компьютере и просмотр телепередач, что увеличивало общую зрительную нагрузку и уменьшало время прогулок и двигательный компонент. В последние годы такие тенденции, выражающиеся в учебных перегрузках, значительных нарушениях режима отдыха детей и подростков, усиливающейся гипокинезии, приходилось наблюдать и другим исследователям [3; 5].

Выявленные показатели здоровья в определенной степени согласуются с литературными данными по г. Москве и др. городам Российской Федерации [1; 2; 4]. Безусловно, что причиной ухудшения состояния здоровья учащихся за период обучения в школе является ряд факторов: экологические, социально-экономические и внутришкольные. Грубые нарушения режима труда и отдыха школьников могут говорить о том, что есть необходимость усилить работу по формированию здорового образа жизни. Оценка современного состояния и тенденций здоровья детей и подростков свидетельствует о серьезных отклонениях от нормы, которые могут привести к неблагоприятным последствиям в будущем.

## ВЫВОДЫ

1. Выявленные показатели здоровья в определенной степени согласуются с литературными данными по г. Москве. В структуре заболеваний первое место занимают нарушения опорно-двигательного аппарата – 57,7 %; на втором месте – патология сердечно-сосудистой системы (до 26 %); на третьем месте – патология зрения: 15,4 %.

2. Суммарная учебная нагрузка, включая выполнение домашних заданий и индивидуальные учебные занятия, составляла около 7,56±0,10 часов. По продолжительности выполнения домашних заданий треть (33 %) детей превышали установленный норматив (23,6 % мальчиков и 45,1 % девочек).

3. Досуговая деятельность пятиклассников достаточно насыщена. В каждом из занятий (просмотр ТВ, музыка, иностранный язык, другие занятия по интересам, спорт) участвует примерно треть детей, в занятиях спортом – половина. Электронными устройствами увлечены 96 % детей и в большинстве случаев – ежедневно.

4. Установлены нарушения режима дня в ущерб ночного сна и дневного отдыха (сокращение времени двигательный компонент и пребывание на открытом воздухе), что нуждается в своевременной корректировке.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богомолова Е.С., Ю.Г. Кузмичев, Т.В. Бадеева, А.Н. Писарева и др. Динамика распространенности школьно-обусловленных заболеваний у детей и под-

ростков г. Н.Новгорода // Здравоохранение и медицинские науки – от области образования к профессиональной деятельности в сфере охраны и укрепления здоровья детей, подростков и молодежи. Материалы Конгресса. – М., 2016. – С. 33-36.

2. Зазнобова Т.В., Т.В.Зазнобова, М.В.Дудкина, Т.В.Ремезова Показатели школьной тревожности у подростков, обучающихся в школах разного типа / // Сибирский медицинский журнал. – 2010. – № 4. – С. 29-31.

3. Кучма В.Р. Вызовы XXI века: гигиеническая безопасность детей в изменяющейся среде (часть I) // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья.- – 2016. – № 3. – С. 4-22.

4. Кучма В.Р., О.Ю.Милушкина, Н.А.Скоблина Морфофункциональное развитие современных школьников. – М.: «ГЭОТФР-Медиа», 2018. – 348 с.

5. Полька Н.С., Н. Я. Яцковська, А.Г. Платонова, С. М. Джурињська, В. В. Шкуро, К. С. Шкарбан, Г.М. Саєнко, О. М. Хутченко Особливості Режиму дня учнів старшого шкільного віку // Довкілля та здоров'я. – 2013. – №2 (65). – С. 30-35.

6. СанПиН 2.4.2.2821-10 "Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях".

## REFERENCES

1. Bogomolova Ye.S., YU.G.Kuzmichev, T.V.Badeyeva, A.N.Pisareva i dr. Dinamika rasprostranennosti shkol'no-obuslovlennykh zabooleaniy u detey i podrostkov g. N.Novgoroda (Dynamics of prevalence of school-caused diseases in children and adolescents in N.Novgorod) // Zdravookhraneniye i meditsinskiye nauki – ot oblasti obrazovaniya k professional'noy deyatel'nosti v sfere okhrany i ukrepleniya zdorov'ya detey, podrostkov i molodezhi. Materialy Kongressa. – M., 2016. – S. 33-36.

2. Zaznobova T.V., M.V.Dudkina, T.V.Remezova Pokazateli shkol'noy trevozhnosti u podrostkov, obuchayushchikhsya v shkolakh raznogo tipa (Indicators of school anxiety in adolescents studying in schools of different types) //Sibirskiy meditsinskiy zhurnal.- 2010.- №4.-S.29-31.

3. Kuchma V.R. Vyzovy XXI veka: gigiyenicheskaya bezopasnost' detey v izmenyayushcheysya srede (chast' I) (Challenges of the XXI century: hygienic safety of children in a changing environment (Part I)) // Voprosy shkol'noy i universitetskoy meditsiny i zdorov'ya.-2016.-№3.-S.4-22.

4. Kuchma V.R., O.YU.Milushkina, N.A.Skoblina. M Morfofunktsional'noye razvitiye sovremennykh shkol'nikov (Morphofunctional development of modern schoolchildren): «GEOTFR-Media», 2018.- 348 s.

5. Pol'ka N.S., Yatskovs'ka, A.G. Platonova, S. M. Dzhurins'ka, V. V. Shkuro, K. S. Shkarban, G.M. Saënko, O. M. Khutchenko Osoblivostí Rezhimu dnya uchnív starshogo shkíl'nogo víku (Particularities of the day of the senior pupils of St. Petersburg // Dovkíllya ta zdorov'ya. -2013.- №2 (65).- S.30-35.

6. SanPiN 2.4.2.2821-10 "Sanitarно-epidemiologicheskkiye trebovaniya k usloviyam i organizatsii obucheniya v obshcheobrazovatel'nykh uchrezhdeniyakh" ("Sanitary and epidemiological requirements for the conditions and organization of education in general education institutions").



## ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ТРЕВОЖНОСТИ У ПОДРОСТКОВ 13-14 ЛЕТ

Т.М. Параничева<sup>1</sup>, Л.В. Макарова, Е.В. Тюрина,  
Г. Н. Лукьянец, Г.Н. Лезжова, К.В. Орлов  
ФГБНУ «Институт возрастной физиологии РАО», Москва

В ходе исследования изучены возрастные и половые особенности психического здоровья детей 13-14 лет, раскрыта специфика проявления тревожности у подростков, а также установлена взаимосвязь с нарушениями нервно-психического здоровья в данный возрастной период. У каждого третьего подростка 13 – 14 лет наблюдаются повышенный и высокий уровни общей тревожности в школе, свыше 30,0% учащихся независимо от пола испытывают переживание социального стресса. Страх не соответствовать ожиданиям окружающих, «проблемы и страхи в отношении с учителями» отмечен у 30-45% подростков, причем в большей степени у девочек. У 14-летних подростков по сравнению с 13-летними более выражены астенические и депрессивные расстройства. У девочек сильнее, чем у мальчиков, проявляются нарушения вегетативной нервной системы, обсессивно-фобические и астенические расстройства. Возрастные различия проявляются в достоверном увеличении от 13 к 14 годам процента детей, имеющих нарушения вегетативной нервной системы. Лишь 7,0 % детей не имеют нарушений нервно-психического здоровья. В условиях современной школы возрастает значимость ранней диагностики пограничных нервно-психических расстройств, выявления донозологических проявлений нервно-психических нарушений у подростков.

**Ключевые слова:** школьная тревожность, уровни тревожности, психическое здоровье школьников, дети 13 и 14 лет, нервно-психическое здоровье, стресс.

**Manifestation of anxiety in 13-14-year-old teenagers.** The study examined age and sex peculiarities of mental health in 13-14-year-old children, disclosed the peculiarities of anxiety manifestation in adolescents, and also showed the correlation with impaired psychological health in this age period. Every third teenager at the age of 13 - 14 years old demonstrates the increased and high levels of general anxiety at school. Over 30,0 % of pupils, irrespective of gender, experience social stress. The fear not to meet expectations of other people, "problems and fears in the relation with teachers" is noted in 30-45 % of teenagers, mostly in girls. 14-year-old teenagers, in comparison with the 13-year-old ones, demonstrate more expressed asthenic and depressive disorders. Girls, in comparison with boys, show stronger vegetative nervous system disorders, obsessive-phobic, and asthenic disorders. Only 7,0 % of children have no psychological health problems. In the situation of modern school it becomes more important to perform early diagnostics of borderline mental disorders and to identify pre-nosological manifestations of psychological disorders in teenagers.

**Key words:** school anxiety, anxiety levels, schoolchildren mental health, 13-14-year-old children, neuropsychiatric health, stress.

---

Контакты: <sup>1</sup> Параничева Т.М. – E-mail: <т.параничева@mail.ru>

Начало отрочества (с 10-11 лет до 13-15) характеризуется появлением ряда специфических черт, важнейшими из которых являются стремление к общению со сверстниками и появление в поведении признаков, свидетельствующих о желании утвердить свою самостоятельность, независимость, личностную автономию. Подростковый возраст – это период, когда возникает желание понять себя, появляется потребность в самооценке, становится важной объективная оценка его деятельности. Происходит ориентация на реальные достижения. Повышается значимость проблем, связанных с самооценкой, развивается рефлексия. Представления о собственных возможностях, интересах составляют самооценку подростков, являются главным предметом их гордости, служат основой для чувства их собственного достоинства. В период полового созревания у подростков на физиологическом уровне происходят перестройки, которые нередко являются причиной появления тревожности по поводу своего физического развития. У некоторых из них может развиваться комплекс неполноценности. Подросток постоянно попадает в ситуацию дискомфорта, он реагирует на эту ситуацию негативными переживаниями, которые вызывают тревожность. Его эмоциональное состояние характеризуется субъективными ощущениями напряжения, беспокойства, мрачных предчувствий, а с точки зрения физиологии – активацией вегетативной нервной системы. Это состояние возникает как эмоциональная реакция на стрессовую ситуацию.

Тревожность часто является следствием противоречивых ожиданий окружающих: высоких стандартов поведения и деятельности, которым должен соответствовать подросток, и низких представлений о его возможностях, в результате чего развивается симптом «дефицита успеха». Другая ситуация противоположная этой, аффект неадекватности – подростки болезненно реагируют даже на незначительные замечания, неправильно воспринимают критику в свой адрес, отвечая на нее грубостью, плачем, другими острыми отрицательными эмоциональными реакциями.

Большая часть проблем, с которыми родители «трудных детей» обращаются к психологу и психотерапевту, большая часть явных нарушений, препятствующих нормальному ходу обучения и воспитания, в своей основе связаны с эмоциональной неустойчивостью ребенка, то есть в конечном итоге – с тревогой [11].

Тревожность – распространенный психологический феномен нашего времени. Она является частым симптомом неврозов или является пусковым механизмом расстройства эмоциональной сферы личности [6; 7; 8].

Педагогическая практика в настоящее время сталкивается с такой проблемой: учащимся, по каким-либо причинам не комфортно в школе, одна из причин выступающая на первое место – это повышенная тревога у детей. С каждым годом таких детей становится все больше. Тревожность может проявляться в общении со сверстниками, с учителями, родителями, при проверке знаний и т.д.

Особую обеспокоенность психологов в последние годы вызывает процесс формирования тревожных состояний в условиях школы. Тревожность выступает ярчайшим признаком школьной дезадаптации ребенка, отрицательно влияя на все сферы его жизнедеятельности: не только на учебу, но и на общение, в том числе и за пределами школы, на здоровье и общий уровень психологического благополучия [18]. Изучение тревожности на разных этапах детства важно, как для раскры-

тия сути данного явления, так и для понимания возрастных закономерностей развития эмоциональной сферы человека, становления эмоционально-личностных образований. Именно тревожность, как отмечают многие исследователи и практические психологи, лежит в основе целого ряда психологических трудностей детства, в том числе многих нарушений развития, служащих поводом для обращения в психологическую службу образования [10; 15; 20].

