

**Российская академия образования  
Институт возрастной физиологии**



**НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**

№ 3-4(56) 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, № 3-4(56). - 124 с.

# СОДЕРЖАНИЕ

## ВОЗРАСТНАЯ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЯ

<b>ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЭЭГ У ПОДРОСТКОВ 12-13 И 15-17 ЛЕТ ПРИ ЧТЕНИИ ТЕКСТОВ</b> Кручинина О.В., Гальперина Е.И. ....	5
--	---

<b>ОСОБЕННОСТИ ГЛАЗОДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ПРИ ЧТЕНИИ ТЕКСТА С РАЗЛИЧНЫХ УСТРОЙСТВ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ У ПОДРОСТКОВ 15-16 ЛЕТ</b> Иванов В.В. ....	13
---	----

## ФИЗИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОДРОСТКОВ

<b>ФИЗИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ МОСКОВСКИХ ШКОЛЬНИКОВ 15-16 ЛЕТ</b> Макарова Л.В., Лукьянец Г.Н., Параничева Т.М., Лезжова Г.Н., Орлов К.В., Тюрина Е.В., Шибалова М.С. ....	22
---	----

<b>ПОКАЗАТЕЛИ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ И ПУЛЬСА У УЧАЩИХСЯ 15-16 ЛЕТ МОСКОВСКОЙ ШКОЛЫ</b> Макарова Л.В., Лукьянец Г.Н., Шибалова М.С., Орлов К.В., Курмышова О.А., Потошина Е.В. ....	31
---	----

<b>ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ И ЭНДОКРИННОЙ СИСТЕМ У ПОДРОСТКОВ 15-16 ЛЕТ</b> Шарапов А.Н., Сельверова Н.Б., Догадкина С.Б., Кмить Г.В., Рублева Л.В., Безобразова В.Н., Ермакова И.В. ....	39
---	----

<b>ВОЗДЕЙСТВИЕ НЕДЕЛЬНОГО ОБЪЕМА НАГРУЗКИ НА ФИЗИЧЕСКУЮ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ, ДВИГАТЕЛЬНУЮ ПОДГОТОВЛЕННОСТЬ И ОСТРУЮ ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ ДЕТЕЙ 6-8 ЛЕТ</b> Криволапчук И.А., Чернова М.Б., Герасимова А.А., Герасимов М.М. ....	61
---	----

<b>ВЛИЯНИЕ АЭРОБНЫХ, АНАЭРОБНЫХ ГЛИКОЛИТИЧЕСКИХ И АНАЭРОБНЫХ АЛАКТАТНЫХ КОМПОНЕНТОВ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ДЕТЕЙ 6-7 ЛЕТ ПРИ НАПРЯЖЕННОЙ КОГНИТИВНОЙ НАГРУЗКЕ</b> Криволапчук И.А., Чернова М.Б., Герасимова А.А. ....	70
---	----

<b>ТЕРМОРЕГУЛЯЦИЯ КОЖИ ПРИ РАЗНЫХ КРАТКОВРЕМЕННЫХ НАГРУЗКАХ У ПОДРОСТКОВ 15-16 ЛЕТ, СИСТЕМАТИЧЕСКИ ЗАНИМАЮЩИХСЯ ПЛАВАНИЕМ</b> Пронина Т.С., Орлова Н.И., Сонькин В.Д., Войтенко Ю.Л., Колесов А.Д. ....	77
---	----

<b>ИЗМЕНЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ГЕМОДИНАМИКИ И ТЕРМОВЕГЕТАТИВНОЙ РЕАКТИВНОСТИ КОЖИ ПРИ СТАНДАРТНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ У ДЕВОЧЕК 13-14 И 14-15 ЛЕТ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ СПОРТИВНЫМ ПЛАВАНИЕМ</b> Васильева Р.М., Сонькин В.Д., Орлова Н.И., Колесов А.Д. ....	85
--	----

<b>ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ДВИГАТЕЛЬНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ У ШКОЛЬНИКОВ 15-16 ЛЕТ</b> Криволапчук И.А., Чернова М.Б., Баранцев С.А., Гукасян С.А., Мышьяков В.В. ....	96
--	----

<b>ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ШКОЛЬНИКОВ 15-16 ЛЕТ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДВИГАТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ</b> Криволапчук И.А., Чернова М.Б., Савушкина Е.В. ....	102
--	-----

<b>ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ И СТРУКТУРЫ ПИТАНИЯ ПОДРОСТКОВ–ЮНОШЕЙ И ПОДРОСТКОВ–ДЕВУШЕК 12-15 ЛЕТ</b> Макеева А.Г. ....	113
--	-----

## **ФИЗИЧЕСКОЕ ВОСПИТАНИЕ В ШКОЛЕ**

<b>ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПРЫЖКОВ В ДЛИНУ С РАЗБЕГА УЧАЩИХСЯ НАЧАЛЬНОЙ ШКОЛЫ</b> Сообщение 3: Обоснование педагогических задач совершенствования кинематической структуры прыжка в длину с разбега учащихся IV классов Сергеев А.П., Баранцев С.А., Головина В.А. Мельников В.В. ....	119
---	-----

# ВОЗРАСТНАЯ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЯ

## ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЭЭГ У ПОДРОСТКОВ 12-13 И 15-17 ЛЕТ ПРИ ЧТЕНИИ ТЕКСТОВ

О.В. Кручинина<sup>1\*,\*\*</sup>, Е.И. Гальперина<sup>\*,\*\*</sup>

\* ФГБУН Институт эволюционной физиологии  
и биохимии им. И.М. Сеченова РАН;

\*\* ФГБОУ ВО СПбГПМУ Минздрава России, г. Санкт-Петербурге

*По матрицам кросскорреляции ЭЭГ в 20 отведениях оценивали вклад каждой из зон коры в организацию пространственной синхронизации биопотенциалов (ПСБП) мозга при чтении повествовательного текста юношами и девушками 12–13 (N=48) и 15-17 (N=37) лет. При чтении у всех испытуемых выявлено увеличение локальной активации моторных зон коры. Были выявлены возрастные и половые различия в ПСБП. У юношей обоих возрастов чтение текста вызвало увеличение ПСБП в теменно-затылочных областях (ТРО1, О1, О2), а в 15-17 лет - еще во фронтальной области слева (Fp1) и задневисочной области справа (Т6). У девочек 12-13 лет изменения ПСБП при чтении отмечены в лобно-височных областях билатерально, а в 15-17 лет – увеличение ПСБП проявляется в височных (Т4) и затылочных (О2) областях правого полушария. Таким образом, с возрастом у юношей при чтении по сравнению с фоном увеличивается ПСБП фронтальных областей, а у девушек – снижается, но возрастает ПСБП височной и затылочной областей правого полушария.*

**Ключевые слова:** подростки, чтение, ЭЭГ, пространственная синхронизация, корреляционный анализ, половые различия, возрастные различия.

**Spatiotemporal organization of EEG in 12-13 and 15-17-year-old adolescents during text processing.** *There was estimated the contribution of each cortical zone to the organization of spatial synchronization of the brain biopotentials (SSBP) by using crosscorrelation coefficients matrices of 20-channell EEG during text processing in boys and girls aged 12–13(N=48) and 15-17 (N=37) years old. Text processing led to the decrease of SSBP in central cortex zones in all subjects indicating the activation of motor cortical areas. Age and sex differences in the distribution of SSBP levels were revealed. In boys of both ages text processing led to the increase of SSBP in occipitoparietal areas (ТРО1, О1, О2), in 15-17 y.o. – also in left frontal (Fp1) and right posteriotemporal (Т6) areas. In girls of 12-13 y.o. SSBP changed during text processing in fronto-temporal areas bilaterally, in 15-17 y.o. – SSBP increased in right temporal (Т4) and occipital (О2) areas. Thus, in boys during text processing SSBP increased in frontal areas with age, while in girls – decreased with age and increased in right temporal and occipital areas.*

**Key words:** adolescents, reading, EEG, spatial synchronization, correlation analysis, gender differences, age differences.

---

Контакты: <sup>1</sup> Кручинина О.В. – E-mail: <kruchinina\_ol@mail.ru>

Полноценное развитие навыка чтения является необходимым условием для обучения и общения. Прирост понимания прочитанного выходит на плато к 6 классу общеобразовательной школы, а дальнейший прогресс в овладении чтением заключается в освоении стратегий семантического анализа текста [4]. Более глубокий, комплексный уровень понимания продолжает формироваться и во взрослой жизни. С использованием методов нейровизуализации показано, что при чтении повествовательного текста различные зоны мозга могут избирательно участвовать в анализе текстов, динамически включаясь в процесс по мере понимания прочитанного [19]. При этом разные стадии процесса чтения могут активировать различные зоны и сети мозга. Данные ряда нейрофизиологических исследований показывают, что при различных видах вербальной деятельности функциональная активность мозга у мужчин более латерализована, чем у женщин [5; 7; 8; 13]. Научные данные о связанных с полом различиях в организации центральных механизмов чтения и анализа прочитанного фрагментарны.

В подростковом возрасте выявлены половые различия по показателям правописания и грамотности [21]. Девочки в детском и подростковом возрасте имеют небольшое, но устойчивое преимущество над мальчиками при выполнении тестов на беглость речи и понимание прочитанного [14; 15]. Мальчики испытывают большие трудности в овладении процессом чтения и нарушения чтения у них встречается чаще, чем у девочек [22]. Эти различия обусловлены как биологическими факторами, связанными с генетически детерминированными половыми (гормонально-зависимыми) особенностями нейроанатомической организации мозга, так и социально-культурными традициями воспитания, влияющими, в том числе, и на когнитивную деятельность [9]. Показаны отличия во времени созревания отдельных мозговых структур у мальчиков и девочек [12; 17], изменения характера альфа-ритма в подростковом периоде, которые зависят от стадии полового развития [3]. В то же время сведения об организации пространственно-временных отношений ЭЭГ в подростковом возрасте, остаются неполными [18].

Таким образом, подростковый возраст представляется важным критическим периодом не только физиологического созревания, но и когнитивного развития, в частности, формирования навыка чтения и полноценного восприятия прочитанного на уровне связных текстов. Целью нашего исследования являлось изучение возрастных и половых особенностей функциональной интеграции корковых зон на основе оценки топической организации процессов дистантной синхронизации ЭЭГ при чтении повествовательного текста у подростков 12-13 и 15-17 лет.

## **ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

В исследовании принимали участие подростки 12-13 лет (N=48, 20 юношей) и 15-17 лет (N=37, 15 юношей). Испытуемые участвовали в исследованиях добровольно, не имели в анамнезе неврологических заболеваний и речевых нарушений, правши (оценено по модифицированному тесту Annett [10]). Родители учащихся были информированы о целях обследования и дали согласие на его проведение.

Методика исследования аналогична таковой в наших предыдущих исследованиях [2], где она изложена более детально.

Испытуемым предлагалось прочитать текст длиной 364 слова и ответить на 5 вопросов по содержанию для оценки понимания прочитанного, процент ошибок

ных ответов или отсутствия ответа на вопрос не превышал 10%. В начале эксперимента регистрировали спокойное бодрствование с фиксацией взгляда на точку на экране монитора в течение 3-х минут. Текст предъявляли на одном слайде на экране монитора, расстояние до монитора 1 м.

ЭЭГ непрерывно регистрировали в фоне и при чтении текста на 24-канальном компьютерном электроэнцефалографе Brain Dynamics analyzer с полосой пропускания – 0.5 - 30 Гц, с частотой дискретизации 250 Гц по каждому из каналов. Запись производили от 20 монополярных отведений, из них 16 располагали по международной схеме 10-20 (Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, C3, C4, T3, T4, T5, T6, P3, P4, O1, O2). Дополнительно устанавливали четыре электрода: два – в передневисочных областях каждого из полушарий (T1, T2), и два – в зонах ТРО, т.е. в зонах перекрытия височной, теменной и затылочной областей (TP1, TP2). В качестве референтного отведения использовали объединенные электроды на мочках ушей. Для регистрации движений глаз и морганий использовали биполярное отведение с расположением электродов в районе височного угла и нижнего края глаза.

Безартефактные участки ЭЭГ разделяли на эпохи анализа по 4 с, для каждой эпохи анализа вычисляли матрицы (размерностью 20x20) коэффициентов корреляции (КК ЭЭГ) от всех отведений попарно (всего 190 значений). Матрица КК позволяет представить многоканальную ЭЭГ в виде совокупности векторов единичной длины в многомерном евклидовом пространстве, где каждый из векторов представляет собой локальный ЭЭГ-процесс, а косинус угла между двумя векторами есть КК между соответствующими локальными процессами [1]. Чем больше скоррелированы процессы, тем меньше углы между векторами, тем меньший объем занимает пучок ЭЭГ векторов в пространстве. Показатель линейной зависимости совокупности ЭЭГ процессов, характеризующий «объем», занимаемый пучком этих ЭЭГ векторов в пространстве, предложен в качестве меры пространственной синхронизации биопотенциалов мозга (ПСБП).

Для каждой 4-секундной эпохи анализа вычисляли число VOL, характеризующее степень синхронизации всех 20 ЭЭГ процессов («объем» всего пучка векторов). Если VOL = 0, то процессы максимально линейно зависимы, если VOL = 1, то процессы линейно независимы (вектора пучка попарно ортогональны). Для оценки особенностей топической организации ПСБП вычисляли число V(i) для каждого из отведений ЭЭГ (где i – порядковый номер отведения) - «доля объема», приходящаяся на i-й вектор, характеризующая степень отличия i-го процесса от совокупности остальных. Чем больше V(i), тем больше i-й процесс отличается от остальных.

Расчитанные по матрицам КК показатели VOL и V(i) сопоставляли в фоне и при чтении по объединенным индивидуальным данным для группового сравнения. Для изучения влияния факторов Пол (две градации: юноши и девушки), Возраст (12-13 и 15-17 лет), Задание (две градации: фон и чтение) на показатели ЭЭГ применяли многофакторный дисперсионный анализ (ANOVA). Для сравнения средних применяли t-критерий Стьюдента, нулевая гипотеза отклонялась при вероятности ошибки  $p < 0.05$ . В тексте приведены значения средних со стандартными отклонениями ( $m \pm s.d.$ ).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование пространственно-временной организации биопотенциалов мозга при чтении повествовательного текста подростками двух возрастных групп выявило как общие для испытуемых перестройки межцентральных взаимодействий, так и возрастные, половые особенности этой организации. Ранее нами было описано, что при чтении общим для девушек и юношей 12-13 лет является снижение ПСБП центральных областей обоих полушарий [2]. Интересно, что аналогичные результаты получены также в группе подростков 15-17 лет (Рис. 1 Б). Это может свидетельствовать о дифференцированной активации моторных центров коры при чтении по сравнению с фоном. Подобная активация может быть связана как со скрытой артикуляцией при чтении про себя [11], а также отражать участие моторных зон коры в формировании когнитивных функций в рамках модели «телесного мышления» [20; 22; 24].

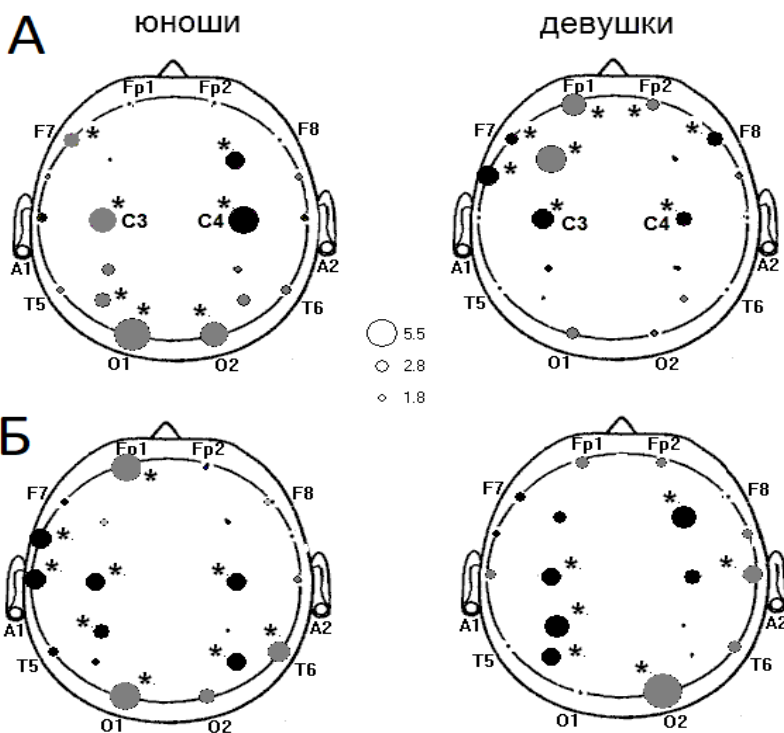


Рис. 1. Топическое распределение зон коры с изменениями пространственных взаимосвязей ЭЭГ при чтении в сравнении с фоновым состоянием у юношей и девушек 12-13 лет (А) и 15-17 лет (Б) (по показателям вклада зон  $V(i)$ ). Диаметр кружка пропорционален значению  $t$ -критерия при оценке статистических различий величин  $V(i)$  в фоне и при чтении. Серый кружок – увеличение ПСБП при деятельности по сравнению с фоном, черный – уменьшение ПСБП. Уровень значимости различий: \*  $p < 0.01$ .



Используя многомерный многофакторный дисперсионный анализ, мы выявили, что паттерны пространственного распределения уровней синхронизации биопотенциалов, характеризуемые совокупностью величин  $V(i)$ , различались при чтении по сравнению с фоном и имели отличительные особенности при выполнении задания юношами и девушками двух возрастных групп (Таблица 1). Было выявлено, что общий уровень ПСБП, а также уровни ПСБП отдельно для левого и правого полушария мозга значимо изменялись при когнитивной нагрузке (чтение текста) в сравнении с фоновым состоянием – бодрствованием с открытыми глазами. Кроме того, общий уровень ПСБП и уровень ПСБП правого полушария мозга значимо различались в зависимости от факторов Возраста и Пола.

Таблица 1

*Оценка влияния факторов Возраст (12-13 лет и 15-17 лет)  
Задание (Фон – чтение) и Пол (юноши – девушки) на показатели ПСБП  
по данным дисперсионного многофакторного анализа.*

Фактор	Показатель «Объем», в целом		Показатель «Объем», левое полушарие		Показатель «Объем», правое полушарие	
	F	p	F	p	F	p
Возраст	<b>22,31</b>	<b>&lt;0,001</b>	3,76	0,052	<b>28,53</b>	<b>&lt;0,001</b>
Пол	<b>12,30</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,78	0,376	<b>27,61</b>	<b>&lt;0,001</b>
Задание	<b>36,53</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>26,67</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>31,50</b>	<b>&lt;0,001</b>

Топические особенности ПСБП изучали по показателям вклада зон  $V(i)$ , характеризующих степень отличия каждого ЭЭГ-процесса от совокупности остальных и позволяющих оценить уровень взаимосвязанности колебаний потенциалов в каждом отведении ЭЭГ со всеми остальными. Возрастание величины  $V(i)$  свидетельствовало об увеличении выраженности локальной активности и снижении доли пространственно-синхронных процессов. И наоборот, уменьшение величины  $V(i)$  свидетельствовало о снижении выраженности локальной активности и повышении вклада пространственно-синхронных процессов.

У юношей обеих возрастных групп чтение текста вызвало увеличение ПСБП в теменно-затылочных областях (ТРО1, О1, О2), кроме того, у юношей 15-17 лет отмечено увеличение ПСБП фронтальной области слева (Fp1) и задневисочной области справа (Т6) (Рис. 1). У девочек 12-13 лет изменения ПСБП при чтении отмечены в лобно-височных областях билатерально, а в 15-17 лет – увеличение ПСБП проявляется в височных (Т4) и затылочных (О2) областях правого полушария. Таким образом, с возрастом у юношей при чтении по сравнению с фоном увеличивается ПСБП фронтальных областей, а у девушек – снижается, но возрастает ПСБП височной и затылочной областей правого полушария. Это свидетельствует о различиях созревания центральных механизмов чтения у юношей и девушек. Изменение с возрастом участия лобных областей в процессе чтения может означать различную степень лобного контроля этого процесса у юношей и деву-

шек с одной стороны, а с другой стороны – свидетельствовать о различиях, связанных с длительными процессами миелинизации путей лобных отделов коры [16]. Не исключено, что наблюдаемые нами различия связаны с особенностями управляющих функций мозга, обеспечиваемых лобными отделами коры (для обзора см. [6]).

## ВЫВОДЫ

1. Общим для девушек и юношей двух возрастов при чтении является снижение ПСБП центральных областей обоих полушарий, что может отражать дифференцированную активацию корковых моторных центров.

2. Выявлены половые и возрастные особенности пространственной синхронизации биопотенциалов мозга у подростков 12-13 и 15-17 лет при чтении повествовательных текстов.

3. С возрастом у юношей при чтении по сравнению с фоном увеличивается ПСБП фронтальных областей, а у девушек – снижается, но возрастает ПСБП височной и затылочной областей правого полушария.

*Работа частично поддержана грантом РФФИ N 18-313-00169, госзадаанием.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барвинок А.И., Рожков В.П. Особенности межцентральной координации корковых электрических процессов при умственной деятельности // Физиология человека. – 1992. – Т. 18, № 3. – С. 5.

2. Гальперина Е.И., Кручинина О.В., Рожков В.П. Пространственная синхронизация биопотенциалов мозга отличается у юношей и девушек 12-13 лет при чтении повествовательных текстов // Физиология человека. – 2018. – Т. 44. – № 2. – С. 31-40.

3. Комкова Ю.Н. Электрическая активность головного мозга у детей и подростков на разных стадиях полового созревания в состоянии покоя // Новые исследования. – 2018. – № 1 (54). – С. 4-25.

4. Корнев А.Н., Ишимова О.А. Методика диагностики дислексии у детей: методическое пособие. – СПб. 2010.

5. Кручинина О.В., Гальперина Е.И., Шеповальников А.Н. Особенности пространственной организации колебаний биопотенциалов мозга у подростков // Физиология человека. – 2014. – Т. 40, № 5. – С. 14.

6. Мачинская Р.И. Управляющие системы мозга // Журнал высшей нервной деятельности. – 2015. – Т. 65. – № 1 – С. 33-60.

7. Панасевич Е. А., Цицерошин М.Н. Отражение в топологических особенностях пространственной организации межкортикальных взаимодействий способности к успешному выполнению детьми 5–6 лет различных видов когнитивной деятельности (гендерные различия) // Физиология человека. – 2015. – Т. 41. – № 5. – С. 39.

8. Разумникова О.М. Мышление и функциональная асимметрия мозга. – Новосибирск: Изд-во СО РАМН, 2004. – 272 с.

9. Фарбер Д., Горев А. Психофизиологические основы особенностей поведения и познавательной деятельности подростка: Методическое пособие для учителей и родителей. – М., Издательство: МПСУ, 2018. – 64 с.
10. Annett M. The binomial distribution of right, mixed and left handedness // *Quart. J. of Experim. Psychol.* – 1967 – V. 9 – P. 327.
11. Brumberg J.S., Krusienski D.J., Chakrabarti S., et al. Spatio-Temporal Progression of Cortical Activity Related to Continuous Overt and Covert Speech Production in a Reading Task // *PLoS One.* –2016. –V. 11(11). – P. e0166872.
12. Giedd J. N., Raznahan A., Alexander-Bloch A., et al. Child Psychiatry Branch of the National Institute of Mental Health Longitudinal Structural Magnetic Resonance Imaging Study of Human Brain Development // *Neuropsychopharmacology.* – 2015. – V. 40. – P. 43.
13. Guillemard (Tsaparina) D. M., Michail N. Tsitseroshin, Alexandr N. Shepovalnikov, Elizaveta I. Galperina, Ekaterina A. Panasevich, Ekaterina E. Kats, Larisa G. Zaytseva and Olga V. Kruchinina Ontogenetic Development of Neurophysiological Mechanisms Underlying Language Processing / Chapter 7 in *Evolutionary Physiology and Biochemistry - Advances and Perspectives.* INTECH. 2018. P. 75-90.
14. Halpern D. F. Sex differences in intelligence: Implications for education // *American Psychologist.* – 1997. – V. 52. – P. 1091.
15. Hedges L.V., Nowell A. Sex differences in mental test scores, variability and numbers of highscoring individuals // *Science.* – 1995. – V. 269. – P. 41.
16. Ingalhalikar M., Smith A., Parker D. et al. Sex differences in the structural connectome of the human brain // *PNAS.* – 2014. – V. 111, № 2. – P. 823.
17. Lenroot R.K., Giedd J.N. Sex differences in the adolescent brain // *Brain Cogn.* – 2010. – V. 72, № 1. – P. 46.
18. Marosi E., Harmony T., Becker J. et al. Sex differences in EEG coherence in normal children // *Int. J. Neurosci.* – 1993. – V. 72, № 1–2. – P. 115.
19. Mason R.A., Just M.A. How the brain processes causal inferences in text // *Psychol Sci.* – 2004. – V. 15, № 1. – P. 1.
20. Pulvermüller F. Semantic embodiment, disembodiment or misembodiment? In search of meaning in modules and neuron circuits // *Brain Lang.* –2013. – V. 127, № 1. – P. 86.
21. Reynolds M.R., Scheiber C., Hajovsky D.B., et al. Gender Differences in Academic Achievement: Is Writing an Exception to the Gender Similarities Hypothesis? // *J Genet Psychol.* – 2015. – V. 176, № 3-4. – P. 211.
22. Rutter M., Caspi A., Fergusson D., et al. Sex differences in developmental reading disability: new findings from 4 epidemiological studies // *JAMA.* – 2004. – V. 291, № 16. – P. 2007.
23. Schaller F., Weiss S., Müller H. M. EEG beta-power changes reflect motor involvement in abstract action language processing // *Brain Lang.* – 2017. – V. 168. – P. 95.
24. Shtyrov Y., Butorina A., Nikolaeva A., Stroganova T. Automatic ultrarapid activation and inhibition of cortical motor systems in spoken word comprehension // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.* – 2014. – V. 111, № 18. – P. 1918.

## REFERENCES

1. Barvinok A.I., Rozhkov V.P. Osobennosti mezhcentral'noj koordinacii korkovyh ehlektricheskikh processov pri umstvennoj deyatel'nosti // Fiziologiya cheloveka. – 1992. – T. 18, № 3. – С. 5.
2. Gal'perina E.I., Kruchinina O.V., Rozhkov V.P. Prostranstvennaya sinhronizaciya biopotencialov mozga otlichaetsya u yunoshej i devushek 12-13 let pri chtenii povestvovatel'nyh tekstov // Fiziologiya cheloveka. – 2018. – T. 44. – № 2. – S. 31-40.
3. Komkova YU.N. EHlektricheskaya aktivnost' golovnogogo mozga u detej i podrostkov na raznyh stadiyah polovogo sozrevaniya v sostoyanii pokoya // Novye issledovaniya. – 2018 – № 1 (54). – S. 4-25.
4. Kornev A.N., Ishimova O.A. Metodika diagnostiki disleksii u detej: metodicheskoe posobie. – SPb. 2010.
5. Kruchinina O.V., Gal'perina E.I., SHepoval'nikov A.N. Osobennosti prostranstvennoj organizacii kolebanij biopotencialov mozga u podrostkov // Fiziologiya cheloveka. – 2014. – T. 40. – № 5. – S. 14.
6. Machinskaya R.I. Upravlyayushchie sistemy mozga // ZHurnal vysshej nervnoj deyatel'nosti. – 2015. – T. 65. – № 1. – S. 33-60.
7. Panasevich E. A., Ciceroshin M.N. Otrazhenie v topologicheskikh osobennostyah prostranstvennoj organizacii mezhkortikal'nyh vzaimodejstvij sposobnosti k uspeshnomu vypolneniyu det'mi 5–6 let razlichnyh vidov kognitivnoj deyatel'nosti (gendernye razlichiya) // Fiziologiya cheloveka. – 2015. – T. 41. – № 5. – S. 39.
8. Razumnikova O.M. Myshlenie i funkcional'naya asimmetriya mozga. – Novosibirsk: Izd-vo SO RAMN, 2004. – 272 s.
9. Farber D., Gorev A. Psihofiziologicheskie osnovy osobennostej povedeniya i poznavatel'noj deyatel'nosti podrostka: Metodicheskoe posobie dlya uchitelej i roditelej. – M., Izdatel'stvo: MPSU, 2018. – 64 s.

# ОСОБЕННОСТИ ГЛАЗОДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ПРИ ЧТЕНИИ ТЕКСТА С РАЗЛИЧНЫХ УСТРОЙСТВ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ У ПОДРОСТКОВ 15-16 ЛЕТ

В.В. Иванов<sup>1</sup>

ФГБНУ «Институт возрастной физиологии  
Российской академии образования», Москва

*В данном исследовании был проведен анализ пространственно-временных параметров окуломоторной активности при чтении сложного текста с различных дисплеев (TFT и e-ink) подростками 15-16 лет. Было выявлено, что при чтении с дисплея, выполненного по технологии e-ink, ученик затрачивает в 2.5 раза больше времени на смену страниц текста. Существенных различий по параметрам окуломоторную активности при чтении с различных дисплеев не выявлено в связи с небольшим временем исследования и, следовательно, отсутствием накопленной зрительной усталости.*

**Ключевые слова:** чтение, окуломоторная активность, дисплеи

**Characteristics of oculomotor activity during reading a text from digital devices in 15-16-year-old adolescents.** *This study presents the analysis of the spatial-temporal parameters of oculomotor activity conducted during reading a complex text using various displays (TFT and e-ink) by adolescents at the age of 15-16 y.o. It was found out that when reading from an e-ink display, a student spends 2.5 times more time changing text pages. Significant differences in the parameters of oculomotor activity when reading from different displays were not revealed due to the short study time and, consequently, the lack of accumulated visual fatigue.*

**Keywords:** reading, oculomotor activity, displays.

Исследования движений глаз ведутся по различным направлениям, и одно из ключевых – изучение роли глазодвигательной активности в различных образовательных процессах, таких, например, как чтение. Окуломоторная активность при этом рассматривается как отражение сложных, многоступенчатых, познавательных процессов, связанных с восприятием текста, его лексическим и семантическим анализом и встраиванием информации в общий контекст [1, 3, 16]. Актуальность изучения окуломоторной активности связана с широким внедрением в повседневную и образовательную деятельность различных электронных устройств отображения текстовой информации уже на достаточно ранних этапах когнитивного развития. В настоящее время подростки в пубертатном периоде, который характеризуется рассинхронизацией взаимодействия звеньев регуляторной системы и снижением коркового контроля [4], эмоциональной нестабильностью, сниженными адаптационными возможностями и работоспособностью, активно используют мобильные электронные устройства для чтения и досуга, предпочитая их книжным изданиям.

---

Контакты: <sup>1</sup> Иванов В.В. – E-mail: <Ronin1024@bk.ru>

Были проведены исследования [6; 12; 19], результаты которых показали, что некоторые пространственно-временные параметры движений глаз при чтении с бумаги и с различных дисплеев различаются. Так, например, длинные строки на экране увеличивают скорость чтения текста, но уменьшают его понимание; более опытные пользователи персональных компьютеров и электронных средств быстрее читают с экрана, а менее опытные - с листа. Более взрослые читатели отдают предпочтение восприятию информации с бумажного носителя, но данный факт скорее связан с культурологическими особенностями, с привычками, заложенными в детстве. Было выявлено [13], что пожилые люди показали более короткую среднюю продолжительность фиксации и более низкое напряжение тетадиапазона ЭЭГ, связанного с процессом кодирования и извлечения контекстной информации из рабочей памяти, при чтении с планшетного компьютера.

В последнее время проводятся исследования влияния продолжительного взаимодействия с электронными устройствами, оборудованными экранами, на здоровье человека. По данным клинико-биомикроскопических исследований, синдром «сухого глаза», который наряду со снижением остроты зрения, усилением рефракции и уменьшением показателей аккомодации, является причиной возникновения компьютерного зрительного синдрома, встречался у 33.3 % пользователей персональных компьютеров, оборудованных TFT-дисплеями [7]. Была определена прямая корреляция между этими нарушениями и возрастом пользователя персонального компьютера, а также его стажем работы на данном устройстве.

Целью данного исследования является выявление у подростков 15-16 лет особенностей глазодвигательной активности при чтении текста с электронных устройств, оборудованных разными типами дисплеев.

## **ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

В исследовании принял участие 21 подросток 15-16 лет (средний возраст –  $15.28 \pm 0.07$ ). 10 человек читали с дисплея TFT, средний возраст  $15.39 \pm 0.10$ , 11 человек - с дисплея e-ink, средний возраст  $15.20 \pm 0.09$ .

Экспериментальная часть исследования основана на бинокулярной регистрации окуломоторной активности при помощи метода видеорегистрации с элементами фотоэлектрического метода на установке Eyegaze Analyzing System фирмы «Interactive Minds». Система состоит из системного блока, жидкокристаллического дисплея на кронштейне, двух особых высокоскоростных камер и специального программного обеспечения. Скорость съемки каждой видеокамеры (частота опроса) составляет 60 Гц. При переменном опросе частота составляет 120 Гц (~1 кадр в 8 мс). Средняя ошибка составляет  $0.45^0$  (0.38см на экране). Минимальная продолжительность фиксаций, регистрируемых установкой – 50 мс. Данная аппаратура позволяет регистрировать макродвижения глаз, расположение точек фиксаций, диаметр зрачка и рассчитывать на основе этих данных продолжительность фиксаций и амплитуду саккад.

Для реализации цели исследования данная аппаратура была снабжена специально изготовленным дополнительным держателем. Держатель крепился на экран установки. В специальную рамку вставлялась электронная книга или планшетный компьютер. Геометрический центр экрана электронного устройства совпадал с центром экрана установки. Таким образом расположение текста было всегда оди-

наковым при чтении с различных устройств. Все визуальные характеристики текстов (размер букв, начертание, межстрочный интервал и т.п.) были аналогичными. Чтение проводилось с планшета или ридера, установленного на экране, на черном несветящемся фоне.

Технические характеристики используемых средств для вывода текстовой информации (электронные устройства/книги) представлены в таблице 1.

*Таблица 1*

*Характеристики дисплеев электронных книг, использованных в исследовании*

<b>Характеристики экрана</b>	<b>PocketBook 301 Plus</b>	<b>Digma Optima 7303M</b>
Технология дисплея	e-ink	TFT
Диагональ (дюйм)	6	7
Яркость (кд/м <sup>2</sup> )	37.9	250-300
Контраст	7.4:1	300:1
Точек на дюйм	167	216
Размер экрана (пкс)	800x600	1280x800
Размер экрана (мм)	121.68x91.26	139x87
Размер букв (мм)	4	4
Тип перелистывания	Нажатие клавиши	Жестом по экрану

Исследование проводилось с каждым ребенком в индивидуальном порядке. Во время исследования, ребенок должен был упираться лбом и подбородком в специальную рамку, которая минимизировала движения его головы во время чтения, поскольку детям исследуемого возраста еще достаточно трудно сохранять неподвижность головы продолжительное время. Ученик усаживался перед установкой, которая подстраивалась под его рост и строение головы таким образом, чтобы его глаза находились как можно ближе к оси, перпендикулярной экрану и выходящей из центра экрана. Расстояние между испытуемым и экраном составляло 45-50 см, что соответствует нормам СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 и обеспечивает достаточный для чтения угловой размер букв (около 0.32° (19.2 угл. мин.)), а также позволяет свободно дотянуться до экрана электронного устройства. После прочтения текста подростку задавались вопросы по тексту, ответы на которые оценивались по принципу ответил/не ответил. На основании данных ответов оценивалась степень понимания/воспроизведения текста. Средняя продолжительность исследования одного ученика составляла 8-10 минут. Исследование проводили в первой половине дня (с 9 до 13 часов), в период наиболее успешной когнитивной деятельности. Обследование учеников проводилось с письменного разрешения родителей.

На основе математико-статистического анализа выявлены основные значимые морфо- и психолингвистические показатели, характеризующие фактор «сложность текста» [5]. На основе данных критериев был подобран максимально сложный для данного возраста текст. Значимые морфо- и психолингвистические характеристики текста указаны в таблице 2.

Таблица 2

*Значимые морфо- и психолингвистические свойства текстов,  
используемых в исследовании*

Количество букв в тексте	Количество предложений	Количество слов	Среднее количество слов в предложении	Среднее количество букв в слове	Среднее количество слогов в слове	Среднее количество букв в слове
1084	11	173	15.73	6.266	2.746	2.23
Количество сложносочиненных предложений	Количество сложноподчиненных предложений	Количество сложных предложений	% сложносочиненных предложений	% сложноподчиненных предложений	% сложных предложений	Количество 3х сложных слов
2	4	3	18.18	36.36	27.27	89
% слов, содержащих 3 и более слога	Количество слогов	Количество лемм	% лемм	Количество абстрактных слов	% абстрактных слов	Коэффициент Колемана-Лиану
51.45	475	114	65.9	13	7.514	19.2
Коэффициент Флеша-Кинкэйда (возраст)	Коэффициент Флеша-Кинкэйда (класс)	Коэффициент Флеша (русский язык)	% существительных	% прилагательных	% местоимений-существительных	% глаголов в личной форме
27.94	22.94	4.078	35.26	10.98	7.514	9.249
% причастий	% деепричастий	% инфинитивов	% местоимений-предикативов	% местоименных прилагательных	% числительных	% порядковых числительных
1.156	0	0.578	0	7.514	0.578	0.578
% наречий	% предикативов	% предлогов	% союзов	% междометий	% частица	% вводное слово
9.249	0	10.4	2.89	3.468	0	0
% краткое прилагательное	% краткое причастие	Количество символов в тексте				
0.578	0	1294				

Обработка количественных показателей осуществлялась при помощи статистического пакета SPSS 13.0 для Windows. Выявление степени влияния фактора «тип экрана» осуществлялось при помощи факторного дисперсионного анализа (General Linear Model).



## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Основные результаты исследования отображены в Таблице 3. Средний бал понимания текста составляет 11-12 %, т.е. на 10-12 вопросов, заданных по содержанию текста, был получен в среднем только один правильный ответ, что характеризует используемый стимульный материал как сложный.

Статистический анализ пространственно-временных параметров оculoмоторной активности при чтении текста с различных устройств показал, что в среднем основные характеристики движений глаз составляют: продолжительность прогрессивных фиксаций – 217-237 мс, амплитуда прогрессивных саккад – 2.75-2.62 угловых градуса, амплитуда регрессивных саккад – 2.13-2.12 угл. градуса, процент регрессивных саккад – 6.7-7.2 %, время чтения – 1.3-1.6 минуты, скорость чтения – 13.2-14.3 символа в секунду, процент времени перелистывания – 4.8-12.1%.