По данным Всемирной организации здравоохранения, школа сегодня признается общественно неблагоприятным фактором. Следствием такого ее воздействия часто является нарушение психического здоровья учащихся, которое имеет огромное значение для полноценного развития ребенка.

Совершенствование профилактики нервно-психических нарушений у детей и подростков требует ранней диагностики пограничных нервно-психических расстройств, выявления донозологических нарушений и приобретает особую значимость в условиях современной школы, изобилующей действием многих стрессовых факторов [7; 8; 9; 16].

## ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании приняли участие 485 детей 13-14 лет образовательных учреждений г. Москвы. Все исследования проводились с письменного разрешения родителей или опекунов.

Нервно-психическое здоровье - это совокупность характеристик, обеспечивающих динамическое равновесие человека с окружающим миром, и возможность выполнения его социальных функций. Поэтому у каждого конкретного ребенка осуществлялся сбор информации о нарушениях нервно-психического здоровья, о социально-психологической адаптации, включая особенности его самочувствия, самовосприятия и различные поведенческие проявления социального функционирования путем анкетирования и тестирования: школьная тревожность (тест Филлипса); нервно-психическое здоровье оценивалось по анкете ученика и некоторым пунктам анкеты учителя; социально-психологическая адаптация оценивалась по анкете учителя [13].

По всем показателям мы сравнивали статистически между собой группы: 1) возрастные; 2) мальчики с девочками; 3) мальчики с девочками внутри каждой возрастной группы. Каждая характеристика представлена в таблице в двух разделах: в первом - данные по возрасту и по полу, отдельно; во втором - по полу внутри возраста. Полученные результаты (средние или проценты), где найдены значимые на двустороннем уровне  $p < 0.05$  различия между группами, выделены с помощью подстрочных латинских букв в соответствии со стандартом, разработанным и рекомендуемым Американской Психологической Ассоциацией [21]. Согласно этому становящемуся популярным стандарту, если два числа не различаются значимо, они подписаны одной и той же подстрочной буквой, а если различаются, то разными. Если число подписано несколькими буквами, то это значит, что оно не отличается значимо от нескольких других значений, которые между собой различаются значимо. Для проверки гипотезы о среднем использовался t-критерий, для проверки гипотезы о доле - z-критерий. Проводился дисперсионный анализ и корреляционный анализ.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ.

### *Школьная тревожность (Тест Филлипса)*

Цель теста школьной тревожности Филлипса: анализ общего внутреннего, эмоционального состояния школьника, во многом определяющегося наличием тех или иных тревожных синдромов, их количеством и уровнем. Полученные результаты позволяют анализировать каждый фактор (рис. 1, 2).

Как и в предыдущем возрасте среди мальчиков и девочек 13-14 лет почти по всем факторам тревожности не наблюдалось возрастных различий.

От 13 к 14 годам снижаются «переживание социального стресса» и «страх самовыражения», то есть развиваются социальные контакты подростков (прежде всего со сверстниками) и снижаются негативные эмоциональные переживания ситуаций, сопряженных с необходимостью самораскрытия, предъявления себя другим, демонстрация своих возможностей (во взаимоотношениях учитель-ученик).

У каждого третьего подростка 13-14 лет наблюдается общая тревожность в школе (повышенный и высокий уровни), чему способствует высокая требовательность учителей, родителей, или же высокий уровень ответственности у детей. Однако причина стресса может быть и не только в этом. Возможно, что в этом отражается неблагоприятная семейная обстановка, социальная среда, а также отношения, сложившиеся с учителями.

Свыше 30,0% подростков 13-14 лет испытывают переживание социального стресса, причем независимо от пола.

Вторая причина тревоги – «фрустрация в потребности в достижении успеха», до 20,0% мальчиков и девочек испытывают высокую степень тревожности. Неуверенность в различных видах деятельности, свойственных подросткам, и прежде всего - учебной, связана, прежде всего, с тем, что ориентированность на ту или иную систему ценностей здесь искажена, подавление настоящих целей происходит в силу высокого уровня подверженности влиянию своих сверстников, обычно такое влияние не является позитивным. Симптомы также первично обусловлены здесь психосоциальными факторами.

Наиболее значительным фактором, вызывающим отрицательные эмоции у подростков, продолжает оставаться школьная жизнь. Тревогу часто испытывают не только «двоечники», но и школьники, которые хорошо и даже отлично учатся, ответственно относятся к учебе, общественной жизни, школьной дисциплине. Однако это видимое благополучие достается им неоправданно большой ценой и чревато срывами, особенно при резком усложнении деятельности. У таких школьников отмечаются выраженные вегетативные реакции, невротоподобные и психосоматические нарушения. Тревога в этих случаях часто порождается конфликтностью самооценки, наличием в ней противоречия между высокими притязаниями и достаточно сильной неуверенностью в себе.

Страх самовыражения проявляется почти у 40,0 % подростков и в 13 и в 14 лет, подавляющее большинство - это девочки. Это одна из наиболее значительных групп, как по объему, так и по уровню переживаемого стресса. Проблема страха самовыражения связана с низкой самооценкой, соперничеством, стереотипами в поведении, подражательностью, из-за которой и складываются различные опасе-

ния и страхи. Именно из-за подобных переживаний подростки начинают испытывать дополнительные жизненные стрессы.

Страх ситуации проверки знаний достигает 35 % и у мальчиков и особенно у девочек 13-летнего возраста, немного снижаясь к 14 годам.

Прежде всего подобная ситуация складывается в связи с высокими требованиями, предъявляемыми педагогами школы и родителями в отношении учебы, а также возможностями и условиями обучения. В какой-то степени это связано с высокой ответственностью, с другой стороны, высокие ожидания родителей и учителей, которые приходят в противоречие с желаниями возможностями и подростков также отражаются на этих страхах.

Страх не соответствовать ожиданиям окружающих, «проблемы и страхи в отношении с учителями» достигает 30-45 %, причем выражен в большей степени у девочек 13-14 лет. Это – наиболее показательный фактор тревожности с возрастной точки зрения. Известно, что подражание сверстникам в данном возрасте проявляется наиболее сильно, авторитетность одноклассника или сверстника бывает порой намного выше старших по дому или учителей. Именно поэтому у опрошенных данная позиция проявилась так сильно. Подобный конфликт, заставляя этих школьников постоянно добиваться успеха, одновременно мешает им правильно оценить его, порождая чувство постоянной неудовлетворенности, неустойчивости, напряженности. Это ведет к гипертрофии потребности в достижении, к тому, что она приобретает ненасыщаемый характер, следствием чего являются отмечаемые учителями и родителями перегрузка, перенапряжение, выражающиеся в нарушениях внимания, снижении работоспособности, повышенной утомляемости.

До 20 % подростков, независимо от возраста, но гораздо чаще у девочек, имеют высокую тревожность вследствие низкой физиологической сопротивляемости стрессу. То есть, в поведении этих школьников наблюдается сниженная приспособляемость к ситуациям стрессогенного характера. Это не случайно и данный показатель находится в тесной взаимосвязи с другими показателями тревожности. Естественно, что состояние нервной системы тесно связано с различными физиологическими процессами организма, вызывая болезненные состояния разных процессов и органов. Все это проявляется в виде функциональных соматических симптомов [19].

Проблемы и страхи в отношениях с учителями, как мы уже отмечали выше, возникают одинаково часто и в 13 лет и в 14 лет, особенно у девочек. Данный показатель непосредственно соотносится с общей тревожностью в школе, переживанием социального стресса, страхом ситуации проверки знаний и формируется на базе личностных взаимоотношений с учителями. В целом это связано со всем комплексом психосоматических проблем, возникающих в подростковом возрасте.

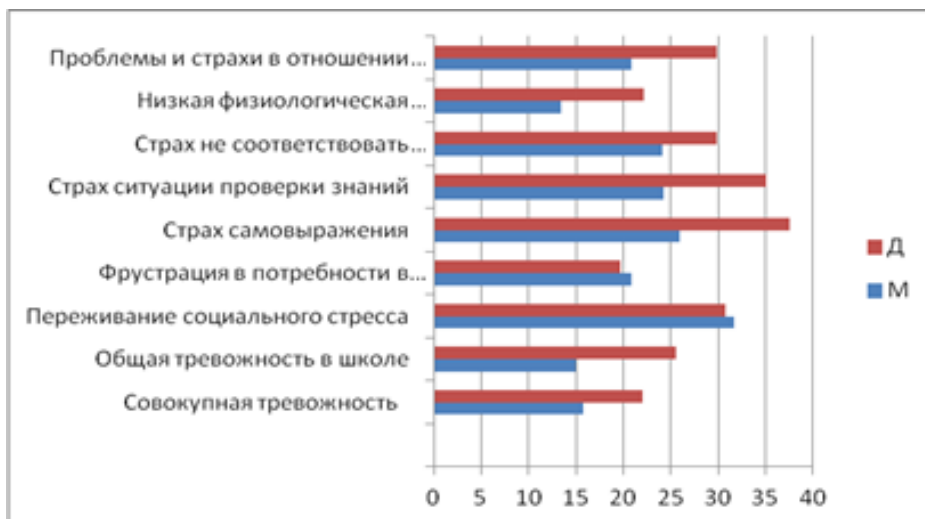


Рис. 1. Повышенный и высокий уровни тревожности у девочек и мальчиков 13 лет (в %)

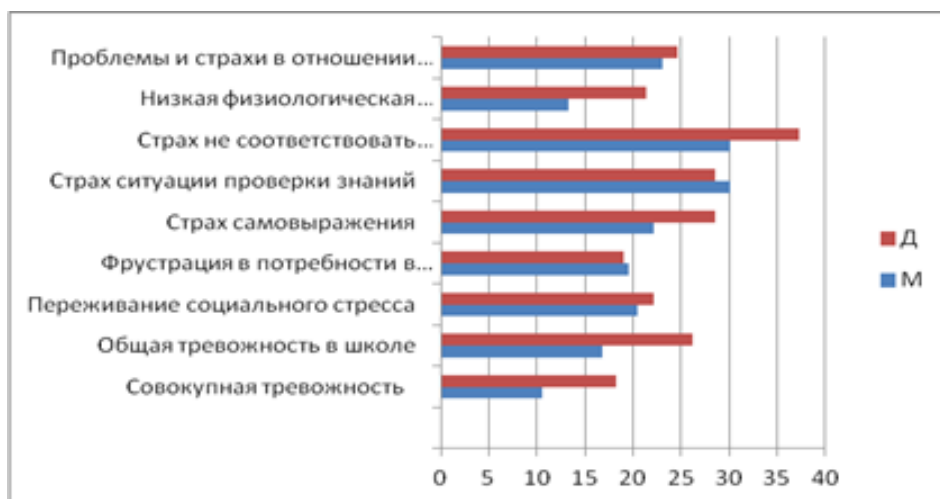


Рис. 2. Повышенный и высокий уровни тревожности у девочек и мальчиков 14 лет (в %)

Эмоциональные расстройства у детей не проходят бесследно, а способствуют возникновению в последующем своеобразных личностных характеристик, нервно-психических и психосоматических отклонений [2; 7].

#### *Нервно - психическое здоровье*

Полученные в результате многочисленных исследований данные свидетельствуют об определенной связи между вызывающими стресс жизненными ситуациями и началом развития различных заболеваний [4; 5].

Они позволяют сделать вывод, что вызывающее стресс событие или явление может быть одним из многочисленных факторов повседневной жизни, способствующих возникновению различных психических отклонений и психосоматических заболеваний. Психосоматические проблемы довольно часты у подростков и часто стресс играет важную роль в их развитии и поддержании. Психосоматические болезни – это болезни нарушенной адаптации (приспособления, защиты) организма. Они возникают, когда воздействие внешнего фактора настолько интенсивное, что защитные силы организма не справляются со стрессом. Психогенная ситуация, как провоцирующий фактор, запускает вначале общую неспецифическую реакцию адаптации. В некоторых случаях психические состояния становятся главной причиной заболевания, в других случаях они являются своего рода толчком, ведущим к болезни, иногда особенности психики воздействуют на протекание болезни, иногда физические недуги вызывают психические переживания и психологический дискомфорт.