Таблица 3

*Основные методологические показатели и параметры оculoмоторной активности у подростков 15-16 лет*

	<b>Digma (TFT)</b>	<b>PocketBook (e-ink)</b>
	<b>M±m</b>	<b>M±m</b>
Степень понимания текста (%)	11.1±2.4	12.6±4.7
Продолжительность прогрессивных фиксаций (мс)	217.5±6.57	236.5±7.97
Продолжительность регрессивных фиксаций (мс)	244.6±11.53	261.1±12.64
Продолжительность установочных фиксаций (мс)	250.2±7.74	269.3±10.69
Продолжительность строковых фиксаций (мс)	192.6±12.51	189.0±7.62
Средняя амплитуда прогрессивных саккад (угл.град.)	2.75±0.16	2.62±0.18
Средняя амплитуда регрессивных саккад (угл.град.)	2.13±0.17	2.12±0.13
Процент регрессов (%)	6.9±0.55	7.2±0.80
Скорость чтения (символов/сек)	14.3±0.58	13.2±1.65
Среднее количество саккад в строковой серии (шт.)	1.6±0.09	1.7±0.09
Время чтения (с)	77.1±3.5	96.2±12.7
Общее время чтения (с)	80.9±3.7	108.7±13.4
Время перелистывания (с)	3.89±0.73	12.50±1.38
Процент времени перелистывания (%)	4.8±0.89	12.1±1.17

Дисперсионный анализ выявил значимое влияние характеристик использованных электронных устройств на такие параметры чтения, как среднее время перелистывания ( $F(1, 19)=28.82, p<0.001$ ) и средний процент времени перелистывания ( $F(1, 19)=23.89, p<0.001$ ). Так среднее общее время перелистывания при чтении с PocketBook с дисплеем, выполненным по технологии e-ink, составляет

12.50±1.38 секунды (12.06 % от общего времени чтения), тогда как при чтении с планшетного компьютера Digma (TFT технология) это время составило всего 3.89±0.73 секунды (4.76 % от общего времени чтения). Таким образом, чтение с дисплея, в силу используемой технологии, характеризуется в 2.5 раза большим временем перелистывания.

Анализ коэффициентов вариации продолжительности фиксаций и саккад показал, что у подростков отсутствует механистичность чтения, каждое слово обрабатывается и встраивается в общий контекст предложения и текста в целом. На продолжительность фиксаций влияет скорость лексического доступа и особенности процесса контекстного анализа [10; 15], объясняя их широкую вариативность.

Было доказано, что контрастность (соотношение двух уровней яркости - фона и объекта) заметно влияет на зрительное восприятие. Низкоконтрастные соотношения приводят к снижению эффективности восприятия и окулomotorной активности в диапазоне 10-20 % [17].

В тоже время, факторный анализ не выявил статистически значимых различий основных временно-пространственных характеристик окулomotorной активности при чтении с различных электронных устройств. При чтении текста с ридера RocketBook общее количество фиксаций больше всего на 13 %, а продолжительность различных типов фиксаций находится в пределах статистической ошибки средней. Время чтения при использовании дисплея с технологией e-ink на 24.8 % больше, чем при использовании TFT-дисплея. Это частично согласуется с данными Нильсена [14], который обнаружил, что чтение на e-ink ридере было на 10.7 %, а с электронного планшета - на 6.2 % медленнее, чем чтение с классической бумажной книги. Однако, наше исследование не выявило четкого подтверждения того, что чтение с разных устройств достоверно различается по пространственно-временным параметрам глазодвигательной активности.

Измерение визуальной усталости (субъективными и объективными оценками) каждый час не обнаружили различия в зрительной усталости при чтении в течение длительного времени [18]. Авторы пришли к выводу, что как e-ink ридер, так и планшеты с TFT дисплеем одинаково пригодны для чтения в течение длительного времени, особенно по сравнению с дисплеями прошлого.

Однако, в других работах, были получены несколько иные данные. Проведенное у подростков [6] исследование движений глаз при чтении с трех различных носителей информации: бумаги, персонального компьютера и ридера выявило наличие затруднения при чтении с экрана устройства, выполненного по технологии e-ink по сравнению с листом бумаги, проявляющееся в относительном увеличении соотношения количества реверсивных и прогрессивных саккад. Результаты работы свидетельствуют о том, что чтение с экрана электронного устройства с e-ink дисплеем вызывает у подростков ряд физиологических изменений, свидетельствующих о его более высокой физиологической стоимости использования по сравнению с бумажным носителем. Сопоставление общего количества саккад при чтении с разных носителей выявило их наибольшее количество при использовании TFT-дисплея, что свидетельствует о большей трудности восприятия текста и более выраженном утомлении мышц глаза при чтении с этого электронного устройства. В тоже время, эффект утомления глаз и увеличения количества саккадических движений начинал проявляться после прочтения с TFT-дисплея более 3-4 тысяч символов, т.е. при достаточно длительном непрерывном чтении. В нашем

исследовании количество символов с пробелами составило всего 1.3 тысячи, поэтому отмечено обратное наблюдение, когда количество саккад было выше при чтении текста с экрана PocketBook (e-ink дисплей).

Результаты как объективных (количество морганий в секунду), так и субъективных (шкала зрительной усталости) исследований показали, что чтение на LCD-дисплее вызывает более высокую визуальную усталость по отношению к e-ink ридеру и бумажной книге [9]. При чем, по данному показателю не выявлены различия при чтении с e-ink ридера и с бумаги.

Многочисленные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что при чтении с TFT-дисплея уменьшение числа морганий более выражено по сравнению с чтением с других электронных устройств. Использование дисплеев с подсветкой связывают с уменьшенной частотой моргания и увеличением скорости испарения слез, что способствует появлению эффекта «сухого глаза». Фактически, длительное воздействие экспозиции способствует снижению средних показателей времени разрыва слезной пленки, увеличению средних показателей основной слезопродукции, что является одним из основных факторов визуальной усталости [11]. Длительное напряжение зрительного анализатора может привести к появлению головной боли, увеличению частоты и продолжительности заболеваний, связанных с нарушением кровообращения и тонуса стенок сосудов [2]. У пользователей, работающих на устройствах с жидкокристаллическим дисплеем в среднем четыре часа, проявлялись изменения со стороны периферического отдела зрительного анализатора в виде снижения остроты зрения, усиления рефракции, уменьшения показателей аккомодации, пространственно – контрастной чувствительности [7] - синдрома «профессиональной офтальмопатии» [8].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Различия при чтении с электронных устройств, оборудованных дисплеями, выполненных по разным технологиям, по показателям окуломоторной активности имеют тенденциозный характер и статистически не выражены. Основное различие заключается в различной скорости процесса перелистывания страниц текста: при использовании устройства с дисплеем, выполненного по технологии e-ink, перелистывание занимает в 2.5 раза больше времени, что связано как с различными эргономическими характеристиками технических средств, так и особенностями технологий. Отсутствие различий между чтением с TFT экрана и e-ink дисплея объясняется как малым интервальным периодом исследования (1.3-1.9 минуты), который не превышает период эффективной и устойчивой работы систем зрительного анализатора, так и культурологическими особенностями исследуемых – современные подростки достаточно рано начинают пользоваться различными устройствами отображения информации. Использование более длительного по времени исследования позволит выявить изменения в механизмах глазодвигательной активности и стратегии чтения в условиях продолжительного зрительного и когнитивного напряжения. В тоже время следует помнить, что особенности экранного изображения, несоблюдение гигиенических и эргономических правил пользования персональным компьютером и различными электронными устройствами, длительная напряженная зрительная работа на близком расстоянии, явля-

ются основными факторами, способствующими развитию как зрительного утомления и офтальмопатии, так и миопатии.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барабанщиков, В.А. Окуломоторные структуры восприятия / В.А. Барабанщиков. – М.: Издательство "Институт психологии РАН", 1997. – 384 с.
2. Баранов, А.А. Чтение, компьютер и здоровье / А.А. Баранов, В.Р. Кучма, Л.М. Текшева // Вопросы современной педиатрии. – 2008. – № 1. – Т.7. – С. 21-25.
3. Белопольский, В.И. Взор человека. Механизмы, модели, функции. / В.И. Белопольский. – М: Институт психологии РАН, 2007. – 415 с.
4. Дубровинская, Н.В. Психофизиология ребенка: Психофизиологические основы детской валеологии: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Н.В. Дубровинская, Д.А. Фарбер, М.М. Безруких. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2000. – 170 с.
5. Иванов, В.В. К вопросу о возможности использования лингвистических характеристик сложности текста при исследовании окуломоторной активности при чтении у подростков / В.В. Иванов // Новые исследования. – 2013. – №1 (34). – С. 42-50.
6. Кучма, В.Р. и др. Особенности восприятия информации с электронного устройства для чтения (ридера) / В.Р. Кучма, Л.М. Текшева, О.А. Вятлева, А.М. Курганский // Вопросы школьной и университетской медицины. – 2012. – № 1. – С. 39-46.
7. Сагадатова, Н.М. Комплексная диагностика и лечение компьютерного зрительного синдрома: автореф. дис. ... канд. мед. наук / Сагадатова Н.М. – Уфа: Уфим. НИИ глазных болезней, 2004. – 22 с.
8. Фейгин, А.А. Профессиональная офтальмопатия: клиника, диагностика, реабилитация, профилактика: Дис. ... д-ра мед. наук / А.А. Фейгин. – Моск. НИИ глазных болезней им. Гельмгольца, 2006. – 199 с.
9. Benedetto, S. et al. E-readers and visual fatigue / S. Benedetto, V. Draai-Zerbib, M. Pedrotti, G. Tissier, T. Baccino // PLoS One. – 2013. – № 8 (12). URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3873942>, свободный.
10. Blythe, H.I. The uptake of visual information during fixations in reading in children and adults / H.I. Blythe, S.P. Liversedge, H.S.S.L. Joseph, S.J. White, K. Rayner // Vision Research. – 2009. – Vol. 49. – P. 1583-1591.
11. Cardona, G. Blink Rate, Blink Amplitude, and Tear Film Integrity during Dynamic Visual Display Terminal Tasks / G. Cardona, C. Garcia, C. Seres, M. Vilaseca, J. Gispets // Current Eye Research. – 2011. – Vol. 36(3). – P. 190-197.
12. Dyson, M.C., Haselgrove, M. The influence of reading speed and line length on the effectiveness of reading from screen / M.C. Dyson, M. Haselgrove / International Journal of Human Computer Studies. – 2001. – Vol. 54(4). – P.585-612.
13. Kretschmar, F. Subjective impressions do not mirror online reading effort: concurrent EEG-eyetracking evidence from the reading of books and digital media / F. Kretschmar, D. Pleimling, J. Hosemann, S. Fussel, I. Bornkessel-Schlesewsky, M. Schlewsky // PLoS ONE. – 2013. – Vol. 8(2): e56178. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0056178>, свободный.

14. Nielsen, J. iPad and Kindle Reading Speeds (Jakob Nielsen's Alertbox). / J. Nielsen / Nielsen Norman Group. – 2010. – Режим доступа: <https://www.nngroup.com/articles/ipad-and-kindle-reading-speeds>, свободный.
15. Paterson, K.B. Eye Movements Reveal Expects of Visual Content on Eye Guidance and Lexical Access during Reading / K.B. Paterson, V.A. McGowan, T.R. Jordan // PLoS ONE. – 2012. – Vol. 7(8). – P. 1-11.  
URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0041766>.
16. Rayner, K. Eye movements in Reading and Information Processing: 20 Years of Research / K. Rayner // Psychological Bulletin. – 1998. – Vol. 124/3. – P. 372-422.
17. Sears, A., Jacko, J.A. Human-Computer Interaction Fundamentals / A. Sears, J.A. Jacko. – CRC Press, Inc., Boca Raton, FL. – 2009. – 350 p.
18. Siegenthaler, E. Reading on LCD versus e-Ink displays: Effects on fatigue and visual strain / P. Wurtz, E. Siegenthaler, Y. Bochud, P. Bergamin // Ophthalmic and Physiological Optics. – 2012. – Vol. 32(5). – P.367-374.
19. Siegenthaler, E. Improving the Usability of E-Book Readers / E. Siegenthaler, P. Wurtz, R. Groner / Journal of usability studies. – 2010. – Vol. 6, Issue 1. – P.25-38.

## REFERENCE

1. Barabanshchikov, V.A. Okulomotornye struktury vospriyatiya. / V.A. Barabanshchikov. – M.: Izdatel'stvo "Institut psihologii RAN", 1997. – 384 s.
2. Baranov, A.A. Chtenie, komp'yuter i zdorov'e / A.A. Baranov, V.R. Kuchma, L.M. Teksheva // Voprosy sovremennoj pediatrii. – 2008. – № 1. – Т.7. – S. 21-25.
3. Belopol'skij, V.I. Vzor cheloveka. Mekhanizmy, modeli, funkcii. / V.I. Belopol'skij. – M: Institut psihologii RAN, 2007. – 415 s.
4. Dubrovinskaya, N.V. Psihofiziologiya rebenka: Psihofiziologicheskie osnovy detskoj valeologii: Ucheb. posobie dlya stud. vyssh. ucheb. zavedenij / N.V. Dubrovinskaya, D.A. Farber, M.M. Bezrukih // M.: Gumanit. izd. centr VLADOS, 2000. – 170 s.
5. Ivanov, V.V. K voprosu o vozmozhnosti ispol'zovaniya lingvisticheskikh harakteristik slozhnosti teksta pri issledovanii okulomotornoj aktivnosti pri chtenii u podrostkov / V.V. Ivanov // Novye issledovaniya. – 2013. – №1 (34). – S. 42-50.
6. Kuchma, V.R. i dr. Osobennosti vospriyatiya informacii s elektronnoho ustrojstva dlya chteniya (ridera) / V.R. Kuchma, L.M. Teksheva, O.A. Vyatleva, A.M. Kur-ganskij // Voprosy shkol'noj i universitetskoj mediciny. – 2012. – № 1. – S. 39-46.
7. Sagadatova, N.M. Kompleksnaya diagnostika i lechenie komp'yuternogo zritel'nogo sindroma: avtoref. dis. ... kand. med. nauk / Sagadatova N.M. – Ufa : Ufim. NII glaznyh boleznej, 2004. – 22 s.
8. Fejgin, A.A. Professional'naya oftal'mopatiya: klinika, diagnostika, reabilitaciya, profilaktik: Dis. ... d-ra med. Nauk / Fejgin A.A. – Mosk. NII glaznyh boleznej im. Gel'mgol'ca, 2006. – 199 s.

# ФИЗИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОДРОСТКОВ

## ФИЗИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ МОСКОВСКИХ ШКОЛЬНИКОВ 15-16 ЛЕТ

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

Изучались показатели физического развития подростков 15 и 16 лет Московского региона. Гармоничное развитие имели в среднем 60 % школьников данного контингента: 54,1 % подростков-мальчиков и 65,7 % девушек. Случаев disharmony наблюдалось больше среди мальчиков-подростков, чем среди девушек как по показателю избытка массы тела, так и по числу случаев с дефицитом массы тела. Мальчики-подростки 16 лет выше 15-летних на 4,3 см, школьницы от 15 к 16 годам свой рост не изменили. Мальчики в среднем выше девочек приблизительно на 7 см в 15 лет и более чем на 11 см в 16 лет. Показатели физического развития школьников 15-16 лет типичны для городских подростков третьего тысячелетия.

**Ключевые слова:** физическое развитие, школьники 15 и 16 лет, избыток массы тела, дефицит массы тела, гармоничное развитие.

**Physical development of the Moscow school students at the age of 15-16 years old.** The paper presents the study of the indicators of physical development in 15-16-year-old teenagers of the Moscow region. 60 % of school students of this age group demonstrated harmonious development on average: 54,1 % of adolescent boys and 65,7 % of girls. Cases of a disharmony were observed more in teenage boys, than in girls both in terms of body weight surplus, and body weight deficiency. Adolescent boys at the age of 16 are 4,3 cm higher than those of 15 years old, whereas the height of the schoolgirls does not change from 15 to 16 years old. On average, boys are approximately 7 cm higher than girls at the age of 15 and more than 11 cm higher – at the age of 16. The indices of physical development of school students of 15-16 years old are typical for the urban adolescents of the third millennium.

**Keywords:** physical development, school students aged 15 and 16 y.o., surplus of body weight, deficiency of body weight, harmonious development.

Современные технологии, создавая различные стрессовые ситуации, оказывают экстремальное давление на организм человека, и особенно растущего. Эти воздействия отражаются не только на качестве обучения школьников, но и на уровне их адаптационного потенциала, на их здоровье. Год от года давление это не ослабевает, и даже приобретает новые формы, поэтому необходимость контроля состояния здоровья подрастающего поколения не теряет своей значимости

---

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

и обуславливает актуальность предпринятого нами исследования. Физическое развитие является одним из ведущих критериев состояния здоровья детей в современных меняющихся условиях социально-экономической среды. Нарушения физического развития (ФР) зачастую обуславливают функциональную неготовность ребенка к систематическому обучению в школе, ограничивают профессиональную пригодность подростка. Неслучайно, в связи с этим, что некоторыми авторами соматическая изменчивость человека рассматривается как особый критерий адаптации организма к окружающей среде и является как бы условием устойчивости популяции.

С другой стороны с учетом социальных и экономических изменений в нашем обществе, расслоения его членов на социальные слои по уровню и качеству жизни, с учетом разнообразных климатических зон Российской Федерации, национальных особенностей населения, ряд исследователей, занимающихся этой проблемой, указывают на необходимость проведения комплексных исследований ФР детей и подростков на базе больших массивов фактического материала для обеспечения корректной оценки их ФР [1]. Создание региональных центильных таблиц в связи с этим требует продолжения и расширения исследований ФР детей и подростков на более высоком популяционном уровне. Это, в свою очередь, повышает актуальность предпринятого нами исследования.

**Цель исследования:** определить возрастные и половые особенности физического здоровья детей 15-16 лет.

## ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование особенностей физического развития (ФР) в группах мальчиков и девочек 15-16 лет проводилось в образовательных организациях г. Москвы. Обследовано 611 школьников 15-16 лет, из ОУ г. Москвы: 299 мужского и 312 женского пола.

Для выявления особенностей физического развития в группах мальчиков и девочек-подростков 15-16 лет произведена клиническая антропометрия с определением длины, массы тела, индекса массы тела, уровня физического развития и степени его гармоничности. Сбор антропометрических данных производился по стандартной методике [3]. Гармоничность развития оценивалась по региональным возрастно-половым нормативам [11].

Полученные данные подвергались вариационно-статистической обработке с использованием программы SPSS Statistics. При проведении статистического анализа по всем показателям сравнивались между собой группы: 1) возрастные; 2) половые и 3) половые внутри каждой возрастной группы. Значимые на двустороннем уровне ( $p < 0,05$ ) различия между группами выделены с помощью подстрочных латинских букв. При отсутствии различий между значениями они подписаны одной и той же подстрочной буквой, при достоверных различиях подписаны разными буквами. Сравнение проводилось с помощью t-критерия Стьюдента. Использовался также дисперсионный анализ, z-критерий долей, коэффициент корреляции Пирсона ( $r$ ), коэффициент корреляции Спирмена, регрессия, анализ главных компонент, канонический корреляционный анализ.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты антропометрических исследований (табл. 1) показали, что 16-летние школьники в среднем на 2,5 см выше 15-летних (на 4,3 см мальчики, но на 0 см девочки), что близко к упомянутым нормативным данным. Существенное превышение основных антропометрических признаков у мальчиков сохранялось в 15 и в 16 лет. Прирост у мальчиков почти тот же, что был годом ранее (но меньше, чем два года назад), девочки практически уже перестали расти. Мальчики в среднем выше девочек приблизительно на 7 см в 15 лет и более чем на 11 см в 16 лет. Эта картина также согласуется с нормативами.

Распределение детей 15-16 лет по вариантам длины тела в зависимости от пола и возраста представлено в таблице 2. Как видно из таблицы, высокорослых было больше среди девочек, особенно 16-летних, чем среди мальчиков (11,5 % против 2,8 %); напротив, низкорослых больше среди мальчиков, особенно 15-летних (5 % против 0,6 %).

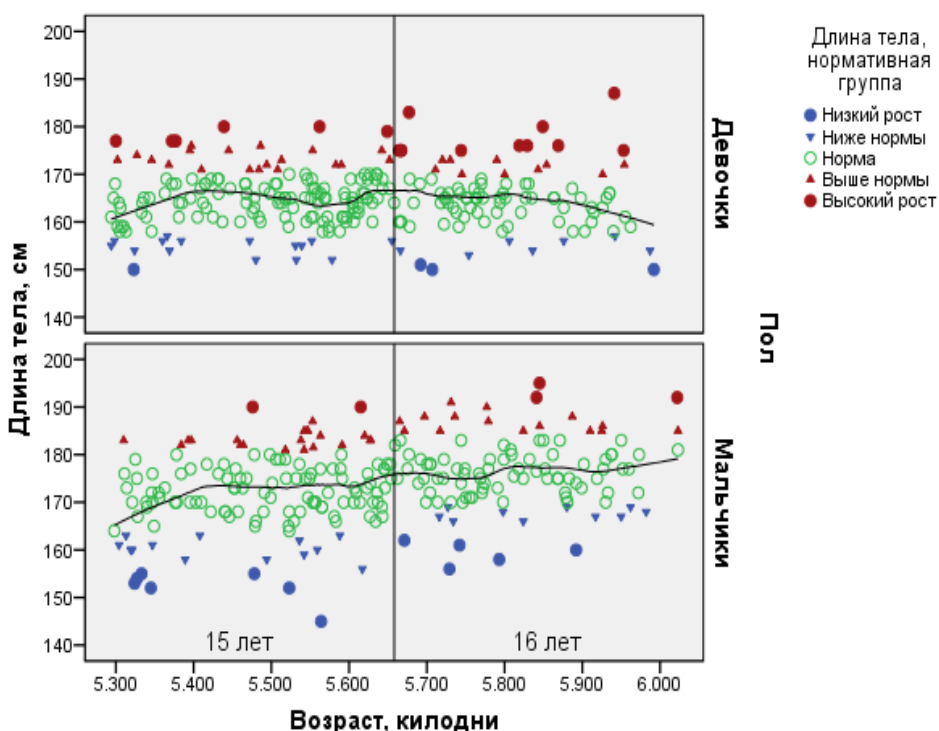


Рис 1. Длина тела в зависимости от возраста.

На рисунке 1 отображена зависимость длины тела от возраста, выраженного в тысячах дней. Срединная тенденция увеличения длины тела показана кривой LO-ESS (локальная регрессия наименьших квадратов; ядро Епанечникова, аппроксимация по 25 % ближайших точек). Хорошо видно, что эта линия увеличения дли-



ны тела у мальчиков имеет восходящий вид. У девочек она уплощается до горизонтали. Это свидетельствует о продолжении ростовых процессов у мальчиков и стабилизации их к 15 годам у девочек.

Таблица 1

Длина и масса тела у детей 15 и 16 лет ( $M \pm m$ )

Показатель	15 лет	16 лет	М	Д	15 лет		16 лет	
					М	Д	М	Д
Длина тела, см	168,3 $\pm$ 0,5 <sub>a</sub>	170,9 $\pm$ 0,6 <sub>b</sub>	173,9 $\pm$ 0,5 <sub>a</sub>	165,0 $\pm$ 0,4 <sub>b</sub>	172,0 $\pm$ 0,7 <sub>a</sub>	165,0 $\pm$ 0,5 <sub>b</sub>	176,3 $\pm$ 0,7 <sub>a</sub>	165,0 $\pm$ 0,7 <sub>b</sub>
Масса тела, кг	61,0 $\pm$ 0,7 <sub>a</sub>	63,6 $\pm$ 0,9 <sub>b</sub>	66,4 $\pm$ 0,9 <sub>a</sub>	57,8 $\pm$ 0,7 <sub>b</sub>	64,8 $\pm$ 1,2 <sub>a</sub>	57,6 $\pm$ 0,8 <sub>b</sub>	68,5 $\pm$ 1,2 <sub>a</sub>	58,1 $\pm$ 1,1 <sub>b</sub>
ИМТ, усл.ед.	21,5 $\pm$ 0,2 <sub>a</sub>	21,7 $\pm$ 0,3 <sub>a</sub>	21,9 $\pm$ 0,2 <sub>a</sub>	21,2 $\pm$ 0,2 <sub>a</sub>	21,8 $\pm$ 0,3 <sub>a</sub>	21,2 $\pm$ 0,3 <sub>a</sub>	21,9 $\pm$ 0,3 <sub>a</sub>	21,4 $\pm$ 0,4 <sub>a</sub>

Таблица 2

Распределение детей 15-16 лет по вариантам длины тела в зависимости от пола и возраста (в %)

Вариант длины тела	15 лет	16 лет	М	Д	15 лет		16 лет	
					М	Д	М	Д
Низкая	2,7 <sub>a</sub>	4,0 <sub>a</sub>	4,9 <sub>a</sub>	1,6 <sub>b</sub>	5,0 <sub>a</sub>	0,6 <sub>b</sub>	4,7 <sub>a</sub>	3,1 <sub>a</sub>
Ниже среднего	9,4 <sub>a</sub>	8,4 <sub>a</sub>	9,4 <sub>a</sub>	8,6 <sub>a</sub>	9,4 <sub>a</sub>	9,4 <sub>a</sub>	9,4 <sub>a</sub>	7,3 <sub>a</sub>
Средняя	72,1 <sub>a</sub>	68,3 <sub>a</sub>	69,4 <sub>a</sub>	71,8 <sub>a</sub>	69,8 <sub>a</sub>	74,3 <sub>a</sub>	68,9 <sub>a</sub>	67,7 <sub>a</sub>
Выше среднего	13,1 <sub>a</sub>	12,4 <sub>a</sub>	14,3 <sub>a</sub>	11,3 <sub>a</sub>	14,4 <sub>a</sub>	11,9 <sub>a</sub>	14,2 <sub>a</sub>	10,4 <sub>a</sub>
Высокая	2,7 <sub>a</sub>	6,9 <sub>b</sub>	2,0 <sub>a</sub>	6,7 <sub>b</sub>	1,4 <sub>a</sub>	3,8 <sub>a</sub>	2,8 <sub>a</sub>	11,5 <sub>b</sub>

Средняя масса тела у 16-летних детей нашей выборки на 2,6 кг больше, чем у 15-летних. Мальчики значительно тяжелее девочек в обоих возрастах (табл. 1).

Примерно у 60 % детей масса тела находится в пределах нормы (табл. 3). Среди 15-летних мальчиков только около 50 % (на 20 с лишним процентов меньше, чем среди девочек) имеют нормальную для данного роста массу, 28,3 % (вдвое больше, чем среди девочек) их имеют дефицит массы. Относительно больше среди мальчиков, чем среди девочек, и имеющих избыток массы, но эта диспропорция невелика.

Таблица 3

Распределение детей 15-16 лет по вариантам физического развития (в %)

Вариант физического развития	Группа							
	15 лет	16 лет	М	Д	15 лет		16 лет	
					М	Д	М	Д
Нормальное	61,2 <sub>а</sub>	58,3 <sub>а</sub>	54,2 <sub>а</sub>	65,7 <sub>б</sub>	49,3 <sub>а</sub>	71,7 <sub>б</sub>	60,6 <sub>а</sub>	55,9 <sub>а</sub>
Дефицит массы	20,9 <sub>а</sub>	15,5 <sub>а</sub>	22,3 <sub>а</sub>	15,4 <sub>б</sub>	28,3 <sub>а</sub>	14,5 <sub>б</sub>	14,4 <sub>а</sub>	16,8 <sub>а</sub>
Избыток массы	12,5 <sub>а</sub>	15,1 <sub>а</sub>	16,5 <sub>а</sub>	10,6 <sub>а</sub>	15,9 <sub>а</sub>	9,4 <sub>а</sub>	17,3 <sub>а</sub>	12,6 <sub>а</sub>
Низкий и высокий рост	5,4 <sub>а</sub>	11,1 <sub>б</sub>	7,0 <sub>а</sub>	8,3 <sub>а</sub>	6,5 <sub>а</sub>	4,4 <sub>а</sub>	7,7 <sub>а</sub>	14,7 <sub>а</sub>

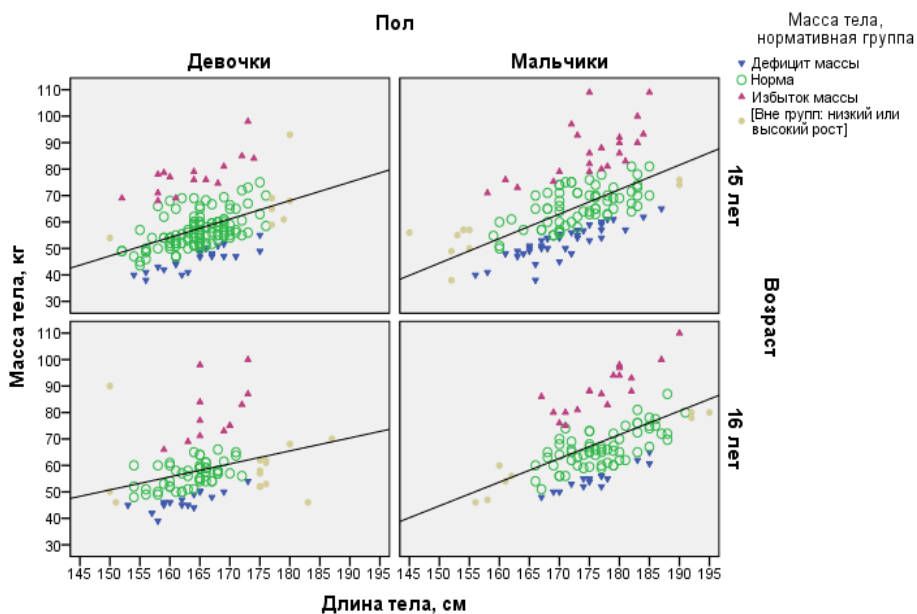


Рис 2. Масса тела в зависимости от длины тела.

Зависимость массы от длины тела в нашей выборке показана на рис. 2. Линии на рисунке – аппроксимация линейной регрессией наименьших квадратов. Замечено, что в 16 лет самые высокорослые девочки находятся в основном ниже линии,

никто из них не имеет высокую массу тела. Была отмечена следующая особенность: в 16 лет самые высокорослые девочки не имели высокую массу тела. Возможно, здесь проявилась определенная устремленность современных девушек выглядеть «моделью»: если рост высокий, то должна быть худой. По данным литературы также было отмечено, что проявления дисгармоничности ФР регистрировались в пубертатном возрасте за счет дефицита и избытка массы тела. В промышленном регионе (г. Кемерово) примерно у трети учащихся старшего подросткового возраста дисгармоничное развитие связано с дефицитом массы тела [9].

Таким образом, как показали результаты исследования, большинство школьников 15-16 лет имели гармоничное развитие – в среднем в 60% случаев: 54,1% среди подростков-мальчиков и 65,7 % среди девушек. Мальчики-подростки 16 лет выше 15-летних на 4,3 см, школьницы от 15 к 16 годам свой рост не изменили. Мальчики в среднем выше девочек приблизительно на 7 см в 15 лет и более чем на 11 см в 16 лет. Заметим, что начало усиления роста у мальчиков мы наблюдали в 14 лет [7], у девочек, напротив, происходило затухание роста. В 13 лет мальчики ниже девочек на 1 см, в 14 лет выше на 4,9 см, а в 15 лет опережали уже на 7 см [8]. Обнаруженное в данной работе увеличение разницы росто-весовых показателей между представителями двух полов 16-летних школьников (рост на 11,3 см, вес на 10,4 кг) может свидетельствовать об активной фазе пубертата у мальчиков и стабилизации ростовых процессов у девушек. Усиленный рост мышечных волокон приводит к увеличению мышечной силы и выносливости, которая отмечается очень многими исследователями. Приросты мышечной силы кисти руки или мышц-разгибателей спины и показатели мышечной выносливости у мальчиков 15-16 лет выше, чем у их сверстниц [12].

Случаев дисгармоничности больше среди мальчиков-подростков, чем среди девушек как по показателю избытка массы тела, так и по числу случаев дефицита массы тела. Надо сказать, дефицит массы тела имеет достаточно значительное представительство: от 14,4 до 28,3 %. Кроме того, и количество высокорослых также составляет от 10,4 % до 14,4 в разных подгруппах. Особенно эта взаимосвязь выражена у 16-летних.

В общей сложности выявленные особенности ФР школьников 15-16 лет подтверждают отмечаемые рядом исследователей характерные для нашего времени новые тенденции в ФР: главным образом астенизацию соматотипа, увеличение частоты трофологической недостаточности и диспропорциональности телосложения, снижение физиологических показателей дыхания, мышечного развития и выносливости. Если в 70-е, 80-е годы прошлого столетия отмечалась акселерация развития детей и подростков, то теперь многими исследователями отмечается появление противоположного явления – ретардации физического и полового развития [2; 4-6; 10; 13-19]. В русле этих изменений полученные нами данные состояния физического здоровья подростков 15 и 16 лет можно считать характерными для этого возраста.

Таким образом, обобщая выше приведенные факты, можно прийти к выводу о том, что полученные в наших исследованиях показатели физического развития детей 15-16 лет близки к таковым Московского региона и типичны для городских подростков.

## ВЫВОДЫ

1. Показатели физического развития и подростков 15-16 лет близки к таковым Московского региона: мальчики-подростки 16 лет выше 15-летних на 4,3 см, школьницы от 15 к 16 годам свой рост не изменили; мальчики в среднем выше девочек приблизительно на 7 см в 15 лет и более чем на 11 см в 16 лет.

2. Высокосростых больше среди девочек, особенно 16-летних, чем среди мальчиков (11,5 % против 2,8 %); напротив, низкорослых больше среди мальчиков, особенно 15-летних (5 % против 0,6 %).

3. Средняя масса тела у 16-летних детей на 2,6 кг больше, чем у 15-летних. Мальчики значительно тяжелее девочек в обоих возрастах.

4. Примерно у 60 % детей масса тела находится в пределах нормы; случаев дисгармоничности развития относительно больше среди мальчиков, чем среди девочек.

5. Показатели физического развития школьников 15-16 лет типичны для городских подростков третьего тысячелетия.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонов О.А. и др. Оценка и анализ физического развития детей и подростков // Сибирский мед. журнал. – 2012. – Т.27. – №4. – С.20-23.

2. Баранов А.А., Кучма В.Р., Скоблина Н.А., Сухарева Л.М., Милушкина О.Ю., Бокарева Н.А. Лонгитудинальные исследования физического развития школьников г.Москвы (1960-е, 1980-е, 2000-е гг.) // Физическое развитие детей и подростков Российской Федерации. Сб. мат-лов (выпуск У1). Под ред. Акад. РАН и РАМН А.А.Баранова, член-корр. РАМН В.Р.Кучмы. – М.: Издательство «ПедиатрЪ». 2013. – С. 7-15.

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

4. Година Е.З., Хомякова И.А. Секулярный тренд и региональные особенности его протекания: зачем нужны локальные стандарты // Физическое развитие детей и подростков Российской Федерации. Сб. мат-лов (выпуск У1). Под ред. Акад. РАН и РАМН А.А.Баранова, член-корр. РАМН В.Р. Кучмы. – М.: Издательство «ПедиатрЪ». 2013. – С. 16-32.

5. Кучма, В.Р., Сухарева Л.М., Степанова М.И. Гигиенические проблемы школьных инноваций. – М.: Научный центр здоровья детей РАМН, 2009. – 240 с.: ил.

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

7. Лезжова Г.Н., Лукьянец Г.Н., Макарова Л.В., Параничева Т.М., Орлов К.В., Тюрина Е.В., Новолодская Г.В. Состояния здоровья школьников 13-14 лет города Москвы// XXVI международная научно-практическая конференция по проблемам физического воспитания учащихся - “Человек, здоровье, физическая культура и спорт в изменяющемся мире” - 23-25 сентября 2016 г.- Коломна.- 2016. – С. 167-175.

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

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

10. Никитин Ю.П., Денисова Д.В., Завьялова Л.Г., Симонова Г.И. Десятилетние тренды некоторых показателей здоровья и образа жизни подростков в период социально-экономических преобразований (популяционное исследование 1989–1999 гг.) // *Бюллетень СО РАМН*. – 2003. – № 2. – С. 27-35.

11. Оценка физического развития детей и подростков в образовательных организациях. – М.: Издатель Научный центр здоровья детей РАМН, 2014. – 38 с.

12. Румянцев А. Г., Панков Д.Д. Актуальные проблемы подростковой медицины. – М., 2002. – 375 с.

13. Рудкевич Л.А. Эпохальные изменения человека на современном этапе и педагогические инновации// *Вестник практической психологии образования*. – 2005. – № 4 (5). – С. 28-38.

14. Шилова О.Ю. Клинико-морфологические параллели физического и полового развития девушек-подростков в современных условиях // *Вестник РУДН. Серия: Медицина*. – 2009. – № 4. – С. 646-647.

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

16. Cole T.J., Bellizzi M.C., Flegal K.M., Dietz W.H. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey // *B. M. J.* – 2000. – Vol. 320. – P. 1240-1243.

17. Danubio M.E., Sanna E. Secular changes in human biological variables in Western Countries: an updated review and synthesis// *Journal of Anthropological Sciences*. – 2008. – Vol. 86. – P. 91-112.

18. Larnkjaer A., Schroder S.A., Schmidt I.M. et al. Secular change in adult stature has come to a halt in northern Europe and Italy // *Acta Paed.* – 2006. – Vol. 95. – P. 754-755.

19. Zdziebło K., Novak-Starz G., Krawczynska J. Changes in physical development and health of children and adolescents // *Материалы международной конференции «Физиология развития человека»*, Москва, 2009. – С. 124-125.

## REFERENCES

1. Antonov O.A. i dr. Ocenka i analiz fizicheskogo razvitiya detej i podrostkov // *Sibirskij med. zhurnal*. – 2012. – Т. 27. – № 4. – С. 20-23.

2. Baranov A.A., Kuchma V.R., Skoblina N.A., Suhareva L.M., Milushkina O.YU., Bokareva N.A. Longitudinal'nye issledovaniya fizicheskogo razvitiya shkol'nikov g.Moskvy (1960-e, 1980-e, 2000-e gg.) // *Fizicheskoe razvitie detej i podrostkov Rossijskoj Federacii. Sb. mat-lov (vypusk U1). Pod red. Akad. RAN i RAMN A.A.Baranova, chlen-korr. RAMN V.R.Kuchmy*. – М.: Izdatel'stvo «Pediatr»». 2013.– С. 7-15.

3. Bunak V.V. *Антропметрия*. – М.: Учпедгиз, 1941.– 367с.

4. Godina E.Z., Homyakova I.A. Sekulyarnyj trend i regional'nye osobennosti ego protekaniya: zachem nuzhny lokal'nye standarty // *Fizicheskoe razvitie detej i podrostkov Rossijskoj Federacii. Sb. mat-lov (vypusk U1). Pod red. Akad. RAN i RAMN*

A.A.Baranova, chlen-korr. RAMN V.R.Kuchmy. – M.: Izdatel'stvo «Pediatr». 2013.– S. 16-32.