Эксперты Всемирной организации здравоохранения на основе анализа результатов многочисленных исследований в различных странах убедительно показали, что нарушения психического здоровья гораздо чаще отмечаются у детей, которые страдают от недостаточного общения с взрослыми и их враждебного отношения, а также у детей, которые растут в условиях семейного разлада [16]. Эти же исследования обнаружили, что нарушения психического здоровья в детстве имеют две важные характерные черты: во-первых, они представляют собой лишь количественные отклонения от нормального процесса психического развития; во-вторых, многие их проявления можно рассматривать как реакцию на специфические ситуации. Так, дети часто испытывают серьезные затруднения в одной ситуации, но успешно справляются с другими ситуациями; у детей могут наблюдаться нарушения поведения в школе, а дома они ведут себя нормально, или наоборот. У большинства детей в те или иные периоды под влиянием определенных ситуаций могут появиться нарушения эмоциональной сферы или поведения. Например, могут возникнуть беспричинные страхи, нарушения сна, нарушения, связанные с приемами пищи и пр. Обычно они носят временный характер. У некоторых же детей такие нарушения проявляются часто, упорно и приводят к социальной дезадаптации. Эти состояния могут быть определены как психические расстройства.

Нервно-психическое здоровье оценивалось нами по анкете ученика и некоторым пунктам анкеты учителя [13]. Средний балл мог быть в диапазоне от 0 до 1, чем выше балл – тем более выражено нарушение.

У 14-летних подростков по сравнению с 13-летними более выражены астенические расстройства, депрессивные расстройства. Проявляются половые различия: у девочек сильнее, чем у мальчиков, выражены нарушения ВНС, обсессивно-фобические расстройства, астенические расстройства. Распределение патологий дает представление о достоверном наличии у 80,0 % детей в возрасте 13-14 лет хотя бы одного симптома обсессивно-фобических расстройств (ОФР), нарушений вегетативной нервной системы, астенических расстройств, церебральных нарушений, личностные расстройства наблюдаются у более 20,0% детей, причем независимо от возраста и пола. Лишь 7,0 % детей не имеют нарушений нервно-психического здоровья (в большей степени у мальчиков). И у девочек, и у мальчиков, одинаково часто выражены нарушения ВНС и обсессивно-фобические рас-

стройства. Возрастные различия проявляются в достоверном увеличении от 13 к 14 годам процента детей, имеющих нарушения вегетативной нервной системы. Доказано, что все патологические нарушения сопутствуют друг другу (табл.1), сочетанная патология (2 и более нарушений здоровья у одного подростка) выявлена у каждого второго из трех детей 13-14 лет. Вместе с тем с увеличением возраста уменьшается число сочетанных нарушений, причем в большей степени у девочек.

Таблица

Распределение нервно-психических синдромов среди детей 13-14 лет  
(число случаев в %)

% от базы в столбцах		Возраст		Пол	
		13 лет	14 лет	Мальчики	Девочки
Нервно психическое здоровье (имеется хотя бы один симптом)	Нарушения вегетативной нервной системы	77.1 <sub>a</sub>	84.1 <sub>b</sub>	78.5 <sub>a</sub>	82.4 <sub>a</sub>
	Обсессивно-фобические расстройства	88.2 <sub>a</sub>	90.7 <sub>a</sub>	88.7 <sub>a</sub>	90.1 <sub>a</sub>
	Астенические расстройства	80.6 <sub>a</sub>	87.4 <sub>b</sub>	83.0 <sub>a</sub>	84.9 <sub>a</sub>
	Депрессивные расстройства	79.6 <sub>a</sub>	82.2 <sub>a</sub>	78.9 <sub>a</sub>	82.7 <sub>a</sub>
	Церебрастенические нарушения	83.2 <sub>a</sub>	87.0 <sub>a</sub>	84.2 <sub>a</sub>	85.9 <sub>a</sub>
	Личностные расстройства	21.1 <sub>a</sub>	18.5 <sub>a</sub>	21.9 <sub>a</sub>	18.0 <sub>a</sub>
	Нет нарушений	7.2 <sub>a</sub>	4.1 <sub>a</sub>	7.2 <sub>a</sub>	4.2 <sub>a</sub>
	N	279	270	265	284
% от базы в столбцах		13 лет		14 лет	
		Мальчики	Девочки	Мальчики	Девочки
Нервно психическое здоровье (имеется хотя бы один симптом)	Нарушения вегетативной нервной системы	76.8 <sub>a</sub>	77.3 <sub>a</sub>	80.3 <sub>a</sub>	87.4 <sub>a</sub>
	Обсессивно-фобические расстройства	87.0 <sub>a</sub>	89.4 <sub>a</sub>	90.6 <sub>a</sub>	90.9 <sub>a</sub>
	Астенические расстройства	80.4 <sub>a</sub>	80.9 <sub>a</sub>	85.8 <sub>a</sub>	88.8 <sub>a</sub>
	Депрессивные расстройства	77.5 <sub>a</sub>	81.6 <sub>a</sub>	80.3 <sub>a</sub>	83.9 <sub>a</sub>
	Церебрастенические нарушения	82.6 <sub>a</sub>	83.7 <sub>a</sub>	85.8 <sub>a</sub>	88.1 <sub>a</sub>
	Личностные расстройства	21.7 <sub>a</sub>	20.6 <sub>a</sub>	22.0 <sub>a</sub>	15.4 <sub>a</sub>
	Нет нарушений	9.4 <sub>a</sub>	5.0 <sub>a</sub>	4.7 <sub>a</sub>	3.5 <sub>a</sub>
	N	138	141	127	143
% от базы в столбцах		Возраст		Пол	
		13 лет	14 лет	Мальчики	Девочки
Нервно психическое здоровье (имеется хотя бы пара сочетанных симптомов)	Нарушения вегетативной нервной системы + Обсессивно-фобические расстройства	15.1 <sub>a</sub>	8.6 <sub>a</sub>	16.9 <sub>a</sub>	9.2 <sub>b</sub>
	Нарушения вегетативной нервной системы + Астенические расстройства	9.8 <sub>a</sub>	8.6 <sub>a</sub>	14.0 <sub>a</sub>	5.3 <sub>b</sub>
	Нарушения вегетативной нервной системы + Депрессивные расстройства	23.3 <sub>a</sub>	15.0 <sub>a</sub>	24.2 <sub>a</sub>	16.9 <sub>a</sub>



	Нарушения вегетативной нервной системы + Церебрастенические нарушения	9.4 <sub>a</sub>	7.1 <sub>a</sub>	11.2 <sub>a</sub>	6.3 <sub>a</sub>
	Нарушения вегетативной нервной системы + Личностные расстройства	76.7 <sub>a</sub>	89.3 <sub>b</sub>	78.1 <sub>a</sub>	84.1 <sub>a</sub>
	Обсессивно-фобические расстройства + Астенические расстройства	11.0 <sub>a</sub>	1.4 <sub>b</sub>	9.6 <sub>a</sub>	5.8 <sub>a</sub>
	Обсессивно-фобические расстройства + Депрессивные расстройства	14.7 <sub>a</sub>	12.1 <sub>a</sub>	14.0 <sub>a</sub>	13.5 <sub>a</sub>
	Обсессивно-фобические расстройства + Церебрастенические нарушения	9.8 <sub>a</sub>	2.9 <sub>b</sub>	9.0 <sub>a</sub>	5.8 <sub>a</sub>
	Обсессивно-фобические расстройства + Личностные расстройства	81.2 <sub>a</sub>	95.0 <sub>b</sub>	82.6 <sub>a</sub>	89.4 <sub>a</sub>
	Астенические расстройства + Депрессивные расстройства	20.0 <sub>a</sub>	12.1 <sub>b</sub>	16.9 <sub>a</sub>	17.4 <sub>a</sub>
	Астенические расстройства + Церебрастенические нарушения	4.5 <sub>a</sub>	2.9 <sub>a</sub>	5.1 <sub>a</sub>	2.9 <sub>a</sub>
	Астенические расстройства + Личностные расстройства	79.2 <sub>a</sub>	93.6 <sub>b</sub>	82.0 <sub>a</sub>	86.5 <sub>a</sub>
	Депрессивные расстройства + Церебрастенические нарушения	20.4 <sub>a</sub>	13.6 <sub>a</sub>	17.4 <sub>a</sub>	18.4 <sub>a</sub>
	Депрессивные расстройства + Личностные расстройства	76.3 <sub>a</sub>	88.6 <sub>b</sub>	76.4 <sub>a</sub>	84.5 <sub>b</sub>
	Церебрастенические нарушения + Личностные расстройства	82.9 <sub>a</sub>	93.6 <sub>b</sub>	84.8 <sub>a</sub>	88.4 <sub>a</sub>
	Нет сочетанных нарушений	8.2 <sub>a</sub>	.7 <sub>b</sub>	7.9 <sub>a</sub>	3.4 <sub>a</sub>
	N	245	140	178	207
% от базы в столбцах		13 лет		14 лет	
		Мальчики	Девочки	Мальчики	Девочки
Нервно психическое здоровье (имеется хотя бы пара сочетанных симптомов)	Нарушения вегетативной нервной системы + Обсессивно-фобические расстройства	16.9 <sub>a</sub>	13.4 <sub>a</sub>	16.7 <sub>a</sub>	2.5 <sub>b</sub>
	Нарушения вегетативной нервной системы + Астенические расстройства	12.7 <sub>a</sub>	7.1 <sub>a</sub>	16.7 <sub>a</sub>	2.5 <sub>b</sub>
	Нарушения вегетативной нервной системы + Депрессивные расстройства	24.6 <sub>a</sub>	22.0 <sub>a</sub>	23.3 <sub>a</sub>	8.8 <sub>b</sub>
	Нарушения вегетативной нервной системы + Церебрастенические нарушения	10.2 <sub>a</sub>	8.7 <sub>a</sub>	13.3 <sub>a</sub>	2.5 <sub>b</sub>

Нарушения вегетативной нервной системы + Личностные расстройства	76.3 <sub>a</sub>	77.2 <sub>a</sub>	81.7 <sub>a</sub>	95.0 <sub>b</sub>
Обсессивно-фобические расстройства + Астенические расстройства	12.7 <sub>a</sub>	9.4 <sub>a</sub>	3.3 <sub>a</sub>	.0 <sup>1</sup>
Обсессивно-фобические расстройства + Депрессивные расстройства	14.4 <sub>a</sub>	15.0 <sub>a</sub>	13.3 <sub>a</sub>	11.3 <sub>a</sub>
Обсессивно-фобические расстройства + Церебрастенические нарушения	10.2 <sub>a</sub>	9.4 <sub>a</sub>	6.7 <sub>a</sub>	.0 <sup>1</sup>
Обсессивно-фобические расстройства + Личностные расстройства	78.0 <sub>a</sub>	84.3 <sub>a</sub>	91.7 <sub>a</sub>	97.5 <sub>a</sub>
Астенические расстройства + Депрессивные расстройства	18.6 <sub>a</sub>	21.3 <sub>a</sub>	13.3 <sub>a</sub>	11.3 <sub>a</sub>
Астенические расстройства + Церебрастенические нарушения	4.2 <sub>a</sub>	4.7 <sub>a</sub>	6.7 <sub>a</sub>	.0 <sup>1</sup>
Астенические расстройства + Личностные расстройства	78.8 <sub>a</sub>	79.5 <sub>a</sub>	88.3 <sub>a</sub>	97.5 <sub>b</sub>
Депрессивные расстройства + Церебрастенические нарушения	17.8 <sub>a</sub>	22.8 <sub>a</sub>	16.7 <sub>a</sub>	11.3 <sub>a</sub>
Депрессивные расстройства + Личностные расстройства	72.0 <sub>a</sub>	80.3 <sub>a</sub>	85.0 <sub>a</sub>	91.3 <sub>a</sub>
Церебрастенические нарушения + Личностные расстройства	83.1 <sub>a</sub>	82.7 <sub>a</sub>	88.3 <sub>a</sub>	97.5 <sub>b</sub>
Нет сочетанных нарушений	11.0 <sub>a</sub>	5.5 <sub>a</sub>	1.7 <sub>a</sub>	.0 <sup>1</sup>
N	118	127	60	80

Сила связи между 6-ю рубриками нервно-психических нарушений (мера связи – косинус, коэффициент Ошиа, использованный нами для оценки силы связи между заболеваниями) между большинством рубрик довольно высока (выше 0,8, а между астеническими и церебрастеническими нарушениями даже выше 0,9).