5. Kuchma, V.R., Suhareva L.M, Stepanova M.I. Gigienicheskie problemy shkol'nyh innovacij. – M.: Nauchnyj centr zdorov'ya detej RAMN, 2009. – 240 s.: il.

6. Kuchma V.R., Milushkina O.YU., Skoblina N.A. Morfofunkcional'noe razvitie sovremennyh shkol'nikov. – M.:«GEHOTFR-Media», 2018.– 348 s.

7. Lezzhova G.N., Luk'yanec G.N., Makarova L.V., Paranicheva T.M., Orlov K.V., Tyurina E.V., Novolodskaya G.V. Sostoyaniya zdorov'ya shkol'nikov 13-14 let goroda Moskvy// XXVI mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya po problemam fizicheskogo vospitaniya uchashchihsya - “CHElovek, zdorov'e, fizicheskaya kul'tura i sport v izmenyayushchemsya mire” - 23-25 sentyabrya 2016 g.- Kolomna – 2016.– S.167-175.

8. Makarova L.V., Paranicheva T.M., Luk'yanec G.N., Lezzhova G.N., Tyurina E.V., Orlov K.V. Sostoyanie zdorov'ya i fizicheskoe razvitie detej 12-13 let// Al'manah «Novye issledovaniya» – 2015. – № 3. – S. 43-57.

9. Mashtakova E.V., Lobanova T.A., Anfinogenova O.B. Aspekty zdorov'ya podrostkov v raznye periody pubertatnogo vozrasta// Mat' i ditya v Kuzbasse. 2015.– №2(61).– S.40-44.

10. Nikitin YU.P., Denisova D.V., Zav'yalova L.G., Simonova G.I. Desyatiletnie trendy nekotoryh pokazatelej zdorov'ya i obraza zhizni podrostkov v period social'no-ehkonomicheskikh preobrazovanij (populyacionnoe issledovanie 1989–1999 gg.)// Byulleten' SO RAMN. – 2003. – № 2. – S. 27–35.

11. Ocenka fizicheskogo razvitiya detej i podrostkov vobrazovatel'nyh organizacij. – M.: Izdatel' Nauchnyj centr zdorov'ya detej RAMN., 2014. – 38 s.

12. Rumyancev A. G., Pankov D.D. Aktual'nye problemy podrostkovej mediciny. – M., 2002.– 375 s.

13. Rudkevich L.A. EHpoznal'nye izmeneniya cheloveka na sovremennom ehstape i pedagogicheskie innovacii// Vestnik prakticheskoy psihologii obrazovaniya . – 2005. – № 4 (5). – S. 28-38.

14. SHilova O.YU. Kliniko-morfologicheskie paralleli fizicheskogo i polovogo razvitiya devushek-podrostkov v sovremennyh usloviyah// Vestnik RUDN. Seriya: Medicina. – 2009. – № 4. – S. 646-647.

15. SHilova, O.YU. Sovremennye tendencii fizicheskogo razvitiya v yunosheskom periode ontogeneza (obzor)// EHkologiya cheloveka. – 2011. – № 4. – S. 29-36.

## ПОКАЗАТЕЛИ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ И ПУЛЬСА У УЧАЩИХСЯ 15-16 ЛЕТ МОСКОВСКОЙ ШКОЛЫ

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

*Состояние сердечно-сосудистой системы изучалось по показателям артериального давления и частоты сердечных сокращений у старших школьников г.Москвы. Результаты статистического анализа показали, что 74-77 % школьников имели артериальное давление в пределах нормы. Случаи с высоким давлением вместе со случаями гипертензии составляли 23-25 %. Гипотензия и низкое артериальное давление практически не отмечались. Случаи же с повышенным давлением можно отнести к влияниям гормонально-перестроенческих процессов на фоне напряженного состояния адаптационных процессов организма школьников, а также с накопительным эффектом неблагоприятных факторов (гиподинамии, наличием функциональной и хронической патологии, чрезмерной учебной нагрузки, нарушений режима дня).*

**Ключевые слова:** *школьники, сердечно-сосудистая система, артериальное давление, гипертензия, гипотензия*

**Blood pressure and pulse rate in 15-16-year-old students of the Moscow school.**  
*The indices of blood pressure (BP) and heart rate were used to study the state of the cardiovascular in high school students in Moscow. The statistical analysis showed that 74-77 % of schoolchildren had blood pressure within the norm. The cases of high blood pressure together with hypertension made 23-25 %. Hypotension and low blood pressure were at a low level. The cases of high blood pressure can be attributed to the effects of hormonal-restructuring processes together with the tense body adaptation processes in schoolchildren, as well as to the cumulative effect of adverse factors (hypodynamia, the presence of functional and chronic pathology, excessive training, day regimen violations).*

**Keywords:** *schoolchildren, cardiovascular system, blood pressure, hypertension, hypotension.*

Исследования состояния здоровья подрастающей молодежи выявили в последние десятилетия новые тенденции, одной из которых явилось изменение ранговой структуры заболеваний. Так, на первое место вышли патологические изменения опорно-двигательного аппарата, на второе – различные отклонения в состоянии сердечно-сосудистой системы (ССС).

При этом исследователи отмечают у современных подростков склонность к гипертензии и тахикардии. По данным Е.А. Лаптевой [4] снижение функциональных возможностей СССР проявляется в виде гипертензии у 28,7 % мальчиков и у 36,8 % девочек. Гипотензия также имеет место: у 6,9 % мальчиков и у 11,2 % де-

---

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

вочек. У детей г. Саратова г. Челябинска в 70 % случаев были отмечены различные изменения со стороны ССС, у 36 % детей выявлено наличие отягощенной наследственности по заболеваниям ССС [1; 10]. Помимо этого, отмечено, что дети с повышенным индексом массы тела имели более высокие значения систолического АД [8]. Кроме того, у современных детей отмечаются и другие отклонения в деятельности ССС. Все чаще встречаются врожденные патологии и аномалии развития сердца. Важную роль в их формировании отводится тератогенному воздействию слабоалкогольных напитков [9]. Усиливается распространенность электронного курения среди молодежи. По данным ВОЗ, потребление электронных сигарет, обладающих повышенной проникающей способностью никотина и сопутствующего подогретого аэрозоля в легкие, в ряде стран за последнее десятилетие выросло вдвое [2].

Таким образом, для современных школьников характерна повышенная нагрузка на ССС, что может привести к донозологическому состоянию [3].

Причина этого явления кроется, видимо, в образе жизни современных детей и подростков. Так, существенными компонентами этого образа жизни стала пониженная двигательная активность, длительное пребывание в малоподвижной позе со значительным статическим напряжением. Большую роль в развитии гиподинамии привнесло широкое внедрение в жизнь школьников новых педагогических и электронных технологий, с чем связывают и нарушения функционального состояния сердечной деятельности и сосудистого тонуса организма.

Вместе с тем, состояние ССС растущего организма, как известно, существенным образом отражается и на школьной адаптации, и на общем уровне здоровья школьника. Исследования Института возрастной физиологии РАО свидетельствуют, что наиболее значительный прирост всех нарушений состояния здоровья отмечается в 7-10 лет и 12-17 лет. Все это привело к постановке следующей цели данной работы: изучить состояние ССС школьников в период достаточно напряженный, связанный с формированием половой зрелости и подготовкой к итоговой аттестации.

## **ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Исследование функционального состояния ССС в группах мальчиков и девочек 15-16 лет проводилось в ОУ г. Москвы. Обследовано 611 детей 15-16 лет. Состав выборки представлен в таблице 1.

*Таблица 1*

*Возрастно-половой состав контингента*

Возраст	Пол		
	Мальчики	Девочки	Всего
15 лет	170	192	362
16 лет	129	120	249
Всего	299	312	611



На рисунке 1, показывающем возрастное отклонение в днях от центровано исчисленного возраста, видно, что данная выборка сбалансирована в отношении возраста. Определялись частота сердечных сокращений, систолическое и диастолическое АД методом Короткова.

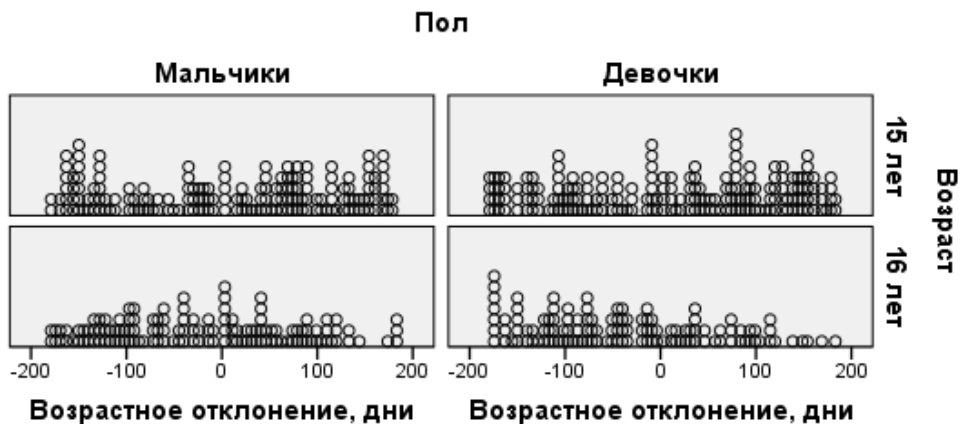


Рис 1. Распределение возрастного отклонения от «ровно столько-то лет».

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Среднестатистические данные АД и ЧСС представлены в таблице 2 и диаграммах рассеяния – на рис. 2.

Таблица 2

Показатели АД и ЧСС у мальчиков и девочек 15-16 лет ( $M \pm m$ )

Показатель	15 лет	16 лет	М	Д	15 лет		16 лет	
					М	Д	М	Д
АД верхнее, мм. рт.ст.	114,7 $\pm 0,7_a$	115,6 $\pm$ 0,9 $_a$	116,1 $\pm$ 0,9 $_a$	114,0 $\pm$ 0,7 $_a$	116,3 $\pm$ 1,1 $_a$	113,3 $\pm$ 1,0 $_a$	115,9 $\pm 1,4_a$	115,3 $\pm 1,2_a$
АД нижнее, мм. рт.ст.	69,8 $\pm 0,5_a$	69,4 $\pm$ 0,7 $_a$	70,1 $\pm$ 0,6 $_a$	69,3 $\pm$ 0,5 $_a$	70,5 $\pm 0$ ,8 $_a$	69,2 $\pm 0$ ,6 $_a$	69,5 $\pm$ 1,1 $_a$	69,4 $\pm$ 1,0 $_a$
ЧСС, уд. В мин.	79,9 $\pm$ 0,7 $_a$	79,5 $\pm$ 0,8 $_a$	79,6 $\pm$ 0,8 $_a$	80,0 $\pm$ 0,7 $_a$	79,4 $\pm 1$ ,1 $_a$	80,4 $\pm 1$ ,0 $_a$	79,7 $\pm$ 1,3 $_a$	79,3 $\pm$ 1,0 $_a$

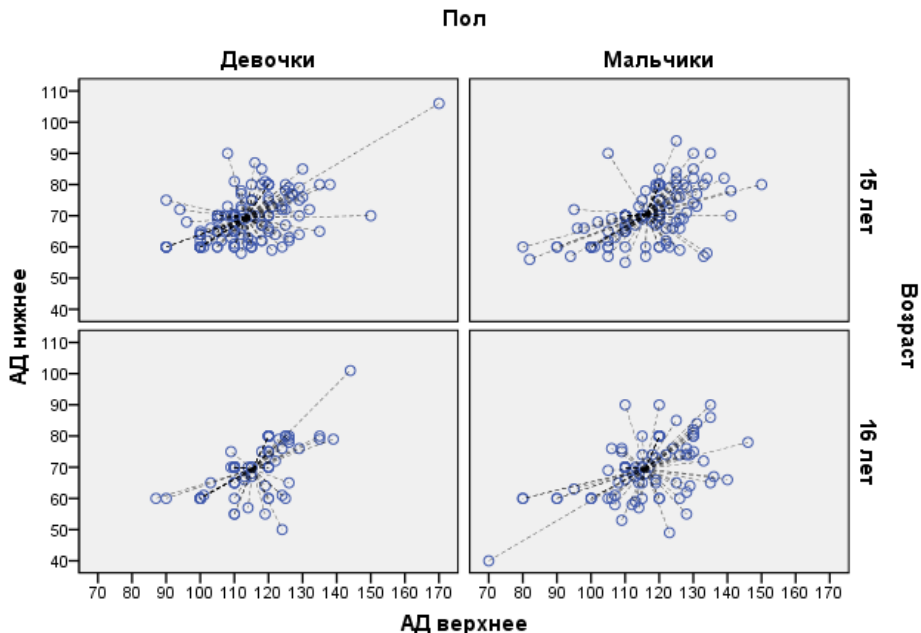


Рис. 2. Артериальное давление у школьников 15 и 16 лет (диаграмма рассеяния)

Судя по средним значениям, разница в артериальном давлении в двух возрастах и у двух полов не имела достоверных различий, хотя заметна тенденция к увеличению АД с возрастом от 15 к 16 годам и у мальчиков по сравнению с девочками. Корреляция между систолическим и диастолическим давлением равна 0,55. Корреляция между систолическим и ЧСС равна 0,22, а между диастолическим и ЧСС равна 0,20.

Распределение детей по уровню АД не выявило существенных различий между тремя возрастно-половыми группами, в которых подростки с нормальным АД составляют 74-77 %, а высокое давление вместе со случаями гипертензии составляют 23-25 %. Это относится к учащимся 16 лет обоего пола и к группе девочек 15 лет. От них отличается группа мальчиков 15 лет, у которых случаи высокого АД и гипертензии составляют меньший процент (14 %). Одновременно с этим, они имеют больше случаев с нормальным АД – 88,4 %. Вместе с тем, у обследованного нами контингента практически не отмечалось случаев с низким АД и гипотензией (Табл. 3).

Диаграммы рассеяния показали, что имеется корреляция между длиной тела и артериальным давлением:  $r$  Пирсона составляет 0,29 для верхнего АД и 0,18 для нижнего АД. Это предопределяло и наличие связи между нормативной группой давления и нормативной группой длины (хи-квадрат,  $N=421$ ,  $df=12$ ,  $p=0,014$ ), как видно в таблице 4 (ячейки с перепредставленностью частоты выделены цветом). Следует отметить, подобную взаимосвязь мы наблюдали и при обследовании школьников более раннего возраста [5; 6; 7]. При этом более высокое давление отмечалось чаще у более высокорослых детей.

Таблица 3

Распределение школьников 15-16 лет в зависимости от уровня АД (в %)

Показатель	15 лет	16 лет	М	Д	15 лет		16 лет	
					М	Д	М	Д
Гипотензия	0	0,6 <sub>а</sub>	0,5	0	0	0	1,2 <sub>а</sub>	0
Низкое АД	0	0	0	0	0	0	0	0
Нормальное АД.	81,0 <sub>а</sub>	75,5 <sub>а</sub>	82,5 <sub>а</sub>	75,5 <sub>а</sub>	88,4 <sub>а</sub>	74,6 <sub>б</sub>	74,1 <sub>а</sub>	77,0 <sub>а</sub>
Высокое АД	8,0 <sub>а</sub>	10,7 <sub>а</sub>	10,7 <sub>а</sub>	7,4 <sub>а</sub>	7,4 <sub>а</sub>	10,6 <sub>а</sub>	18,8 <sub>а</sub>	1,4 <sub>б</sub>
Гипертензия	11,0 <sub>а</sub>	13,2 <sub>а</sub>	6,3 <sub>а</sub>	17,1 <sub>б</sub>	6,6 <sub>а</sub>	14,8 <sub>б</sub>	5,9 <sub>а</sub>	21,6 <sub>б</sub>

Кроме того, установлена также корреляция между массой тела и артериальным давлением, не зависящая от длины тела ( $r$  частной корреляции составляет 0,19 для верхнего АД и 0,26 для нижнего АД). В таблице 5 это отражается на связи между нормативной группой давления и нормативной группой массы тела: хотя хи-квадрат незначим, видим, что имеется специфическая связь: гипертензия свойственна большей частью индивидам с избытком массы тела. На более младшем возрасте также была установлена подобная закономерность [5].

Таблица 4

Связь показателей артериального давления с длиной тела школьников 15-16 лет

Артериальное давление		Длина тела					Всего
		Низкий рост	Ниже нормы	Норма	Выше нормы	Высокий рост	
Гипотензия	Частота	0	0	1	0	0	1
	Приведенный остаток	-0,2	-0,3	0,7	-0,4	-0,2	
Нормальное АД	Частота	12	36	230	39	15	332
	Приведенный остаток	1,8	<b>2,5</b>	-0,9	-1,8	0	
Высокое АД	Частота	0	2	33	2	1	38
	Приведенный остаток	-1,1	-0,8	<b>2,3</b>	-1,5	-0,6	
Гипертензия	Частота	0	0	32	15	3	50
	Приведенный остаток	-1,3	-2,4	-1,0	<b>3,7</b>	0,5	
Всего		12	38	296	56	19	421

## Связь показателей артериального давления с массой тела школьников 15-16 лет

Артериальное давление		Масса тела			Всего
		Дефицит массы	Норма	Избыток массы	
Гипотензия	Частота	0	1	0	1
	Приведенный остаток	-0,5	0,7	-0,4	
Нормальное АД	Частота	61	204	40	305
	Приведенный остаток	1,0	0,4	-1,6	
Высокое АД	Частота	6	25	6	37
	Приведенный остаток	-0,4	0,2	0,3	
Гипертензия	Частота	7	29	11	47
	Приведенный остаток	-0,8	-0,7	<b>1,8</b>	
Всего		74	259	57	390

С помощью линейной регрессии методом отбора наилучшего подмножества предикторов мы пытались установить какой-либо эффект влияния разных хронических патологий на АД. В результате мы не нашли связи между АД и хронической патологией, кроме корреляции между диастолическим АД, с одной стороны, и наличием патологии ССС (корр. Спирмена 0,104) и количеством хронических диагнозов у индивида (корр. Спирмена 0,121).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, как показали результаты данной работы, величины артериального давления имеют тенденцию к увеличению с возрастом (в частности, от 15 к 16 годам) и выше у мальчиков по сравнению с девочками ( $p > 0,01$ ). Большинство школьников (74,1-88,4 %) имеют нормативные значения АД. Вместе с тем, настоятельно и значительный процент случаев повышенного и высокого давления. Как известно, распространенность артериальной гипертензии в школьном возрасте составляет 12-18 % [10]. В нашем исследовании она наблюдалась в 11,0 % случаев у школьников 15 лет и в 13,2 % случаев у школьников 16 лет.

Случаи же с повышенным давлением можно отнести к влияниям гормонально-перестроечных процессов на фоне напряженного состояния адаптационных процессов организма школьников, а также с накопительным эффектом неблагоприятных факторов (гиподинамией, наличием функциональной и хронической патологии, чрезмерной учебной нагрузки, нарушений режима дня и др.).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зорина И.Г. Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы школьников г. Челябинска // Здоровоохранение и медицинские науки – от области

образования к профессиональной деятельности в сфере охраны и укрепления здоровья детей, подростков и молодежи. Материалы V национального Конгресса по школьной и университетской медицине с международным участием. – 2016. – С. 130-134.

2. Кот П.В., Волох Е.В. Распространенность современных зависимостей молодежи на примере электронного курения // Здравоохранение и медицинские науки – от области образования к профессиональной деятельности в сфере охраны и укрепления здоровья детей, подростков и молодежи. Материалы V национального Конгресса по школьной и университетской медицине с международным участием. – 2016. – С. 144-147.

3. Лаптева Е.А. Особенности развития детей на современном этапе в крупном мегаполисе // Здоровье и образование в XXI веке (Серия медицина). – 2012. – Том 14. – № 2. – С. 113.

4. Лаптева Е.А., Любовцев В.Б. Комплексное физиолого-антропометрическое исследование состояния здоровья детей и подростков // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 7. – С. 362-365.

5. Лукьянец Г.Н., Параничева Т.М., Лезжова Г.Н., Орлов К.В., Тюрина Е.В., Макарова Л.В. Физическое развитие подростков 14-15 лет Москвы // Новые исследования. – 2017. – №4 (53). – С. 111-126.

6. Макарова Л.В., Лукьянец Г.Н., Орлов К.В. Особенности физического развития детей 10-11 лет // Новые исследования. – 2014. – № 1 (38). – С. 31-39.

7. Макарова Л.В., Лукьянец Г.Н., Орлов К.В. Возрастные и половые особенности физического развития московских школьников // Новые исследования. – 2014. – № 3 (40). – С. 84-95.

8. Садыкова Д.И., Лутфуллин И.Я. Первичная артериальная гипертензия и гипертрофия миокарда в детском и подростковом возрасте // Педиатрия. – 2009. – Том 88., № 5. – С. 16-21.

9. Чумакова Г.А., Колесникова О.И., Гончаренко Г.А. Влияние употребления пива, алкоголя, курения родителями на развитие врожденных пороков у их детей // Мать и дитя в Кузбассе. – 2015. – № 2 (61). – С. 43-45.

10. Эйберман А.С. Состояние сердечно-сосудистой системы у детей школьного возраста // Здравоохранение и медицинские науки – от области образования к профессиональной деятельности в сфере охраны и укрепления здоровья детей, подростков и молодежи. Материалы V национального Конгресса по школьной и университетской медицине с международным участием. – 2016. – С. 356-359.

## REFERENCES

1. Zorina I.G. Funkcional'noe sostoyanie serdechno-sosudistoj sistemy shkol'nikov g. CHelyabinska // Zdravoohranenie i medicinskie nauki – ot oblasti obrazovaniya k professional'noj deyatel'nosti v sfere ohrany i ukrepleniya zdorov'ya detej, podrostkov i molodezhi. Materialy V nacional'nogo Kongressa po shkol'noj i universitetskoj medicine s mezhdunarodnym uchastiem. – 2016. – S. 130-134.

2. Kot P.V., Voloh E.V. Rasprostranennost' sovremennyh zavisimostej molodezhi na primere ehlektronno go kurenija // Zdravoohranenie i medicinskie nauki – ot oblasti obrazovaniya k professional'noj deyatel'nosti v sfere ohrany i ukrepleniya zdorov'ya

detej, podrostopkov i molodezhi. Materialy V nacional'nogo Kongressa po shkol'noj i universitetskoj medicine s mezhdunarodnym uchastiem. – 2016. – S. 144-147.

3. Lapteva E.A. Osobennosti razvitiya detej na sovremennom ehtape v krupnom megapolise//Zdorov'e i obrazovanie v HKHI veke (Seriya medicina). – 2012. –Tom 14. – № 2. – S.113.

4. Lapteva E.A., Lyubovcev V.B. Kompleksnoe fiziologo-antropometricheskoe issledovanie sostoyaniya zdorov'ya detej i podrostopkov// Fundamental'nye issledovaniya. – 2012. – № 7. – S. 362-365.

5. Luk'yanec G.N., Paranicheva T.M., Lezhova G.N., Orlov K.V., E.V.Tyurina, Makarova L.V. Fizicheskoe razvitie podrostopkov 14-15 let Moskvy Novye issledovaniya. – 2017. – №4 (53). – S. 111-126.

6. Makarova L.V., Luk'yanec G.N., Orlov K.V. Osobennosti fizicheskogo razvitiya detej 10-11 let // Novye issledovaniya. – 2014. – № 1 (38). – S. 31-39.

7. Makarova L.V., Luk'yanec G.N., Orlov K.V. Vozrastnye i polovye osobennosti fizicheskogo razvitiya moskovskih shkol'nikov // Novye issledovaniya. – 2014. – № 3 (40). – S. 84-95.

8. Sadykova D.I., Lutfullin I.YA Pervichnaya arterial'naya gipertenziya i gipertrofiya miokarda v detskom i podrostopkovom vozraste. // Pediatriya. – 2009. – Tom 88. – № 5. – S.16-21.

9. CHumakova G.A., Kolesnikova O.I., Goncharenko G.A. Vliyanie upotrebleniya piva, alkogolya, kureniya roditelyami na razvitie vrozhdennyh porokov u ih detej // Mat' i ditya v Kuzbasse. – 2015. – № 2 (61). – S. 43-45.

10. EHjberman A.S. Sostoyanie serdechno-sosudistoj sistemy u detej shkol'nogo vozrasta EHjberman //Zdravoohranenie i medicinskie nauki – ot oblasti obrazovaniya k professional'noj deyatel'nosti v sfere ohrany i ukrepleniya zdorov'ya detej, podrostopkov i molodezhi. Materialy V nacional'nogo Kongressa po shkol'noj i universitetskoj medicine s mezhdunarodnym uchastiem. – 2016. – S. 356-359.

## ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ И ЭНДОКРИННОЙ СИСТЕМ У ПОДРОСТКОВ 15-16 ЛЕТ

*А.Н. Шарапов, 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  
Российской академии образования», Москва*

*Методами спектрального и временного анализа variability сердечного ритма, электрокардиографии, поликардиографии, биполярной реоэнцефалографии и иммуноферментного анализа обследовано 80 школьников 15 - 16 лет. В 15-летнем возрасте у мальчиков отмечены низкие адаптационные резервы, у девочек 15 лет – значительное повышение адаптационных резервов. В 16 лет вегетативная регуляция сердечного ритма и у мальчиков, и у девочек носит сходный характер и свидетельствует об их большей устойчивости к стрессирующим факторам. Наиболее высокие адаптационные возможности и хорошее функциональное состояние организма выявлены у детей 15-16 лет, характеризующихся сбалансированным и парасимпатическим типом регуляции variability сердечного ритма. У школьников 15-16 лет не выявлено достоверных возрастных и половых различий изученных показателей центрального отдела сердечно-сосудистой системы, мозгового кровообращения и автономной нервной регуляции сердечного ритма.*

*Срочная адаптация центрального отдела сердечно-сосудистой системы к физической динамической нагрузке у подростков 15-16 лет носила благоприятный характер и выражалась в уменьшении длительности сердечного цикла, электрической, механической и общей систол, предсердно-желудочковой проводимости, а также времени изгнания крови, что связано со снижением тонуса блуждающих нервов и увеличением симпатических влияний на сердце при нагрузке. Выявленное снижение длительности сердечного цикла у подростков 15-16 лет, происходящее без существенного изменения времени диастолы, свидетельствует об отсутствии напряжения механизмов регуляции сердечной деятельности.*

*Срочная адаптация мозгового кровообращения к умственной нагрузке у большинства подростков 15-16 лет не сопровождалась напряжением механизмов регуляции. У части испытуемых (34,0-35,0 % школьников) адаптация имела неблагоприятный характер и характеризовалась напряжением механизмов регуляции. У всех испытуемых адаптация к умственной нагрузке характеризовалась снижением тонуса церебральных артерий малого калибра.*

*Концентрация кортизола в утренней слюне у подростков 15-16 лет не зависит ни от возраста, ни от пола, а концентрация ДГЭА у девочек она выше, чем у мальчиков.*

**Ключевые слова:** *подростки, адаптация, автономная нервная система, variability сердечного ритма, миокард, биоэлектрические функции*

---

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

миокарда, сократительная функция миокарда, мозговое кровообращение, дегидроэпиандростерон, кортизол.

**Functional state of the cardiovascular and endocrine systems in 15-16-year-old adolescents.** The methods of spectral and temporal analysis of heart rate variability, electrocardiography, polycardiography, bipolar rheoencephalography and enzyme immunoassay were used to examine 80 schoolchildren at the age of 15–16 years old. At the age of 15, boys have low adaptation reserves; as for girls of 15 years old, a significant increase in adaptation reserves was registered. At age 16, the autonomic regulation of heart rhythm in both boys and girls is similar in nature and indicates their greater resistance to stress factors. The highest adaptive capacity and good functional status of the body were found in children of 15-16 years old, characterized by a balanced and parasympathetic type of heart rate variability regulation. In schoolchildren of 15-16 years old, there were no significant age and sex differences of the studied parameters of the central part of the cardiovascular system, cerebral circulation and autonomous nervous regulation of the heart rhythm.

The urgent adaptation of the central part of the cardiovascular system to the physical dynamic load in 15-16-year-old adolescents was favourable and manifested in the decreased duration of the cardiac cycle, electrical, mechanical and total systoles, atrio-ventricular conduction, which is connected with decreased vagus tonus and increased sympathetic effects on the heart during exercise. The decrease in the duration of the cardiac cycle in adolescents aged 15-16 y.o., occurring without a significant change in the time of diastole, indicates the absence of tension in the cardiac regulation mechanisms.

The urgent adaptation of the cerebral circulation to the mental load in the majority of adolescents aged 15-16 y.o. was not accompanied by the strain of the regulation mechanisms. In some subjects (34.0-35.0 % of schoolchildren), the adaptation was unfavourable in nature and was characterized by the stress of regulation mechanisms. In all subjects, adaptation to mental stress was characterized by the decreased tone of small cerebral arteries.

The concentration of cortisol in the morning saliva in adolescents 15-16 years does not depend on age or sex, and the concentration of DHEA in girls is higher than in boys.

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

Адаптация организма подростков к изменяющимся условиям внешней среды представляет собой один из важнейших вопросов возрастной физиологии. Ведущую роль в адаптации организма к воздействию факторов внешней среды играет сердечно-сосудистая система, которая лимитирует развитие приспособительных реакций растущего организма в процессе его адаптации к условиям обучения и воспитания.

В подростковом периоде происходит переход нейрогуморальной регуляции сердечной деятельности на новый уровень, приближенный к дефинитивному. В процессе учебной деятельности формируются адаптационные механизмы кровообращения, направленные на поддержание гомеостаза, соответствующие этому



виду деятельности и его характеру. Большая часть этих изменений являются функциональными и не влекут за собой патологических изменений [47].

В период полового созревания происходит интенсивный рост сердца в длину, ширину, увеличивается объем его полостей. Меняются уровни артериального и венозного давления, ритм сердечных сокращений. У девушек рост массы миокарда (мышцы сердца) завершается к 15 годам. У юношей этот процесс прекращается примерно к 16-17 годам [47]. Таким образом, пубертатный возраст является тем пограничным периодом, когда сердце завершает свое развитие, приближаясь к сердцу взрослого человека. Особенности деятельности сердца и сосудов в подростковом периоде в значительной мере связаны с изменением гормонального статуса и вегетативной нервной регуляции.

Гормоны надпочечников играют важную роль в физиологии человека: дегидроэпиандростерон стимулирует обменные процессы, усиливает синтез белка, увеличение мышечной и костной массы, принимает активное участие в половом созревании [39; 49; 51], кортизол адаптивно реагирует на изменение внешней и внутренней среды организма.

## ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведено комплексное обследование 80 подростков 15-16 лет (40 мальчиков и 40 девочек) – 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 проводилось в первой половине дня, в период наибольшей активности физиологических функций. Родители подростков, принимавших участие в обследовании, дали письменное информированное согласие.

Функциональное состояние автономной (вегетативной) нервной системы (ВНС) оценивали с помощью методов временного и спектрального анализа вариабельности сердечного ритма [42]. Для оценки симпатно-парасимпатического баланса использовали отношение мощностей низкочастотного и высокочастотного диапазонов спектра (коэффициент LF/HF) [16]. Для оценки адаптационных возможностей организма проводили ортостатическую пробу [40].

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. 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 [34]. 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.

Оценку физического развития подростков проводили по стандартной методике с помощью антропометрических измерений. Массу тела определяли взвешиванием на электронных весах Tanita (модель BC-571, Япония) с точностью до 50 г. При определении общей массы тела автоматически с помощью биоимпеданса

вычислялся процент содержания жира в организме с точностью до 0,1 %. Длину тела определяли с использованием штангового антропометра с точностью до 0,5 см. Индекс массы тела (ИМТ) вычисляли как отношение массы тела, выраженной в килограммах (кг), к квадрату длины тела, выраженной в метрах (м<sup>2</sup>).

Функциональное состояние эндокринной системы оценивали с помощью гормонов надпочечников: кортизола и дегидроэпиандростерона (ДГЭА) в утренней нестимулированной слюне. Пробы слюны до проведения анализа хранили в морозильной камере при температуре -20 С. Концентрацию гормонов определяли иммуноферментным методом с помощью стандартных диагностических наборов фирмы DRG International, Inc. Оптическую плотность измеряли на ИФА-анализаторе «StatFax 2100», значения концентрации гормонов вычисляли, используя 4-х параметрическое уравнение. Концентрацию кортизола выражали в нг/мл, ДГЭА - в пг/мл. Все анализы были сделаны в соответствии с протоколом наборов, контрольные показатели были в рамках принятых пределов.

Все результаты были подвергнуты статистической обработке с помощью пакета программ «Статистика 6» и «SPSS-20».

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Мальчики-подростки 15-16 лет по своему биологическому возрасту являются более неоднородной группой по сравнению с девочками. Согласно результатам исследования 11,54 % мальчиков находились на III стадии, 57,69 % - на IV стадии, 30,77 % - на V стадии пубертата. Большинство девочек (94,12 %) находились на V стадии пубертата, 2,92 % - на IV стадии, 1,96 % - на III стадии. Половые различия основных показателей физического развития подростков 15-16 лет представлены в табл. 1. Мальчики статистически значимо превосходили девочек по длине и массе тела, но у девочек было выше процентное содержание жира в организме. При этом среднее значение индекса массы тела у представителей обоего пола практически одинаковое. Корреляционный анализ позволил установить взаимосвязь между ростом и весом ( $r=0,42$  у мальчиков и  $r=0,53$  у девочек;  $p<0,01$ ), жировой массой тела и стадией полового созревания ( $r=0,31$  у девочек;  $p<0,05$ ).

Таблица 1

Показатели физического развития подростков 15-16 лет ( $M \pm m$ )

пол	кол-во, п	длина тела, см	масса тела, кг	индекс массы тела, кг/м <sup>2</sup>	жировая масса тела, %
мальчики	40	173,63±0,98a***	65,71±1,88a**	21,75±0,57	13,91±0,79a***
девочки	40	162,96±0,93	56,44±1,46	21,19±0,46	24,79±0,88

Примечание: a – достоверность различий между показателями мальчиков и девочек; \*\* –  $p<0,01$ ; \*\*\* -  $p<0,001$

Половое созревание определяется и сопровождается изменением концентрации гормонов гипоталамо-гипофизарно-гонадной и гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси. Половые и возрастные различия концентрации гормонов

надпочечников в слюне у подростков 15-16 лет представлены на рис. 1-2.

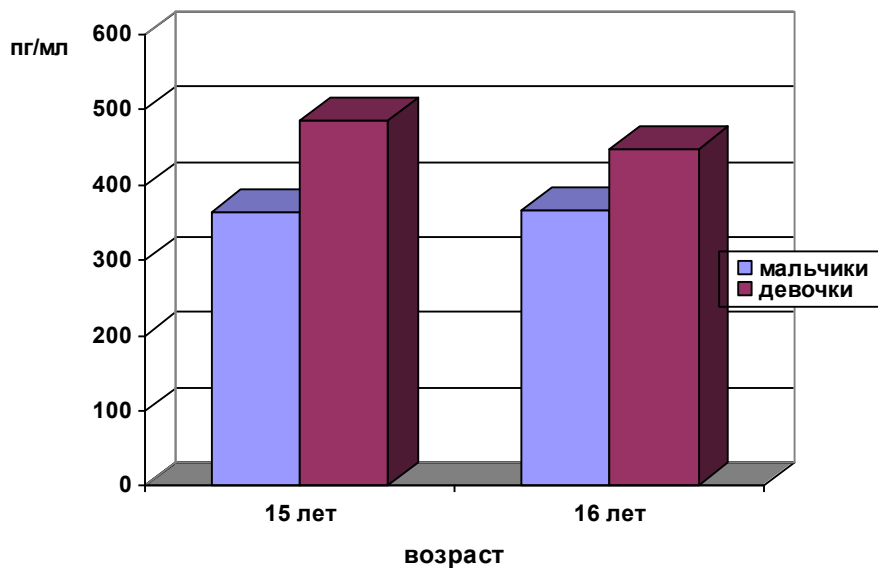


Рис. 1. Уровень ДГЭА в утренней слюне у подростков 15-16 лет.

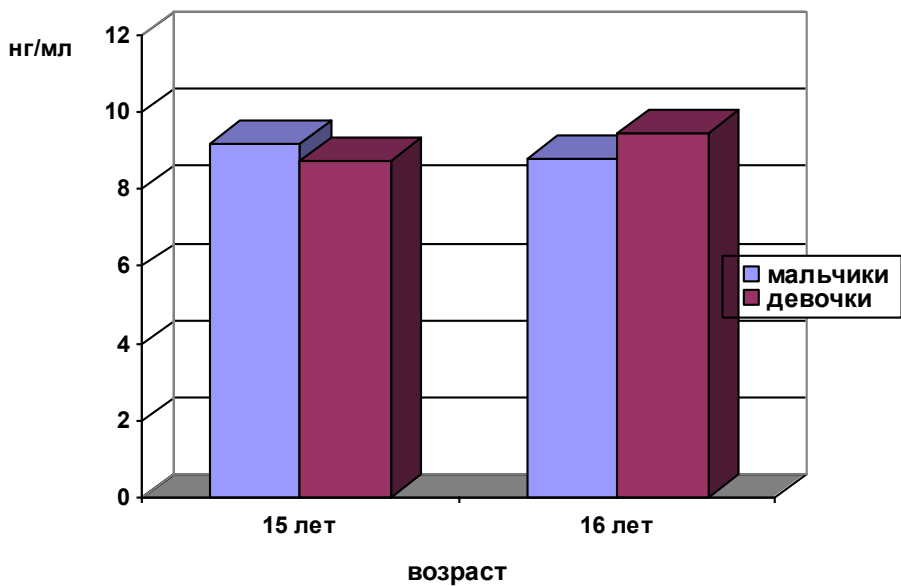


Рис. 2. Уровень кортизола в утренней слюне у подростков 15-16 лет.

Уровень надпочечникового андрогена – дегидроэпиандростерона (ДГЭА) – предшественника половых стероидов (тестостерона и эстрадиола), увеличивается по мере полового развития подростков [44; 50]. Среднее значение его концентрации в утренней слюне в целом по группе составило  $416,15 \pm 24,17$  пг/мл и колебалось от 63,82 пг/мл до 1086,48 пг/мл. Сравнительный анализ показал, что у девочек концентрация ДГЭА статистически значимо выше, чем у мальчиков ( $478,17 \pm 35,49$  пг/мл против  $364,31 \pm 34,30$  пг/мл;  $p < 0,05$ ). Большую индивидуальную вариабельность этого стероида и связь его уровня с биологическим возрастом подтверждают результаты других исследователей [39; 43-45]. С помощью корреляционного анализа в целом по группе была выявлена статистически значимая связь между содержанием ДГЭА в слюне и жировой массой тела ( $r = 0,31$ ;  $p < 0,01$ ), ИМТ ( $r = 0,27$ ;  $p < 0,01$ ) и полом испытуемых ( $r = 0,25$ ;  $p < 0,05$ ). Кортизол – главный стрессовый гормон коры надпочечников. Концентрация кортизола в утренней слюне у 15-16-летних подростков в целом по группе составила  $8,94 \pm 0,30$  нг/мл и колебалась от 2,83 нг/мл до 17,64 нг/мл. Среднее значение утренней концентрации кортизола у мальчиков и девочек 15-16 лет было примерно одинаковым ( $9,03 \pm 0,40$  нг/мл и  $8,85 \pm 0,46$  нг/мл, соответственно;  $p = 0,76$ ).

Спектральный анализ ВРС выявил половые различия в значениях временных и частотных показателей вариабельности сердечного ритма у детей 15-16 лет. В возрасте 15 лет отмечены достоверно более высокие значения низко- и высокочастотных показателей ( $LF$  мс<sup>2</sup>,  $HF$  мс<sup>2</sup>) и  $TP$  (мс<sup>2</sup>) у девочек по сравнению с мальчиками. К 16-летнему возрасту половые различия в значениях анализируемых показателей уменьшаются.

У мальчиков от 15 к 16 годам произошло снижение низкочастотных и увеличение высокочастотных колебаний в условных единицах и  $SDNN$ , что свидетельствует о некотором усилении активности парасимпатического отдела ВНС (табл. 2, 3). У девочек 16 лет в сравнении с 15-летним возрастом существенных изменений в показателях спектрального и временного анализа ВРС не обнаружено. Следует отметить, что к этому возрасту большинство обследованных девочек находилось в V стадии полового развития.

Таким образом, исследование вариабельности сердечного ритма у детей 15-16 лет в состоянии относительного покоя показало, что значения спектральных и временных показателей ВРС соответствуют таковым, приводимым в ряде исследований [1; 24 и др.] и указанным в международных стандартах [38]. 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, отмеченная у девочек 15 и 16 лет (табл. 1), свидетельствуют о большей устойчивости к стрессирующим факторам в сравнении с мальчиками этого же возраста.

Кроме того, большая парасимпатическая активность у девочек (V стадия полового развития) по сравнению с мальчиками может быть связана с гормональными изменениями в этот чувствительный период развития. Женские половые гормоны эстроген и прогестерон связаны с сердечной автономной модуляцией, а модели на животных указывают на то, что эстроген усиливает холинэргическую мускариновую активность и оказывает облегчающее действие на сердечную ва-

гусную функцию [36]. Изменения уровня эстрогена у девочек, связанные с развитием половых органов, могут объяснить относительно более высокую парасимпатическую активность у девочек 15-16 лет.

Уровень тестостерона также может определять наблюдаемые половые различия в сердечной парасимпатической активности у мальчиков 15 и в меньшей степени 16 лет. Созревание и рост у мальчиков, связанные с повышением уровня андрогенов [41], могут привести к снижению активности блуждающего нерва к 15 годам.

Вегетативная реактивность отражает способность вегетативной нервной системы быстро реагировать на внешние и внутренние раздражители. Ортостатическая проба является одним из наиболее простых и безопасных функциональных тестов, который позволяет оценить резервные возможности системы регуляции кровообращения. Исследование вариабельности сердечного ритма при ортостатической пробе позволяет получить информацию о состоянии различных звеньев регуляторного механизма и об общей адаптационной реакции организма.

Проведение активной ортостатической пробы вызвало существенные изменения временных и спектральных показателей ВРС у детей 15-16 лет (табл. 1, 2).

Временной анализ ВРС (табл. 3) выявил снижение показателей RMSSD и рNN50, отражающих активность парасимпатического звена автономной нервной системы у девочек 15 и 16 лет и у мальчиков 16 лет.

Таблица 2

Показатели спектрального анализа вариабельности сердечного ритма у учащихся 15 - 16 лет в покое и в ответ на ортостатическую пробу ( $M \pm m$ )

Возраст	Пол	Состояние	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
15	М	покой	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
		орто	12142,9# ±478,0	3605,8# ±270,3	4122,4# ±303,2	4414,4# ±96,2	71,35# ±2,0	28,65# ±2,0	3,1885# ±0,3	43,25 ±5,0	39,6 ±3,4	17,1# ±1,5
	Д	покой	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
		орто	8448,25 ±570,8	4536,5# ±188,2	2797,2# ±251,1	1114,2# ±89,1	67,8# ±2,4	32,1# ±2,4	2,7575# ±0,18	48,27# ±2,5	35,4 ±2,2	16,3# ±1,5
16	М	покой	5631,67 ±578,3	1865,11 ±197,25	1682,21 ±187,30	2272,82 ±227,05	45,43± 2,08	54,57± 2,08	1,07 ±0,10	37,1 ±0,26	27,86 ±1,26	35,90 ±1,99
		Орто	5217,52 ±461,08	3173, ±187,5	2813,54 ±167,4	1230,12 ±199,97	65,46 ±1,90	34,54 ±1,90	2,71 ±0,26	43,78 ±1,95	36,66 ±1,61	19,56 ±1,39
	Д	покой	7652* ±493,3	1546,5 ±157,6	1557,5 ±177,3	5316,2* ±287,2	32,6* ±3,5	67,4 ±3,5	0,4856* ±0,1	19,7* ±1,8	26,4 ±2,7	53,8* ±2,7
		Орто	7547,25 ±570,8	3545,5# ±188,2	2837,1# ±251,1	1245,2# ±89,1	64,5# ±2,4	35,1# ±2,4	1,846# ±0,18	48,27# ±2,5	35,4 ±2,2	35,90 ±1,99

Примечание: М – мальчики, Д - девочки; \*- достоверность различий между показателями у мальчиков и девочек; # - достоверность различий между показателями в покое и во время ортостаза.

Таблица 3

Показатели временного анализа вариабельности сердечного ритма у учащихся 15-16 лет в покое и в ответ на ортостатическую пробу ( $M \pm m$ )

Возраст (лет)	группы	Состояние	R-Rmin	R-Rmax	RRNN	SDNN	RMSSD	pNN50	
15	М	покой	630,3 ±27,8	1017,3 ±27,8	829,4 ±36,7	67,2 ±11,2	66,1 ±6,3	35,266 ±4,8	
		орто	467,1 ±14,3	1177,2 ±28,3	648,1 ±19,1	80,1 ±4,1	74,9 ±2,1	14,852 ±1,5	
	Д	покой	674 ±26,7	1156,75 ±38,3	861,25 ±31,8	85,75* ±4,2	102* ±6,5	51,575* ±4,4	
		орто	527,5 ±12,7	926,75 ±35,3	723 ±19,2	77,75 ±3,5	51,25# ±3,0	26,625# ±1,7	
	16	М	Покой	587,7 ±15,8	987,6 ±17,5	798,8 ±26,4	66,35 ±3,51	60,21 ±4,50	31,2 ±2,56
			орто	406,64 ±14,3	1132,57 ±31,8	638,34 ±21,1	63,2 ±	49,1 ±3,56	16,59 ±2,62
Д		покой	674 ±26,7	1156,75 ±38,3	861,25 ±31,8	85,75* ±4,2	102* ±6,5	51,575* ±4,4	
		орто	527,5 ±12,7	926,75 ±35,3	723 ±19,2	77,75 ±3,5	51,25# ±3,0	26,625# ±1,7	

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

Более детальная оценка состояния отдельных звеньев регуляторного механизма была получена при анализе спектральных характеристик сердечного ритма (табл. 2). У девочек 15 и 16 лет в ответ на ортостатическую пробу отмечено существенное увеличение низкочастотных колебаний и снижение высокочастотного компонента спектра ВРС (в абсолютных, относительных единицах и в процентах), а также сдвиг вегетативной нервной регуляции в сторону увеличения симпатических влияний на сердечный ритм. У мальчиков 15 лет ортостатическая проба приводит к существенному снижению общей мощности ВРС и к увеличению очень низкочастотных, низкочастотных колебаний и высокочастотных колебаний ВРС, как в абсолютных, так и в относительных единицах. К 16 годам реакция вариабельности сердечного ритма становится аналогична таковой у девочек 15-16 лет, т.е. проходит со увеличением низкочастотных и снижением высокочастотных колебаний и сдвигом вегетативной нервной регуляции в сторону симпатической нервной системы.

У детей обоего пола выявлен существенный сдвиг автономной нервной регуляции в сторону симпатических влияний, что свидетельствует об адекватной реакции АНС на ортостатическое воздействие [3; 16; 24; 40; 48 и др.].

На основании значений показателя LF/HF, характеризующего симпатопарасимпатический баланс, все обследуемые школьники 15-16 лет без учета пола были разделены на 3 группы. Дети с LF/HF > 1,0 составили 3-группу (с преобладанием симпатических влияний в регуляции сердечного ритма), дети с LF/HF от 0.5 до 0.9 составили 2 группу (со сбалансированной регуляцией сердечного ритма) и дети с LF/HF < 0.5 составили 1 группу (с преобладанием парасимпатических

влияний в регуляции сердечного ритма). Около 70 процентов девочек и мальчиков имеют сбалансированную или с преобладанием парасимпатических влияний регуляцию сердечного ритма (табл. 4).

Наиболее высокая суммарная активность нейрогуморальных вегетативной нервной регуляции отмечается у детей 15-16 лет со сбалансированной регуляцией сердечного ритма и с преобладанием парасимпатической активности ВНС.

В таблице 4 приведены показатели спектрального анализа ВРС у детей 14-15 лет с разным типом регуляции сердечного ритма.

Дети с преобладанием парасимпатической активности в регуляции сердечного ритма характеризуются достоверно более низкой мощностью низкочастотного компонента спектра в сравнении с детьми 2-ой и 3-ей групп (табл. 4, рис. 3). В данной группе преобладают колебания высокочастотного спектра (в 2 раза большие в сравнении с детьми с симпатической активностью ВСП) [1; 14].

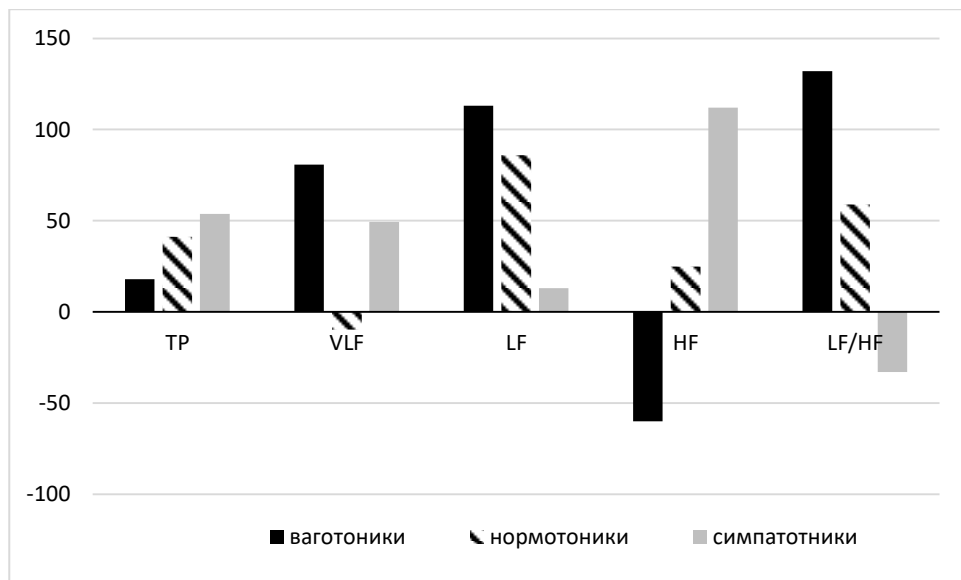
В ответ на ортостатическую пробу у школьников 15-16 лет всех групп отмечается адекватная реакция сердечного ритма на ортостаз, характеризующаяся увеличением общей мощности и мощности низкочастотных колебаний сердечного ритма (табл. 4). Наибольшее увеличение низкочастотного компонента сердечного ритма выявлено в группе ваготоников, наименьшее – у симпатотоников. При этом, в данной группе отмечается существенное увеличение высокочастотных колебаний. Адекватное изменение показателей variability сердечного ритма наблюдается в группах ваготоников и нормотоников. Указанный характер изменений автономной нервной регуляции при проведении активной ортостатической пробы связан с совершенствованием автономной нервной регуляции сердечного ритма у детей с возрастом [3]

Таблица 4

Показатели спектрального анализа variability сердечного ритма у учащихся 15-16 лет с разным типом автономной нервной регуляции (M±m)

тип АНР	Состояние	TP мс <sup>2</sup>	VLF мс <sup>2</sup>	LF мс <sup>2</sup>	HF мс <sup>2</sup>	LF/HF n.u.
	ПО-КОЙ	5752,6 ±564,5	1353,1 ±229,5	941,6 ±435,6	3457,8 ±376,4	0,2723 ±0,121
	ОРТО	6833,1 ±756,3	2444,5# ±283,5	2005,1# ±195,4	1383,3# ±150,3	1,4495# ±0,355
2	ПО-КОЙ	7509 ±576,4	1662,5 ±153,5	2953,5* ±264,3	2892,7 ±358,9	0,7513 ±0,297
	ОРТО	10605,5# ±586,4	1504,3 ±301,4	5493,8 ±419,0	3606,8# ±167,9	1,1925# ±0,368
3	ПО-КОЙ	7433,7* ±478,4	1232,5 ±187,3	3953,8 ±203,1	2447,3* ±359,4	1,6156* ±0,168
	ОРТО	11430,8# ±548,1	1840,2# ±196,3	4470,2# ±264,1	4120,1# ±159,0	1,0850# ±0,35

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



*Рис. 3. Изменение показателей variability сердечного ритма в ответ на ортостатическое воздействие в % к исходному уровню.*

Итак, при ортостатическом воздействии у детей 15-16 лет независимо от пола существенно изменяется симпато-парасимпатический баланс: усиливается преобладание парасимпатических влияний на сердечный ритм. Структура реакции показателей ВРС на ортостатическое воздействие определяется типом вегетативной нервной регуляции. У детей с сбалансированным и парасимпатическим типом автономной нервной регуляции сердечного ритма выявлен относительный рост низкочастотного и снижение или незначительное увеличение высокочастотного компонента спектра ВРС, что указывает на активное включение вазомоторного центра в процесс регуляции сосудистого тонуса. У детей с симпатическим типом регуляции СР не отмечено существенных изменений низкочастотных колебаний.

Таким образом, исследование variability сердечного ритма школьников в состоянии относительного покоя показало, что значения спектральных и временных показателей ВРС соответствуют таковым, приводимым в работах последних лет [5; 16; 20] и указанным в международных стандартах [38]. 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 парасимпатическим типом регуляции. Это свидетельствует о преобладании модулирующего симпато-парасимпатического регуляторного влияния над гуморально-метаболическим и центральными эрготропными регуляторными стимулами [16]. У мальчиков 15 лет отмечено существенное усиление гормональных влияний на ВРС, связанное, по-видимому, с периодом полового созревания, чем объясняется меньшая активность парасимпа-



тических влияний на сердечный ритм в сравнении с девочками. В 16-летнем возрасте регуляция variability сердечного ритма у мальчиков и девочек носит сходный характер и характеризуется адекватной реакцией вегетативной нервной системы на ортостатическое воздействие.

Анализ ЭКГ детей 15-16 лет (табл. 5) свидетельствует о том, что основные амплитудные и временные показатели ЭКГ соответствуют возрастным нормативам. Выявлено, что от 15 к 16 годам, как у девочек, так и у мальчиков, наблюдается незначительное увеличение таких временных показателей, как длительность сердечного цикла, время предсердно-желудочковой проводимости и электрической систолы. Также исследование показало уменьшение у детей обоего пола амплитуды зубцов R и T к 16-летнему возрасту.

Следует отметить, что 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, или, возможно, не с абсолютным повышением тонуса вагуса, а лишь с его преобладанием 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. Изменение амплитуды зубцов ЭКГ может быть обусловлено и гетерохронным развитием сердечной мышцы, а снижение амплитуды показателей возбудимости в грудных отведениях может объясняться увеличением массы, утолщением стенки грудной клетки с возрастом.

Отсутствие достоверных различий между школьниками 15 и 16 лет, свидетельствует о том, что к 15-16-летнему возрасту большинство показателей ЭКГ достигают своих дефинитивных значений.

Динамическая нагрузка вызывала у детей 15-16-летнего возраста следующие изменения ЭКГ (табл. 5). У всех обследованных детей укорачивалась общая длительность сердечного цикла и электрическая систола, у большинства детей уменьшалось время предсердно-желудочковой проводимости. В ответ на нагрузку у всех детей 15-16 лет происходило достоверное увеличение зубца PII. Также в этом возрасте, как у мальчиков, так и у девочек, отмечено снижение амплитуды зубцов R и T в II стандартном и левых грудных отведениях.

Уменьшение общей длительности сердечного цикла, времени предсердно-желудочковой проводимости и электрической систолы в ответ на нагрузку, свидетельствует об усилении влияний на миокард со стороны симпатического отдела автономной нервной системы. Увеличение амплитуды зубца P связано, вероятно, с интенсификацией деятельности предсердий в ответ на нагрузку. Уменьшение амплитуды зубца R в левых грудных отведениях свидетельствует об уменьшении полости левого желудочка в ответ на нагрузку и адекватном адаптационном ответе, хорошей тренированности сердечной мышцы у детей данного возраста.

Индивидуальный анализ электрокардиограмм детей 15-16 лет позволил выявить частоту встречаемости некоторых функциональных изменений ЭКГ на данном отрезке онтогенеза. Достаточно 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; 9; 11; 19; 31].

Таблица 5

*Амплитудные характеристики основных зубцов ЭКГ  
подростков 15-16-летнего возраста в покое и при нагрузке (M±m)*

Возр лет	Сост	Отвед.	Показатели				
			P, мм	Q, мм	R, мм	S, мм	T, мм
15 м	покой	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
	нагр	II	1,123* ±0,073	-0,254 ±0,062	8,915 ±0,317	-1,309 ±0,134	3,439* ±0,129
		V5	0,599 ±0,034	-0,609 ±0,122	11,124 ±0,634	-3,249 ±0,324	4,431* ±0,320
		V6	0,587 ±0,034	-0,770 ±0,102	9,712 ±0,354	-1,210 ±0,144	3,832* ±0,210
15 д	покой	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
	нагр	II	1,224* ±0,071	-0,311 ±0,061	7,942* ±0,515	-1,338 ±0,191	2,883* ±0,174
		V5	0,628 ±0,031	-0,569 ±0,123	9,888 ±0,695*	-1,674 ±0,303	3,656* ±0,234
		V6	0,590 ±0,032	-0,664 ±0,102	8,932 ±0,434	-1,110 ±0,194	3,299* ±0,224
16 м	покой	II	0,872 ±0,046	-0,245 ±0,060	9,326 ±0,512	-1,310 ±0,170	3,912 ±0,172
		V5	0,558 ±0,025	-0,465 ±0,112	12,105 ±0,541	-3,250 ±0,249	4,977 ±0,170
		V6	0,535 ±0,054	-0,564 ±0,124	10,113 ±0,448	-1,211 ±0,161	4,109 ±0,249
	нагр	II	1,126* ±0,073	-0,254 ±0,062	8,920 ±0,311	-1,312 ±0,124	3,430* ±0,111
		V5	0,604 ±0,034	-0,619 ±0,122	11,120 ±0,632	-3,254 ±0,344	4,426* ±0,300
		V6	0,585 ±0,034	-0,771 ±0,102	9,709 ±0,355	-1,214 ±0,154	3,823* ±0,213
16 д	покой	II	0,930 ±0,066	-0,280 ±0,061	8,228 ±0,417	-1,311 ±0,140	3,113 ±0,155
		V5	0,544 ±0,014	-0,568 ±0,111	10,211 ±0,554	-1,548 ±0,243	4,019 ±0,141
		V6	0,535 ±0,021	-0,590 ±0,141	9,104 ±0,450	-1,029 ±0,120	3,988 ±0,223
	нагр	II	1,236* ±0,071	-0,301 ±0,061	7,940* ±0,504	-1,332 ±0,190	2,876* ±0,157
		V5	0,629 ±0,031	-0,572 ±0,123	9,872 ±0,693*	-1,670 ±0,300	3,651* ±0,224
		V6	0,588 ±0,032	-0,669 ±0,102	8,929 ±0,429	-1,116 ±0,174	3,279* ±0,220

Примечания: \* - достоверность различий по сравнению с покоем.

Как показало исследование, в данном возрасте могут наблюдаться различные нарушения хронотропной функции миокарда, а также нарушения внутрижелудочковой проводимости. Такие функциональные изменения миокарда, как нарушения проведения в предсердиях, электрическая альтернация, нарушения процессов реполяризации миокарда, практически не встречаются. Изменения сердечного ритма связаны, вероятно, с процессами окончательного формирования механизмов вегетативной регуляции сердца. Гетерохронность процессов роста и развития сердца, особенности его морфологического и функционального созревания, могут приводить к нарушениям внутрижелудочковой проводимости. В целом, к 15-16-летнему возрасту частота возникновения указанных изменений существенно уменьшается по сравнению с младшими школьниками.

Проведенное **поликардиографическое исследование** позволило получить данные по продолжительности основных фаз и периодов сердечного цикла у подростков 15-16 лет (табл. 6). Показано, что абсолютные величины параметров сократительной функции миокарда у юношей и девушек 15-16 лет не отличались.

Таблица 6

*Длительность фаз сердечного цикла у подростков 15-16 лет в состоянии относительного покоя ( $M \pm m$ )*

ПАРАМЕТРЫ									
Воз/ пол	R-R, мс	ФАС, мс	ФИС ,мс	T, мс	E, мс	Sm, мс	So, мс	Sэ, мс	Д, мс
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
16 М	960.3 ±19.1	66.5 ±2.3	28.6 ±2.3	95.1 ±2.5	284.7 ±5.4	379.9 ±5.5	369.8 ±5.6	369.6 ±7.6	579.7 ±24.1
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
16 Д	962.6 ±20.1	67.0 ±2.1	29.8 ±2.5	96.8 ±2.6	283.2 ±9.0	379.8 ±7.1	369.3 ±9.1	372 ±8.7	588.2 ±21.8

Для более полной оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы подростков 15-16 лет было проведено изучение реакции сократительной функции миокарда на дозированную физическую нагрузку (табл. 7).

При изучении реакции сократительной функции миокарда на физическую динамическую нагрузку было показано, что у подростков 15-16 лет происходят существенные перестройки фазовой структуры сердечного цикла (табл. 6).

Анализ результатов показал, что динамическая физическая нагрузка в 15-16 - летнем возрасте у подростков обоего пола вызывала существенное снижение длительности сердечного цикла, электрической, механической и общей систол, а также времени изгнания крови.

Таблица 7

*Изменение длительности фаз сердечного цикла при физической динамической нагрузке у подростков 15-16 лет ( $M \pm m$ )*

Момент исслед.	Воз/пол	R-R	ФАС	ФИС	T	E	Sm	So	Sэ	Д
Покой	15 М	950.1 ±20.2	67.2 ±2.0	28.2 ±2.4	95.4 ±2.1	278.7 ±5.1	373.1 ±5.0	367.2 ±5.4	367.6 ±7.8	576.3 ±25.2
Сразу после нагрузки		823.5 ±20.0*	64.7 ±2.0	27.7 ±2.0	92.4 ±2.1	234.0 ±5.1*	263.0 ±5.0*	325.1 ±4.4*	326.7 ±3.8*	498.4 ±23.0
Покой	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 ±10.5	586.3 ±23.8
Сразу после нагрузки		820.1 ±20.0*	64.0 ±2.3	27.7 ±2.1	91.7 ±2.1	230.0 ±5.2*	261.0 ±5.0*	322.1 ±4.4*	324.7 ±3.8*	500.4 ±21.0
Покой	16 М	960.3 ±19.1	66.5 ±2.3	28.6 ±2.3	95.1 ±2.5	284.7 ±5.4	379.9 ±5.5	369.8 ±5.6	369.6 ±7.6	579.7 ±24.1
Сразу после нагрузки		828.3 ±19.0*	65.7 ±2.1	27.9 ±2.2	92.6 ±2.3	236.0 ±5.2*	265.0 ±5.1*	323.1 ±4.5*	327.6 ±4.8*	499.9 ±23.0
Покой	16 Д	962.6 ±20.1	67.0 ±2.1	29.8 ±2.5	96.8 ±2.6	283.2 ±9.0	379.8 ±7.1	369.3 ±9.1	372 ±8.7	588.2 ±21.8
Сразу после нагрузки		825.1 ±19.5*	65.0 ±2.3	27.8 ±2.2	92.8 ±2.4	232.0 ±5.0*	263.0 ±5.2*	321.1 ±4.2*	325.6 ±4.2*	520.4 ±22.0

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

Основным механизмом уменьшения длительности сердечного цикла при физической работе считают снижение тонуса блуждающих нервов и увеличение симпатических влияний на сердце. Выявленное снижение длительности сердечного цикла у подростков 15-16 лет, происходящее за счет уменьшения продолжительности электрической, механической и общей систол, а также времени изгнания крови без существенного изменения времени диастолы, свидетельствует о благоприятной реакции сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку, поскольку период расслабления является одним из ведущих факторов саморегуляции сокращения миокарда и восстановления энергетических запасов в мышечных клетках. Выявленное уменьшение продолжительности сердечного цикла без существенного изменения времени диастолы не нарушает восстановление энергетических ресурсов миокарда и обуславливает эффективность последующей систолы [10; 15; 22; 26; 27].

Результаты изучения **кровообращения головного мозга** не показали достоверных изменений параметров РЭГ от 15 лет к 16-летнему возрасту (табл. 8).

Таблица 8

*Показатели мозгового кровообращения у детей 15 и 16 лет  
в состоянии покоя (M±m)*

Возраст	Пол	Показатели			
		A, Ом	a, с	di, %	a/T, %
15	Д	0,212±0,018	0,156±0,016	59,9±2,78	24,5±3,22
16		0,216±0,0121	0,158±0,015	57,6±2,84	26,4±2,12
15	М	0,218±0,011	0,158±0,012	60,2±1,15	23,4±1,19
16		0,214±0,016	0,160±0,017	58,6±1,18	25,6±1,20

Для характеристики функционального состояния мозгового кровообращения детей 15-16 лет нами использована умственная нагрузка. Поскольку исследование не показало достоверных возрастных и половых различий изученных показателей между школьниками 15 и 16 лет, то все испытуемые были объединены в единую группу (табл. 9)

У всех испытуемых 15-16 лет умственная нагрузка сопровождалась достоверным снижением дикротического индекса (di) (табл. 9). Следовательно, краткосрочная адаптация мозгового кровообращения к умственной нагрузке характеризовалась существенным снижением тонуса мозговых артерий малого калибра, что соответствует результатам изучения мозгового кровообращения у детей школьного возраста при различных видах умственной деятельности [2; 32]. Результаты нашего исследования согласуются с данными комплексных электро- и реоэнцефалографических исследований при различных видах умственной деятельности у детей и взрослых испытуемых показавших, что повышение функциональной активности отдельных областей головного мозга сопровождается развитием регионарной функциональной гиперемии [7; 46].

Таблица 9

*Динамика показателей мозгового кровообращения детей 15-16 лет  
при действии умственной нагрузки (M±m)*

Группа	Показатели									
	A, Ом		АЧП, у.е.		di, %		a/T, %		ЧСС, уд/м	
	ИС	Н	ИС	Н	ИС	Н	ИС	Н	ИС	Н
Общая	0,219	0,216	2,74	2,72	59,1	48,4	25,5	23,3	78,3	80,4
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,018	0,017	0,16	0,19	1,21	1,39*	0,64	0,70	2,66	3,18
1	0,216	0,220	2,68	3,40	58,5	45,1	23,8	19,1	79,4	78,6
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,014	0,015	0,12	0,16*	1,16	1,18*	0,31	0,20*	2,74	2,40
2	0,220	0,192	2,69	1,42	59,2	42,4	24,6	28,9	80,1	94,7
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,015	0,016	0,14	0,11*	1,26	1,28*	0,22	0,21*	2,42	2,40*

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

Таким образом, выявленное у детей 15-16 лет снижение тонического напряжения церебральных артерий малого калибра является проявлением ауторегуляции мозгового кровотока, направленной на поддержание адекватного кровоснабжения нервной ткани при повышении ее функциональной активности во время умственной деятельности.

Разнонаправленные изменения остальных показателей РЭГ обусловили проведение индивидуального анализа в соответствии с динамикой показателя АЧП. Все испытуемые были разделены на 2 группы. В группу 1 вошли дети с увеличением АЧП (65,0 % мальчиков и 66,0 % девочек). Группу 2 составили испытуемые со снижением АЧП (35,0 % мальчиков и 34,0 % девочек).

Умственная нагрузка вызывала у всех испытуемых 1 группы (табл.9) достоверное ( $t=2,2-2,4$ ) повышение показателя АЧП, снижение диастолического индекса и а/Т ( $t=2,2-2,6$ ). Следовательно, реакция мозгового кровообращения характеризовалась существенным увеличением артериального притока, снижением тонуса мозговых артерий крупного, среднего и малого калибра в лобных областях головного мозга. Выявленные изменения кровообращения головного мозга согласуются с результатами исследований у школьников разного возраста, показавших возрастание объемного мозгового кровотока и снижение тонического напряжения церебральных артерий при различных видах умственной деятельности [2; 32]. Выявленные изменения мозгового кровообращения при умственной деятельности (возрастание артериального притока и снижение тонуса церебральных артерий в лобных областях головного мозга) свидетельствуют о том, что данная реакция системы мозгового кровообращения на умственную деятельность не сопровождается существенным напряжением механизмов адаптации [2; 4; 21].

У всех детей 2 группы наблюдалось достоверное снижение АЧП, диастолического индекса ( $t=2,3-2,4$ ) и возрастание а/Т ( $t=2,6$ ), а также достоверное ( $t=2,2-2,6$ ) увеличение ЧСС (табл. 9). Следовательно, реакция мозгового кровообращения характеризовалась снижением артериального притока, повышением тонуса крупных и средних мозговых артерий в лобных областях головного мозга на фоне значительного возрастания ЧСС.

Отмеченное снижение артериального притока и повышение тонуса церебральных артерий крупного калибра можно характеризовать как проявление реакции ауторегуляции мозгового кровообращения, обусловленное изменениями параметров центральной гемодинамики [18; 35; 37]. Выявленное повышение тонического напряжения церебральных артерий характеризует напряжение механизмов регуляции мозгового кровообращения при умственной деятельности, что соответствует результатам исследований, проведенных у взрослых людей и школьников [2; 28; 29].

Выявленные изменения изученных параметров мозгового кровообращения указывают на генерализованный характер реакции сердечно-сосудистой системы, что в условиях умственной деятельности характеризует напряжение механизмов адаптации системы кровообращения [2; 21; 28; 29; 33].

## ВЫВОДЫ

1. Выявлены половые различия у подростков 15-16 лет по основным показателям физического развития: длина и масса тела больше у мальчиков, а процент

жировой массы у девочек. Показано, что изученные показатели центрального отдела сердечно-сосудистой системы, мозгового кровообращения и автономной нервной регуляции сердечного ритма не имеют достоверных возрастных и половых различий у школьников 15 и 16 лет. К этому возрасту показатели сократительной и биоэлектрической функций миокарда, а также мозгового кровообращения приближаются к дефинитивному уровню.

2. У детей 15 и 16 лет выявлены достоверные половые различия в значениях частотных и временных показателей variability сердечного ритма (ВРС). Более высокая суммарная активность нейрогуморальных влияний на сердечный ритм за счет достоверно более высоких величин показателей высокочастотных колебаний ВРС, отмеченная у девочек 15-16 лет и у мальчиков 16 лет, свидетельствует об их большей устойчивости к стрессирующим факторам.

3. У мальчиков 16 лет нейрогуморальная регуляция сердечной деятельности приближается к таковой у девочек, переходит на новый уровень, приближенный к дефинитивному.

4. Динамическая физическая нагрузка в 15-16 летнем возрасте у подростков обоего пола вызывала существенное уменьшение параметров: длительности сердечного цикла, электрической, механической и общей систол, продолжительности предсердно-желудочковой проводимости, а также времени изгнания крови, что связано со снижением тонуса блуждающих нервов и увеличением симпатических влияний на сердце при нагрузке. Выявленное снижение длительности сердечного цикла у подростков 15-16 лет, происходящее без существенного изменения времени диастолы, свидетельствует о благоприятной адаптации сердечно-сосудистой системы к физической нагрузке.

5. Срочная адаптация кровообращения головного мозга к умственной нагрузке у большинства подростков 15-16 лет не сопровождалась напряжением механизмов регуляции мозгового кровообращения и носила благоприятный характер. Умственная нагрузка вызывала существенное увеличение артериального притока, снижение тонуса мозговых артерий в лобных областях головного мозга. В то же время, у части (34,0-35,0 %) испытуемых 15-16 лет адаптация имела неблагоприятный характер и характеризовалась напряжением механизмов регуляции. Умственная деятельность сопровождалась снижением артериального притока, повышением тонуса мозговых артерий крупного и среднего калибра при существенном возрастании частоты сердечных сокращений.

6. Показано, что утренняя концентрация ДГЭА в слюне зависит от пола испытуемых, у девочек она выше, чем у мальчиков. Утренняя концентрация кортизола в слюне у подростков 15-16 лет не зависит ни от возраста, ни от пола.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баевский Р.М. Вариабельность сердечного ритма. Медико-физиологические аспекты / ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА: Теоретические аспекты и практическое применение // Тезисы докладов IV всероссийского симпозиума с международным участием, 19–21 ноября 2008 г., посвященного юбилею заслуженного деятеля науки РФ, профессора Романа Марковича Баевского. Ижевск 2008.

2. Безобразова В.Н., Догадкина С.Б., Пономарева Т.А. Возрастное развитие периферического отдела сердечно-сосудистой системы // Физиология развития ребёнка: руководство по возрастной физиологии/ под ред. М.М. Безруких, Д.А. Фарбер. – М.- Воронеж: МПСИ, 2010. – 767 с.
3. Берсенева И.А. Оценка адаптационных возможностей организма у школьников на основе анализа вариабельности сердечного ритма в покое и при ортостатической пробе: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – 2000. – 17 с.
4. Зиненко Е.С. Срочная адаптация центральной гемодинамики и кровообращения головного мозга детей дошкольного возраста к умственной нагрузке: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 2010. – 19 с
5. Казин Э.М., Мирзаханова Р.М., О.Л.Тарасова Оценка адаптивных возможностей организма подростков с различным темпом полового созревания по соматическим, вегетативным и гормональным показателям // Валеология. – 2002. – № 3. – С. 70-73.
6. Карпман В.Л. Фазовый анализ сердечной деятельности. – М: Медицина, 1965. – 159 с.
7. Князева М.Г., Тупицын И.О. Взаимосвязь возрастных характеристик биоэлектрической активности и мозгового кровотока // Физиология человека. – 1984. – Т. 10, № 3. – С. 411-416.
8. Кубергер М.Б. Руководство по клинической электрокардиографии детского возраста. – М.: Медицина, 1983. – 368 с.
9. Мазо Р.Э. Электрокардиограммы здоровых детей. – Минск: Изд-во АН БССР, 1961. – 198 с.
10. Макаридзе О.В. Влияние орто- и антиортостатической пробы на фазы сердечного цикла левого и правого желудочков у здоровых лиц и больных ишемической болезнью сердца // Кардиология. – 2000. – Т. 40, № 7. – С. 22-26.
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., Кондрькинский Е.Л., Мягков И.Ф. Сердцебиение у детей: клиническая характеристика, тактика обследования и лечения // Педиатрия. – 2005. – № 2. – С.4-8.
14. Максимов А.Л., Лоскутова А.Д. Возрастные изменения вариабельности сердечного ритма и гемодинамики в зависимости от преобладающего типа вегетативной нервной регуляции // Рос. Физиол. Ж.им. И.М.Сеченова. – 2014. – 100, № 5. – С. 634-647.
15. Меерсон Ф.З. Адаптация сердца к большой нагрузке и сердечная недостаточность. – М.: Наука, 1975 – 263 с.
16. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения. – Иваново: Иван. Гос. Мед. академия, 2002. – 290 с.
17. Мурашко Е.В. Стандартная электрокардиография в педиатрической практике // Лечащий врач. – 2005. – № 1. – С. 52-57.
18. Мчедlishvili Г.И. Регуляция мозгового кровообращения. – Тбилиси: «Мецниереба», 1980. – 158 с.
19. Осколкова М.К., Куприянова О.О. Электрокардиография у детей. – М.: Медицина, 1986. – 286 с.



20. 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.
21. Пономарёва Т.А. Срочная адаптация системы кровообращения детей младшего школьного возраста к работе на компьютере: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 2005. – 20 с.
22. 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.
23. Рублева Л.В. Развитие основных функций миокарда детей 7-15 лет, проживающих в различных экологических условиях: Дисс. ... канд. биол. наук. – М., 1999. – 188 с.
24. Рябыкина Г.В., Соболев А.В. Вариабельность ритма сердца. – 2001. – 200 с.
25. Справочник педиатра-кардиоревматолога / Под ред. Р.Э.Мазо. – Минск: Наука и техника, 1982. – 342 с.
26. Трегубова М.В. Особенности сократительной деятельности сердца дзюдоистов 16 – 20 лет массовых разрядов при различной интенсивности физических нагрузок: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Челябинск, 2008. – 22 с.
27. Тупицын И.О. Возрастная динамика и адаптационные изменения сердечно-сосудистой системы школьников: автореф. дис. ... докт. мед. наук. – М., 1986. – 42 с.
28. Фёдоров Б.М. Стресс и система кровообращения. – М.: Медицина, 1991. – 319 с.
29. Федорова, М.З. Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы юношей 15-17 лет при учебной нагрузке: дис. ... канд. биол. наук. – М., 1991. – 212 с.
30. Хомич М.М. Возрастные изменения временных показателей электрокардиограммы у детей // Вопр. соврем. педиатрии. – 2006. – № 2. – С. 17-19.
31. 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.
32. Шарапов А.Н., Безобразова В.Н., Догадкина С.Б., Кмить Г.В., Рублева Л.В., Ермакова И.В. Адаптация сердечно-сосудистой и нейроэндокринной систем к нагрузкам разного вида у подростков 12-14 лет // Новые исследования. – 2016. – №4 (49). – С. 21-43.
33. Шварков С.Б. Синдром вегетативной дистонии у детей и подростков: автореф. дис. ... докт. мед. наук. – М., 1993. – 70 с.
34. Яруллин Х.Х. Клиническая реоэнцефалография. – М.: Медицина, 1983. – 217 с.
35. Aaslid R., Lash S.R., Bardy G.H. et all. Dinamic pressure – flow velocity relationships in the human cerebral circulation // Stroke. – 2003. – Vol. 34. – P. 326-341.
36. Du X. J., Dart A. M., Riemersma R. A. Sex differences in the parasympathetic nerve control of rat heart.// Clin. Exp. Pharmacol. Physiol. –1994. –21. –P. 485-493.