Таким образом, тревожность – это многозначный психологический термин, который описывает как определенное состояние индивидов в ограниченный момент времени, так и устойчивое свойство любого человека [14].

Проблема тревожности имеет и другой аспект - психофизиологический. Второе направление в исследовании беспокойства, тревоги, идет по линии изучения тех физиологических и психологических особенностей личности, которые обуславливают степень данного состояния. Большое число авторов считают, что тревога является составной частью состояния сильного психического напряжения – стресса [3].

Стресс представляет собой одну из форм тревоги, причем зачастую неосознанную и подавляемую. Из исследований [11] известно, что стрессоустойчивость

отрицательно коррелирует с на статистически значимом уровне ( $p < 0,05$ ) с реактивной и личностной тревожностью.

Следовательно, общий вывод, который можно сделать на основании различных исследований, это то, что стресс - универсальное явление в жизни современных подростков, затрагивающее их здоровье и благополучие. Высокие уровни стресса могут быть связаны с дистрессом и соматическими симптомами, заставляющими подростка обращаться за медицинской помощью. Психологи и врачи часто встречают пациентов с такими симптомами, диагностика и ведение таких подростков вызывает много проблем и требует осведомленности о роли стресса и других психологических факторов в развитии и сохранении симптомов с тем, чтобы в дальнейшем обеспечить здоровое развитие молодого поколения.

Для того чтобы подросток смог нормально преодолеть один из самых сложных периодов своей жизни, его нужно стараться предостеречь от последствий дистресса. Дистресс оказывает отрицательное влияние не только на деятельность человека, его эмоциональную сферу, но и на организм в целом, что влечет за собой множество болезней, начинающих развиваться под влиянием каких-либо сильных отрицательных эмоций, которые потрясли человека. Для ребенка последствия дистресса могут быть в несколько раз хуже, чем для взрослого человека. Это объясняется тем, что подростковый организм очень уязвим и восприимчив к внешним воздействиям со стороны как близких, так и незнакомых ему людей. Подросток восприимчив к любой критике со стороны окружающих, поэтому необходимо поддержать его в период «подросткового комплекса». Необходимо предостеречь ребенка от пагубного влияния критики или насмешек, чаще всего исходящих от сверстников. Иначе это повлечет за собой серьезные расстройства психики и другие нервные расстройства.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреева А.А. Стрессоустойчивость как фактор развития позитивного отношения к учебной деятельности у студентов: дисс. ... канд. психол. наук. – Тамбов, 2009. – 219 с.
2. Астапов В.М. Функциональный подход к изучению состояния тревоги // Психологический журнал. – 2002. – № 5. – С. 111-117.
3. Бодров В.А. Б 75 Психологический стресс: развитие и преодоление. – М.: Пер Сэ, 2006. – 528 с.
4. Дыхан Л.Б., Пижугийда В.В., Бочарников Е.В. Тревожность подростков с разным уровнем здоровья // Известия Южного федерального университета. Технические науки. Раздел III. Проблемы психологии и безопасности жизнедеятельности. – 2013. – № 6. – С. 205-213
5. Зарытовская Н.В., Калмыкова А.С., Федько Н.А. Психологическое здоровье школьников старших классов // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 6. – С. 1-8.
6. Захаров А.И. Происхождение и психотерапия детских неврозов: монография. – СПб.: КАРО, 2006. – 672 с.
7. Захаров А.И. Неврозы у детей. – СПб.: Дельта, 1996. – 480 с.

8. Захаров А.И. Психотерапия неврозов у детей и подростков. – Л.: Медицина, 1982. – 236 с.
9. Колодич Е.Н. Коррекция эмоциональных нарушений у детей и подростков. – Мн.:ООО «ФУ Аинформ», 2002. – 128 с.
10. Мамадалиева Г.А. Тревожность как психологическое образование. Особенности проявлений тревожности у подростков //Ж.: Наука, новые технологии и инновации. – 2007. – № 3-4. – С. 86-88.
11. Михеева А.В. Особенности соотношения стрессоустойчивости и тревожности у мужчин и женщин / /Вестник РУДН, серия Педагогика и психология. – 2016. – №2. – С. 84-90.
12. Мэй Р. Проблема тревоги. – М.: «Эксмо-Пресс», 2001. – 432 с.
13. Оценка нервно-психического здоровья и психофизиологического статуса детей и подростков при профилактических медицинских осмотрах: пособие для врачей. – М., 2005.
14. Пасынкова Н.Б. Связь уровня тревожности подростков с эффективностью их интеллектуальной деятельности // Психологический журнал. – 1996. – № 1. – С. 169-174.
15. Полякова И.В. Психологические механизмы социализации подростка: тревожность и общительность. // Вопросы психического здоровья детей и подростков. – 2017. – № 2 (17). – С. 193-194.
16. Прихожан А.М. Причины, профилактика и преодоление тревожности // Психологическая наука и образование / Ред. В.В. Рубцов, Аркадий Аронович Марголис, В.А. Гуружапов. – 1998. – № 2. – С. 11-18.
17. Прихожан А.М. Тревожность у детей и подростков: психологическая природа и возрастная динамика. – М.: МПСИ, 2000. – 304 с.
18. Северный А.А., Шевченко Ю.С., Волошин В.М. Проблема эффективности и безопасности современной психофармакотерапии детей и подростков // Вопросы психического здоровья детей и подростков. – 2004. – № 2 (4). – С. 39-42.
19. Сухарева Л. М., Надеждин Д. С., Сахаров В. Г. и др. // Сборник материалов конф. "Актуальные вопросы психогигиены и охраны психического здоровья детей и подростков". Москва, 24-25 октября 2007 г. – М., 2007.
20. Тарасова С.Ю. Тревожность и страхи подростков как отражение социально-экономического неравенства // Сборник трудов конференции Материалы Всероссийской научной конференции Экономическая психология и поведенческая экономика в условиях глобальных социальных и экономических изменений. – М., 2014. – С. 166-169.
21. Publication Manual of the American Psychological Association, 6<sup>th</sup> edition, 2009

## REFERENCES

1. Andreyeva A.A. Stressoustoychivost kak faktor razvitiya pozitivnogo otnosheniya k uchebnoy deyatel'nosti u studentov: diss. ... kand. psikholog. nauk. Tambov. 2009.- 219 s.
2. Astapov V.M. Funktsionalnyy podkhod k izucheniyu sostoyaniya trevogi // Psikhologicheskiy zhurnal. – 2002. – № 5. – S. 111-117.

3. Bodrov V.A. B 75 Psikhologicheskii stress: razvitiye i preodoleniye. – M.: Per Se. 2006. – 528 s.
4. Dykhan L.B., Pizhugiyda V.V., Bocharnikov E.V. Trevozhnost podrostkov s raznym urovnem zdorovia // Zh. Izvestiya Yuzhnogo federalnogo universiteta. Tekhnicheskkiye nauki. Razdel III. Problemy psikhologii i bezopasnosti zhiznedeyatelnosti. – 2013. – № 6. – S. 205-213
5. Zarytovskaya N.V., Kalmykova A.S., Fedko N.A. Psikhologicheskoye zdorovyе shkolnikov starshikh klassov // Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya. – 2016. – № 6. – S. 1-8.
6. Zakharov A.I. Proiskhozhdeniye i psikhoterapiya detskikh nevrozov: monografiya. – SPb.: KARO. 2006. – 672 s.
7. Zakharov A.I. Nevrozy u detey. – SPb.: Delta. 1996. – 480 s.
8. Zakharov A.I. Psikhoterapiya nevrozov u detey i podrostkov. – L.: Meditsina. – 1982. – 236 s.
9. Kolodich E.N. Korrektsiya emotsionalnykh narusheniy u detey i podrostkov. – Mn.:OOO «FU Ainform.- 2002. – 128 s.
10. Mamadaliyeva G.A. Trevozhnost kak psikhologicheskoye obrazovaniye. Osobennosti proyavleniy trevozhnosti u podrostkov // Zh.: Nauka. novyye tekhnologii i innovatsii. – 2007. – № 3-4. – S. 86-88.
11. Mikheyeva A.V. Osobennosti sootnosheniya stressoustoychivosti i trevozhnosti u muzhchin i zhenshchin // Vestnik RUDN. seriya Pedagogika i psikhologiya. – 2016. – №2. – S. 84-90.
12. Mey R. Problema trevogi. – M.: «Eksmo-Press». 2001. – 432 s.
13. Otsenka nervno–psikhicheskogo zdorovia i psikhofiziologicheskogo statusa detey i podrostkov pri profilakticheskikh meditsinskikh osmotrakh: posobiye dlya vrachey. – M., 2005.
14. Pasyukova N.B. Svyaz urovnya trevozhnosti podrostkov s effektivnostyu ikh intellektualnoy deyatelnosti. // Psikhologicheskii zhurnal. – 1996. – № 1. – S. 169-174.
15. Polyakova I.V. Psikhologicheskkiye mekhanizmy sotsializatsii podrostka: trevozhnost i obshchitelnost. // Voprosy psikhicheskogo zdorovia detey i podrostkov. – 2017. – № 2 (17). – S. 193-194.
16. Prikhozhan A.M. Prichiny. profilaktika i preodoleniye trevozhnosti // Psikhologicheskaya nauka i obrazovaniye / Red. V.V. Rubtsov. Arkadiy Aronovich Margolis. V.A. Guruzhapov. – 1998. – №2. – S. 11-18.
17. Prikhozhan A.M. Trevozhnost u detey i podrostkov: psikhologicheskaya priroda i vozrastnaya dinamika. – M.: MPSI. 2000. – 304 s.
18. Severnyy A.A., Shevchenko Yu.S., Voloshin V.M. Problema effektivnosti i bezopasnosti sovremennoy psikhofarmakoterapii detey i podrostkov// Voprosy psikhicheskogo zdorovia detey i podrostkov.- 2004.- № 2 (4). s.39-42.
19. Sukhareva L. M., Nadezhdin D. S., Sakharov V. G. i dr. // Sbornik materialov konf. "Aktualnyye voprosy psikhogigiyeny i okhrany psikhicheskogo zdorovia detey i podrostkov". Moskva, 24-25 oktyabrya 2007 g. – M., 2007.
20. Tarasova S.Yu. Trevozhnost i strakhi podrostkov kak otrazheniye sotsialno-ekonomicheskogo neravenstva // Sbornik trudov konferentsii Materialy Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii Ekonomicheskaya psikhologiya i povedencheskaya ekonomika v

usloviyakh globalnykh sotsialnykh i ekonomicheskikh izmeneniy. –M. 2014. – S. 166-169.