37. Hamner J.W., Michael A.C., Seiji M. Spectral indices of human cerebral blood flow control: responses to augmented blood pressure oscillations // *J. Physiol.* – 2004. – Vol. 559. – P. 965-973.
38. Heart rate variability. Standards of Measurement, Physiological interpretation and clinical use// *Circulation.* – 1996. – 93. – P. 1043–1065.
39. Kushnir M.M., Blamires T., Rockwood A.L., [et al.] Liquid chromatography–tandem mass spectrometry assay for androstenedione, dehydroepiandrosterone, and testosterone with pediatric and adult reference intervals // *Clinical Chemistry.* – 2010. – V. 56, № 7. – P. 1138-1147.
40. Longin E, Dimitriadis C, Shazi S, Gerstner T, Lenz T, König S. Autonomic nervous system function in infants and adolescents: impact of autonomic tests on heart rate variability // *Pediatr Cardiol.* – 2009. – 30, № 3. – P. 311-24.
41. Maior A. S., Carvalho A. R., Marques-Neto S. R., Menezes P., Soares P. P., Nascimento J. H. M. Cardiac autonomic dysfunction in anabolic steroid users. // *Scand. J. Med. Sci. Sports.* – 2013. – 23. – P. 548-555.
42. Malik M., Camm A. J. Components of heart rate variability–what they really mean and what we really measure. // *Am. J. Cardiol.* – 1993. – 72. – P. 821-822.
43. 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.
44. Saczawa M.E., Graber J.A., Brooks-Gunn J. [et al.] Methodological considerations in use of the cortisol/DHEA(S) ratio in adolescent populations // *Psychoneuroendocrinology.* – 2013. – V. 38, № 11. – P. 2815-2819.
45. Thankamony A. Ong K.K., Ahmed M.L. Higher levels of IGF-I and adrenal androgens at age 8 years are associated with earlier age at menarche in girls // *J. Clin. Endocrinol. Metab.* – 2012. – V. 97, № 5. – P. 786–790.
46. Tolonen U., Sulg I.A. Comparison of quantitative EEG parameters from four different analysis techniques in evaluation of relationships between EEG and CBF in brain infarction// *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* – 1981. – Vol. 51. – P. 177-185.
47. Tonhajzerova I. Javorka K., Petraskova M Development of heart rate variability parameters in young subjects aged 15-19 // *Ceskoslov.Pediatr.* – 1999. – 54/8. – P. 421-424.
48. Topcu B Akalin The autonomic nervous system dysregulation in response to orthostatic stress in children with neurocardiogenic syncope // *Cardiol Young.* – 2010. V.20, №2. – P. 165-72.
49. Traish A.M., Kang H.P., Saad F. [et al.] Dehydroepiandrosterone (DHEA) - a precursor steroid or an active hormone in human physiology // *J. Sex. Med.* – 2011. – V. 8, № 11. – P. 2960-2982.
50. Van Hulle C.A., Moore M.N., Shirtcliff E.A. [et al.] Genetic and environmental contributions to covariation between DHEA and testosterone in adolescent twins // *Behav. Genet.* 2015. V. 45, № 3. P. 324-340.
51. Vandewalle S., Taes Y., Fiers T. et al. Relation of adrenal-derived steroids with bone maturation, mineral density and geometry in healthy prepubertal and early pubertal boys // *Bone.* – 2014. – V. 69, № 12. – P. 39-46.

## REFERENSES

1. Baevskij R.M. Variabel'nost' serdechnogo ritma. Mediko–fiziologicheskie aspekty / VARIABEL'NOST' SERDECHNOGO RITMA: Teoreticheskie aspekty i prakticheskoe primenenie // Tezisy dokladov IV vserossijskogo simpoziuma s mezhdunarodnym uchastiem, 19–21 noyabrya 2008 g., posvyashchennogo yubileyu zaslužennogo deyatelya nauki RF, professora Romana Markovicha Baevskogo. Izhevsk 2008.
2. Bezobrazova V.N., Dogadkina S.B., Ponomareva T.A. Vozrastnoe razvitiye perifericheskogo otdela serdechno-sosudistoj sistemy//Fiziologiya razvitiya rebyonka: rukovodstvo po vozrastnoj fiziologii/ pod red. M.M. Bezrukih, D.A. Farber. – M.- Voronezh: MPSI, 2010. – 767 s.
3. Berseneva I.A. Ocenka adaptacionnyh vozmozhnostej organizma u shkol'nikov na osnove analiza variabel'nosti serdechnogo ritma v pokoe i pri ortostaticheskoj probe: Avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. – 2000. – 17 s.
4. Zinenko E.S. Srochnaya adaptaciya central'noj gemodinamiki i krovoobrashcheniya golovnogogo mozga detej doshkol'nogo vozrasta k umstvennoj nagruzke: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. – M., 2010. – 19 s
5. Kazin E.H.M., Mirzahanova R.M., O.L.Tarasova Ocenka adaptivnyh vozmozhnostej organizma podrostkov s razlichnym tempom polovogo sozrevaniya po somaticheskim, vegetativnym i gormonal'nym pokazatelyam // Valeologiya. – 2002. – № 3. – S. 70-73.
6. Karpman V.L. Fazovyy analiz serdechnoj deyatel'nosti. – M: Medicina, 1965. – 159 s.
7. Knyazeva M.G., Tupicyn I.O. Vzaimosvyaz' vozrastnyh harakteristik bioelektricheskoy aktivnosti i mozgovogo krovotoka // Fiziologiya cheloveka. – 1984. – T. 10, № 3. – S. 411-416.
8. Kuberger M.B. Rukovodstvo po klinicheskoj ehlektrokardiografii detskogo vozrasta. – M.:Medicina, 1983. – 368 s.
9. Mazo R.EH. EHlektrokardiogrammy zdorovyh detej. – Minsk: Izd-vo AN BSSR, 1961. – 198 s.
10. Makaridze O.V. Vliyanie orto- i antiortostaticheskoj proby na fazy serdechnogo cikla levogo i pravogo zheludochkov u zdorovyh lic i bol'nyh ishemicheskoy boleznyu serdca // Kardiologiya. – 2000. – T. 40, № 7. – S. 22-26.
11. Makarov L. M., Kiseleva I. I., Dolgih V. V. i dr. Normativnye parametry EHKG u detej // Pediatriya. – 2006. – № 2. – C. 4-10.
12. Makarov L.M. EHKG v pediatrii. – 2002. – 274 s.
13. Makarov L.M., Kondrykinskij E.L., Myagkov I.F. Serdcebienie u detej: klinicheskaya harakteristika, taktika obsledovaniya i lecheniya // Pediatriya. – 2005. – № 2. – S. 4-8.
14. Maksimov A.L., Loskutova A.D. Vozrastnye izmeneniya variabel'nosti serdechnogo ritma i gemodinamiki v zavisimosti ot preobladayushchego tipa vegetativnoj nervnoj regulyacii // Ros. Fiziol. ZH.im. I.M.Sechenova. – 2014. – 100, № 5. – S. 634-647.
15. Meerson F.Z. Adaptaciya serdca k bol'shoj nagruzke i serdechnaya nedostatochnost'. – M.: Nauka, 1975 – 263 s.
16. Mihajlov V.M. Variabel'nost' ritma serdca: opyt prakticheskogo primeneniya. – Ivanovo: Ivan. Gos. Med. akademiya, 2002. – 290 s.

17. Murashko E.V. Standartnaya ehlektrokardiografiya v pediatricheskoj praktike // Lechashchij vrach. – 2005. – № 1. – С. 52-57.
18. Mchedlishvili G.I. Regulyaciya mozgovogo krovoobrashcheniya. – Tbilisi: «Mecniereba», 1980. – 158 s.
19. Oskolkova M.K., Kupriyanova O.O. EHlektrokardiografiya u detej. – M.: Medicina, 1986. – 286 s.
20. Pankova N.B. Funkcional'noe razvitie vegetativnoj regulyacii serdechno-sosudistoj sistemy v ontogeneze cheloveka // Fiziol. ZHurnal im. I.M. Sechenova. – 2008. – 94, № 3. – S. 267–275.
21. Ponomaryova T.A. Srochnaya adaptaciya sistemy krovoobrashcheniya detej mladshego shkol'nogo vozrasta k rabote na komp'yutere: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. – M., 2005. – 20 s.
22. Prokof'eva V.N., Kuznecov V.I., Korenevskaya A.A. Zavisimost' prodolzhitel'nosti faz i periodov serdechnogo cikla u sportsmenov ot napravlenosti trenirovochnogo processa // Fiziologiya cheloveka. – 2007. – T. 33, № 6. – S. 71-78.
23. Rubleva L.V. Razvitie osnovnyh funkcij miokarda detej 7-15 let, prozhivayushchih v razlichnyh ehkologicheskikh usloviyah: Diss. ... kand. biol. nauk. – M., 1999. – 188 s.
24. Ryabykina G.V., Sobolev A.V. Variabel'nost' ritma serdca. – 2001. – 200 s.
25. Spravochnik pediatra-kardiorevmatologa / Pod red. R.EH.Mazo. – Minsk: Nauka i tekhnika, 1982. – 342 s.
26. Tregubova M.V. Osobennosti sokratitel'noj deyatel'nosti serdca dzyudoistov 16 – 20 let massovyh razryadov pri razlichnoj intensivnosti fizicheskikh nagruzok: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. – Chelyabinsk, 2008. – 22 s.
27. Tupicyn I.O. Vozrastnaya dinamika i adaptacionnye izmeneniya serdechno-sosudistoj sistemy shkol'nikov: avtoref. dis. ... dokt. med. nauk. – M., 1986. – 42 s.
28. Fyodorov B.M. Stress i sistema krovoobrashcheniya. – M.: Medicina, 1991. – 319 s.
29. Fedorova, M.Z. Funkcional'noe sostoyanie serdechno-sosudistoj sistemy yunoshej 15-17 let pri uchebnoj nagruzke: dis...kand. biol. nauk. – M., 1991. – 212 s.
30. Homich M.M. Vozrastnye izmeneniya vremennyh pokazatelej ehlektrokardiogrammy u detej // Vopr. sovrem. pediatrii. – 2006. – № 2. – С. 17-19.
31. CHernyshov V.N., Tarasova E.A., Trysak O.A. Varianty narushenij ritma serdca i provodimosti u zdorovyh detej shkol'nogo vozrasta // Novoe v diagno-stike, klinike, lechenii i profilaktike zabojevanij detskogo vozrasta: Sb. nauch. tr. – Rostov-na-Donu, 1988. – S. 85-86.
32. SHarapov A.N., Bezobrazova V.N., Dogadkina S.B., Kmit' G.V., Rubleva L.V., Ermakova I.V. Adaptaciya serdechno-sosudistoj i nejroehndokrinnoj sistem k nagruzkam raznogo vida u podrostkov 12-14 let // Novye issledovaniya. – 2016. – № 4 (49). – S. 21-43.
33. SHvarkov S.B. Sindrom vegetativnoj distonii u detej i podrostkov: avtoref. dis. ... dokt. med. nauk. – M., 1993. – 70 s.
34. YArullin H.H. Klinicheskaya reoehncefalografiya. – M.: Medicina, 1983. – 217 s.

# ВОЗДЕЙСТВИЕ НЕДЕЛЬНОГО ОБЪЕМА НАГРУЗКИ НА ФИЗИЧЕСКУЮ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ, ДВИГАТЕЛЬНУЮ ПОДГОТОВЛЕННОСТЬ И ОСТРУЮ ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ ДЕТЕЙ 6-8 ЛЕТ

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

Целью исследования явилось изучение влияния занятий физическими упражнениями разного недельного объема на физическую работоспособность, двигательную подготовленность и острую заболеваемость детей 6-8 лет. В исследовании приняли участие практически здоровые школьники 6-8 лет ( $n=106$ ), отнесенные по состоянию здоровья к основной медицинской группе. В качестве регулируемого педагогического фактора рассматривался объем физической нагрузки. Физическое состояние оценивалось на основе комплекса показателей физической работоспособности, двигательной подготовленности и острой заболеваемости. Результаты исследования показывают, что улучшение физической работоспособности и двигательной подготовленности, а также снижение острой заболеваемости детей 6-8 лет в значительной степени обусловлены недельным объемом физической нагрузки на уроках физической культуры в школе. Оценка физического состояния в условиях различного недельного объема нагрузки выявила значимые приросты уровня развития рассматриваемых показателей. Наибольшее увеличение приспособительных возможностей организма наблюдалось при 6-кратных занятиях в неделю высокой интенсивности (объем нагрузки составлял 120 минут). Полученные результаты открывают перспективу дальнейшего совершенствования процесса физической подготовки детей младшего школьного возраста на основе направленного использования повышенных недельных объемов физической нагрузки высокой интенсивности.

**Ключевые слова:** комплексы физических упражнений, объем нагрузки, интенсивность нагрузки, физическая работоспособность, двигательная подготовленность, острая заболеваемость, младший школьный возраст.

**Effects of week work load on physical performance, motor fitness and sickness rate in 6-8-year-old children.** The aim of the research was to study the effect of physical exercises of different weekly volume on physical performance, physical fitness and sickness rate in children aged 6-8 years old. The participants were practically healthy schoolchildren of 6-8 years old ( $n = 106$ ), belonging to the average health group. The volume of physical activity was considered as an adjustable pedagogical factor. The physical condition was assessed on the basis of a set of indicators of physical performance, physical fitness and high sickness rate. The results of the study show that the improvement of physical performance and motor fitness, as well as the reduction of sickness rate in 6-8-year-old children largely depend on the weekly amount of physical activity in physical education classes at school. The assessment of physical condition

---

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

*depending on different weekly workload revealed significant gains in the level of these indices. The greatest increase in the adaptive capacity of the organism was observed in students involved in 6 PE classes of high intensity per week (120 minutes). The results of this study can be used to improve the process of physical education of primary school children, based on the use of increased weekly physical activity of high-intensity.*

**Key words:** sets of physical exercises, work load, work load intensity, physical performance, physical fitness, sickness rate, primary school age.

Как известно, «внешнюю сторону физической нагрузки» оценивают на основе эргометрических критериев. К ним относят показатели объема и интенсивности, характеризующие совершаемую работу с позиций механики. Для получения выраженного функционального (оздоровительного) эффекта от занятий физическими упражнениями необходимо обеспечить достижение пороговых величин либо объема, либо интенсивности нагрузки [2; 4; 6; 8; 13; 19]. Определение оптимального объема нагрузки является ключевым условием высокой эффективности занятий физическими упражнениями. Некоторые исследователи считают, что для накопления субстратов энергообеспечения и возрастания энергетического потенциала организма объем выполненной работы имеет большее значение, чем ее интенсивность [1; 11; 18].

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 [12; 15; 17; 19]. 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 показателей объема нагрузки на физическое состояние детей разного возраста с учетом средней интенсивности занятий физическими упражнениями [16; 21].

Целью исследования явилось изучение влияния занятий физическими упражнениями разного объема на физическую работоспособность, двигательную подготовленность и острую заболеваемость детей 6-8 лет.

## **ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

В исследовании приняли участие практически здоровые школьники 6-8 лет (n=106), отнесенные по состоянию здоровья к основной медицинской группе. Испытуемые не имели каких-либо противопоказаний для выполнения тестовых нагрузок.

В качестве основного регулируемого педагогического фактора рассматривался объем физической нагрузки (продолжительность нагрузки тренирующего характера в отдельном занятии и кратность занятий в неделю). Были сформированы четыре рандомизированные экспериментальные группы (ЭГ). В экспериментальных группах использовались занятия физическими упражнениями со средним (60 минут) и высоким (120 минут) недельным объемом нагрузки. Общая продолжительность педагогического эксперимента составила 34 недели. Педагогическое воздействие осуществлялось в виде комплексов физических упражнений, выпол-

няемых в течение 20 минут в основной части занятия. Они были сопоставимы по направленности, но различались по недельному объему нагрузки и интенсивности. Средняя интенсивность комплексов упражнений составляла 40-50 % и 70-80 % максимального пульсового резерва. Комплексы включали упражнения максимальной, субмаксимальной, большой и умеренной мощности. На долю нагрузок аэробной и анаэробной направленности приходилось по 50 % времени экспериментальной части занятия.

Анализ заболеваемости осуществлялся на основе данных выкопировки медицинских справок и записей в индивидуальных медицинских картах. Использовались показатели, характеризующие заболеваемость детей с временной утратой работоспособности [3]: количество заболеваний; показатель средней продолжительности одного случая заболеваемости; количество дней временной нетрудоспособности по болезни (КДБ).

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; поднимание туловища из положения «лёжа на спине» за 1 минуту (ПТ); наклон вперёд. По результатам тестирования определяли общую оценку физической подготовленности (ОФП).

В процессе исследования использовали гетерогенную батарею функциональных и эргометрических тестов, позволяющих оценить возможности анаэробного алактатного, анаэробного гликолитического и аэробного механизмов энергообеспечения. Определяли максимальное потребление кислорода (МПК), интенсивность накопления пульсового долга (ИНПД), мощность нагрузки при пульсе 170 уд/мин (PWC170), ватт-пульс (ВтП), максимальную силу (МС) и предельное время работы ( $t_{2\text{Вт/кг}}$ ,  $t_{4\text{Вт/кг}}$ ) при выполнении «до отказа» нагрузок большой (2 Вт/кг) и субмаксимальной (4 Вт/кг) мощности [5, 7].

На основе уравнения Muller по данным выполнения работы «до отказа» определяли величины мощности нагрузок, максимальное время реализации которых составляло 1 (W1), 40 (W40), 240 (W240), 400 (W400), 900 с (W900), коэффициенты, отражающие емкость аэробного (b) и соотношение возможностей аэробного и анаэробно-гликолитического источников (a) [5; 7].

В конце педагогического эксперимента оценивали острую заболеваемость, сдвиги показателей физической работоспособности и двигательной подготовленности детей опытных групп. Обработка данных осуществлялась с использованием стандартной программы в пакете Statistica. Оценка значимости различий проводили с помощью методов параметрической и непараметрической статистики. При выборе статистических критериев учитывали характер распределения полученных эмпирических данных.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Полученные данные свидетельствуют о том, что недельный объем нагрузки на уроках физической культуры в школе, оказывают выраженное влияние на разные аспекты физического состояния детей 6-8 лет.

Так, в ЭГ I, применявшей физической нагрузки средней интенсивности в объеме 60 минут в неделю, в конце педагогического эксперимента были отмечены

статистически значимые ( $p < 0,05-0,01$ ) сдвиги  $t_{2Вт/кг}$ , шестиминутного бега, поднимания туловища, прыжка в длину, становой динамометрии, челночного бега и общей оценки физической подготовленности (табл. 1, 2).

В ЭГ II, выполнявшей 6 раз в неделю (120 минут) комплексы упражнений средней интенсивности, наблюдались существенные сдвиги ( $p < 0,05-0,01$ ) изучаемых показателей физического состояния:  $PWC_{170}$ , МПК,  $ИНПД_{2Вт/кг}$ ,  $t_{2Вт/кг}$ ,  $t_{4Вт/кг}$ ,  $W_{40}$ ,  $W_{240}$ , шестиминутного бега, бега 20 м, поднимания туловища, прыжка в длину, становой динамометрии, наклона вперед, челночного бега и ОФП (см. табл. 1, 2).

В ЭГ III, применявшей физической нагрузки высокой интенсивности в объеме 60 минут в неделю, также отмечены выраженные изменения ( $p < 0,05-0,001$ ) рассматриваемых показателей:  $PWC_{170}$ , МПК,  $ИНПД_{2Вт/кг}$ ,  $t_{2Вт/кг}$ ,  $t_{4Вт/кг}$ ,  $W_{40}$ ,  $W_{240}$ ,  $W_{900}$ , коэффициента «b» уравнения Muller, шестиминутного бега, бега 20 м, поднимания туловища, прыжка в длину, становой динамометрии, челночного бега, наклона вперед и ОФП (см. табл. 1, 2).

Таблица 1

*Влияние недельного объема нагрузки на физическую работоспособность детей 6-8 лет (результаты педагогического эксперимента) ( $d \pm m$ )*

Показатель	ЭГ I (n=27)	ЭГ II (n=29)	ЭГ III (n=25)	ЭГ IV (n=25)
	3 раза в неделю	6 раз в неделю	3 раза в неделю	6 раз в неделю
$PWC_{170}$ , кгм/мин*кг	0,51±0,31	1,87±0,42***□	1,45±0,39***	2,73±0,29*** xxx ▲
МПК, мл/мин*кг	0,60±0,34 +	1,07±0,41**^	1,85±0,46***	2,09±0,39*** x
$ИНПД_{2Вт/кг}$ , уд/с	-0,079±0,059	-0,128±0,053*^	-0,254±0,087**	-0,463±0,138** x
$ИНПД_{4Вт/кг}$ , уд/с	-0,101±0,067	-0,120±0,071	-0,307±0,192	-0,501±0,175* x
$t_{2Вт/кг}$ , с	11,03±3,33***+++	21,32±9,35*^ ^^	57,85±12,41***°	120,63±16,48***xxx▲
$t_{4Вт/кг}$ , с	6,27±3,94	8,79±2,62**	15,30±3,75***	20,31±4,06*** x
$W_1$ , Вт/кг	1,85±2,52	2,77±2,51	6,93±3,84	9,50±2,63* x
$W_{40}$ , Вт/кг	0,37±0,19 +	0,39±0,19*	0,84±0,25**	1,06±0,25*** x
$W_{240}$ , Вт/кг	0,05±0,04 ++	0,18±0,07*^	0,40±0,08***°	0,47±0,09*** xxx
$W_{900}$ , Вт/кг	0,04±0,04	0,06±0,03^	0,14±0,06*	0,22±0,07** x
b, отн.ед	-0,09±0,08 ++	0,14±0,18^	0,53±0,16**	0,66±0,18*** xxx
a, отн.ед.	0,08±0,09	0,12±0,10	0,19±0,14	0,17±0,11

*Примечание:* \* - достоверность сдвига; °, □, x, a ▲, ^ - значимость различий между I и III, I и II, I и IV, II и III, III и IV, II и IV экспериментальными группами соответственно

В ЭГ IV, использовавшей физической нагрузки высокой интенсивности в объеме 120 минут в неделю, после окончания педагогического эксперимента произошли наиболее значимые изменения рассматриваемых показателей ( $p < 0,05-0,001$ ):  $PWC_{170}$ , МПК,  $ИНПД_{2Вт/кг}$ ,  $ИНПД_{4Вт/кг}$ ,  $t_{2Вт/кг}$ ,  $t_{4Вт/кг}$ ,  $W_1$ ,  $W_{40}$ ,  $W_{240}$ ,  $W_{900}$ , коэффициента «b» уравнения Muller, шестиминутного бега, бега 20 м, поднимания туловища, прыжка в длину, становой динамометрии, челночного бега, наклона вперед, ОФП (см. табл. 1, 2).



Сравнение сдвигов изучаемых показателей физического состояния у детей экспериментальных групп выявило наличие статистически значимых различий, обусловленных недельным объемом нагрузки (см. табл. 1, 2). Так, ЭГ II превосходила ( $p<0,001$ ) ЭГ I по величине прироста физической работоспособности по тесту PWC170.

В ЭГ III по сравнению с ЭГ I наблюдались более выраженные приросты ( $p<0,05-0,001$ ) МПК,  $t2Вт/кг$ , W40, W240, коэффициента «b» уравнения Muller, результатов бега на 20 м, поднимания туловища и величины ОФП. В этой группе показатель количества дней, пропущенных по болезни, был существенно ( $p<0,05$ ) ниже, чем в ЭГ I (см. табл. 1, 2).

В ЭГ IV приросты физических кондиций по сравнению с ЭГ I были еще выше ( $p<0,05-0,001$ ). Различия выявлены в отношении  $t2Вт/кг$ ,  $t4Вт/кг$ , W40, W240, W900, коэффициента «b» уравнения Muller, PWC170, МПК, ИНПД2Вт/кг, бега 20 м, шестиминутного бега, поднимания туловища, прыжка в длину, становой динамометрии, челночного бега и общей оценки физической подготовленности.

Таблица 2

*Влияние недельного объема нагрузки на двигательную подготовленность и острую заболеваемость детей 6-8 лет (результаты педагогического эксперимента) ( $d\pm m$ )*

Показатель	ЭГ I (n=27)	ЭГ II (n=29)	ЭГ III (n=25)	ЭГ IV (n=25)
	3 раза в неделю	6 раз в неделю	3 раза в неделю	6 раз в неделю
Бег 6 минут, м	24,52±11,06*	35,33±11,52**^^	47,81±14,13**	90,28±14,37*** xxx ▲
Бег 20 м, с	-0,107±0,074 +	-0,124±0,051*^^	-0,341±0,086*** °	-0,409±0,073*** xx
ПТ, раз	2,94±0,88***++	4,53±0,98***^^	8,01±1,67***	12,39±2,26*** xxx
Прыжок, см	5,58±2,20*	8,04±1,71***	8,56±1,94***	13,78±2,02*** xx ▲
МС, кг.	2,12±0,89*	4,25±1,24**	5,03±1,65**	5,96±1,22*** x
Челн. бег, с	-0,183±0,081*	-0,274±0,054***	-0,363±0,064***	-0,415±0,061*** x
Наклон, см	1,85±0,86*	3,14±0,84***	2,21±0,89*	2,73±0,82**
ОФП, баллы	0,53±0,25*+++	1,16±0,40***^^	2,47±0,41***	3,58±0,41*** xxx
КДБ, дни	8,77±1,34 +	6,93±1,65	5,07±1,12	5,84±1,48

*Примечание:* \* - достоверность сдвига; +, °, x, a ▲, ^ - значимость различий между I и III, I и II, I и IV, II и III, III и IV, II и IV экспериментальными группами соответственно

Дети ЭГ IV превосходили ( $p<0,05-0,001$ ) школьников ЭГ II по средней величине сдвигов МПК, ИНПД2Вт/кг,  $t2Вт/кг$ , W240, W900, коэффициента «b» урав-

нения Muller, шестиминутного бега, бега 20 м, поднимания туловища и общей оценки физической подготовленности.

В ЭГ IV природы рассматриваемых показателей по сравнению с ЭГ III в ряде случаев также были выше ( $p < 0,05-0,01$ ). Различия выявлены в отношении PWC170, t2Вт/кг, шестиминутного бега и прыжка в длину (см. табл. 1, 2).

В литературе имеются разные точки зрения на рациональный объем занятий физическими упражнениями, обеспечивающий наибольшую эффективность оздоровительной тренировки детей и подростков [8; 10; 12; 14; 15; 17; 22]. В этой связи для определения рационального недельного объема нагрузки на уроках физической культуры в школе нами была сопоставлена эффективность 3 и 6-кратных занятий физическими упражнениями средней и высокой интенсивности. Результаты проведенных исследований показывают, что для повышения уровня физической работоспособности и двигательной подготовленности, а также снижения острой заболеваемости детей 6-8 лет наиболее эффективны 6-кратные занятия высокой интенсивности (недельный объем нагрузки тренирующего характера составляет 120 минут). Менее эффективны 3-кратные занятия высокой интенсивности (недельный объем нагрузки тренирующего характера 60 – минут) и 6-кратные занятия средней интенсивности (недельный объем нагрузки тренирующего характера – 120 минут). Занятия средней интенсивности, проводимые 3 раза в неделю, можно рассматривать как неэффективные.

Таким образом, результаты исследования свидетельствуют, что повышенный объем физических упражнений высокой интенсивности оказывает более выраженное положительное влияние на рассматриваемые аспекты физического состояния детей 6-8 лет, чем такие же по продолжительности комплексы средней интенсивности или менее продолжительные упражнения высокой интенсивности.

Это заключение согласуется с информацией о том, что относительно непродолжительная нагрузка средней интенсивности является слабым стимулом для улучшения физического состояния занимающихся разного возраста [10; 19]. Сходные данные были получены при исследовании здоровых не занимающихся спортом детей старшего дошкольного возраста [9]. Известно, что крайне сложно выделить независимое влияние основных параметров физической нагрузки на различные аспекты физического состояния детей [14; 17; 12]. Это, прежде всего, касается объема и интенсивности занятий физическими упражнениями. В настоящем исследовании благодаря использованию идентичных по содержанию комплексов физических упражнений аэробно-анаэробного характера, получены данные о воздействии недельного объема нагрузки на физическое состояние детей младшего школьного возраста в процессе систематических занятий физическими упражнениями средней и высокой интенсивности. Результаты исследования согласуются с представлением о том, что в условиях оздоровительной тренировки объем нагрузки является одним из важнейших факторов, определяющих степень выраженности и особенности адаптационных изменений в организме [8; 10; 19; 15; 22].

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Результаты исследования показывают, что улучшение физической работоспособности и двигательной подготовленности, а также снижение острой заболевае-

мости детей 6-8 лет в значительной степени обусловлены недельным объемом физической нагрузки на уроках физической культуры в школе.

Установлено, что с увеличением недельного объема занятий физическими упражнениями, позитивные адаптационные изменения в организме школьников, нарастают в пределах используемого диапазона величины нагрузки.

Оценка физического состояния в условиях различного недельного объема нагрузки выявила значимые приросты уровня развития различных его показателей. Наибольшее увеличение приспособительных возможностей организма наблюдалось при 6-кратных занятиях в неделю высокой интенсивности.

Полученные результаты открывают перспективу дальнейшего направленного совершенствования процесса физической подготовки детей младшего школьного возраста, ориентированного на расширение резервных возможностей организма на основе использования повышенных недельных объемов физической нагрузки высокой интенсивности. Работа поддержана грантом РФФИ (проект №16-06-00211а).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Верхошанский, Ю.В. Программирование и организация тренировочного процесса / Ю.В. Верхошанский. – М.: Физкультура и спорт, 1985. – 176 с.
2. Волков, Н.И. Биоэнергетика спорта: Монография / Н.И. Волков, В.И. Олейников. – М.: Советский спорт, 2011. – 160 с.
3. Гигиена детей и подростков / под ред. Г.Н. Сердюковской, А.Г. Сухарева. – М.: Медицина, 1986. – 496 с.
4. Зотова, Ф.Р. Эффективность дополнительных «тренировочных» уроков физической культуры в инновационных школах / Ф.Р. Зотова // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. – 2004. – № 1. – С. 2-5.
5. 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.
6. Коц, Я.М. Физиология спорта / Я.М. Коц. – М.: Физкультура и спорт, 1986. – 240 с.
7. Сонькин, В.Д. Развитие мышечной энергетики и работоспособности в онтогенезе/ В.Д. Сонькин, Р.В. Тамбовцева. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 368 с.
8. Уилмор Дж., Костилл Д. Физиология спорта и двигательной активности. – Киев: Олимпийская литература, 1997. – 500 с.
9. Чернова, М.Б. Влияние программ оздоровительной тренировки разной интенсивности на физическую работоспособность детей 5-6 лет / М.Б. Чернова, С.А. Кесель, А.А. Герасимова, М.М. Герасимов // Новые исследования. – 2017. – № 2. – С. 64-69.
10. American College of Sports Medicine. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness in healthy adults // Med Sci Sports Exerc. – 1998. – Vol.30. – P. 975-991.
11. Astrand P., Rodal K., Textbook of work physiology (2nd ed) / P. Astrand, K. Rodal. – New York: McGraw-Hill, 1970. – P. 147-183.

12. 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.
13. 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.
14. 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.
15. Global Recommendations on Physical activity for Health. – Geneva, World Health Organization, 2010. – 60 p.
16. Lin, L.Y. Relationship between time use in physical activity and gross motor performance of preschoolchildren / L.Y. Lin, R.J. Cherg, Y.J. Chen // *Aust Occup Ther J*. 2017. Vol. 64(1). – pp. 49-57. doi: 10.1111/1440-1630.12318.
17. Longmuir, P.E. 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.
18. Physical Activity and Public Health. A Recommendation From the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine // *JAMA*. – 1995. – Vol. 273, № 5. – P. 402–407.
19. Physical Activity Guidelines Advisory Committee Report, 2008. Washington, DC, US Department of Health and Human Services, 2008. – 683 p.
20. Physical Activity Guidelines for Americans. – Washington, 2008. – 65 p.
21. 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.
22. 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. Verhoshanskij, YU.V. Programmirovaniye i organizaciya trenirovochnogo processa [Programming and organization of the training process] / YU.V. Verhoshanskij. – Moscow: Fizkul'tura i sport, 1985. – 176 s.
2. Volkov, N.I. Bioenergetika sporta: Monografiya [Bioenergetics of sports: Monograph] / N.I. Volkov, V.I. Oleynikov. – Moscow: Sovetskiy sport, 2011. – 160 s.
3. Gigiena detey i podrostkov [Hygiene of children and adolescents] / pod red. G.N. Serdyukovskoy, A.G. Sukhareva. – Moscow: Medicina, 1986. – 496 s.

4. Zotova, F.R. EHffektivnost' dopolnitel'nyh «trenirovochnyh» urokov fizicheskoj kul'tury v innovacionnyh shkolah [Efficiency of additional "training" lessons of physical culture in innovative schools] / F.R. Zotova // Fizicheskaya kul'tura: vospitanie, obrazovanie, trenirovka. – 2004. – № 1. – S. 2-5.

5. 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.

6. Kots, YA.M. Fiziologiya sporta [Sports physiology] / YA.M. Kots. – Moscow: Fizkul'tura i sport, 1986. – 240 s.

7. 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.

8. Wilmore J., Kostill D. Fiziologiya sporta i dvigatel'noy aktivnosti [Physiology of sports and motor activity]. – Kiev: Olimpiyskaya literatura, 1997. – 500 s.

9. Chernova, M.B. Vliyanie programm ozdorovitel'noj trenirovki raznoj intensivnosti na fizicheskuyu rabotosposobnost' detej 5-6 let [Influence of programs of improving training of different intensity on physical working capacity of children of 5-6 years] / M.B. Chernova, S.A. Kesel', A.A. Gerasimova, M.M. Gerasimov // Novye issledovaniya. – 2017. – № 2. – S. 64-69.

# ВЛИЯНИЕ АЭРОБНЫХ, АНАЭРОБНЫХ ГЛИКОЛИТИЧЕСКИХ И АНАЭРОБНЫХ АЛАКТАТНЫХ КОМПОНЕНТОВ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ДЕТЕЙ 6-7 ЛЕТ ПРИ НАПРЯЖЕННОЙ КОГНИТИВНОЙ НАГРУЗКЕ

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

*Полученные результаты показали, что функциональное состояние (ФС) детей 6-7 лет в условиях напряженной информационной нагрузки существенно зависит от влияния аэробных и анаэробных компонентов физической работоспособности. Установлено, что от 5 до 24 % общего варьирования изучаемых признаков связано с уровнем биоэнергетических возможностей организма. Выявлено, что аэробные и анаэробные гликолитические возможности, с одной стороны, и анаэробные алактатные – с другой, обеспечивают противоположный функциональный эффект.*

**Ключевые слова:** аэробные, анаэробные гликолитические и анаэробные алактатные возможности, функциональное состояние, когнитивная нагрузка, вегетативная реактивность и вегетативное обеспечение деятельности.

***Influence of aerobic, anaerobic glycolytic and anaerobic lactic components of physical performance on the functional state of 6-7-year-old children under intense cognitive load.*** *The results of the study showed that the functional state (FS) of children at the age of 6-7 years old under intense cognitive load significantly depends on the influence of aerobic and anaerobic components of physical performance. It was established that from 5 to 24 % of the total variation of the studied traits is associated with the level of the bioenergetic capabilities of the organism. It was revealed that aerobic and anaerobic glycolytic abilities, on the one hand, and anaerobic lactic ones, on the other hand, provide an opposite functional effect.*

**Key words:** aerobic, anaerobic glycolytic and anaerobic lactic abilities, functional state, cognitive load, vegetative reactivity and vegetative activity support.

Существуют исследования, результаты которых свидетельствуют о том, что отмечаемые при психологическом стрессе и напряженной когнитивной деятельности психофизиологические изменения функционального состояния (ФС) во многом зависят от уровня развития аэробных, анаэробных гликолитических и анаэробных алактатных возможностей организма. В публикациях, посвященных анализу влияния этих биоэнергетических компонентов физической работоспособности на изменения различных аспектов ФС человека, в основном, описываются различия, обусловленные аэробными возможностями, тогда как практически отсутствуют сведения об индивидуальных особенностях ФС детей, обусловленных влиянием анаэробных гликолитических и анаэробных алактатных возможностей организма [7; 9; 8; 10; 14; 15; 16; 17; 18;

---

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

11]. Важно отметить, что эти биоэнергетические способности, могут играть как самостоятельную, так и совместную роль в определении величины тренировочного эффекта, однако, исследования, посвященные изучению данного вопроса при напряженной когнитивной деятельности, применительно к детям и подросткам школьного возраста, не проводились.

Цель исследования – выявить влияние биоэнергетических компонентов физической работоспособности на ФС детей 6-7 лет в условиях напряженной когнитивной нагрузки.

## ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании приняли участие дети 6-7 лет ( $n=127$ ), отнесенные по состоянию здоровья к основной медицинской группе. Организация исследования соответствовала требованиям Хельсинской декларации.

Моделью напряженной когнитивной нагрузки служила работа с буквенными корректурными таблицами В.Я. Анфимова. Обследование осуществлялось в двух режимах работы: 1) «автотемп»; 2) максимальный темп при наличии «угрозы наказания». Перед выполнением первого задания испытуемым сообщалось, что они должны работать в удобном для себя темпе, а перед реализацией второго им давалась инструкция, содержащая требование безошибочно работать с максимально возможной скоростью. При этом в качестве «наказания» использовался стандартный набор порицающих замечаний и сильный звук. По результатам выполнения корректурной пробы рассчитывали объём работы (А) и коэффициент продуктивности (Q).

Математический анализ сердечного ритма использовали для оценки степени напряженности регуляторных систем [6]. В состоянии покоя записывали 300–500, а при тестовой нагрузке – 100-150 кардиоинтервалов. Реализация метода осуществлялась при помощи автоматизированного комплекса на базе персонального компьютера. Определяли среднюю продолжительность RR-интервала (RRNN), моду ( $M_0$ ), амплитуду моды ( $AM_0$ ), разброс кардиоинтервалов ( $MxDMn$ ), среднее квадратическое отклонение (SDNN), стресс-индекс (SI). Частота сердечных сокращений (ЧСС) рассчитывалась по 6-секундным отрезкам записи с пересчетом на 1 минуту.

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

Эффективность деятельности оценивали на основании соотношения результативности работы с величиной вегетативных сдвигов при её выполнении. Определяли  $Q/ЧСС$ ,  $Q/SI$ ,  $Q/ДП$ ,  $A/ЧСС$ ,  $A/SI$ ,  $A/ДП$ .