21. Publication Manual of the American Psychological Association. 6th edition. 2009.

# НЕДЕЛЬНЫЙ ОБЪЕМ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ КАК ФАКТОР, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЙ ИЗМЕНЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДЕТЕЙ 5-6 ЛЕТ

И.А. Криволапчук<sup>1</sup>, М.Б. Чернова, А.А. Герасимова,  
М.М. Герасимов  
ФГБНУ «Институт возрастной физиологии РАО», Москва

Выявлены эффекты независимого влияния фактора «недельный объем нагрузки» на физическое состояние детей 5-6 лет. Полученные на основе дисперсионного анализа результаты свидетельствуют о том, что долговременная адаптация к систематическим занятиям физическими упражнениями с разным недельным объемом нагрузки проявляется в повышении физической работоспособности и двигательной подготовленности детей. Установлено, что с увеличением недельного объема занятий физическими упражнениями позитивные адаптационные изменения в организме дошкольников, в пределах используемого диапазона величины нагрузки, нарастают. Вместе с тем сила влияния фактора «недельный объем нагрузки» существенно отличается в отношении различных показателей физического состояния.

**Ключевые слова:** объем нагрузки, физическая работоспособность, двигательная подготовленность, однофакторный дисперсионный анализ.

**Weekly volume of physical load as a factor determining changes of physical status in 5-6-year-old children.** The paper shows the effects of the independent influence of the "weekly work load" factor on the physical state in 5-6-year-old children. The results obtained via dispersion analysis indicate that long-term adaptation to systematic exercise with different weekly loads is manifested in improved physical performance and motor readiness in children. It was found that with an increase in the weekly load of physical exercises, the positive adaptive changes in the body of preschool children, within the range of the load used, are increasing. At the same time, the influence of the factor "weekly load" differs significantly in relation to the different indices of the physical state.

**Key words:** work load, physical working capacity, motor readiness, single factor ANOVA.

Известно, что для получения выраженного оздоровительного эффекта от занятий физическими упражнениями необходимо обеспечить достижение пороговых величин интенсивности и объема нагрузки [8; 9; 12; 15; 18]. Пороговый объем физической нагрузки характеризуется минимальным индивидуальным уровнем, после достижения которого отмечается рост показателей работоспособности и двигательной подготовленности. Начиная с этого уровня, проявляется однозначная положительная взаимосвязь между количеством выполненной работы и динамикой приспособительных возможностей организма. И только тогда, когда объем работы значительно превышает этот уровень, может наблюдаться снижение физической работоспособности [1].

---

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

В большом количестве экспериментальных исследований, направленных на поиск оптимальных объемов нагрузки оздоровительного характера, к сожалению, недостаточно полно контролируются другие компоненты физической нагрузки, определяющие меру ее воздействия на организм занимающегося [10; 14; 15]. Прежде всего это относится к контролю средней интенсивности занятия. Данное обстоятельство снижает степень надежности выводов и рекомендаций в отношении оптимального объема физической работы. В этой связи по-прежнему весьма актуальны исследования, ориентированные на оценку воздействия фактора объема нагрузки на физическое состояние детей дошкольного возраста [13; 17].

Целью исследования явилось изучение влияния занятий физическими упражнениями разного объема на физическую работоспособность, двигательную подготовленность и острую заболеваемость детей 5-6 лет.

## **ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

В исследовании приняли участие практически здоровые дети 5-6 лет (n=54), отнесенные по состоянию здоровья к основной медицинской группе. Испытуемые не имели каких-либо противопоказаний для выполнения тестовых нагрузок.

Были сформированы 3 рандомизированные экспериментальные группы (ЭГ). Общая продолжительность эксперимента составила 34 недели. Педагогическое воздействие осуществлялось в виде комплексов физических упражнений, выполняемых в течение 18 минут в основной части занятия. При составлении комплексов определялась индивидуальная относительная интенсивность каждого упражнения и серии упражнений, выраженная в величине максимального пульсового резерва (МПР). Различия между группами касались недельного объема нагрузки. В экспериментальных группах использовали идентичные комплексы физических упражнений аэробно-анаэробного характера. На долю нагрузок аэробной и анаэробной направленности приходилось по 50 % времени экспериментальной части занятия. Выделяли 3 градации фактора «недельный объем нагрузки»: 36, 72 и 90 минут в неделю (табл. 1). В конце педагогического эксперимента оценивали сдвиги показателей физической работоспособности, двигательной подготовленности и острой заболеваемости детей экспериментальных групп.

*Таблица 1*

*Градации факторов физической нагрузки в экспериментальных группах*

Группы	Интенсивность нагрузки	Недельный объем нагрузки
ЭГ I (n=18)	70-80 % МПР	36 мин
ЭГ II (n=18)	70-80 % МПР	72 мин
ЭГ III (n=18)	70-80 % МПР	90 мин

Комплекс контрольных упражнений состоял из показателей, характеризующих уровень развития кондиционных физических качеств: бег 20 метров с хода; прыжок в длину с места; челночный бег 4x9 м; шестиминутный бег; поднятие туловища из положения «лёжа на спине» за 1 минуту; наклон вперед. По резуль-



татам тестирования определяли общую оценку физической подготовленности (ОФП).

Физическую работоспособность оценивали посредством функциональных и эргометрических тестов. На основе функционального подхода определяли мощность нагрузки при пульсе 170 уд/мин (PWC170), интенсивность накопления пульсового долга (ИНПД), максимальное потребление кислорода (МПК) [3; 6]. С помощью эргометрического метода тестирования на основе уравнения Muller определяли величины мощности нагрузок, максимальное время выполнения которых составляло 1 (W1), 40 (W40), 240 (W240), 900 с (W900) [4; 6]. Для этого дети выполняли две нагрузки «до отказа» в зоне большой ( $W1 - 2 \text{ Вт/кг}$ ) и субмаксимальной ( $W2 - 4 \text{ Вт/кг}$ ) мощности. За «отказ» принимали прекращение работы или снижение ее интенсивности более чем на 10 %. Время удержания нагрузок ( $t_{2\text{Вт/кг}}$  и  $t_{4\text{Вт/кг}}$ ) использовали для расчета коэффициентов «а» и «б» уравнения Muller [4; 6]. Величина коэффициента «а» отражает соотношение возможностей аэробного и анаэробно-лактацидного источников, а коэффициента «б» – характеризует аэробную емкость. Полученные значения коэффициентов использовали для расчета соответствующей мощности нагрузки.

Анализ заболеваемости осуществлялся на основе выкопировки медицинских справок и записей в индивидуальных медицинских картах. Использовались показатели, характеризующие заболеваемость детей с временной утратой работоспособности [2].

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета статистических программ. В ходе исследования использовался дисперсионный анализ однофакторных комплексов для корреляционно несвязанных выборок (ANOVA). Недельный объем нагрузки рассматривался как независимый фактор. В качестве зависимых количественных переменных рассматривались изучаемые нами показатели физического состояния. Оценку силы влияния факторов на результативный признак проводили с помощью метода Н.А. Плохинского [7; 5]. Значимость различий определялась основе применения F–критерия Фишера.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты свидетельствуют о том, что с увеличением недельного объема занятий физическими упражнениями позитивные адаптационные изменения в организме дошкольников в пределах используемого диапазона величины нагрузки нарастают. Вместе с тем различия в недельном объеме нагрузки оздоровительной направленности по-разному проявились в изменениях различных показателей физического состояния (табл. 2).

Установлено, что фактор «недельный объем нагрузки» оказал существенное влияние ( $p < 0,05 - 0,01$ ) на ряд показателей физической работоспособности. Значимое воздействие выявлено в отношении  $W_{900}$ ,  $W_{240}$ , коэффициента «б» уравнения Мюллера, PWC<sub>170</sub>,  $t_{2\text{Вт/кг}}$ , ИНПД<sub>2Вт/кг</sub>, МПК, ИНПД<sub>2Вт/кг</sub>. Значения критерия Плохинского находились в диапазоне от 3,9 до 8,9 % (см. табл. 2).

Таблица 2

*Влияние фактора «объем» нагрузки на физическое состояние детей  
5-6 лет (результаты однофакторного дисперсионного анализа)*

Показатель	Фактор	P	Влияние ( $h_x^2$ ), %
<b>Физическая работоспособность</b>			
$W_{900}$ , Вт/кг	Недельный объем	$p < 0,01$	8,9
$W_{240}$ , Вт/кг	Недельный объем	$p < 0,01$	8,8
Коэффициент «в», отн.ед	Недельный объем	$p < 0,01$	8,5
$PWC_{170}$ , кгм/мин*кг	Недельный объем	$p < 0,01$	7,8
$t_{2Bт/кг}$ , с	Недельный объем	$p < 0,01$	7,0
$PWC_{170}$ , кгм/мин	Недельный объем	$p < 0,05$	5,8
$ИНПД_{4Bт/кг}$ , уд/с	Недельный объем	$p < 0,01$	5,4
МПК, мл/мин*кг	Недельный объем	$p < 0,05$	4,8
$ИНПД_{2Bт/кг}$ , уд/с	Недельный объем	$p < 0,05$	3,9
<b>Двигательная подготовленность</b>			
Бег 6 мин, м	Недельный объем	$p < 0,05$	4,2
Прыжок, см	Недельный объем	$p < 0,05$	4,1
Челночный бег, с	Недельный объем	$p < 0,05$	3,3

Фактор «недельный объем нагрузки» существенно влиял и на приросты ряда показателей двигательной подготовленности. Статистически значимые различия выявлены в отношении результатов выполнения шестиминутного бега, прыжка в длину и челночного бега. Значения критерия Плохинского находились в диапазоне от 3,3 до 4,2 % (см. табл. 2). Не выявлено значимого влияния недельного объема нагрузки на показатели острой заболеваемости детей 5-6 лет.

Известно, что крайне сложно выделить независимое влияние основных параметров физической нагрузки на различные аспекты физического состояния детей [11; 14; 10]. Это прежде всего касается объема и интенсивности занятий физическими упражнениями. В настоящем исследовании благодаря использованию идентичных по содержанию и интенсивности комплексов физических упражнений аэробно-анаэробного характера получены данные о «самостоятельном» воздействии недельного объема нагрузки на физическое состояние детей старшего дошкольного возраста в процессе систематических занятий физическими упражнениями. Результаты исследования согласуются с представлением о том, что объем нагрузки в занятиях оздоровительной тренировки является одним из важнейших факторов, определяющих степень выраженности и особенности адаптационных изменений в организме [8; 12; 15; 16; 18].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выявлены эффекты независимого влияния фактора «недельный объем нагрузки» на физическое состояние детей 5-6 лет. Полученные на основе дисперсионного анализа результаты свидетельствуют о том, долговременная адаптация к систематическим занятиям физическими упражнениями с разным недельным объемом

нагрузки проявляется в повышении физической работоспособности и двигательной подготовленности детей 5-6 лет.

Установлено, что с увеличением недельного объема занятий физическими упражнениями позитивные адаптационные изменения в организме дошкольников в пределах используемого диапазона величины нагрузки нарастают. Вместе с тем сила влияния фактора «недельный объем нагрузки» существенно отличается в отношении различных показателей физического состояния.

Таким образом, изменения физической работоспособности и двигательной подготовленности детей 5-6 лет во многом обусловлены недельным объемом физической нагрузки высокой интенсивности.

*Работа поддержана грантом РФФИ (проект № 16-06-00244а).*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волков, Н.И. Биоэнергетика спорта: Монография / Н.И. Волков, В.И. Олейников. – М.: Советский спорт, 2011. – 160 с.
2. Гигиена детей и подростков/ под ред. Г.Н. Сердюковской, А.Г.Сухарева.– М.: Медицина, 1986.– 496 с.
3. Карпман, В.Л. Тестирование в спортивной медицине / В.Л. Карпман, З.Б. Белоцерковский, И.А. Гудков.– М.: Физкультура и спорт, 1988. – 208 с.
4. Корниенко, И.А., В.Д. Сонькин, Р.В. Тамбовцева Возрастное развитие энергетики мышечной деятельности: Итоги 30-летнего исследования. Сообщение I. Структурно-функциональные перестройки // Физиология человека. – 2005. – Т. 31, № 4. – С. 42-46.
5. Лакин, Г.Ф. Биометрия: учеб. пособие для биолог. спец. Вузов. – 4-е изд. – М.: Высшая школа, 1990.– 352 с.
6. Сонькин, В.Д., Тамбовцева Р.В. Развитие мышечной энергетики и работоспособности в онтогенезе. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 368 с.
7. Спортивная метрология/ под ред. В.М. Зацiorsкого.– М.: Физкультура и спорт, 1982.– 256 с.
8. Уилмор Дж., Костилл Д. Физиология спорта и двигательной активности. – Киев: Олимпийская литература, 1997. – 500 с.
9. Carson, V., N.D. Ridgers, B.J. Howard, E.A. Winkler, G.N. Healy, N. Owen, D.W. Dunstan, J. Salmon Light-intensity physical activity and cardiometabolic biomarkers in US adolescents // PLoS One. – 2013. – 8(8): e71417. doi: 10.1371/journal.pone.0071417.
10. Carson, V. Lee E.Y., Hewitt L., Jennings C., Hunter S., Kuzik N., Stearns J.A., Unrau S.P., Poitras V.J., Gray C., Adamo K.B., Janssen I., Okely A.D., Spence J.C., Timmons B.W., Sampson M., Tremblay M.S. Systematic review of the relationships between physical activity and health indicators in the early years (0-4 years) //BMC Public Health. 2017. – 17 (Suppl 5): 854. doi: 10.1186/s12889-017-4860-0.
11. Fulton, J.E., M. Garg, D.A. Galuska, K.T. Rattay, C.J. Caspersen Public health and clinical recommendations for physical activity and physical fitness: special focus on overweight youth // Sports Med. 2004. – Vol. 34(9). – pp. 581-599.
12. Global Recommendations on Physical activity for Health. – Geneva, World Health Organization, 2010. – 60 p.

13. Lin, L.Y., R.J. Cherng, Y.J. Chen Relationship between time use in physical activity and gross motor performance of preschoolchildren // *Aust Occup Ther J.* – 2017. – Vol. 64(1). – pp. 49-57. doi: 10.1111/1440-1630.12318.
14. Longmuir, PE., R.C. Colley, V.A. Wherley, M.S. Tremblay Canadian Society for Exercise Physiology position stand: Benefit and risk for promoting childhood physical activity // *Appl Physiol Nutr Metab.* – 2014. – Vol. 39(11). – pp. 1271-1279. doi: 10.1139/apnm-2014-0074.
15. Physical Activity Guidelines Advisory Committee (PAGAC). Physical Activity Guidelines Advisory Committee Report, 2008. Washington, DC, US Department of Health and Human Services, 2008. – 683 p.
16. Physical Activity Guidelines for Americans. – Washington, 2008. – 65 p.
17. Schmutz, E.A., Haile S.R., Leeger-Aschmann C.S., Kakebeeke T.H., Zysset A.E., Messerli-Bürgy N., Stülb K., Arhab A., Meyer A.H., Munsch S., Puder J.J., Jenni O.G, Kriemler S. Physical activity and sedentary behavior in preschoolers: a longitudinal assessment of trajectories and determinants // *Int J Behav Nutr Phys Act.* – 2018. – Vol. 15(1). – p. 35. doi: 10.1186/s12966-018-0670-8.
18. Vale, S. Step based physical activity guidelines for preschool-aged children / S. Vale, S.G. Trost, M.J. Duncan, J. Mota // *Prev Med.* – 2015. – Vol. 70. – pp. 78-82. doi: 10.1016/j.ypmed.2014.11.008.

## REFERENCES

1. Volkov, N.I. Bioenergetika sporta: Monografiya [Bioenergetics of sports: Monograph] / N.I. Volkov, V.I. Oleynikov. – Moscow: Sovetskiy sport, 2011. – 160 s.
2. Gigiena detey i podrostkov [Hygiene of children and adolescents] / pod red. G.N. Serdyukovskoy, A.G. Sukhareva. – Moscow: Medicina, 1986. – 496 s.
3. Karpman, V.L. Testirovanie v sportivnoy medicine [Testing in sports medicine] / V.L. Karpman, Z.B. Belocerkovskiy, I.A. Gudkov. – Moscow: Fizkultura i sport, 1988. – 208 s.
4. Kornienko, I.A. Vozrastnoe razvitie energetiki myshechnoy deyatelnosti: Itogi 30-letnego issledovaniya. Soobschenie I. Strukturno-funkcionalnye perestroyki [Age development of the energy of muscle activity: Results of a 30-year study. Communication I. Structural-functional rearrangements] / I.A. Kornienko, V.D. Sonkin, R.V. Tambovceva // *Fiziologiya cheloveka.* – 2005. – Vol. 31, №4. – S. 42-46.
5. Lakin, G.F. Biometriya: ucheb. posobie dlya biolog. specz. vuzov [Biometrics: Textbook. allowance for a biologist. specialist. universities] / G.F. Lakin. – 4-e izd. – Moscow: Vysshaya shkola, 1990. – 352 s.
6. Sonkin, V.D. Razvitie myshechnoy energetiki i rabotosposobnosti v ontogeneze [Development of muscular energy and working capacity in ontogenesis] / V.D. Sonkin, R.V. Tambovceva. – Moscow: Knizhnyy dom «LIBROKOM», 2011. – 368 s.
7. Sportivnaya metrologiya / pod red. V.M. Zaciorskogo. – M.: Fizkultura i sport, 1982. – 256 s.
8. Wilmore J., Kostill D. Fiziologiya sporta i dvigatelnoy aktivnosti [Physiology of sports and motor activity]. – Kiev: Olimpiyskaya literatura, 1997. – 500 s.
9. Carson, V., Light-intensity physical activity and cardiometabolic biomarkers in US adolescents/ V. Carson, N.D. Ridgers, B.J. Howard, E.A. Winkler, G.N. Healy, N.

Owen, D.W. Dunstan, J. Salmon // *PLoS One*. 2013. 8(8): e71417. doi: 10.1371/journal.pone.0071417.

10. Carson, V. Systematic review of the relationships between physical activity and health indicators in the early years (0-4 years) / Carson, V., Lee E.Y., Hewitt L., Jennings C., Hunter S., Kuzik N., Stearns J.A., Unrau S.P., Poitras V.J., Gray C., Adamo K.B., Janssen I., Okely A.D., Spence J.C., Timmons B.W., Sampson M., Tremblay M.S. // *BMC Public Health*. 2017. – 17(Suppl 5): 854. doi: 10.1186/s12889-017-4860-0.

11. Fulton, J.E. Public health and clinical recommendations for physical activity and physical fitness: special focus on overweight youth/ J.E. Fulton, M. Garg, D.A. Galuska, K.T. Rattay, C.J. Caspersen // *Sports Med*. 2004. – Vol. 34(9). – pp. 581-599.

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

13. Lin, L.Y. Relationship between time use in physical activity and gross motor performance of preschoolchildren / L.Y. Lin, R.J. Cherng, Y.J. Chen // *Aust Occup Ther J*. 2017. Vol. 64(1). – pp. 49-57. doi: 10.1111/1440-1630.12318.

14. Longmuir, PE. Canadian Society for Exercise Physiology position stand: Benefit and risk for promoting childhood physical activity/ P.E. Longmuir, R.C. Colley, V.A. Wherley, M.S. Tremblay // *Appl Physiol Nutr Metab*. 2014. – Vol. 39(11). – pp. 1271-1279. doi: 10.1139/apnm-2014-0074.

15. Physical Activity Guidelines Advisory Committee (PAGAC). Physical Activity Guidelines Advisory Committee Report, 2008. Washington, DC, US Department of Health and Human Services, 2008. – 683 p.

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

17. Schmutz, E.A. Physical activity and sedentary behavior in preschoolers: a longitudinal assessment of trajectories and determinants/ Schmutz E.A., Haile S.R., Leeger-Aschmann C.S., Kakebeeke T.H., Zysset A.E., Messerli-Bürgy N., Stülb K., Arhab A., Meyer A.H., Munsch S., Puder J.J., Jenni O.G, Kriemler S.// *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2018. – Vol.15(1). – p. 35. doi: 10.1186/s12966-018-0670-8.

18. Vale, S. Step based physical activity guidelines for preschool-aged children / S. Vale, S.G. Trost, M.J. Duncan, J. Mota // *Prev Med*. 2015. – Vol. 70. – pp. 78-82. doi: 10.1016/j.ypmed.2014.11.008.

# ФИЗИОЛОГИЯ СПОРТА

## ОСОБЕННОСТИ ДВИГАТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ДЕВОЧЕК–ПОДРОСТКОВ НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ ПОЛОВОГО СОЗРЕВАНИЯ

И.И. Криволапчук<sup>1</sup> \*, Г.А. Зайцева \*\*

\* ФГБНУ «Институт возрастной физиологии РАО»,

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

*Целью настоящего исследования явилось выявление особенностей двигательной подготовленности девочек–подростков 11-12 лет, характеризующихся разными стадиями полового созревания.*

*Полученные результаты свидетельствуют, что общая направленность изменений двигательной подготовленности девочек 11-12 лет, обусловленная процессом полового созревания, состоит в том, что высокий уровень общей выносливости, силовой выносливости и гибкости достигается на начальных стадиях полового созревания. В противоположность этому высокий уровень силовых, скоростных, скоростно-силовых и координационных (проявляемые применительно к скоростному бегу) способностей отмечается на завершающих стадиях полового созревания.*

**Ключевые слова:** *стадии полового созревания; двигательные способности, календарный и биологический возраст.*

**Motor readiness in teenage girls at the different stages of puberty.** *The purpose of this study was to identify the peculiarities of motor readiness in 11-12-year-old teenagers depending on the puberty stage.*

*The results show that general changes in the motor readiness of 11-12-year-old girls depend on puberty: high level of general endurance, strength endurance, and flexibility are achieved at the initial stages of puberty. In contrast, high level of power, speed, speed-strength, and coordination abilities (related to high-speed running) are noticed at the final stages of puberty.*

**Key words:** *stages of puberty; motor abilities, calendar age, biological age.*

Развитие двигательных способностей школьников на различных этапах онтогенеза во многом обусловлено совокупностью биохимических, структурных и функциональных изменений, определяющих резервные возможности организма к выполнению качественно своеобразной мышечной деятельности [2; 6; 8; 12]. Биохимические, структурные и функциональные резервы организма детей кардинально изменяются в процессе возрастного развития. Наиболее сложным в этом отношении является подростковый период [1; 5; 6; 7; 9; 11; 13]. Существенное расхождение паспортного и биологического возрастов в пубертатном периоде ставит ряд вопросов, связанных с необходимостью учета индивидуальных осо-

---

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

бенностей полового созревания современных школьниц при оценке уровня развития двигательных способностей. Вместе с тем данные о двигательной подготовленности девочек–подростков, полученные во второй половине 20 века, требуют уточнения с учетом изменения темпов развития и сроков начала полового созревания. В настоящее же время подход, базирующийся на определении стадий полового созревания у школьниц одного паспортного возраста для решения задач физического воспитания, используется крайне редко. В этой связи очевидна целесообразность изучения двигательной подготовленности девочек одного возраста, отличающихся по степени полового созревания, в условиях современной образовательной среды.

Целью настоящего исследования явилось выявление особенностей двигательной подготовленности девочек–подростков 11-12 лет, характеризующихся разными стадиями полового созревания.

## **ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

В исследовании приняли участие девочки 11-12 лет ( $n=177$ ), отнесенные по состоянию здоровья к основной медицинской группе.

Степень полового созревания оценивали по методике, предложенной Д.В. Колесовым и Н.Б. Сельверовой [3]. По совокупности вторичных признаков выделяли пять стадий полового созревания (СПС): I стадия – препубертатный этап; II стадия – этап активации гипофиза; III стадия – этап активации гонад; IV стадия – этап активного стероидогенеза; V стадия – завершение пубертата.