Перед выполнением каждого задания у испытуемых с помощью варианта 8-цветового теста Люшера (модификация Л.Н. Собчик) определяли уровень ситуативной тревожности (СТ) и коэффициент вегетативного тонуса (КВТ) [4].

Для изучения школьной тревожности использовали опросник Филлипса [3]. С его помощью оценивали 8 факторов (синдромов) тревожности.

Обработка данных осуществлялась с использованием стандартной программы в пакете Statistica. Для изучения изменчивости различных показателей ФС детей

6-7 лет в зависимости от уровня развития биоэнергетических компонентов физической работоспособности (ФР) использовали дисперсионный анализ трехфакторных ортогональных комплексов, позволяющий оценить не только влияние каждого из факторов в отдельности, но и в совокупности. Показатель силы влияния факторов на результирующий признак ( $h_x^2$ ) определяли с помощью метода Н.А. Плохинского.

В качестве основных компонентов физической работоспособности рассматривали: анаэробные алактатные (фактор С); анаэробные гликолитические (фактор В) и аэробные (фактор А) биоэнергетические способности [6; 8]. Для определения уровня их работоспособности использовали от 4 до 5 наиболее информативных показателей. С помощью перцентильной шкалы по каждой переменной определялся уровень работоспособности. Высокому уровню соответствовала оценка в 3 балла, среднему – 2 балла, низкому – 1 балл. Общая оценка компонентов работоспособности вычислялась по сумме баллов. В итоге выделялись 2-3 градации оценок по каждому фактору.

Анаэробная алактатная способность оценивалась на основе определения мощности нагрузки, максимальное время реализации которой составляло 1 с (W1), показателя интенсивности накопления пульсового долга (ИНПД) после работы в зоне максимальной мощности, времени бега на 20 м, результатов выполнения прыжка в длину и становой динамометрии; анаэробная гликолитическая способность – времени удержания «до отказа» нагрузки мощностью 4 Вт/кг (t4Вт/кг), определения мощности нагрузки, максимальное время реализации которых составляло 40 с (W40), результатов выполнения теста «поднимание туловища»; аэробная способность – максимального потребления кислорода (МПК), мощности нагрузки при пульсе 170 уд/мин (PWC170), времени удержания «до отказа» нагрузки мощностью 2 Вт/кг, определения мощности нагрузки, максимальное время реализации которой составляло 900 с (W900) [1, 2, 5]. Индексы  $1, 2, 3$  – показатели ФС в покое и при информационной нагрузке в авто- и максимальном темпе, соответственно.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

На основе применения трехфакторного дисперсионного анализа были получены данные, свидетельствующие о том, что аэробные, анаэробные гликолитические и анаэробные алактатные компоненты физической работоспособности оказывают статистически значимое ( $p < 0,05-0,01$ ) воздействие на ФС детей 6-7 лет при напряженной информационной нагрузке (рис.). Материалы исследования указывают на то, что применительно к 52 переменным, характеризующим ФС, нулевая гипотеза опровергается на высоком уровне значимости, как в отношении отдельных компонентов работоспособности, так и их взаимодействий.



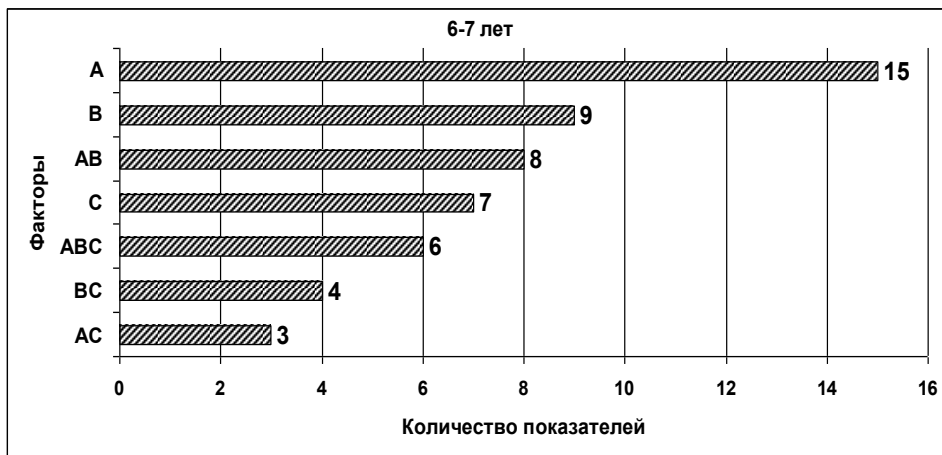


Рис. 1. Значимое влияние аэробного (фактор А), анаэробного гликолитического (фактор В) и анаэробного алактатного (фактор С) компонентов физической работоспособности на ФС детей 6-7 лет

Аэробная способность (фактор А) достоверно влияет на 15 показателей ФС (ЧСС<sub>0</sub>, RRNN<sub>0</sub>, ДД<sub>0</sub>, ДП<sub>0</sub>, ДП<sub>1</sub>, RRNN<sub>1</sub>, ДП<sub>2</sub>, МхDMn<sub>1</sub>, SI<sub>1</sub>, RRNN<sub>2</sub>, Мо<sub>1</sub>, САД<sub>0</sub>, САД<sub>2</sub>, СД<sub>2</sub>, А<sub>1</sub>), анаэробная гликолитическая (фактор В) – на 9 показателей ФС (ЧСС<sub>0</sub>, СД<sub>0</sub>, ЧСС<sub>1</sub>, Мо<sub>1</sub>, МхDMn<sub>1</sub>, ВИК<sub>1</sub>, Мо<sub>2</sub>, ДП<sub>2</sub>, общая тревожность), анаэробная алактатная (фактор С) – на 7 (RRNN<sub>0</sub>, АМо<sub>0</sub>, ДД<sub>1</sub>, САД<sub>1</sub>, САД<sub>2</sub>, межличностная тревожность). Очевидно, что в возрасте 6-7 лет аэробный компонент ФР оказывает наиболее существенное воздействие на изучаемые показатели ФС.

Взаимодействие факторов АВ оказалось значимым в отношении 8 (RRNN<sub>0</sub>, МхDMn<sub>1</sub>, А<sub>1</sub>, А/ЧСС<sub>1</sub>, А/ДП<sub>1</sub>, Q/ЧСС<sub>1</sub>, Q/ДП<sub>1</sub>, ДП<sub>2</sub>), АС – 3 (А<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub>, межличностная тревожность), ВС – 4 (СД<sub>1</sub>, ДП<sub>1</sub>, А<sub>1</sub>, Мо<sub>2</sub>), ABC – 6 (RRNN<sub>1</sub>, МхDMn<sub>1</sub>, А/SI<sub>1</sub>, Мо<sub>2</sub>, ДП<sub>2</sub>, А/SI<sub>2</sub>, КBT<sub>2</sub>) показателей ФС. Сила влияния факторов и их сочетаний для различных переменных находилась в диапазоне от 5 до 18 %. В отдельных случаях, учитывая суммарное воздействие факторов и их сочетаний на результирующий признак, величина влияния достигала 24 %.

Результаты исследования свидетельствуют о том, что на ФС детей 6-7 лет в условиях напряженной информационной нагрузки существенное влияние оказывают как аэробные, так и анаэробные компоненты ФР и их взаимодействие. Показано, что рассматриваемые компоненты работоспособности определяют уровень неспецифической активации, эффективность и психофизиологическую цену напряженной когнитивной деятельности, выраженность личностной тревожности.

Установлено, что анаэробные гликолитические и анаэробные алактатные способности в целом обеспечивают противоположный функциональный эффект в отношении показателей вегетативной регуляции физиологических функций.

Первые способствуют оптимизации вегетативного обеспечения деятельности и снижению вегетативной реактивности, вторые, напротив, стимулируют возрастание мобилизуемости ресурсов организма и формирование повышенной вегетативной реактивности.

Полученные данные позволяют согласиться с мнением ряда авторов о том, что не только аэробные, но и анаэробные возможности оказывают воздействие на ФС человека в условиях психологического стресса и высоких когнитивных нагрузок [7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 16; 19].

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Анализ результатов исследования позволяет сделать заключение, что ФС детей 6-7 лет в условиях напряженной информационной нагрузки существенно зависит от влияния аэробных и анаэробных компонентов физической работоспособности. Установлено, что от 5 до 24 % общего варьирования изучаемых признаков связано с уровнем биоэнергетических возможностей организма.

Выявлено, что аэробные и анаэробные гликолитические возможности, с одной стороны, и анаэробные алактатные – с другой, обеспечивают противоположный функциональный эффект. Первые способствуют оптимизации вегетативного обеспечения деятельности и снижению вегетативной реактивности, вторые, напротив, стимулируют возрастание мобилизуемости ресурсов организма и формирование повышенной вегетативной реактивности.

Полученные данные дают основание полагать, что комплексное применение физических нагрузок преимущественно аэробной и анаэробной гликолитической направленности, позволит эффективно управлять ФС детей при напряженной когнитивной деятельности. Эти данные имеют принципиальное значение для решения проблемы оптимизации процесса обучения на основе уменьшения психофизиологической цены учебной деятельности посредством направленного использования физических упражнений. Работа поддержана грантом РФФИ (№ 17-06-00162а).

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Карпман В.Л., Белоцерковский З.Б., Гудков И.А. Тестирование в спортивной медицине. – М.: Физкультура и спорт, 1988. – 208 с.
2. Корниенко И.А., Сонькин В.Д., Тамбовцева Р.В. Возрастное развитие энергетики мышечной деятельности: Итоги 30-летнего исследования. Сообщение I. Структурно-функциональные перестройки // Физиология человека. – 2005. – Т. 31, № 4. – С. 42-46.
3. Микляева А.В., Румянцева П.В. Школьная тревожность: диагностика, профилактика, коррекция. – СПб.: Речь, 2007. – 248 с.
4. Собчик Л.И. Метод цветových выборов – модификация цветového теста Люшера. – СПб.: Речь, 2006. – 128 с.
5. Сонькин В.Д., Тамбовцева Р.В. Развитие мышечной энергетики и работоспособности в онтогенезе. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 368 с.

6. Шлык Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов. – Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2009. – 259 с.
7. Álvarez-Bueno C., Pesce C., Cavero-Redondo I., Sánchez-López M., Martínez-Hortelano J.A., Martínez-Vizcaíno V. The Effect of Physical Activity Interventions on Children's Cognition and Metacognition: A Systematic Review and Meta-Analysis // *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*. 2017. Vol. 56(9). – pp. 729-738
8. de Greeff J.W., Bosker R.J., Oosterlaan J., Visscher C., Hartman E. Effects of physical activity on executive functions, attention and academic performance in pre-adolescent children: a meta-analysis // *J Sci Med Sport*. – 2018. – Vol. 21, No. 5. – pp. 501-507.
9. Donnelly J.E., Hillman C.H., Castelli D., Etnier J.L., Lee S., Tomporowski P., Lambourne K., Szabo-Reed A.N. Physical Activity, Fitness, Cognitive Function, and Academic Achievement in Children: A Systematic Review // *Med Sci Sports Exerc.*, – 2016. – vol. 48, no. 6. – pp. 1223-1224.
10. Greenberg (Гринберг Дж.) Управление стрессом. – СПб.: Питер, 2002. – 496 с.
11. Huang C.J., Webb H.E., Zourdos M.C., Acevedo E.O. Cardiovascular reactivity, stress, and physical activity // *Front Physiol*. – 2013. – vol. 7, no. 4. – pp. 314-318.
12. Landers D.M. Exercise and Mental Health // *Exercise Science*. – 1998. – Vol. 7, № 2. – P. 131–146.
13. Lawlor, D.A. The effectiveness of exercise as an intervention in the management of depression: systematic review and meta-regression analysis of randomised controlled trials / D.A. Lawlor, S.W. Hopker // *BMJ*. – 2001. – Vol. 322. – P. 763.
14. Nowell, P.M., Landers D.M. Aerobic fitness and cognition: A metaanalytic examination of the cardiovascular fitness hypothesis // Paper presented at the Fourth I.O.C. World Congress on Sport Sciences. – Monte Carlo, 22-25 september 1997 g / University of Monte Carlo. – Monte Carlo, 1997 – P. 42–44.
15. Reims H.M., Sevre K, Fossum E. et al. Adrenaline during mental stress in relation to fitness, metabolic risk factors and cardiovascular responses in young men // *Blood Press*. – 2005. – V.14, № 4. – P. 217–226.
16. Roemmich J.N., Lambiase M., Salvy S.J., Horvath P.J. Protective effect of interval exercise on psychophysiological stress reactivity in children // *Psychophysiology*. 2009. Vol. 46, № 4, p. 852-861.
17. Spalding T.W., Lyon L.A., Steel D.H. et al. Aerobic exercise training and cardiovascular reactivity to psychological stress in sedentary young normotensive men and women // *Psychophysiology*. – 2004. – Vol. 41, № 4. – P. 552-562.
18. Steptoe A., Kearsley N., Walters N. Cardiovascular activity during mental stress following vigorous exercise in sportsmen and inactive men // *Psychophysiology*. – 1993. – Vol.30, № 3. – P. 245–252.
19. Weyerer, S. Physical Exercise and Psychological Health / S. Weyerer, B. Kupfer // *Sports Med*. – 1994. – Vol. 17, № 2. – P. 108–116.

## REFERENCES

1. Karpman V.L., Belocerkovskij Z.B., Gudkov I.A. Testirovanie v sportivnoj medicine (Testing in sports medicine). – Moscow: Fizkul'tura i sport, 1988. – 208 s.

2. Kornienko I.A., Son'kin V.D., Tambovceva R.V. Vozrastnoe razvitie ehnergetiki myshečnoj 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. Message I. Structural and functional rearrangements) // Fiziologiya cheloveka. – 2005. – T. 31, N 4. – S. 42-46.

3. Miklyaeva A.V., Rumyancheva P.V. SHkol'naya trevozhnost': diagnostika, profilaktika, korrekciya. – SPb.: Rech', 2007. – 248 s.

4. Sobchik L.I. Metod cvetovyh vyborov - modifikaciya cvetovogo testa Lyushera. (School anxiety: diagnosis, prevention, correction). – St. Petersburg: Rech', 2006. – 128 s.

5. Son'kin V.D., Tambovceva R.V. Razvitie myshečnoj ehnergetiki i rabotosposobnosti v ontogeneze (Development of muscular energy and working capacity in ontogenesis). – Moscow: Knizhnyj dom «LIBROKOM», 2011. – 368 s.

6. Shlyk N.I. Serdechnyj ritm i tip reguljacii u detej, podrostkov i sportsmenov (Heart rhythm and type of regulation in children, adolescents and athletes). – Izhevsk: Izd-vo «Udmurtskij universitet», 2009. – 259 s.

## ТЕРМОРЕГУЛЯЦИЯ КОЖИ ПРИ РАЗНЫХ КРАТКОВРЕМЕННЫХ НАГРУЗКАХ У ПОДРОСТКОВ 15-16 ЛЕТ, СИСТЕМАТИЧЕСКИ ЗАНИМАЮЩИХСЯ ПЛАВАНИЕМ

Т.С. Пронина<sup>1\*</sup>, Н.И. Орлова\*, В.Д. Сонькин\*,  
Ю.Л. Войтенко\*\*, А.Д. Колесов\*\*

\*ФГБНУ «Институт Возрастной физиологии  
Российской академии образования», Москва  
\*\*«Российский Государственный Университет  
Физической Культуры, Спорта,  
Молодежи и Туризма», Москва

Целью настоящей работы было определить степень термовегетативной реактивности кожи в разных анатомических точках под влиянием трех нагрузок: одноминутное охлаждение кистей рук, трехминутная физическая нагрузка на велоэргометре (100w) и повторное одноминутное охлаждение кистей рук. В эксперименте принимали участие 10 мальчиков-подростков 15-16 лет, регулярно занимающихся плаванием. Температуру (Т) регистрировали высокочувствительным методом «Термохрон iButton», с интервалом 1 минута в четырех анатомических точках: шеи (над ключицей), груди, плеча (верхней части) и спины. Величина Т увеличивалась сразу после каждой нагрузки, а затем резко падала. Расчет подъема и падения Т под влиянием нагрузок показал значительно большие величины в области спины и груди. Выявлены значительные индивидуальные реакции, которые отражают особенности индивидуального баланса периферического кровотока и физиологический механизм поддержания температурного гомеостаза. Обсуждается возможность применения подобного количественного метода для индивидуальной оценки затраты энергии у спортсменов.

**Ключевые слова:** подростки 15-16 лет, температура кожи, холодовая и физическая нагрузки.

*Skin thermoregulation during different short-term activities in 15-16-year-old adolescents, involved in systematic swimming training.* The purpose of this work was to determine the degree of skin thermovegetative reactivity in different anatomical areas under the influence of three types of loads: one-minute cooling of the hands, a three-minute physical exercise on a bicycle ergometer (100w) and repeated one-minute cooling of the hands. The experiment involved 10 adolescent boys at the age of 15-16 y.o., involved in regular swimming training. The temperature (T) was recorded by a highly sensitive method "Thermochron iButton", with an interval of 1 minute at four anatomical points: the neck (above the clavicle), chest, shoulder (upper part) and back. The T parameter increased immediately after each load, and then dropped sharply. The study of T rise and fall under the influence of loads showed significantly larger values in the areas of the back and the chest. There were revealed significant individual reactions reflecting individual characteristics of the peripheral blood flow balance and the physiological mechanism maintaining the temperature homeostasis. The possibility of using

---

Контакты: <sup>1</sup> Пронина Т.С. – E-mail: <pronina.ts@mail.ru>

*such a quantitative method for the individual assessment of athletes energy costs is being discussed.*

**Key words:** *15-16 year old adolescents, skin temperature, low-temperature activities, physical work load.*

Температура тела является одним из интегративных показателей общего состояния организма, в том числе, его энергетического обмена. Тепловое состояние организма оценивают, как правило, по температуре (Т) кожи, которая зависит от состояния капиллярной системы, что, в свою очередь, зависит от функционирования нейроэндокринной системы [5]. Величина Т на разных анатомических участках кожи является отражением термовеgetативной функции. Терморегуляция (поддержание нормального метаболизма) через кожу происходит при помощи различных механизмов: кожного кровоснабжения, потовой секреции, проводимости кожи. При физических нагрузках в кровоток включаются почти все капилляры работающей мышцы [12]. В экспериментальных исследованиях, воздействия физических упражнений на термогенез человека учитываются множество различных физиологических факторов, таких как возраст, пол, болезнь, травмы, степень ожирелости [9]. Кроме того, принципиальна важна интенсивность и время воздействия упражнений [13].

Появление портативных, высокотехнологичных приборов, регистрирующих Т кожи с точностью до  $0,05^{\circ}$ , делает возможным исследование изменений термовеgetативной функции при кратковременных охлаждениях и физических нагрузках, что является важным для выявления индивидуальных физиологических особенностей спортсменов и для оптимизации их тренировок.

Целью настоящей работы было определить степень термовеgetативной реактивности кожи (степень затраты энергии) в разных анатомических точках по величинам подъема и падения Т во время холодовой и физической нагрузки. Настоящее исследование является пилотным экспериментом, оценивающим влияние краткосрочных воздействий на организм мальчиков 15-16 лет.

## **ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

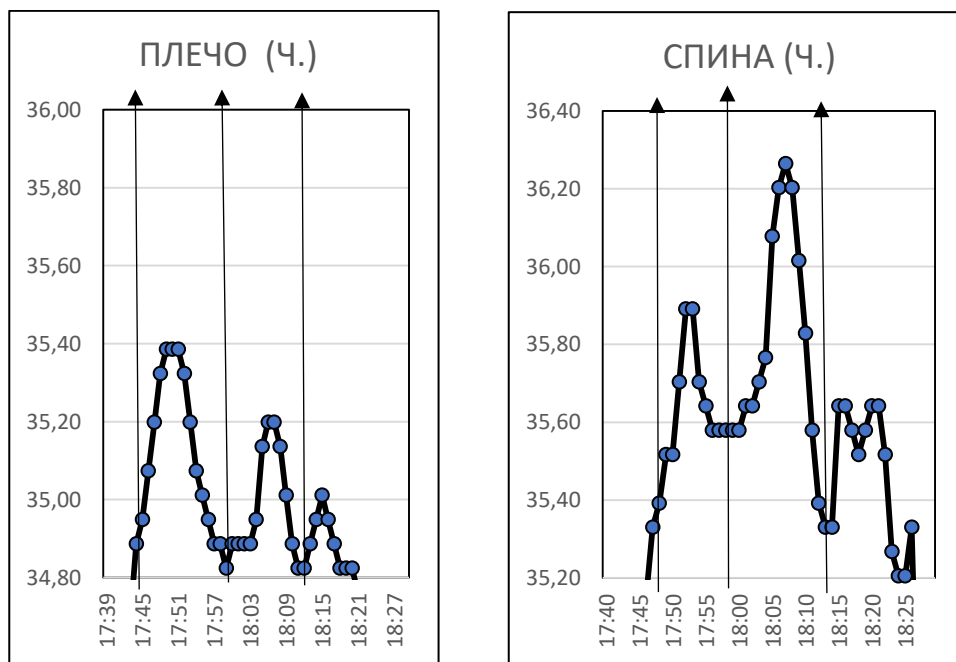
У 10 подростков мальчиков 15-16 лет, регулярно занимающихся плаванием, каждую минуту измеряли температуру на 4-х участках кожи: шеи

(над ключицей), груди, плеча (верхней части), спины, под влиянием трех нагрузок. Первая нагрузка – холодовая (опускание кистей рук и дистальных участков предплечья на одну минуту в воду с  $T=16-17$  градусов). После десяти-минутного интервала испытуемым давали вторую нагрузку (3 минута на велоэргометре 100 W). В нашем исследовании физическая нагрузка была для всех детей одинакова по абсолютной мощности, основанием для этого было то, что испытуемые подростки одного возраста, одинаковой конституции и незначительно отличались по ИМТ. Третью холодовую нагрузку вновь проводили после 10-минутного интервала (условия такие же, как у первой). Средний вес испытуемых был  $63,3 \pm 1,8$  кг, рост  $176,5 \pm 1,0$  см, ИМТ  $20,7 \pm 0,4$ .

Для количественного определения Т был использован метод «Термохрон iButton» [2], который дает возможность провести мониторинг Т с любым заданным интервалом тестирования и в любом участке кожи. С помощью прикреплен-

ных к коже термохронов можно исследовать длительные процессы термоадаптации. Считывание полученных результатов с термометра-таблетки осуществляли через специальное крепёжное приспособление к компьютеру и с применением специальной программы. Для каждого испытуемого были построены графики динамики  $T$  в четырех разных точках кожи. На рисунке 1 показан образец динамики  $T$  у одного подростка на плече и на спине под влиянием трех последовательных нагрузок: холодовой, физической и второй холодовой (время воздействия отмечены стрелками).

Представленный рисунок показывает, что колебания в разных точках отличается не только по средней величине, но и по величинам амплитуд при разных нагрузках. Для описания процесса термоадаптации именно две величины амплитуды - подъем и падение, учитывались в настоящей работе.



*Рис. 1. Образец динамики температуры у одного мальчика 16 лет на плече и спине под влиянием трех последовательных нагрузок (1-холод, 2-физическая, 3-холод), время воздействия которых показаны стрелками.*

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

У всех подростков на протяжении 6 минут до начала эксперимента была зарегистрирована базовая  $T$  (Таблица 1).

Таблица 1

*Средняя температура на анатомически разных участках кожи мальчиков подростков.*

Место прикрепления	шея	грудь	плечо	спина
среднее	35,35±0,05	33,79±0,13	34,26±0,08	34,59±0,06

Результаты таблицы показывают, что наибольшая Т определяется в области шеи, меньшая величина Т спины ( $p < 0,001$ ), еще более сниженная - Т плеча и, самая низкая - Т груди ( $p < 0,001$ ). По-видимому, такое распределение в температур отражает разную степень тонуса кожных капилляров в исследованных анатомических точках.

При сопоставлении индивидуальных данных наблюдается большой разброс, так как они отражают индивидуальную реактивность, которая зависит как от индивидуальных особенностей термовегетативной функции организма, так и от начала времени нагрузки с учетом фазы индивидуального процесса колебаний Т. Сравнение средних величин подъема и падения Т в разных анатомических точках показало, что оба физиологических процесса происходят на любом участке кожи (таблица 2). Охлаждение рук (1 нагрузка) стимулирует выработку тепла во всех областях, несколько большее в области груди, а физическая нагрузка – как на груди, так и на спине. Второе воздействие холодом приводит к подъему Т на трех точках: шее, груди и спине (особенно значимое). Последующее падение Т наблюдается во всех областях кожи. Величина падения Т во всех исследуемых областях под влиянием охлаждения одинакова.

Таблица 2

*Величина подъема и падения температуры сразу после охлаждения и физической нагрузки в четырех участках кожи у мальчиков 15-16 лет.*

подъем	шея	грудь	плечо	спина
Холод.	0,27 ± 0,07	0,36 ± 0,12	0,26 ± 0,07	0,29 ± 0,08
Физич.	0,26 ± 0,03	0,32 ± 0,04	0,25 ± 0,04	0,38 ± 0,08
Холод.2	0,34 ± 0,11	0,35 ± 0,04	0,25 ± 0,05	0,45 ± 0,09
падение				
Холод.	0,26 ± 0,06	0,26 ± 0,08	0,28 ± 0,07	0,26 ± 0,08
Физич.	0,34 ± 0,07	0,45 ± 0,08	0,34 ± 0,04	0,58 ± 0,08

Через несколько минут после физической нагрузки Т снижается на груди и, особенно, на спине ( $p < 0,02$ ) - по отношению к ответу на охлаждение.



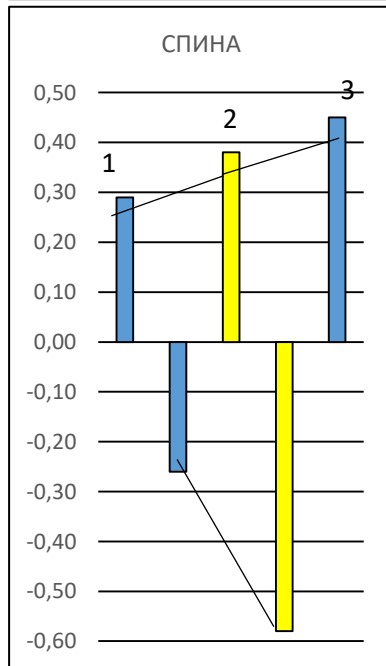
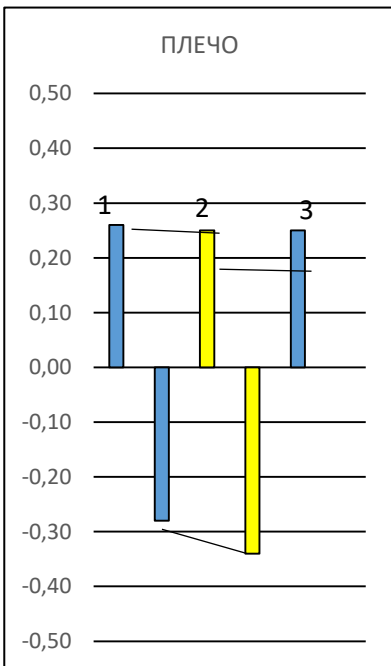
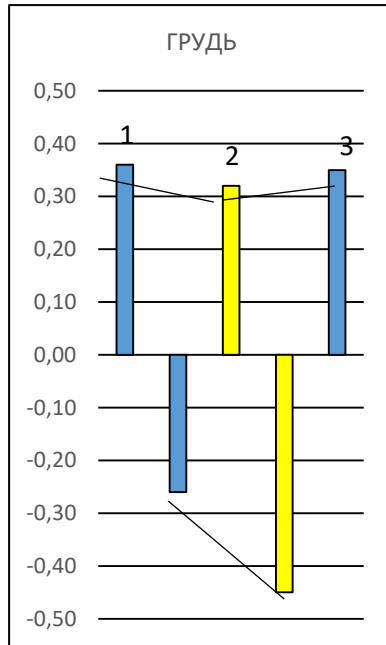
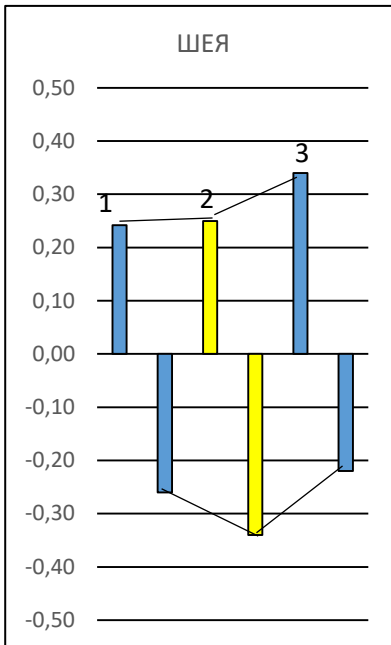


Рис. 2. Диаграмма реакции кожи подростков (подъем и падение температуры) в четырех анатомических областях кожи в ответ на охлаждение рук (1 и 3 - темные столбики) (темные столбики) и физической нагрузки (2 - светлые столбики).

Сравнение механизма терморегуляции на разных участках кожи в виде диаграммы (рисунок 2) наиболее четко отражает процесс адаптивного термогенеза [3, 11] кожи в ответ на различные кратковременные воздействия на организм. Т кожи в разных анатомических областях сначала возрастает, что является компенсаторной термогенной функцией в ответ на нагрузку, а затем падает, что отражает процесс термоадаптации (рассеивание тепла через кожу). В этом процессе именно физическая трехминутная нагрузка приводит к наибольшему падению Т во всех исследуемых областях кожи. Известно, что мышечное упражнение увеличивает внутреннюю температуру и сопровождается генерацией тепла [8; 10]. Для поддержания внутренней температуры, тело должно потерять тепло, генерируемое во время нагрузки [6; 7]. Аноук А. с сотрудниками [4], исследуя методом инфракрасной термометрии термоадаптацию участков кожи над икроножной мышцей у тренирующихся спортсменов-велосипедистов (100 Вт), показали снижение Т кожи в течение первых трех минут силовой нагрузки. Эти сведения совпадают с результатами нашей работы, полученной с применением метода «Термохрон», что еще раз отражает многоступенчатость процессов термоадаптации.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты настоящей работы подтвердили, что кожная Т может быть важной информативным сведением о системе теплового контроля и терморегуляции при разных нагрузках, что отражает различия в динамических процессах адаптации между разными участками поверхности тела. Выявленный нами факт наибольшего снижения Т на спине у спортсменов подростков мальчиков, согласуется с результатами исследования температурной динамики у спортсменов подростков девочек [1]. Это дало нам основание предположить наличие у подростков на спине, подкожных термогенных структур – таких, как бурый жир (БЖТ) [4], основная функция которого поддержание температуры ядра тела при определенных условиях. Кроме того, применяемый нами неинвазивный метод «Термохрон iButton», дает возможность количественно оценить влияние холодовой и физической нагрузки, необходимой в спортивной деятельности и проанализировать влияние других физиологических факторов на динамику изменения температуры [7]. метод который предоставляет информацию о тепловом аспекте в сложном терморегуляторном процессе.

**Практическое применение** Целью этого пилотного эксперимента было улучшение понимания механизма терморегуляции при воздействии разного типа кратковременных физиологических влияний на организм спортсменов.

Использование метода «Термохрон iButton» для быстрой оценки адаптивного термогенеза [10] кожи в разных анатомических точках предполагает в дальнейших исследованиях разработать практические рекомендации количественной методики для оценки индивидуальной термовегетативной особенности спортсменов. Учет физиологических показателей имеет немаловажное значение для индивидуальной оптимизации тренировочного процесса и успешности соревновательной деятельности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильева Р.М., Сонькин В.Д., Орлова Н.И., Колесов А.Д. Индивидуальные особенности реакции гемодинамики и термовегетативной реактивности кожи у девочек-спортсменок 13-14 лет при стандартной физической нагрузке // Новые исследования. – 2018. – № 2. – С. 64-79.
2. Программа Thermo Chron Revisor, [Электронный ресурс] URL <http://www.elin.ru/> (дата обращения 10.01.2005).
3. 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. 121-127.
4. Anouk A. J., J. van der Lans, Maarten, J. Vosselman, W. Hanssen Supraclavicular skin temperature and BAT activity in lean healthy adults. // *Physiol Sci*. – 2016. – V. 66. – P. 77-83.
5. Benzinger T.H. Heat regulation: homeostasis of central temperature in man // *Physiol. Rev*. – 1969. – V. 49(4). – P. 671-759.
6. Bertucci W, A. Arfaoui, G. Polidori The pedaling biomechanics of master's cyclists: a preliminary study // *Journal of Science and Cycling*. – 2012. – V. 1, №. 2. – P. 42-46.
7. Chudecka M, Lubkowska A. () The use of thermal imaging to evaluate body temperature changes of athletes during training and a study on the impact of physiological and morphological factors on skin temperature. // *Human movement*. – 2012. – V. 13, №. 1. – P. 33-39.
8. Cramer M.N.? O. Jay Selecting the correct exercise intensity for unbiased comparisons of thermoregulatory responses between groups of different mass and surface area. // *J Appl Physiol*. – 2014. – № 116. – P. 1123-1132.
9. Jay O, Cramer A new approach for comparing thermoregulatory responses of subjects with different body sizes. // *Temperature*. – 2015. – V. 2. – P. 42-43.
10. Limbaugh J.D., G.S. Wimer, L.H. Long, W. Hbaird Body fatness, body core temperature, and heat loss during moderate-intensity exercise. // *Aviat Space Environ Med*. – 2013. – V. 84. – P. 1153-1158.
11. Lowell BB, Towards a molecular understanding of adaptive thermogenesis /B.B. Lowell, B.M. Spiegelman // *Nature*. – 2000. – V. 404 (6778). – P. 652-660.
12. McArdle W.D. Physiology of exercise: nutrition, energy and human performance. / WD McArdle, FI Katch, VL Katch // Philadelphia, PA: Kluwer Health. – Lippincott Williams and Wilkins. – 2015. – 1028 p.
13. Rowland T. Thermoregulation during exercise in the heat in children: old concepts revisited. / T Rowland // *J Appl Physiol*. – 2008. – V. 105. – P. 718-724.

## REFERENCE

1. Vasilieva R.M. Individual features of the reaction of hemodynamics and thermovegetative reactivity of the skin in girls-athletes 13-14 years old with standard physical activity / R.M. Vasiliev, V.D. Sonkin, N.I. Orlova, A.D. Kolesov // *Almanac New Research*. – 2018. – №. 2. – S. 64-79.
2. The program Thermo Chron Revisor, [Electronic resource] URL <http://www.elin.ru/> (the date of circulation is January 10, 2005).

3. Sonkin V.D. Homeostatic non-contractile thermogenesis in humans: facts and hypotheses. / V.D. Sonkin, A.A. Kirdin., R.S. Andreev, E.B. Akimov // Human Physiology. – 2010. – T. 36. (5). – S. 121-127.

# ИЗМЕНЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ГЕМОДИНАМИКИ И ТЕРМОВЕГЕТАТИВНОЙ РЕАКТИВНОСТИ КОЖИ ПРИ СТАНДАРТНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ У ДЕВОЧЕК 13-14 И 14-15 ЛЕТ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ СПОРТИВНЫМ ПЛАВАНИЕМ

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

<sup>\*</sup>ФГБНУ «Институт возрастной физиологии  
Российской академии образования», Москва

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

*Исследовали центральную гемодинамику и динамику кожной температуры при выполнении стандартной велоэргометрической нагрузки у 7 девочек-подростков 13-14 и 14-15 лет (одни и те же спортсменки), регулярно занимающихся плаванием. Синхронно записывали ЭКГ и текущие значения ударного объема сердца (методом импедансной тетраполярной реографии), а также показатели температуры (Т) с применением технологии i-Button ThermoChron на четырех участках поверхности тела: на шее над ключицей, на груди, на плече и на спине между лопатками.*

*Обнаружены существенные различия в динамических термовегетативных процессах на разных участках поверхности тела, а также межиндивидуальные отличия в реакциях температуры кожи на физическую нагрузку (ФН) у девочек-спортсменок 13-14 и 14-15 лет.*

*При изучении центрального кровообращения наблюдали менее выраженную и более экономичную реакцию центральной гемодинамики на нагрузку у спортсменок 14-15 лет по сравнению 13-14-летними.*

*При исследовании термовегетативной реактивности кожи выявлены более интенсивные реакции температуры в ответ на физическую работу в области шеи, груди и спины у девочек 14-15-лет по сравнению с 13-14-летними. На основании полученных результатов и литературных данных предположили, что у спортсменок 14-15 лет под влиянием интенсивных тренировок в течение года произошло увеличение количества бурожировой ткани (БЖТ) в надключичной области шеи, в области грудины и на спине.*

**Ключевые слова:** гемодинамика; кровообращение; подростки; термовегетативная реактивность кожи; физическая нагрузка, бурожировая ткань.

**Changes in the central hemodynamics and thermo-vegetative skin reactivity at standard physical load in 13-14 and 14-15-year-old girls doing swimming as sports.** The paper presents the study of the central hemodynamics and dynamics of skin temperature in 7 adolescent girls aged 13-14 and 14-15 y.o. (the same female athletes) when performing a standard bicycle ergometric exercise. ECG and the current characteristics of the heart stroke volume (with impedance tetrapolar rheography), as well as temperature (T) (with i-Button ThermoChron technology), were recorded simultaneously

*on four areas of the body surface: on the neck above the clavicle, on the chest, on the shoulder and on the back between the shoulder blades.*

*There were found significant differences in dynamic thermo-vegetative processes in different parts of the body surface, as well as interindividual differences in the reactions of skin temperature to the physical load in girls-athletes of 13-14 and 14-15 years old.*

*When studying the central blood flow, there was observed a less pronounced and more economical response of central hemodynamics to the work load in 14–15-year-old athletes compared with 13–14-year-old ones.*

*In the study of thermo-vegetative skin reactivity, more intense temperature reactions were revealed in response to physical work in the neck area, chest and back in 14-15-year-old girls in comparison with 13-14-year-old girls. Based on the obtained results and literature analysis, it was suggested that athletes aged 14–15 years old, under the influence of intense training during the year, had an increase in the amount of brown adipose tissue (BAT) in the supraclavicular neck area, in the sternum and on the back.*

**Key words:** *hemodynamics; blood circulation; teenagers; thermo-vegetative skin reactivity; physical activity, brown adipose tissue.*

В наших предыдущих исследованиях [2] были обнаружены существенные различия в динамике кожной температуры на различных участках поверхности тела, а также межиндивидуальные различия в реакциях гемодинамики в ответ на стандартную физическую нагрузку у девочек-спортсменок 13-14 лет. Были выявлены факты, которые дали нам основание предположить, что повышение температуры (Т) кожи спины может быть связано не только с термогенной активностью сердца, но также с присутствием на спине, под местом прикрепления датчика, подкожных термогенных структур – таких, как бурая жировая ткань (БЖТ). Бурая жировая ткань связана с возможностью нормализации углеводного и жирового обмена и способностью предотвращать развитие ожирения. Она также играет особую роль в быстром окислении различных субстратов, в частности молочной кислоты при физической нагрузке (ФН) [1; 7; 9]. Было высказано предположение, что физическая тренировка и регулярная физическая активность на уровне анаэробного порога способна стимулировать увеличение в организме количества бурого жира, что может проявиться в усилении утилизации лактата при физической нагрузке и повышении работоспособности [1; 3; 9]. БЖТ в последние годы активно изучается в физиологических и биохимических лабораториях всего мира [7; 9; 10].