Комплекс контрольных упражнений состоял из показателей, характеризующих уровень развития основных физических качеств: бег 20 метров с хода; прыжок в длину с места; станова́я динамометрия; челночный бег 4х9 м; шестиминутный бег; поднятие туловища из положения «лёжа на спине» за 1 минуту; наклон вперёд. По результатам тестирования определяли общую оценку физической подготовленности (ОФП).

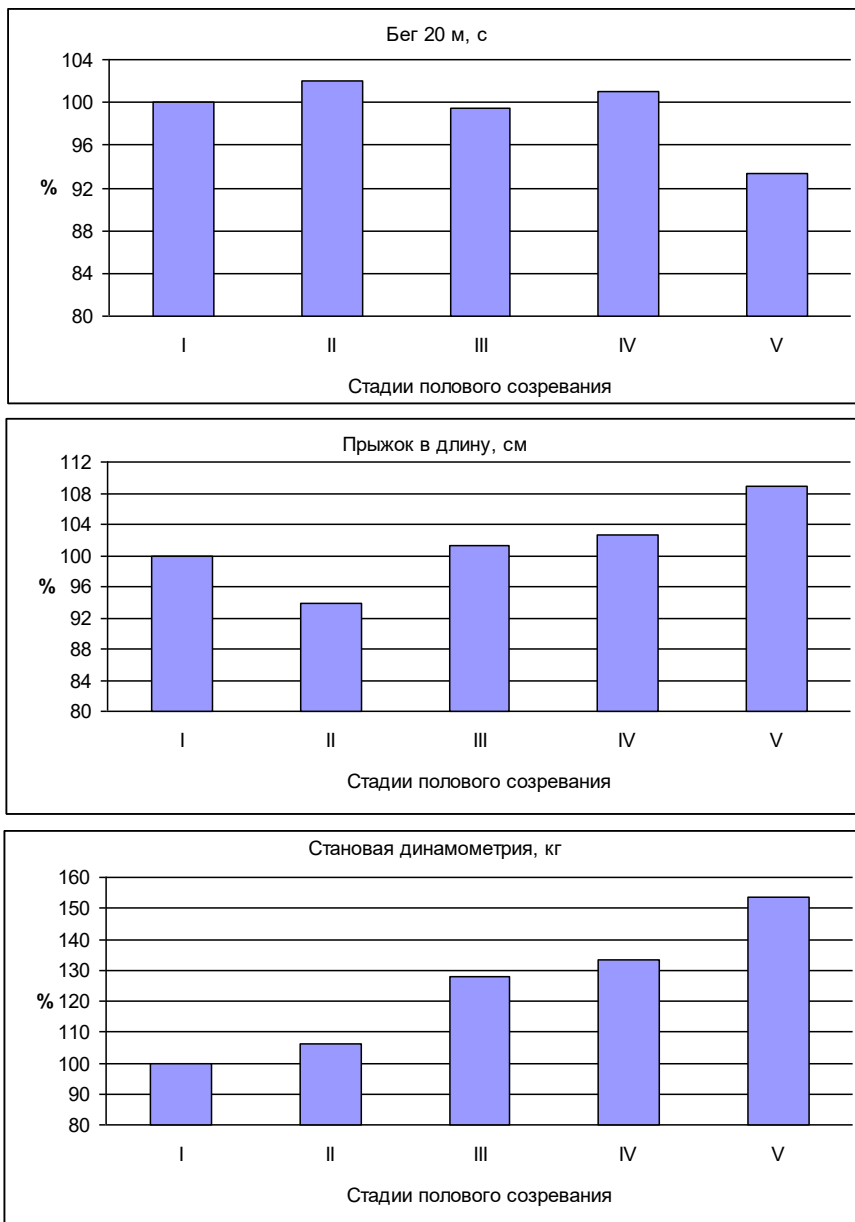
Обработка данных осуществлялась с использованием стандартной программы в пакете Statistica. Статистическую значимость различий определяли на основе расчета  $t$ -критерия Стьюдента для несвязанных выборок. Различия считались статистически существенными при уровне значимости  $p < 0,05$ .

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

В обследуемой выборке девочек 11-12 лет были выявлены все пять СПС: I СПС – 10 (5,7 %); II – 46 (26,0 %); III – 53 (29,9 %); IV – 43 (24,3 %); V – 25 (14,1 %) человек. Полученные результаты показывают, что у девочек, имеющих один календарный возраст, по мере полового созревания наблюдается прогрессивная статистически значимая ( $p < 0,05-0,001$ ) динамика большинства из рассматриваемых показателей двигательной подготовленности. Данные о двигательной подготовленности девочек-подростков, распределенных по стадиям полового созревания, представлены на рисунках 1-3.

Анализ динамики показателя скоростной подготовленности по стадиям полового созревания показывает, что результаты бега на 20 м наиболее значительно

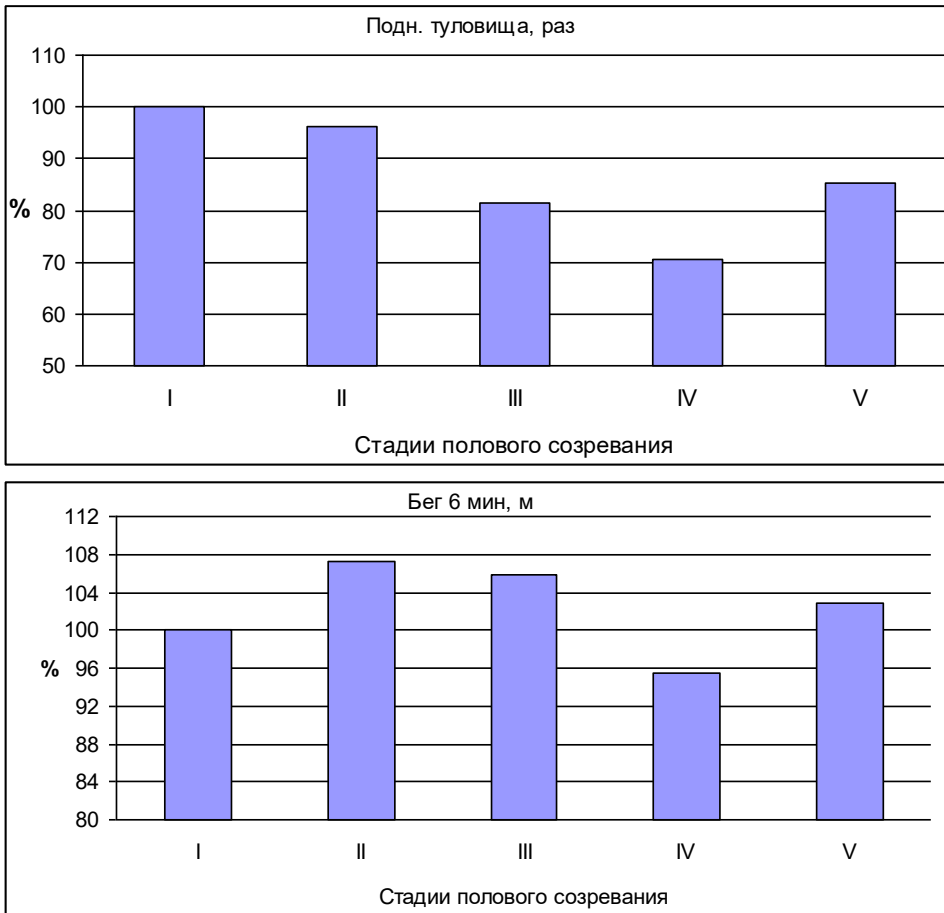
возрастают на V стадии полового созревания, т.е. в самом конце пубертатного периода (см. рис. 1).



**Рис. 1.** Развитие скоростных, силовых и скоростно-силовых способностей у школьниц 11-12 лет с разными стадиями полового созревания.

Примечание. За 100 % принята величина показателя у девочек с I СПС.



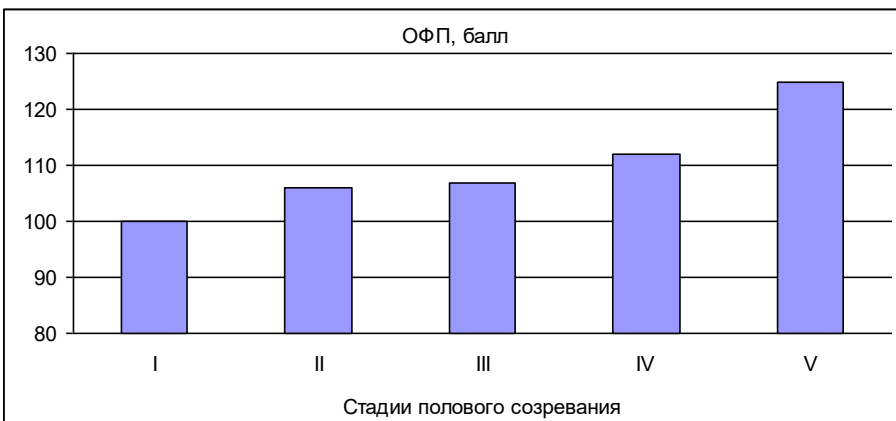
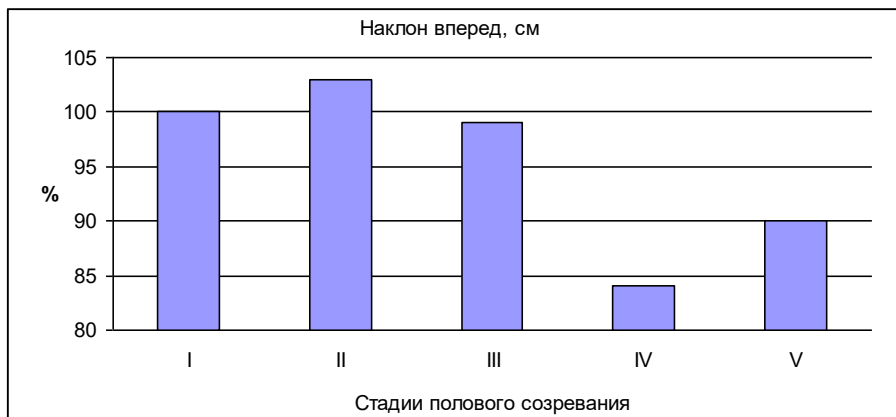
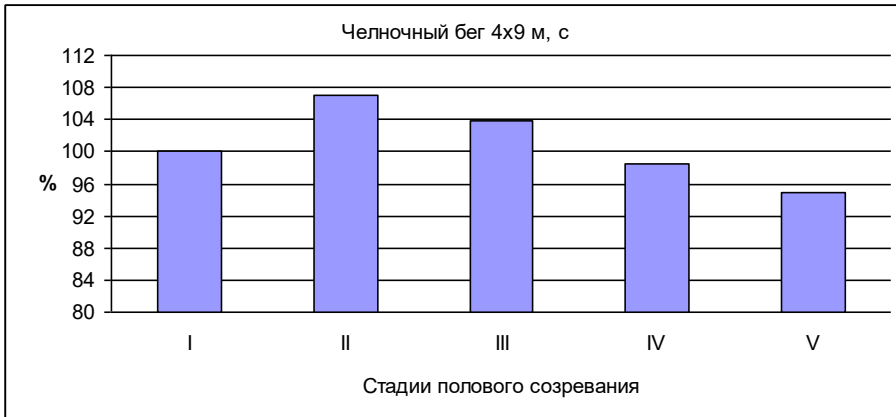


**Рис. 2.** Развитие общей и силовой выносливости у школьниц 11-12 лет с разными стадиями полового созревания.

*Примечание.* За 100 % принята величина показателя у девочек с I СПС.

Наиболее выраженные приросты наблюдаются на V стадии. Аналогичным образом изменяется силовая и скоростно-силовая подготовленность. Становая сила нарастает ( $p < 0,001$ ) от I к V стадии полового созревания.

Результаты прыжка в длину с места также значительно улучшаются ( $p < 0,001$ ) к V стадии (см. рис. 1). Наиболее выраженные приросты наблюдаются на IV–V стадиях. На II стадии отмечены самые низкие результаты выполнения скоростного бега и прыжка в длину (см. рис. 1).



**Рис. 3.** Общй уровень физической подготовленности, развитие гибкости и координационных способностей (применительно к скоростному бегу) способностей у школьниц 11-12 лет с разными стадиями полового созревания.

Примечание. За 100 % принята величина показателя у девочек с I СПС.

По мере биологического развития девочек–подростков наблюдаются волнообразные изменения показателей общей и силовой выносливости. Результаты выполнения шестиминутного бега существенно выше ( $p < 0,01$ ) на II–III стадиях полового созревания, на IV стадии отмечается их снижение, а на V – незначительное повышение по сравнению с I стадией. Наиболее высокий уровень отмечается у девочек со II стадией.

Силовая выносливость по мере полового созревания постепенно снижается. Её уровень существенно уменьшается на IV стадии ( $p < 0,01$ ). На V стадии происходит улучшение ( $p < 0,05$ ) результатов выполнения теста «поднимание туловища». Вместе с тем наиболее высокий уровень отмечается у девочек с I стадией.

Координационные способности, проявляемые применительно к скоростному бегу, существенно ( $p < 0,01$ ) улучшаются от II к V стадии полового созревания. Наиболее высокий результат отмечается у девочек с V стадией.

Уровень гибкости по мере полового созревания волнообразно снижается ( $p < 0,05$ ). Наиболее высокие результаты выполнения наклона вперед отмечается у девочек со II стадией полового созревания, а наименьшие – с IV стадией.

Интегральная оценка физической подготовленности, выраженная в баллах, проявляет статистически ( $p < 0,01$ ) значимую тенденцию к увеличению от I к V стадии полового созревания. Наиболее существенные ( $p < 0,05$ ) различия обнаружены между девочками с IV и V стадиями полового созревания.

Анализ материалов по изучению двигательной подготовленности девочек–подростков 11-12 лет с учетом стадий полового созревания позволил выявить различия темпах развития основных двигательных способностей. С увеличением стадии полового созревания у девочек, имеющих один и тот же календарный возраст, наблюдается положительная динамика общего уровня двигательной подготовленности и большинства из используемых показателей оценки двигательных способностей.

Как было отмечено выше, в связи с гетерохронностью морфофункционального развития девочек–подростков в пределах одного возраста, возникает необходимость дифференцированного подхода к оценке двигательных способностей с учетом степени полового созревания. Для решения этой задачи анализировали динамику изменений двигательной подготовленности по мере нарастания стадии биологического развития.

Общая направленность изменений двигательной подготовленности девочек 11-12 лет, обусловленная процессом полового созревания, состоит в том, что интегральная оценка физической подготовленности, включающая показатели, базирующиеся как на аэробном, так и на анаэробном энергообеспечении существенно нарастает по мере полового созревания. Вместе с тем высокий уровень общей выносливости, связанной с аэробным механизмом энергообеспечения мышечной деятельности, достигается на начальных (I–III) стадиях полового созревания, а на завершающих стадиях – проявляет тенденцию к снижению. В противоположность этому силовые, скоростные и скоростно-силовые качества, связанные преимущественно с анаэробным алактатным механизмом энергообеспечения, наиболее существенно увеличиваются на завершающих (IV–V) стадиях полового созревания. Сходной динамикой характеризуются координационные способности, проявляемые применительно к скоростному бегу. Показатель силовой выносливости, свя-

занный преимущественно с анаэробным гликолитическим механизмом энергообеспечения скелетных мышц, значительно изменяется на II-III полового созревания. Уровень развития гибкости, волнообразно снижающийся по мере полового созревания, проявляет динамику независящую от изменений энергообеспечения мышечной деятельности.

Важно отметить, что динамика развития различных кондиционных двигательных способностей лишь частично совпадает с изменениями аэробного и анаэробных механизмов энергетического обеспечения мышечной деятельности, наблюдаемыми по мере нарастания стадии полового созревания [6, 11]. Дело в том, что на темпы развития и уровень проявления кондиционных двигательных способностей в процессе полового созревания наряду с особенностями мышечной энергетики, существенное влияние оказывают изменения вегетативной регуляции, интенсивность роста различных звеньев тела и скелетных мышц, изменения соотношения быстрых и медленных волокон в структуре мышц, опережающий рост костей в длину, по отношению к росту других тканевых компонентов во время пубертатного скачка интенсивности ростовых процессов [9, 4, 1, 14, 7, 10, 6, 8].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ материалов по изучению двигательной подготовленности девочек-подростков 11-12 лет с учетом стадий полового созревания позволил выявить различия в уровне развития основных двигательных способностей. С нарастанием стадии полового созревания у девочек, имеющих один и тот же календарный возраст, наблюдается положительная динамика общего уровня двигательной подготовленности и большинства из используемых показателей двигательных способностей. Вместе с тем общая направленность изменений двигательной подготовленности девочек 11-12 лет, обусловленная процессом полового созревания, состоит в том, что высокий уровень общей выносливости, силовой выносливости и гибкости достигается на начальных стадиях полового созревания. В противоположность этому высокий уровень силовых, скоростных, скоростно-силовых и координационных (проявляемые применительно к скоростному бегу) способностей отмечается на завершающих стадиях полового созревания.

*Работа поддержана грантом РФФИ (проект № 18-013-00649а).*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вегетативная дисфункция у детей и подростков / И.Л. Алимова [и др.]; под ред. Л.В. Козловой. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 96 с.
2. Волков, Н.И. Биоэнергетика спорта: Монография / Н.И. Волков, В.И. Олейников. – М.: Советский спорт, 2011. – 160 с.
3. Колесов, Д.В. Физиолого-педагогические аспекты полового созревания / Д.В. Колесов, Н.Б. Сельверова. – М.: Педагогика, 1978. – 224 с.
4. Корниенко, И.А. Возрастное развитие энергетики мышечной деятельности: Итоги 30-летнего исследования. Сообщение I. Структурно-функциональные перестройки / И.А. Корниенко, В.Д. Сонькин, Р.В. Тамбовцева // Физиология человека. – 2005.– Т.31, №4. – С. 42-46.

5. Подростковая медицина. Руководство / Под. ред. Л.И. Левиной, А.М. Куликова. – СПб: Питер, 2006. – 544 с.
6. Сонькин, В.Д. Развитие мышечной энергетики и работоспособности в онтогенезе/ В.Д. Сонькин, Р.В. Тамбовцева. – М.: книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 368 с.
7. Спивак, Е.М. Синдром вегетативной дистонии у детей/ Е.М. Спивак, Н.Н. Нежкина. Ярославль: Александр Рутман, 2009. 220 с.
8. Тамбовцева, Р.В. Физиологические основы развития двигательных качеств/ Р.В. Тамбовцева // Новые исследования, 2011. 26 (1). С. 5-14.
9. Тэннер, Дж. Рост и конституция человека/ Дж. Тэннер // Биология человека. – М.: Мир, 1979. – С. 366–471.
10. Физиология развития ребенка: Руководство по возрастной физиологии / Под ред. М.М. Безруких, Д.А. Фарбер. – М.: Изд-во Московского психолого-социального института, 2010. – 768 с.
11. Armstrong, N. Muscle metabolism changes with age and maturation: How do they relate to youth sport performance? /N. Armstrong, A.R. Barker, A.M. McManus // Br J Sports Med. 2015. 49(13): 860-864.
12. Kenney, W.L. Physiology of Sport and Exercise / W.L. Kenney, J. Wilmore, D. Costill. – Published by Champaign, IL; Human Kinetics, 2015. – 640 p.
13. Okely, A.D. Systematic Review to update the Australian Physical Activity Guidelines for Children and Young People / A.D. Okely, J. Salmon, S.A. Vella, D. Cliff, A.Timperio [et al.] / A Report prepared for the Australian Government Department of Health. 2012. – 57 p.
14. Physical Activity Guidelines Advisory Committee. – Washington, DC, US Department of Health and Human Services, 2008. – 183 p.

## REFERENCES

1. Vegetativnaya disfunkciya u detej i podrostkov [Autonomic dysfunction in children and adolescents] / I.L. Alimova [i dr.]; pod red. L.V. Kozlovoj. – Moscow: GEHOTAR-Media, 2008. – 96 с.
2. Volkov, N.I. Bioehnergetika sporta: Monografiya [Bioenergetics of sports: Monograph] / N.I. Volkov, V.I. Olejnikov. – Moscow: Sovetskij sport, 2011. – 160 s.
3. Kolesov, D.V. Fiziologo-pedagogicheskie aspekty polovogo sozrevaniya [Physiological and pedagogical aspects of puberty] /D.V. Kolesov, N.B. Sel'verova. – Moscow: Pedagogika, 1978. – 224 s.
4. Kornienko, I.A. Vozrastnoe razvitie ehnergetiki myshechnoj deyatel'nosti: Itogi 30-letnego issledovaniya. Soobshchenie I. Strukturno-funkcional'nye perestrojki [Age development of the energy of muscle activity: Results of a 30-year study. Communication I. Structural-functional rearrangements] / I.A. Kornienko, V.D. Son'kin, R.V. Tambovceva // Fiziologiya cheloveka. – 2005. – T.31, №4. – S. 42-46.
5. Podrostkovaya medicina. Rukovodstvo [Teenage medicine. Management] / Pod. red. Л.И. Левиной, А.М. Куликова. – St. Petersburg: Piter, 2006. – 544 s.
6. Son'kin, V.D. Razvitie myshechnoj ehnergetiki i rabotosposobnosti v ontogeneze [Development of muscular energy and working capacity in ontogenesis] / V.D. Son'kin, R.V. Tambovceva. – Moscow: knizhnyj dom «ЛИБРОКОМ», 2011. – 368 s.

7. Spivak, E.M. Sindrom vegetativnoj distonii u detej [Syndrome of autonomic dystonia in children] / E.M. Spivak, N.N. Nezhkina. YAroslavl': Aleksandr Rutman, 2009. – 220 s.
8. Tambovceva, R.V. Fiziologicheskie osnovy razvitiya dvigatel'nyh kachestv/ R.V. Tambovceva [Physiological basis for the development of motor qualities] // Novye issledovaniya, 2011. 26 (1). S. 5-14.
9. Tehnner, Dzh. Rost i konstituciya cheloveka [The growth and constitution of man] / Dzh. Tehnner // Biologiya cheloveka [Human biology]. – Moscow: Mir, 1979. – S. 366–471.
10. Fiziologiya razvitiya rebenka: Rukovodstvo po vozrastnoj fiziologii [Physiology of Child Development: A Guide to Age Physiology] / Pod red. M.M. Bezrukih, D.A. Farber. – Moscow: Izd-vo Moskovskogo psihologo-social'nogo instituta, 2010. – 768 s.
11. Armstrong, N. Muscle metabolism changes with age and maturation: How do they relate to youth sport performance? /N. Armstrong, A.R. Barker, A.M. McManus // Br J Sports Med. 2015. 49(13): 860-864.
12. Kenney, W.L. Physiology of Sport and Exercise / W.L. Kenney, J. Wilmore, D. Costill. – Published by Champaign, IL; Human Kinetics, 2015. – 640 p.
13. Okely, A.D. Systematic Review to update the Australian Physical Activity Guidelines for Children and Young People / A.D. Okely, J. Salmon, S.A. Vella, D. Cliff, A.Timperio [et al.] / A Report prepared for the Australian Government Department of Health. 2012. – 57 p.
14. Physical Activity Guidelines Advisory Committee. – Washington, DC, US Department of Health and Human Services, 2008. – 683 p.

## 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 25.06.2018.

Усл. п. л. 7,375. Тираж 500 экз.

Отпечатано ИП Скороходов В.А.

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