Основным методом исследования *in vivo* активности БЖТ является позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ). При применении этого метода субъекты подвергаются воздействию ионизирующего излучения, поэтому ПЭТ небезопасен при повторном использовании в течение короткого времени [10]. Хорошей альтернативой этому методу является инфракрасная термография. Это абсолютно безопасный метод, который дает достоверные результаты в случае регистрации динамических изменений температуры [4; 9; 10].

В последнее время опубликованы положительные результаты оценки активности БЖТ при измерении Т кожи в надключичной области и с помощью компактных беспроводных датчиков температуры – термисторов, которые относительно дешевые и просты в использовании [6].

Появление портативных, высокотехнологичных приборов, регистрирующих  $T$  кожи с точностью до  $0,05^\circ$ , делает возможным исследование изменений термовегетативной функции при кратковременных физических нагрузках, что является важным для выявления индивидуальных особенностей спортсменов и для оптимизации их тренировок. Подобный метод был применен в нашем исследовании [2].

Целью настоящей работы было с помощью высокотехнологичных приборов оценить изменения центральной гемодинамики и термовегетативной реактивности кожи при стандартной физической нагрузке у девочек-спортсменок, занимающихся спортивным плаванием в период от 13-14 до 14-15 лет.

## **ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Исследовали изменения центральной гемодинамики и динамики кожной  $T$  в ответ на стандартную 3-х минутную ФН мощностью 100 Вт на велоэргометре. Для этого у девочек-подростков 13-14 и 14-15 лет синхронно регистрировали ЧСС, текущие значения ударного объема (УО) сердца и минутный объем (МОК), а также температуру ( $T$ ) на четырех участках поверхности тела: на шее над ключицей, на груди, на плече и на спине между лопатками.

Ударный объем определяли с помощью методики тетраполярной импедансной реокардиографии. Для записи и компьютерного анализа реокардиограммы грудной клетки использовали компьютерный реограф «Рео-Спектр» компании «Нейрософт».

Для измерения  $T$  были использованы наклеивающиеся термодатчики Thermochron i-Button, информация с которых считывалась в компьютер со специализированным программным обеспечением. Мониторинг  $T$  кожи проводился в течение всего периода исследования с одномоментным интервалом измерения на четырех вышеуказанных участках тела.

Испытуемыми были 7 девочек – спортсменок-пловцов, которые тренировались в спортивной секции по плаванию в бассейне РГУФКСМиТ. Каждая из девочек (Д) участвовала в исследовании дважды: в возрасте 13-14 и в 14-15 лет. При первом обследовании девочки (Д) имели 1-2 взрослый спортивный разряд. К моменту повторного исследования каждая из участниц эксперимента повысила свое спортивное мастерство, и большинство спортсменок получило более высокий спортивный разряд.

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 ( $M/L^2$ ).

Испытуемые и их родители были ознакомлены с процедурой тестирования и дали согласие на участие в исследовании. В процессе исследований принимал участие тренер, работающий с этими детьми.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Возрастные, антропометрические и некоторые физиологические характеристики испытуемых двух возрастных групп представлены в табл. 1.

Таблица 1

*Возрастные, антропометрические и некоторые физиологические характеристики испытуемых двух возрастных групп в покое до начала эксперимента*

	Девочки 13-14 лет		Девочки 14-15 лет	
	М	±м	М	±м
Возраст, лет	13,70	0,23	14,50	0,24
Рост, см	161,3	1,55	164,6	1,11
Вес, кг	48,9	2,35	52,7	1,39
ИМТ	18,8	0,68	19,5	0,54
ЧСС, уд./мин.	88,7	6,78	86,6	4,86
УОК, мл	61,2	6,61	64,1	4,45
УИ, мл/(м*м)	41,5	4,16	41,7	2,75
МОК, л/мин	5,3	0,43	5,8	0,54
Нагрузка, Вт/гк	1,90	0,14	1,75	0,12

Таблица 2

*Изменение показателей гемодинамики у девочек-спортсменок 13-14 и 14-15 лет при стандартной физической нагрузке*

Этап эксперимента	Время (мин.)	Девочки 13-14 лет		Девочки 14-15 лет		Девочки 13-14 лет		Девочки 14-15 лет		Девочки 13-14 лет		Девочки 14-15 лет	
		ЧСС	±м	ЧСС	±м	УО	±м	УО	±м	МО К	±м	МО К	±м
До работы	N	91,29	5,89	87,11	3,23	62,21	5,85	65,26	4,61	5,64	0,56	5,58	0,50
	N	92,57	5,49	92,32	3,74	61,93	6,50	61,54	4,79	5,64	0,50	5,59	0,54
Физ. нагрузка	ФН 1	121,71	5,68	130,24	4,12	64,57	5,14	72,80	6,68	7,84	0,72	9,32	0,96
	ФН 2	140,00	3,70	147,57	4,08	80,71	8,90	73,89	7,38	11,28	1,29	10,64	1,05
	ФН 3	149,71	4,06	149,57	3,60	83,67	10,46	76,04	6,80	12,58	1,65	11,06	0,97
Восстановление	4	137,00	9,24	123,31	5,41	84,87	9,63	76,25	6,25	11,75	1,71	9,24	0,95
	5	109,71	9,26	105,07	5,67	75,86	9,70	72,38	5,94	8,51	1,54	7,52	0,87
	6	103,50	6,16	102,07	6,81	68,79	7,89	68,99	4,07	7,07	0,86	6,91	0,64
	7	100,00	6,01	96,71	6,12	66,14	7,16	70,47	3,81	6,61	0,83	6,47	0,56
	8	95,57	5,20	91,29	4,67	62,21	6,56	67,98	6,22	5,97	0,74	6,03	0,57
	9	89,43	4,61	91,08	4,28	66,71	6,96	67,55	6,08	5,98	0,72	5,90	0,50
	10	88,86	6,04	88,60	4,39	64,57	5,88	68,66	6,05	5,70	0,60	5,87	0,44
	11	92,57	4,97	92,29	3,77	62,43	6,21	62,28	5,42	5,74	0,58	5,61	0,46

Возраст Д при первом обследовании составлял  $13,70 \pm 0,23$  лет. При повторном обследовании возраст тех же Д равнялся  $14,50 \pm 0,24$  годам. За период между первым и вторым обследованием их рост увеличился на 3,3 см, а вес – на 3,8 кг ( $p > 0,05$ ). ИМТ за этот период также изменился незначительно. Не отмечено в этот период существенных изменений ЧСС, УОК, УИ и МОК. Таким образом, все обследованные Д имели нормальное телосложение и показатели их гемодинамики соответствовали возрастным нормам.



На протяжении года между первым и вторым обследованием Д в спортивной секции тренировались 1-2 раза в день 6 раз в неделю. За описанный период наблюдения у всех Д отмечено улучшение спортивных достижений, а 86 % из них был присвоен более высокий спортивный разряд.

При сравнении показателей гемодинамики у Д 13-14 и 14-15 лет оказалось, что в состоянии покоя средние значения ЧСС, УО, МОК не различаются сколько-нибудь существенно у девочек разного возраста (табл.1, 2).

Между тем, к 14-15 годам значительно уменьшилась межиндивидуальная вариабельность в показателях гемодинамики в покое и при физической нагрузке, которая наблюдалась нами у Д 13-14 лет. Так, значение сигмы ( $\sigma$ ), характеризующей индивидуальный разброс ЧСС в группе в покое составляло у Д 13-14 лет 13,44, а к 14-15 годам значение  $\sigma$  уменьшилось до 9,16.

На рис. 1 представлены графики, на которых показаны изменения параметров гемодинамики в покое и при проведении пробы с физической нагрузкой у Д 13-14 и 14-15 лет.

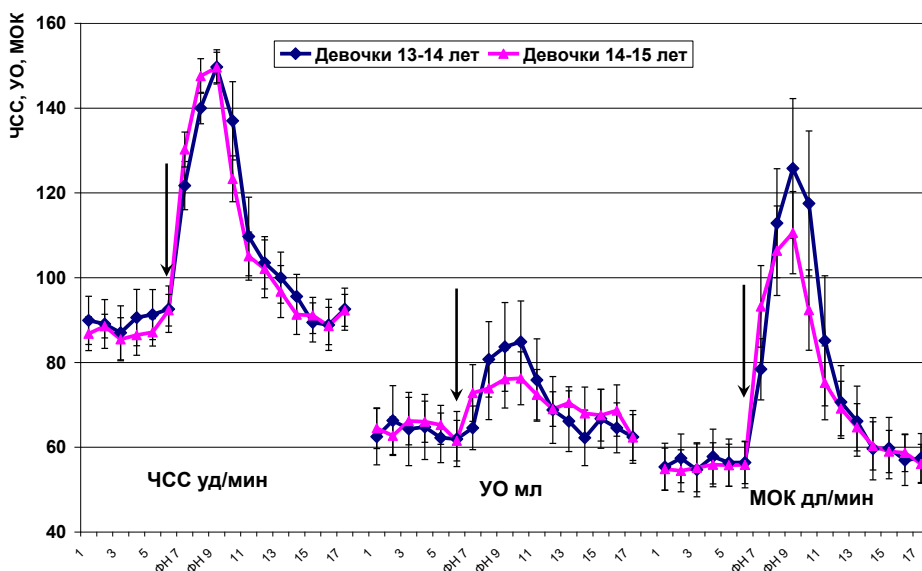


Рис. 1. Изменение показателей гемодинамики у девочек-спортсменок 13-14 и 14-15 лет при стандартной физической нагрузке (начало выполнения физической нагрузки обозначено стрелками).

На графике видно, что максимальные значения ЧСС были зарегистрированы на 3-ей мин. работы в момент ее окончания. При этом реакция ЧСС на ФН в двух группах была одинаковой и пульс достигал практически одной и той же величины –  $149,71 \pm 4,06$  у 13-14-летних и  $149,57 \pm 3,60$  уд./мин – у более старших.

При этом УО у Д 14-15 лет под влиянием ФН возрастал в меньшей степени, чем у 13-14 летних. Весь период работы УО колебался у более старших Д (14-15

лет) в пределах  $73,89 \pm 7,38 - 76,25 \pm 6,25$  мл, а у младших (13-14 лет) – в границах  $80,71 \pm 8,90 - 84,87 \pm 9,63$  (табл. 3, рис. 2).

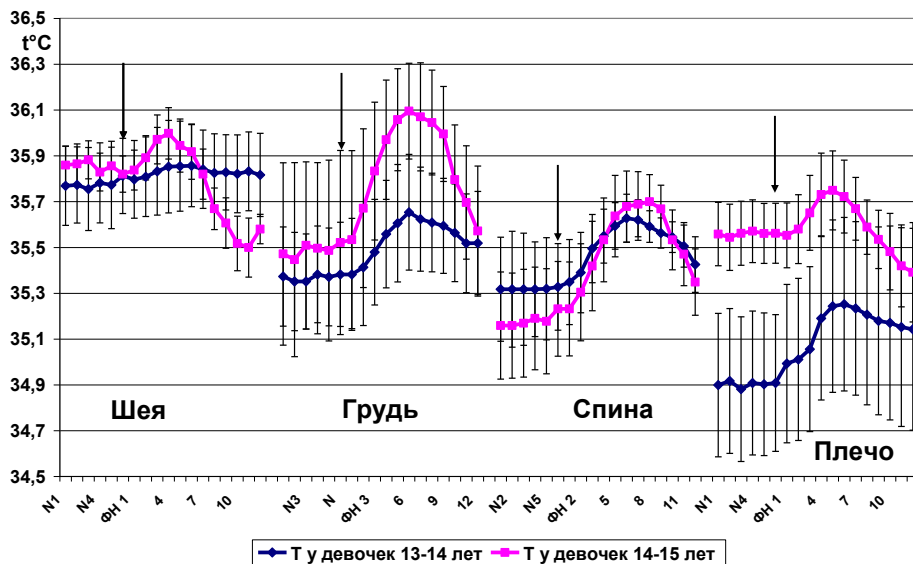


Рис. 2. Изменение температуры (Т) кожи на разных участках тела у девочек-спортсменок 13-14 и 14-15 лет при стандартной физической нагрузке (начало выполнения физической нагрузки обозначено стрелками).

В результате при работе у девочек-спортсменок 14-15 лет были также зафиксированы и более низкие значения МОК. У всех детей МОК при ФН также увеличивался с первой мин работы, и на 3 мин. работы уже был более чем в два раза выше по сравнению с уровнем покоя. К моменту окончания работы его значения составляли у Д 13-14 лет  $12,58 \pm 1,65$  л/мин. и  $11,06 \pm 0,97$  л/мин. – у 14-15 летних. К тому же у Д 14-15 была выявлена меньшая межиндивидуальная вариабельность значений МОК при нагрузке по сравнению с 13-14 летними. Значение  $\sigma$  у более старших в конце работы составляло 2,37, а у младших ее величина была в два раза выше и равнялась  $\sigma = 4,03$ .

Значительной разницы в динамике восстановления показателей гемодинамики у 13-14 летних и у 14-15 летних выявлено не было.

Сразу после работы все показатели гемодинамики начинают достаточно быстро восстанавливаться к уровню покоя, и к 5 мин. реституции практически приходят к норме у всех Д.

Таким образом, в целом в нашем эксперименте мы наблюдаем менее выраженную реакцию центральной гемодинамики на нагрузку у 14-15-летних по сравнению 13-14-летними. Это вполне ожидаемо, поскольку известно, что под влиянием спортивной тренировки происходят положительные сдвиги в ССС, совершенствуются механизмы ее адаптации к ФН и наблюдается экономизация реакций гемодинамики при работе.

Таблица 3

Изменение температуры кожи на разных участках тела у девочек-спортсменок 13-14 и 14-15 лет при стандартной физической нагрузке

Этап эксперимента	Время (мин.)	Т шеи в 13-14 лет		Т шеи в 14-15 лет		Т груди в 13-14 лет		Т груди в 14-15 лет		Т спины в 13-14 лет		Т спины в 14-15 лет		Т плеча в 13-14 лет		Т плеча в 14-15 лет	
		М	±м	М	±м	М	±м	М	±м	М	±м	М	±м	М	±м	М	±м
До работы	N	35,78	0,17	35,83	0,08	35,40	0,22	35,51	0,41	35,33	0,18	35,21	0,23	34,91	0,30	35,57	0,13
	N	35,81	0,16	35,82	0,08	35,38	0,23	35,52	0,40	35,33	0,19	35,23	0,21	34,99	0,35	35,56	0,13
Физ. нагрузка	ФН 1	35,80	0,17	35,84	0,09	35,38	0,24	35,53	0,39	35,35	0,19	35,23	0,21	35,01	0,35	35,55	0,14
	ФН 2	35,81	0,17	35,89	0,10	35,41	0,25	35,67	0,35	35,39	0,18	35,30	0,21	35,06	0,36	35,58	0,15
	ФН 3	35,83	0,19	35,97	0,11	35,48	0,23	35,83	0,30	35,49	0,15	35,42	0,20	35,19	0,36	35,65	0,16
Восстановление	4	35,85	0,20	36,00	0,11	35,56	0,23	35,97	0,26	35,55	0,12	35,53	0,18	35,24	0,38	35,73	0,18
	5	35,85	0,20	35,94	0,12	35,61	0,26	36,06	0,22	35,59	0,10	35,64	0,18	35,25	0,38	35,75	0,17
	6	35,86	0,18	35,92	0,12	35,65	0,25	36,10	0,21	35,63	0,10	35,68	0,16	35,23	0,38	35,72	0,16
	7	35,84	0,17	35,82	0,11	35,62	0,23	36,07	0,24	35,62	0,09	35,69	0,14	35,21	0,39	35,67	0,14
	8	35,83	0,17	35,67	0,09	35,61	0,21	36,05	0,23	35,59	0,07	35,70	0,12	35,18	0,41	35,59	0,12
	9	35,83	0,16	35,61	0,11	35,59	0,21	36,00	0,21	35,56	0,07	35,67	0,10	35,17	0,42	35,54	0,13
	10	35,82	0,17	35,52	0,12	35,56	0,21	35,80	0,24	35,54	0,07	35,53	0,13	35,15	0,43	35,48	0,17
	11	35,83	0,17	35,50	0,13	35,52	0,22	35,70	0,25	35,51	0,09	35,47	0,14	35,14	0,44	35,42	0,18
12	35,82	0,18	35,58	0,06	35,52	0,23	35,57	0,28	35,43	0,12	35,35	0,14	35,16	0,45	35,39	0,22	

На рис. 2 представлены диаграммы, на которых показана  $T$  в различных участках тела в покое и динамика изменений  $T$  при проведении пробы с физической нагрузкой у Д 13-14 и 14-15 лет (см. также табл. 3).

Из приведенных данных видно, что в покое  $T$  шеи, спины и груди не значительно менялась с возрастом в сторону увеличения или снижения в пределах статистической погрешности. При этом у 14-15-летних, также как и у 13-14-летних, самая высокая  $T$  в покое была зарегистрирована в области шеи (у младших Д –  $35,78 \pm 0,18^\circ\text{C}$  и у старших –  $35,85 \pm 0,08^\circ\text{C}$ ).

В то же время,  $T$  плеча в покое у 43 % Д с возрастом повысилась. В результате,  $T$  плеча в среднем по группе к 14-15 годам стала заметно, выше, чем у Д 13-14 лет. Так,  $T$  плеча в 13-14 лет составляла –  $34,90 \pm 0,31$ , а у 14-15-летних –  $35,56 \pm 0,14$  ( $p < 0,05$ ).

При этом отмеченный в 13-14 лет большой межиндивидуальный разброс в показателях  $T$  на коже шеи и плеча в покое к 14-15 годам уменьшился в два раза. Так, если у Д в 13-14 лет разброс  $T$  шеи составлял в группе  $1,33^\circ\text{C}$ , а сигмы ( $\sigma$ ), характеризующая этот межиндивидуальный разброс равнялась  $0,43$ , то у Д 14-15 лет  $T$  находилась в границах  $35,64 - 36,21^\circ\text{C}$ , разброс составлял  $0,56^\circ\text{C}$ . Значение сигмы ( $\sigma$ ) уменьшилось в два раза и равнялось  $0,20$ .

Межиндивидуальный разброс  $T$  кожи на плече у Д 13-14 лет составлял  $1,94^\circ\text{C}$  (сигма  $0,73$ ) а к 14-15 годам он значительно уменьшился – до  $0,94^\circ\text{C}$ , сигма равнялась  $0,32$ .

Межиндивидуальный разброс различия  $T$  кожи на спине и спины у Д 13-14 и 14-15 лет были выражены в одинаковой равной степени.

При предъявлении теста на велоэргометре температура кожи у Д 14-15 лет на разных участках тела начинала увеличиваться приблизительно через 2 мин. (через 1-3 мин.) после начала работы. Подъем Т заканчивался только через несколько минут после окончания ФН (рис. 1). При этом Т увеличивалась в разной степени – как у отдельных испытуемых, так и у одного и того же ребенка на разных участках тела. Наименьший подъем Т при нагрузке был выявлен на коже шеи, а наибольший – на коже спины и груди.

При этом у 14-15-летних отмечены более выраженные реакции Т кожи при ФН по сравнению с 13-14-летними области шеи, груди и на спине.

Самый высокий прирост Т кожи при ФН у Д 14-15-лет был выявлен в области груди. Так, если в 13-14 лет увеличение Т кожи груди при ФН наблюдалось в 70% случаев, и ее прирост составлял  $0,28^{\circ}\text{C}$ , то у 14-15-летних подъем Т кожи груди наблюдался в 86% случаях, и Т повышалась у них с  $35,49 \pm 0,39^{\circ}\text{C}$  до  $36,10 \pm 0,21^{\circ}\text{C}$ . Прирост по отношению к с покоем равнялся  $0,61^{\circ}\text{C}$  и был статистически значимым ( $p < 0,05$ ) (табл. 3, рис. 2). При этом максимальный подъем Т кожи на груди наблюдался через 2 мин. после окончания работы.

Аналогичные различия наблюдаются у Д 13-14 лет и 14-15-лет при сравнении изменений Т кожи спины при ФН. У первых (младших) она возрастала с  $35,32 \pm 0,22^{\circ}\text{C}$  до  $35,63 \pm 0,10^{\circ}\text{C}$  (прирост Т составлял  $0,31^{\circ}\text{C}$ ), а у вторых (более старших) Т увеличивалась с  $35,19 \pm 0,23^{\circ}\text{C}$  до  $35,70 \pm 0,12^{\circ}\text{C}$  (прирост –  $0,51^{\circ}\text{C}$ ). При этом длительность подъема Т кожи на спине была более продолжительной у Д 14-15 лет. Так, у 13-14-летних максимальный подъем Т достигался на 4 мин. после ФН, у Д 14-15 лет наибольшее увеличение Т наблюдалось на 6 мин. после ФН.

На шее Т кожи в момент максимального подъема также была выше у 14-15-летних, чем у Д 13-14-лет. Максимальный подъем наблюдался и у старших, и у младших в одно и то же время – через 1 мин после окончания ФН.

Увеличение Т плеча при ФН отмечалось у всех обследованных Д. Подъем температуры кожи плеча был достаточно хорошо выражен и сопоставим по величине и длительности у Д 14-15 и 13-14 лет. При этом увеличение Т плеча как у старших, так и у младших было менее выражено относительно изменений Т кожи на спине и груди.

Таким образом, нами обнаружены более интенсивные реакции Т кожи в ответ на ФН в области шеи, груди и спины у Д 14-15-лет по сравнению с 13-14-летними. Увеличение реакции произошло на тех участках кожи, под которыми, по данным большого количества исследователей, использовавших методы тепловизионных съемок, подтверждено наличие БЖТ [7; 9; 10]. Существует также точка зрения, что физическая тренировка способна стимулировать увеличение в организме количества бурого жира [1; 3; 10]. На основании полученных данных и данных литературных источников можно предположить, что у спортсменок 14-15 лет произошло увеличение количества БЖТ в надключичной области шеи и в области грудины под влиянием интенсивных тренировок в течение года.

После работы Т кожи на всех обследованных участках, достигнув своего максимума на 2-6 мин. после окончания ФН, начинала постепенно снижаться. Восстановление Т кожи на всех обследованных участках у 14-15-летних шло более быстрыми темпами, чем у младших.

Так, Т кожи на груди и спине в восстановительном периоде снижалась к до-рабочим величинам и достигала одинакового уровня и у 13-14, и у 14-15-летних в одно и то же время (к 8 мин. реституции), несмотря на то, что максимум подъема Т при ФН у старших был выше. В то же время у 30 % Д 14-15 лет после 8 мин. восстановительного периода наблюдалось падение Т кожи ниже дорабочего уровня. Еще у 30 % Д такое снижение отмечалось еще позже – после 9 мин. реституции.

Анализируя динамику восстановления Т кожи шеи и плеча, выявлено, что Т кожи в этих зонах в восстановительном периоде у 14-15-летних падала ниже исходных величин. Особенно такое снижение Т ниже исходных величин было замечено на шее.

Так, Т на коже шеи у Д 14-15 лет возвращалась к исходному уровню на 4 мин. после работы. Далее снижение Т шеи продолжалось, и почти у 90% Д ее значения падали ниже уровня, зарегистрированного до работы. В целом по группе к 8 мин. реституции это снижение по сравнению покоем составляло  $0,36^{\circ}\text{C}$  и было достоверно ( $p < 0,05$ ) (рис. 2).

В области плеча у Д 14-15 лет Т возвращалась к уровню покоя уже к 6 мин. после работы. Вслед за этим у 60 % Д отмечали ее дальнейшее снижение ниже исходного уровня.

Отметим, что у Д 13-14 лет наблюдали только единичные случаи, когда температура кожи в восстановительном периоде падала ниже исходных величин, причем отмечалось это только на шее и плече.

Известно, что температура плеча отражает тотальные изменения метаболизма и повышается, когда интенсивность метаболических процессов растет. С помощью термочувствительных камер ряд авторов наблюдал статистически достоверное снижение температуры на поверхности бедер, предплечьях, руках и голени при выполнении испытуемыми физических упражнений [4; 5; 8]. Колебания Т кожи в области плеча отражают изменения баланса периферического кровотока и участия капиллярного русла в поддержании температурного гомеостаза организма во время и после выполнения нагрузки.

## ВЫВОДЫ

1. При изучении центрального кровообращения в нашем эксперименте мы наблюдаем менее выраженную и более экономичную реакцию центральной гемодинамики на нагрузку у девочек-спортсменок 14-15-лет по сравнению 13-14-летними.

2. При исследовании термовегетативной реактивности кожи нами обнаружены более интенсивные реакции Т кожи в ответ на физическую работу в области шеи, груди и спины у Д 14-15 лет по сравнению с 13-14-летними.

3. На основании полученных результатов и литературных данных можно предположить, что у спортсменок 14-15 лет под влиянием интенсивных тренировок в течение года произошло увеличение количества БЖТ в надключичной области шеи и в области грудины.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акимов Е.Б., Андреев Р.С., Каленов Ю.Н., Кирдин А.А., Сонькин В.Д., Тоневский 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., Сонькин В.Д., Орлова Н.И., Колесов А.Д. Индивидуальные особенности реакции центральной гемодинамики и термовегетативной реактивности кожи у девочек-спортсменок 13-14 лет при стандартной физической нагрузке // Новые исследования. – 2018. – № 2 (55). – С. 64-79.
3. Якушкин А.В., Акимов Е.Б., Андреев Р.С., Каленов Ю.Н., Козлов А.В., Кузнецова О.В., Сонькин В.Д. Влияние беговой тренировки на работоспособность, аэробную производительность и реакцию организма на острое холодовое воздействие // Физиология человека. – 2014. – Т. 40, № 4. – С. 78-86.
4. Adamczyk J.G., Mastej M., Boguszewski D., Białoszewski D. Usage of thermography as indirect non-invasive method of evaluation of physical efficiency. Pilot study // doi: 10.6084/m9.figshare.938187 [Электронный ресурс]. – January 2014.
5. Arfaoui A., Bertucci W., Letellier T., Polidori G. Thermoregulation during incremental exercise in masters cycling // J. Sci. Cycling. – Vol. 3(1), 33-41.
6. Anouk A.J., Lans J., Vosselman M.J., Hanssen W. Supraclavicular skin temperature and BAT activity in lean healthy adults // J. Physiol. Sci. – 2016. – Vol. 66. – P. 77-83.
7. Cannon B., Nedergaard J. Brown Adipose Tissue: Function and Physiological Significance // Physiol. Rev. – 2004. – Vol. 84. – P. 277-359.
8. Limbaugh J.D., Wimer G.S., Long L.H., Baird W.H. Body fatness, body core temperature, and heat loss during moderate-intensity exercise // Aviat Space Environ Med. – 2013. – Vol. 84. – P. 1153-1158.
9. Son'kin V.D., Akimov E.B., Andreev R.S., Yakushkin A.V. and Kozlov A.V. 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.
10. 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. Akimov E.B., Andreev R.S., Kalenov YU.N., Kiridin A.A., Son'kin V.D., Tonevickij A.G. Temperaturnyj portret cheloveka i ego svyaz' s aehrobnoj proizvoditel'nost'yu i urovnem laktata v krovi // Fiziologiya cheloveka. – 2010. – Т. 36, № 4. – С. 89-101.
2. Vasil'eva R.M., Son'kin V.D., Orlova N.I., Kolesov A.D. Individual'nye osobenosti reakcii central'noj gemodinamiki i termovegetativnoj reaktivnosti kozhi u devochek-sportsmenok 13-14 let pri standartnoj fizicheskoy nagruzke // Novye issledovaniya. – 2018. – № 2 (55). – С. 64-79.

3. YAkushkin A.V., Akimov E.B., Andreev R.S., Kalenov YU.N., Kozlov A.V., Kuznecova O.V., Son'kin V.D. Vliyanie begovoj trenirovki na rabotosposobnost', aehrobnuyu proizvoditel'nost' i reakciyu organizma na ostroe holodovoe vozdejstvie // Fiziologiya cheloveka. – 2014. – T. 40, № 4. – S. 78-86.

## ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ДВИГАТЕЛЬНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ У ШКОЛЬНИКОВ 15-16 ЛЕТ

И.А. Криволапчук<sup>1\*</sup>, М.Б. Чернова<sup>\*</sup>, С.А. Баранцев<sup>\*</sup>,  
С.А. Гукасян<sup>\*\*</sup>, В.В. Мышьяков<sup>\*\*\*</sup>

\*ФГБНУ «Институт возрастной физиологии  
Российской академии образования»

\*\*ФГБОУВО «Российский государственный геологоразведочный  
университет имени Серго Орджоникидзе»

\*\*\*УО «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы»,  
Беларусь, Гродно

*Анализ изменений рассматриваемых показателей двигательной подготовленности в течение учебного года выявил существенное повышение уровня развития скоростных, силовых, скоростно-силовых способностей и общей выносливости у мальчиков-подростков 15-16 лет.*

*Установлено, что по уровню развития силовых и скоростно-силовых способностей, общей и силовой выносливости подростки 15-16 лет значимо отличаются от мальчиков 14-15 лет. В то же время между ними не обнаружено различий по уровню развития гибкости и скоростных способностей.*

*Материалы исследования могут найти применение при разработке пригодных возрастных норм двигательной подготовленности современных подростков. Они также могут быть использованы для выявления «вековой тенденции» изменений двигательной подготовленности мальчиков 13-14 и 15-16 лет.*

**Ключевые слова:** подростки, двигательные способности, двигательная подготовленность, возрастные особенности.

**Development of motor abilities in 15-16-year-old schoolboys.** *The analysis of changes of motor fitness indices during the school year revealed a significant increase in the level of development of speed, strength, speed-strength abilities and general endurance in adolescent boys aged 15-16 years old.*

*It was established that in terms of development of power and speed-power abilities, general and strength endurance, 15-16-year-old adolescents differ significantly from the boys of 14–15 years of age. At the same time, no differences in the development of flexibility and speed were found between them.*

*The research materials can be used in the development of suitable age standards of the physical fitness of modern adolescents. They can also be used to identify the “secular trend” in motor fitness in 13–14 and 15–16-year-old boys.*

**Key words:** adolescents, motor abilities, motor fitness, age characteristics.

Всестороннее развитие двигательных способностей положительно сказывается на функциональном состоянии организма подростков в целом и отдельных физиологических систем в частности [5; 6; 8; 9; 10 и др.]. Высокая двигательная подготовленность не только определяет уровень двигательных возможностей

---

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



подростков, но и является важнейшими компонентом состояния их здоровья. В процессе индивидуального развития человека подростковый период является ключевым для реализации эффективного педагогического воздействия на формирование кондиционных и координационных двигательных способностей. Это связано с тем, что на данном этапе онтогенеза наблюдаются не только высокие темпы естественного прироста показателей двигательной подготовленности, но и создаются благоприятные условия для направленного развития двигательных способностей средствами физического воспитания [1; 2; 3]. В последние столетия, как известно, отмечаются существенные изменения соматического развития и биологического созревания детей [4; 7]. К настоящему времени опубликованы работы, отражающие «вековую тенденцию» изменений уровня и структуры их двигательной подготовленности. Результаты этих исследований свидетельствуют о необходимости постоянного уточнения особенностей возрастного развития двигательных способностей и пересмотра на этой основе нормативов оценки двигательной подготовленности современных подростков.

**Цель работы** – в сравнительном исследовании определить возрастные особенности развития двигательных способностей у мальчиков–подростков 15-16 лет и выявить приросты показателей их двигательной подготовленности за период учебного года.

## ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании приняли участие подростки, отнесенные по состоянию здоровья к основной медицинской группе. В ходе проведения педагогического тестирования в 15-16 лет в начале и конце учебного года было обследовано 135 и 123 школьника соответственно. Ранее было обследовано в возрасте 12-13 лет – 104 и 97, в 13-14 лет – 160 и 148, в 14-15 лет – 125 и 122 школьника соответственно. В четырехлетнем лонгитудинальном исследовании приняли участие 53 человека. Работа была организована в соответствии с этическими нормами, изложенными в Хельсинской декларации.

Педагогическое тестирование применялось для оценки динамики двигательной подготовленности. Изучались скоростные, силовые, скоростно-силовые способности, выносливость и гибкость. Для определения уровня двигательной подготовленности использовали: прыжок в длину с места; бег 20 метров с хода; становую динамометрию; шестиминутный бег; поднимание туловища из положения «лёжа на спине» за 1 минуту; наклон вперед. Тестирование двигательной подготовленности осуществлялось в начале и в конце учебного года. Занятия по физическому воспитанию проводились 3 раза в неделю по традиционной методике на основе действующей программы.

Математическая обработка полученных данных осуществлялась с использованием стандартной программы в пакете Statistica. В процессе статистической обработки результатов исследования рассчитывались: средняя арифметическая, ошибка средней арифметической, среднее квадратическое отклонение. На основе коэффициентов асимметрии и эксцесса оценивалась нормальность распределения полученных эмпирических данных. Статистическая значимость различий определялась с помощью  $t$ -критерия Стьюдента для корреляционно связанных и независимых выборок.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ результатов тестирования по 6 тестам двигательной подготовленности в начале и в конце учебного года позволил получить информацию об изменении уровня развития изучаемых двигательных способностей.

Полученные результаты показали, что за год обучения в школе время бега на 20 м с хода статистически значимо улучшилось ( $p < 0,001$ ) по сравнению с исходными данными (табл. 1). Сравнение сдвигов этого показателя у подростков 15-16 лет и 14-15 лет показало, что значимые различия в уровне развития скоростных способностей между школьниками рассматриваемых возрастных групп отсутствовали как в начале, так и в конце учебного года.

Развитие скоростно-силовых способностей оценивалось посредством выполнения прыжка в длину с места. Дальность прыжка в длину за рассматриваемый период существенно ( $p < 0,001$ ) улучшилась (см. табл. 1). Различия между мальчиками 14-15 и 15-16 лет в уровне развития скоростной силы, как в начале, так и в конце учебного года были статистически значимыми ( $p < 0,001$ ).

Таблица 1

Изменения показателей двигательной подготовленности подростков 14-16 лет

Возраст	Начало уч. года	Конец уч. года	Сдвиг		
	M±m	M±m	d±m	t	p
Бег 20 м с хода, с					
14-15 лет	2,76±0,03	2,68±0,03	-0,08±0,02	4,0	<0,001
15-16 лет	2,72±0,02	2,65±0,02	-0,07±0,02	3,5	<0,001
Прыжок в длину с места, см					
14-15 лет	202,9±1,7***	206,2±1,7***	3,3±1,3	2,5	<0,05
15-16 лет	212,3±1,9	218,7±1,6	6,4±1,2	5,3	<0,001
Становая динамометрия, кг/кг					
14-15 лет	1,87±0,03***	1,96±0,03**	0,09±0,02	4,5	<0,001
15-16 лет	2,04±0,03	2,07±0,02	0,03±0,01	3,0	<0,01
Шестиминутный бег, м					
14-15 лет	1275,9±17,7*	1337,3±16,5**	61,4±12,6	5,1	<0,001
15-16 лет	1326,4±14,7	1398,9±13,8	72,5±13,9	5,2	<0,001
Поднимание туловища, раз					
14-15 лет	42,6±1,3***	45,7±1,2*	3,1±1,1	2,6	<0,01
15-16 лет	51,1±1,2	49,5±1,2	-1,6±0,9	1,8	>0,05
Наклон вперед, см					
14-15 лет	-1,83±1,26	0,86±1,18	2,69±0,50	5,4	<0,001
15-16 лет	0,77±1,26	0,82±0,83	0,05±0,39	0,13	>0,05

**Примечание:** \*, \*\*, \*\*\* – статистически значимые различия между подростками 14-15 и 15-16 лет при  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  и  $p < 0,001$  соответственно.

Показатели становой динамометрии широко используются для определения силовых возможностей школьников, при этом наиболее важным параметром, характеризующим их возрастные изменения, является относительная сила. Полученные результаты свидетельствуют о том, что развитие силы за учебный год у мальчиков 15-16 лет значительно улучшилось (см. табл. 1). Различия между мальчиками 14-15 и 15-16 лет, как в начале, так и в конце учебного года носили статистически существенный характер ( $p < 0,01-0,001$ ).

Анализ изменений общей выносливости показал, что к концу учебного года происходило её существенное увеличение. За этот период времени значимо ( $p < 0,001$ ) возросло расстояние, пробегаемое мальчиками-подростками за 6 минут (см. табл.). Сопоставление средних величин рассматриваемого показателя у школьников 15-16 и 14-15 лет выявило значимые ( $p < 0,05-0,01$ ) межгрупповые различия в уровне развития общей выносливости как в начале, так и в конце учебного года.

Развитие силовой выносливости оценивалось посредством выполнения теста «поднимание туловища». Результаты тестирования показали отсутствие статистически существенных сдвигов этого показателя у подростков 15-16 лет в течение учебного года (см. табл.). Различия между мальчиками 14-15 и 15-16 лет в уровне общей выносливости, как в начале, так и в конце учебного года были статистически значимыми ( $p < 0,05-0,001$ ).

Анализируя динамику развития гибкости, следует отметить, что к окончанию учебного года она не изменилась по сравнению с исходным уровнем (см. табл.). Различия между мальчиками 15-16 и 14-15 лет, как в начале, так и в конце учебного года носили статистически незначимый характер.

Анализ изменений рассматриваемых показателей двигательной подготовленности в течение учебного года свидетельствует о существенном повышении уровня развития скоростных, силовых, скоростно-силовых способностей и общей выносливости у мальчиков-подростков 15-16 лет, тогда как уровень развития гибкости и силовой выносливости остался у них практически без изменений. Отсутствие значимых сдвигов в уровне развития силовой выносливости, оцениваемой по результатам выполнения теста «поднимание туловища», и гибкости, оцениваемой на основе результатов выполнения наклона вперед, может указывать на то, что развитию данных двигательных способностей в этом возрасте уделяется недостаточно внимания.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Анализ изменений рассматриваемых показателей двигательной подготовленности в течение учебного года свидетельствует о существенном повышении уровня развития скоростных, силовых, скоростно-силовых способностей и общей выносливости у мальчиков-подростков 15-16 лет.

Полученные результаты позволяют утверждать, что по уровню развития силовых и скоростно-силовых способностей, общей и силовой выносливости подростки 15-16 лет значимо отличаются от мальчиков 14-15 как в начале, так и в конце учебного года. В то же время между ними не обнаружено различий по уровню развития гибкости и скоростных способностей.

Материалы исследования могут найти применение при разработке пригодных возрастных норм двигательной подготовленности современных подростков. Они также могут быть использованы для выявления «вековой тенденции» изменений двигательной подготовленности мальчиков 13-14 и 15-16 лет.

В заключение необходимо отметить, что в дальнейшем предполагается провести анализ результатов лонгитудинального исследования возрастной динамики двигательной подготовленности подростков.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гужаловский А.А. Проблема «критических» периодов онтогенеза в ее значении для теории и практики физического воспитания// Очерки по теории физической культуры. – М.: Физкультура и спорт, 1984. – С. 219.
2. Левушкин С.П. Сенситивные периоды в развитии физических качеств школьников 7-17 лет с разными типами телосложения //Физическая культура, воспитание, образование, тренировка. – 2006. – № 6. – С. 1-5.
3. Лях В.И. Двигательные способности школьников: основы теории и методики развития. – М.: Терра–спорт, 2000. – 192 с.
4. Никитюк Б.А. Основные закономерности роста и развития // Морфология человека. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – С. 36-37.
5. Солодков А.С., Сологуб Е.Б. Физиологические механизмы и закономерности развития физических качеств // Физиология человека. – М.: Олимпия-пресс, 2005. – С. 266-278.
6. Сонькин В.Д., Тамбовцева Р.В. Развитие мышечной энергетики и работоспособности в онтогенезе. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 368 с.
7. Сухарев А.Г. Шесть закономерностей роста и развития детского организма. – М.: МИОО, 2008. – 64 с.
8. Global Recommendations on Physical activity for Health. – Geneva, World Health Organization, 2010. – 60 p.
9. Kenney W.L., Wilmore J., Costill D. Physiology of Sport and Exercise. – Published by Champaign, IL; Human Kinetics, 2015. – 640 p.
10. Physical Activity and Public Health. A Recommendation From the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine // JAMA. – 1995. – Vol. 273, № 5. – P. 402-407.

## REFERENCES

1. Guzhalovskij A.A. Problema «kriticheskikh» periodov ontogeneza v ee znachenii dlja teorii i praktiki fizicheskogo vospitanija (The problem of "critical" periods of ontogeny in its meaning for the theory and practice of physical education)// Oчерки po teorii fizicheskoi kul'tury. – Moscow: Fizkul'tura i sport, 1984. – S. 219. in Russian
2. Levushkin S.P. Sensitivnye periody v razvitii fizicheskikh kachestv shkol'nikov 7-17 let s raznymi tipami teloslozhenija (Sensitive periods in the development of the physical qualities of schoolchildren of 7-17 years old with different types of physique)//Fizicheskaja kul'tura, vospitanie, obrazovanie, trenirovka. 2006. – №6. –S. 1-5. in Russian

3. Ljah V.I. Dvigatel'nye sposobnosti shkol'nikov: osnovy teorii i metodiki razvitiya (The motor abilities of schoolchildren: the fundamentals of theory and methods of development). – Moscow: Terra–sport, 2000. – 192 s. in Russian

4. Nikityuk B.A. Osnovnye zakonomernosti rosta i razvitiya (Basic patterns of growth and development)// Morfologiya cheloveka. – Moscow: Izd-vo MGU, 1990. – S. 36-37. in Russian

5. Solodkov A.S., Sologub E.B. Fiziologicheskie mekhanizmy i zakonomernosti razvitiya fizicheskikh kachestv (Physiological mechanisms and patterns of development of physical qualities)/ Fiziologiya cheloveka. – Moscow: Olimpiya-press, 2005. S. 266-278. in Russian

6. Son'kin V.D., Tambovceva R.V. Razvitie myshechnoj jenergetiki i rabotosposobnosti v ontogeneze (Development of muscular energy and working capacity in ontogenesis). – Moscow: Knizhnyj dom «LIBROKOM», 2011. – 368 s. in Russian

7. Suharev A.G. Shest' zakonomernostej rosta i razvitiya detskogo organizma (Six patterns of growth and development of the child's body). – Moscow: MIOO, 2008. – 64 s. in Russian

## ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ШКОЛЬНИКОВ 15-16 ЛЕТ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДВИГАТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ

И.А. Криволапчук<sup>1\*</sup>, М.Б. Чернова\*, Е.В. Савушкина\*\*

\*ФГБНУ «Институт возрастной физиологии

Российской академии образования», Россия, Москва

\*\*УО «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы»,  
Беларусь, Гродно

В ходе исследования установлено, что выносливые школьники 15-16 лет характеризуются низкой активированностью в состоянии спокойного бодрствования, сдвигом вегетативного баланса в сторону преобладания тонуса парасимпатического отдела ВНС, высокой физиологической сопротивляемостью стрессу и низкой степенью фрустрированности потребности в достижении успеха. Когнитивные нагрузки, реализуемые в режиме оптимального и максимального темпа работы, вызывают у выносливых подростков менее выраженные изменения вегетативных показателей ФС по сравнению со школьниками, имеющими недостаточную физическую подготовленность. Подростки, с высоким уровнем развития скоростно-силовых способностей и силы, характеризуются повышенными значениями основных параметров артериального давления крови на фоне сниженной продуктивности познавательной деятельности. Вместе с тем последняя группа подростков, также как и выносливые школьники, отличается высокой физиологической сопротивляемостью стрессу.

**Ключевые слова:** когнитивные нагрузки, функциональное состояние, общая и силовая выносливость, силовые и скоростно-силовые способности, физиологическая сопротивляемость стрессу.

**Functional conditions of 15-16-year-old school children depending on the motor fitness.** The study found that 15-16-year-old schoolchildren with high endurance are characterized by low activation in the state of calm wakefulness, by a shift in vegetative balance towards the prevalence of the parasympathetic ANS tone, high physiological resistance to stress and a low frustration level success achievement. Cognitive loads, implemented at optimal and maximum rates, cause less pronounced changes in FS vegetative indicators in adolescents with high physical endurance in comparison with those having insufficient physical fitness. Adolescents with a high level of strength and speed-power abilities are characterized by higher arterial blood pressure accompanied by lower cognitive productivity. At the same time, the latter, as well as former, are characterized by high physiological resistance to stress.

**Key words:** cognitive loads, functional state, general and strength endurance, strength and speed-strength abilities, physiological resistance

Развитие новых технологий улучшения функционального состояния (ФС) организма в условиях современной информационно-образовательной среды имеет большое значение для укрепления здоровья школьников и повышения

---

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

эффективности обучения. Проблема нормализации ФС школьников, несмотря на её теоретическое и практическое значение, является недостаточно изученной [6; 13; 14, 15].

Влияние комплекса факторов школьной среды на ФС школьников – подростков опосредуется, как известно, психологическими и физиологическими особенностями организма [2; 4; 9; 11; 16]. К последним, в частности, относятся и особенности двигательной подготовленности. Анализ результатов небольшого количества исследований, выполненных в последние годы в нашей стране и за рубежом, показал, что уровень двигательной подготовленности и физической работоспособности в значительной степени определяет ФС человека при действии на него напряженных когнитивных нагрузок и психосоциальных стрессоров [3; 23; 24; 27; 28; 31]. Необходимо отметить, что большинство этих работ посвящено обследованию взрослых, тогда как практически отсутствуют комплексные исследования, выполненные на контингенте детей подросткового возраста.

Целью настоящей работы явилось исследование особенностей ФС подростков 15-16 лет с высоким и низким уровнем развития кондиционных двигательных способностей, проявляющихся при напряженной когнитивной нагрузке.

## ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводилось в соответствии с принципами Хельсинской декларации. В нём приняли участие практически здоровые подростки 15-16 лет (n=135).

Для оценки степени напряженности регуляторных систем использовали математический анализ сердечного ритма [17]. Определяли частоту сердечных сокращений (ЧСС), среднюю продолжительность R-R интервала (RRNN), моду (Mo), амплитуду моды (AMo), разброс кардиоинтервалов (MxDMn), среднеквадратическое отклонение (SDNN), стресс-индекс (SI).

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

Моделью когнитивной нагрузки служила работа с буквенными таблицами. Обследование осуществлялось в состоянии покоя, при работе в режимах «автотемп» и «максимальный темп». По результатам выполнения тестового задания определяли количество просмотренных знаков (А) и коэффициент продуктивности (Q). Умственная работоспособность оценивалась также в условиях школы до (Адо, Qдо) и после (Апосле, Qпосле) уроков в среду [1].

Эффективность деятельности оценивали на основании соотношения результативности работы с величиной вегетативных сдвигов при её выполнении. Для этого определяли такие показатели как Q/ЧСС, Q/SI, Q/ДП, А/ЧСС, А/SI, А/ДП. Перед выполнением каждой нагрузки у испытуемых с помощью варианта 8-цветового теста Люшера определяли уровень ситуативной тревожности (СТ) [12].

Личностную тревожность определяли посредством опросника Филлипса [10]. По результатам тестирования оценивались 8 синдромов тревожности: 1) общая тревожность; 2) переживание социального стресса; 3) фрустрация потребности в

достижении успеха; 4) страх самовыражения; 5) страх ситуации проверки знаний; 6) страх несоответствия ожиданиям окружающих; 7) низкая физиологическая сопротивляемость стрессу; 8) проблемы и страхи в отношениях с учителями.

Для измерения двигательной подготовленности применяли комплекс моторных тестов, включающий бег 20 метров с хода, прыжок в длину с места, челночный бег 4x9 м, шестиминутный бег, поднимание туловища из положения «лёжа на спине» за 1 минуту.

Математическая обработка данных осуществлялась с использованием стандартной программы в пакете Statistica. В процессе статистической обработки результатов исследования рассчитывались: средняя арифметическая, ошибка средней арифметической, среднее квадратическое отклонение, коэффициенты асимметрии и эксцесса. Значимость различий определялась посредством применения параметрических и непараметрических критериев.

В ходе статистической обработки полученных данных с помощью перцентильной шкалы была осуществлена градация всей выборки испытуемых по трем уровням развития двигательных способностей. Для этой цели применялась стандартная Z-шкала. Величины, лежащие в пределах  $M \pm 0,67\sigma$ , соответствовали среднему уровню. Результаты, имеющие более значительные отклонения от средней в сторону увеличения или уменьшения, относились к высокому и низкому уровням (табл. 1).

Таблица 1

Оценка двигательной подготовленности подростков 15-16 лет

Показатель	Уровень		
	низкий	средний	высокий
Бег 20 м с хода, с	< 2,54	2,54–2,90	2,90 >
Прыжок в длину с места, см	< 199,9	199,9–224,7	224,7 >
Становая динамометрия, кг/кг	< 1,85	1,85–2,34	2,34 >
Шестиминутный бег, м	< 1223,1	1223,1–1429,7	1429,7 >
Поднимание туловища, раз	< 46,3	46,3–55,9	55,9 >

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования (табл. 2, 3) указывают на то, что у подростков 15-16 лет средние значения большинства из рассматриваемых физиологических, психологических и поведенческих показателей ФС в условиях покоя соответствуют установленным возрастным нормам [10; 16; 17 и др.].

В ходе дальнейшей работы анализировалась динамика ФС в условиях когнитивной нагрузки. Изучение различных показателей ФС подростков 15-16 лет в процессе реализации нагрузки в режиме оптимального и максимального темпа, показало, что тестовые задания вызывают повышение уровня общей активации ЦНС и нарастание напряжения системы регуляции физиологических функций. При выполнении когнитивной нагрузки с комфортной скоростью наблюдалось значимое ( $p < 0,05-0,001$ ) увеличение СД, ДД, САД, ЧСС, ДП, АМо, SI и уменьшение ( $p < 0,05-0,001$ ) RRNN, Мо, MxDMn, SDNN (см. табл. 2). Сходные,



однако, более выраженные изменения ФС происходили при реализации когнитивной нагрузки с максимальной скоростью.

Таблица 2

*Изменение показателей ФС под влиянием когнитивной нагрузки у детей 15-16 лет*

Показатель	Фон	Автотемп		Максимальный темп	
	M±m	M±m	d±m	M±m	d±m
СД, мм рт. ст.	121,3±0,9	124,6±1,1	3,3±1,1**	129,4±0,9	8,1±0,9***
ДД, мм рт. ст.	74,8±0,8	77,1±0,9	2,3±1,0*	82,8±0,9	8,0±0,8***
САД, мм рт. ст.	98,9±0,8	101,4±0,8	2,5±0,8**	107,4±0,8	8,5±0,8***
ЧСС, уд/мин	77,1±1,1	79,8±1,2	2,7±0,9**	87,5±1,2	10,4±1,0***
ДП, отн.ед.	95,2±1,5	102,3±1,6	7,1±1,9***	112,3±1,7	17,1±1,7***
RRNN, мс	824,4±17,5	791,6±15,7	-32,8±12,0**	728,8±14,6	-95,6±13,3***
Мо, мс	809,0±16,3	779,5±14,3	-29,5±12,5*	711,2±16,5	-97,8±13,8***
АМо50, %/50 мс	37,4±1,5	41,4±1,2	4,0±1,2**	47,2±1,4	9,8±1,2***
МхDMn, мс	297,5±12,8	237,5±13,6	-60,0±10,7***	220,9±12,0	-76,6±11,8***
SDNN, мс	59,2±2,6	55,8±2,5	-3,4±1,6*	47,1±2,5	-12,1±2,0***
SI, отн.ед.	109,1±14,7	140,8±17,1	31,7±11,3**	210,7±20,4	101,6±22,1***
СТ, баллы	1,73±0,26	1,89±0,24	0,16±0,18	1,96±0,21	0,23±0,14
А, кол-во зн.		251,2±8,5		275,8±9,5	24,6±7,7**
Q, отн.ед.		16,6±1,5		12,4±1,7	-4,2±1,5**

*Примечание:* \*, \*\*, \*\*\* – статистически значимые сдвиги при  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  и  $p < 0,001$  соответственно.

Таблица 3

*Показатели личностной тревожности по тесту Филлипса у детей 15-16 лет*

Синдромы тревожности		M±m
1	Общая тревожность	34,32±1,93
2	Переживание социального стресса	40,09±2,26
3	Фрустрация потребности в достижении успеха	31,16±2,60
4	Страх самовыражения	52,65±3,78
5	Страх ситуации проверки знаний	49,51±3,31
6	Страх несоответствия ожиданиям окружающих	54,76±3,89
7	Низкая физиологическая сопротивляемость стрессу	16,85±2,65
8	Проблемы и страхи в отношениях с учителями	48,13±2,27

Отмечались существенные ( $p < 0,01-0,001$ ) сдвиги СД, ДД, САД, ЧСС, ДП, АМо, SI, RRNN, Мо, МхDMn, SDNN (см. табл. 2). Наряду с этими изменениями происходило увеличение количества просмотренных знаков ( $p < 0,01$ ) и уменьшение коэффициента продуктивности ( $p < 0,001$ ) по сравнению с работой в комфортном темпе.

В ходе дальнейшего анализа полученных результатов установлено, что у подростков 15-16 лет особенности ФС в условиях покоя и при когнитивной нагрузке определяются уровнем развития общей и силовой выносливости, силовых и скоростно-силовых способностей (табл. 4). Соотнесение показателей ФС со степенью развития двигательных способностей позволило выявить отличия между испытуемыми с различной двигательной подготовленностью.

Таблица 4

*Значимые различия показателей ФС у подростков 15-16 лет с высоким и низким уровнями двигательной подготовленности*

Критерий	Показатели		
	Фон	Автотемп	Максимальный темп
Шестиминутный бег	ЧСС, RRNN, низкая физиологическая сопротивляемость стрессу (тест Филлипса), фрустрация потребности в достижении успеха (тест Филлипса).	ЧСС, RRNN, ДП	ЧСС, RRNN, MxDMn,
Становая динамометрия	СД, САД, низкая физиологическая сопротивляемость стрессу (тест Филлипса).	СД, САД	СД, САД
Прыжок в длину	Q после уроков, А после уроков	Q, САД	ДД, САД
Поднимание туловища	Qдо уроков, СД, САД,	СД, САД, ДД	СД, САД,

**Примечание:** представлены межгрупповые различия при  $p < 0,05-0,001$ .

У подростков, характеризующихся высокой и низкой общей выносливостью, в условиях покоя выявлены различия ( $p < 0,05-0,001$ ) в отношении ЧСС, RRNN, а также таких синдромов тревожности по тесту Филлипса как «низкая физиологическая сопротивляемость стрессу» и «фрустрация потребности в достижении успеха» (см. табл. 4). При работе в режиме автотемпа значимые ( $p < 0,05-0,001$ ) отличия обнаружены в отношении ЧСС, RRNN, ДП, а при выполнении когнитивного задания в максимальном темпе они касались – ЧСС, RRNN, MxDMn. Необходимо подчеркнуть, что подготовленные школьники отличались менее выраженными изменениями рассматриваемых вегетативных показателей.

Подростки с высоким уровнем развития силовой выносливости по сравнению со школьниками с недостаточной подготовленностью характеризовались лучшей продуктивностью когнитивной деятельности до уроков (Qдо) и более низкими величинами СД и САД ( $p < 0,05-0,001$ ) в состоянии покоя. При работе в режиме автотемпа межгрупповые различия ( $p < 0,05-0,001$ ) обнаружены в отношении СД, ДД, САД, а при реализации когнитивной нагрузки с максимальной скоростью – СД и САД (см. табл. 4). Важно отметить, что в данном случае подготовленные школьники отличались меньшими величинами рассматриваемых гемодинамических показателей.

При сравнении подростков, различающихся по уровню силовой и скоростно-силовой подготовленности, были получены несколько иные результаты. Так, мальчики с хорошей скоростно-силовой подготовленностью в состоянии покоя характеризовались низкими величинами А и Q до уроков в школе (см. табл.). При выполнении работы в режиме «автотемп» различия ( $p < 0,05-0,001$ ) между испытуемыми с высоким и низким уровнем скоростно-силовых качеств были обнаружены в отношении Q и СД, а при работе с максимальной скоростью – ДД и САД (см. табл. 4).

Сходные различия выявлены в отношении влияния уровня развития силовых способностей на ФС школьников. Установлено, что подростки с высоким уровнем развития силы по сравнению со школьниками с недостаточной силовой подготовленностью, отличались более высокими значениями СД и САД ( $p < 0,05-0,001$ ) во всех рассматриваемых экспериментальных ситуациях, а также высокими оценками по шкале теста Филлипса «низкая физиологическая сопротивляемость стрессу» (см. табл. 4).

Анализ результатов исследования показал, что степень развития двигательных способностей у подростков 15-16 лет в значительной степени определяет уровень активированности в состоянии покоя и особенности психофизиологических изменений ФС в условиях когнитивных нагрузок. Следует подчеркнуть, что опубликованные работы о связи между аэробными возможностями организма, выносливостью и психофизиологическими изменениями ФС при эмоциональном и информационном стрессе являются весьма немногочисленными и относительно новыми. Имеется ряд исследований, в которых показано, что у лиц с высоким уровнем развития аэробных возможностей и общей выносливости психофизиологические реакции на напряженную когнитивную нагрузку и действие психосоциальных стрессоров менее выражены по сравнению с испытуемыми с низкой двигательной подготовленностью [18; 22; 23; 27; 28; 31; 32 и др.].

Анализ литературы показал, что статьи, посвященные изучению рассматриваемой проблемы в возрастном аспекте, встречаются довольно редко. Однако результаты этих исследований подтверждают представление, что уровень развития аэробных возможностей и общей выносливости, является важным фактором оптимизации физиологических, психологических и поведенческих аспектов ФС детей и подростков в стрессорных условиях и при напряженной когнитивной деятельности [3; 5; 19; 21; 24; 26; 28]. Нормализация психофизиологической реактивности у выносливых детей ассоциируется с повышением мощности и экономичности функционирования стресс-реализующих и стресс-ограничивающих систем организма, при этом важно отметить особую роль парасимпатической системы в повышении стрессоустойчивости выносливых подростков [8; 7; 20; 30]. Наряду с этим физические нагрузки на выносливость повышают пластичность нейронных сетей, регулирующих деятельность симпатической нервной системы, и уменьшают симпатическое возбуждение, снижая активацию нейронов в тех областях мозга, которые ответственны за регуляцию функций системы кровообращения [25].

Выявленное в настоящем исследовании противоположно направленное влияние уровня развития выносливости и скоростно-силовых способностей на ФС подростков при напряженной когнитивной деятельности, определяется различиями в физиологических, биохимических и психологических механизмах, лежащих

в основе их проявления. Наблюдаемые различия обусловлены тем, что проявление скоростно-силовых качеств во многом зависит от способности стресс-реализующих систем к гипермобилизации ресурсов организма и интенсивному их использованию в кратчайший промежуток времени, тогда как проявление общей выносливости, прежде всего, определяется экономичностью функционирования стресс-реализующих систем, и мало зависит от их способности к предельно быстрой мобилизации большого объема энергетических и пластических ресурсов. Именно этим объясняется повышенная активированность в состоянии покоя и избыточно высокий рабочий уровень активации в условиях напряженной когнитивной нагрузки у подростков, характеризующихся высоким уровнем скоростно-силовых способностей.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследования установлено, что ФС школьников 15-16 лет в состоянии покоя и в условиях напряженной когнитивной нагрузки в значительной степени определяется двигательной подготовленностью. Выявлено, что выносливые школьники характеризуются низкой активированностью в состоянии спокойного бодрствования, сдвигом вегетативного баланса в сторону преобладания тонуса парасимпатического отдела ВНС, высокой физиологической сопротивляемостью стрессу, меньшей степенью фрустрированности потребности в достижении успеха.

Когнитивные нагрузки, реализуемые в режиме оптимального и максимального темпа работы, вызывают у выносливых подростков 15-16 лет менее выраженные изменения вегетативных показателей ФС по сравнению со школьниками, имеющими недостаточную физическую подготовленность.

Подростки 15-16 лет, с высоким уровнем развития скоростно-силовых способностей и силы, характеризуются повышенными значениями основных параметров артериального давления крови на фоне сниженной продуктивности познавательной деятельности. Вместе с тем последняя группа подростков, также как и выносливые школьники, отличается высокой физиологической сопротивляемостью стрессу.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антропова М.В. Методические рекомендации по физиолого-гигиеническому изучению учебной нагрузки. – М.: Изд-во АПН СССР, 1984. – 67 с.
2. Данилова Н.Н. Психофизиология. – М.: Аспект Пресс, 2012. – 372 с.
3. Демидов В.А., Мальцев Д.Н., Мавлиев А.А. Влияние повышенной двигательной активности на кардиогемодинамическую устойчивость подростков в условиях напряженной информационной нагрузки // Физиология человека. – 2008. – Т. 38, № 4. – С. 133-140.
4. Дубровинская Н.В., Фарбер Д.А., Безруких М.М. Психофизиология развития: Психофизиологические основы детской валеологии. – М.: Владос, 2000. – 144 с.

5. Криволапчук И.А., Сухецкий В.К., Чернова М.Б. Функциональное состояние подростков при познавательной деятельности в зависимости от уровня аэробной мощности // *Человек. Спорт. Медицина / Human. Sport. Medicine.* – 2018. – Том 18. №3. – С. 16–29.
6. Кучма В.Р., Ткачук Е.А., Тармаева И.Ю. Психофизиологическое состояние детей в условиях информатизации их жизнедеятельности и интенсификации образования // *Гигиена и санитария.* – 2016; 95(12): 1183-1188.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2016-95-12-1183-1188>
7. Медведев В.И. Адаптация человека. – СПб.: Институт мозга РАН, 2003. – 584 с.
8. Меерсон Ф.З., Пшенникова М.Г. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам. – М.: Медицина, 1988. – 256 с.
9. Мачинская Р. И. Управляющие системы мозга // *Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова.* – 2015. – 65(1). – С. 33-60.
10. Микляева А.В., Румянцева П.В. Школьная тревожность: диагностика, профилактика, коррекция. – СПб.: Речь, 2007. – 248 с.
11. Развитие мозга и формирование познавательной деятельности ребенка / Под ред. Д.А. Фарбер, М.М. Безруких. – М.: Изд-во Московского психолого-социального института, 2009. – 432 с.
12. Собчик Л.Н. Метод цветowych выборов – модификация цветowego теста Люшера. – СПб.: Речь, 2006. – 128 с.
13. Степанова М.И. Гигиеническая регламентация использования электронных образовательных ресурсов в современной школе / М.И. Степанова, И.Э. Александрова, З.И. Сазанюк, Б.З. Воронова И.П., Лашнева, Т.В. Шумкова, Н.О. Березина // *Гигиена и санитария.* – 2015. – 94(7). – С. 64-68.
14. Сухарев А.Г. Формирование адаптационных возможностей организма детей и подростков // *Вестник Российской Академии медицинских наук.* 2006. № 8. – С.15-18.
15. Ткачук Е.А., Мыльникова И.В., Ефимова Н.В. Гигиеническая оценка напряженности учебного труда школьников // *Экология человека.* – 2014. – № 6. – С. 20-24.
16. 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.
17. Шлык Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов. – Ижевск: Изд-во Удм. ун-та, 2009. – 259 с.
18. Brook S., Long B. Efficiency of Coping with a Real-Life Stressor: A Multimodal Comparison of Aerobic Fitness // *Psychophysiology.* – 1987. – Vol. 24, № 2. – P. 355–365.
19. Crews D.J., Lochbaum M.R., Landers D.M. Aerobic physical activity effects on psychological well-being in low-income Hispanic children. *Percept Mot Skills.* 2004, vol. 98, no 1, pp. 319–324. DOI: 10.2466/pms.98.1.319-324
20. Everly G., Latin J. *A Clinical Guide to the Treatment of the Human Stress Response.* NY: Springer, 2013. 486 p.
21. Ferrara L.A., Mainenti G., Fasano M.L., Marotta T., Borrelli R., Mancini M. Cardiovascular response to mental stress and to handgrip in children. The role of physical activity // *Jpn Heart J.* – 1991. – Vol. 32(5). – P. 645-654.

22. Forcier K., Stroud L.R., Papandonatos G.D., Hitsman B., Reiches M., Krishnamoorthy J., Niaura R. Links between physical fitness and cardiovascular reactivity and recovery to psychological stressors: A meta-analysis. *Health Psychol.*, 2006, vol. 25, no. 6. pp. 723–739. DOI: 10.1037/0278-6133.25.6.723
23. Hamer M., Steptoe A. Association Between Physical Fitness, Parasympathetic Control, and Proinflammatory Responses to Mental Stress // *Psychosomatic Medicine.* – 2007. – Vol. 69. – P. 660–666.
24. Lambiase M.J., Dorn J., Roemmich J.M. Systolic Blood Pressure Reactivity During Submaximal Exercise and Acute Psychological Stress in Youth // *Am J Hypertens.* – 2013. – Vol. 26, №3. p. 409-415.
25. Mueller, P.J. Physical (in)activity-dependent alterations at the rostral ventrolateral medulla: influence on sympathetic nervous system regulation/ P.J. Mueller// *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* – 2010. – Vol. 298, № 6. – pp. 1468-1474.
26. Ribeiro, M.M., Silva, A.G., Santos, N.S. et al. Diet and exercise training restore blood pressure and vasodilatory responses during physiological maneuvers in obese children // *Circulation.* – 2005. – Vol. 111, № 15. – P. 1915–1923.
27. Rimmel U., Seiler R., Marti B., Wirtz P.H., Ehlert U., Heinrichs M. The level of physical activity affects adrenal and cardio. *Psychoneuroendocrinology*, 2009, vol. 34, no. 2, pp. 190–198. DOI: 10.1016/j.psyneuen.2008.08.023
28. Roemmich J.N., Lambiase M., Salvy S.J., Horvath P.J. Protective effect of interval exercise on psychophysiological stress reactivity in children. *Psychophysiology*, 2009, vol. 46, no. 4. pp. 852. DOI: 10.1111/j.1469-8986.2009.00808.x
29. Shulhan D. H., Scher H., Furedy J. Phasic Reactivity to Psychological Stress as a Function of Aerobic Fitness Level // *Psychophysiology.* – 1986. – Vol. 23, № 5. – P. 562–566.
30. Sothmann M. S. The cross-stressor adaptation hypothesis and exercise training/ *Psychobiology of physical activity/* Eds. E. O. Acevedo & P. Ekkekakis. – Champaign: Human Kinetics Publishers. 2006. – P. 152-154.
31. Spalding T.W., Lyon L.A., Steel D.H. et al. Aerobic exercise training and cardiovascular reactivity to psychological stress in sedentary young normotensive men and women // *Psychophysiology.* – 2004. – Vol. 41, № 4. – P. 552-562.
32. Steptoe A., Kearsley N., Walters N. Cardiovascular activity during mental stress following vigorous exercise in sportsmen and inactive men // *Psychophysiology.* – 1993. – Vol.30, № 3. – P. 245–252.

## REFERENCES

1. Antropova M.V. Metodicheskie rekomendacii po fiziologo-gigienicheskomu izucheniyu uchebnoj nagruzki (Guidelines for the physiological and hygienic study of academic load). Moscow: Izd-vo APN SSSR, 1984. 67 s. in Russian
2. Danilova N.N. Psihofiziologiya (Psychophysiology). – Moscow: Aspekt Press, 2012. – 372 c. in Russian
3. Demidov V.A., Mal'cev D.N., Mavliev A.A. Vliyanie povyshennoj dvigatel'noj aktivnosti na kardiogemodinamicheskuyu ustojchivost' podrostkov v usloviyah napryazhennoj informacionnoj nagruzki (Effect of increased motor activity on the cardiohemodynamic stability of adolescents under conditions of intense information load) // *Human Physiology.* – 2008. – Vol. 38, №4. – S. 133-140. in Russian

4. Dubrovinskaya N.V., Farber D.A., Bezrukih M.M. Psihofiziologiya razvitiya: Psihofiziologicheskie osnovy detskoj valeologii (Developmental Psychophysiology: Psychophysiological Foundations of Pediatric Valeology). – Moscow: VnIAP, 2000. – 144 s. in Russian
5. Krivolapchuk I.A., Suheckij V.K., Chernova M.B. Funkcional'noe sostoyanie podrostkov pri poznavatel'noj deyatel'nosti v zavisimosti ot urovnya aehrobnoj moshchnosti (The functional state of adolescents with cognitive activity, depending on the level of aerobic power) // Human. Sport. Medicine, 2018. Vol. 18. №3. – S. 16–29. in Russian
6. Kuchma V.R., Tkachuk E.A., Tarmaeva I.YU. Psihofiziologicheskoe sostoyanie detej v usloviyah informatizacii ih zhiznedeyatel'nosti i intensivizacii obrazovaniya (Psychophysiological state of children in the conditions of informatization of their vital activity and intensification of education) // Hygiene and sanitation. 2016; 95(12): 1183-1188. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2016-95-12-1183-1188> in Russian
7. Medvedev V.I. Adaptaciya cheloveka (Adaptation of the person). – St.Petersburg: Institut mozga RAN, 2003. – 584 s. in Russian
8. Meerson F.Z., Pshennikova M.G. Adaptaciya k stressornym situacijam i fizicheskim nagruzkam (Adaptation to stress situations and physical activity). – Moscow: Medicina, 1988. – 256 s. in Russian
9. Machinskaya R. I. Upravlyayushchie sistemy mozga (Control Systems of the Brain) // ZHurnal vysshej nervnoj deyatel'nosti im. I.P.Pavlova. 2015. 65(1): 33-60. in Russian
10. Miklyaeva A.V., Rumyanceva P.V. SHkol'naya trevozhnost': diagnostika, profilaktika, korrekciya (School anxiety: diagnosis, prevention, correction). – St.Petersburg: Rech', 2007. –248 s. in Russian
11. Razvitie mozga i formirovanie poznavatel'noj deyatel'nosti rebenka (The development of the brain and the formation of the child's cognitive activity)/ Pod red. D.A. Farber, M.M. Bezrukih. – Moscow: Izd-vo Moskovskogo psihologo-social'nogo instituta, 2009. – 432 s. in Russian
12. Sobchik L.N. Metod cvetovyh vyborov – modifikaciya cvetovogo testa Lyushera (The color choice method is a modification of the Luscher color test). – St.Petersburg: Rech', 2006. – 128 s. in Russian
13. Stepanova M.I., Aleksandrova I.EH., Sazanyuk Z.I., Voronova B.Z., Lashneva I.P., SHumkova T.V., Berezina N.O. Gigienicheskaya reglamentaciya ispol'zovaniya ehlektronnyh obrazovatel'nyh resursov v sovremennoj shkole (Hygienic regulation of the use of electronic educational resources in the modern school) // Hygiene and Sanitation. 2015; 94(7): 64-68. in Russian
14. Suharev A.G. Formirovanie adaptacionnyh vozmozhnostej organizma detej i podrostkov (Formation of the adaptive capacity of the body of children and adolescents) // Vestnik Rossijskoj Akademii medicinskih nauk. 2006. № 8. – S.15-18. in Russian
15. Tkachuk E.A., Myl'nikova I.V., Efimova N.V. Gigienicheskaya ocenka napryazhennosti uchebnogo truda shkol'nikov (Hygienic assessment of the intensity of educational work of schoolchildren) // Human Ecology. 2014, №6. – S. 20-24. in Russian
16. Fiziologiya razvitiya rebenka: Rukovodstvo po vozrastnoj fiziologii (The 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. in Russian

17. Shlyk N.I. Serdechnyj ritm i tip reguljacii u detej, podrostkov i sportsmenov (rate and type of regulation in children, adolescents and athletes). Izhevsk: Izd-vo Udm. un-ta, 2009. 259 s. in Russian



# ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ И СТРУКТУРЫ ПИТАНИЯ ПОДРОСТКОВ-ЮНОШЕЙ И ПОДРОСТКОВ-ДЕВУШЕК 12-15 ЛЕТ

А.Г. Макеева<sup>1</sup>,  
ФГБНУ «Институт возрастной физиологии  
Российской академии образования», Москва

*Проведено исследование особенностей питания подростков разного пола. В исследовании приняли участие 350 школьников 13-14 лет, жители 2 городов России. Были выделены различия в представлениях, связанных с питанием, вкусовых предпочтениях, а также реальном поведении, связанном с питанием, у юношей и девушек. Проведен социо-педагогический анализ результатов исследования и выделен круг проблем, связанных с питанием подростков, которые могут быть решены за счет использования средств обучения и воспитания.*

**Ключевые слова:** подростковый возраст, поведение, питание, социо-педагогический анализ

***Nutrition characteristics in adolescent boys and girls aged 12-15 years old.** The paper presents the study of nutrition characteristics of adolescents of both sexes. The study involved 350 schoolchildren aged 13-14 y.o., residents of 2 Russian cities. The study revealed differences in nutrition, taste preferences, and real nutrition-related behaviours among young men and women. There was held the socio-pedagogical analysis of the research results that helped to identify a range of nutritional problems, which can be solved by the means of education and upbringing of adolescents.*

**Keywords:** adolescence, behaviour, nutrition, socio-pedagogical analysis

Современные исследования убедительно доказывают связь гендерного фактора с различными сторонами жизни человека [1; 2]. Изучение гендерных влияний оказывается важным условием для понимания процессов, происходящих как на уровне социума в целом, так и на уровне личности. В полной мере это относится и к такому социокультурному явлению как здоровый образ жизни, поскольку гендер – определяющий фактор для «структурирования жизненных шансов сохранения здоровья и доступа к материальным и общественным ресурсам, благоприятствующим его поддержке» [2; 8; 9].

При изучении гендерного влияния на те или иные аспекты поведения, связанные со здоровьем, возникает вопрос – являются ли эти различия биологически детерминированными или формируются культурой и окружающей средой. Сегодня очевидно, что для объяснения гендерных различий в стилях поведения, связанного со здоровьем, недостаточно опираться только на биологические различия между полами. Особенности мужских и женских социальных ролей также вносят существенный вклад в формирование стилей поведения [4; 8]. Это имеет важное практическое значение для разработки профилактических интервенций. Если на биологический «фундамент» профилактика повлиять не может (он может лишь учитываться), то социальные составляющие гендерных различий могут быть изменены за счет специально организованного воздействия.

---

Контакты: <sup>1</sup> Макеева А.Г. – E-mail: <Alexandra.Makeeva@ru.nestle.com>

Гендерные различия поведения, связанного со здоровьем, проявляются уже с детского возраста, когда ребенок, наблюдая за взрослыми, усваивает определенные нормы и стандарты «женского» или «мужского» роли. Анализ этих различий оказывается важным условием для разработки эффективных обучающих программ, направленных на формирование у детей здорового образа жизни, в том числе и программ, связанных с культурой питания [3; 5].

## **ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Представлены результаты исследования поведения, связанного с питанием, проведенного среди подростков 13-14 лет. Сбор данных был организован в 2 городах России, всего исследованием было охвачено 350 школьников. Из них 180 девушек и 170 юношей.

Для сбора информации мы использовали два типа анкет.

Первая анкета представляла собой дневник, который подросток должен был заполнять в течение недели, отмечая там основные характеристики своего режима и рациона питания.

Вторая анкета включала вопросы, направленные на изучение общих установок и предпочтений подростков, связанных с питанием, и предполагала однократное заполнение.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Подростки-девушки по сравнению с подростками-юношами демонстрируют не только существенно больший интерес к информации, связанной с разными аспектами питания, но большую осведомленность в вопросах питания.

Так, более 80 % девушек отметили, что они готовы прочитать статью или прослушать передачу, посвященную питанию. Среди юношей интерес к такой информации проявляет только 60 % подростков. Подростки-девушки выбирают большее число пунктов в списке вопросов, которые их интересуют. Среднее число выборов в группе – 7,8, тогда как среди подростков-юношей всего 4,2. Наиболее популярная информация о питании среди девушек связана с влиянием питания на здоровье, состав продуктов, способы приготовления блюд, связь питания и внешнего вида.

Общая осведомленность подростков-девушек в сфере питания также существенно выше. Девушки чаще дают правильные ответы на вопросы анкеты, направленные на выявление их знаний в сфере питания, в сравнении с юношами (85 % и 69 % соответственно).

Важным фактором, влияющим на реальное пищевое поведение индивида, является сфера его вкусовых предпочтений. Она во многом определяет особенности рациона и проявляется в актуальном выборе еды [6; 7]. Для изучения гендерной специфики вкусовых предпочтений у наших респондентов мы предложили им список основных групп пищи. Он включал фрукты, овощи, крупы, мясные и рыбные блюда, молочные продукты, а также снеки. Каждая из перечисленных групп, содержала по 5-10 конкретных примеров продуктов и блюд. Респонденты должны были отметить – какая еда им нравится.

Сфера вкусовых предпочтении в группе юношей несколько шире и разнообразнее в сравнении с девушками (см. табл. 1). Однако эти различия не являются достоверными

Таблица 1

*Особенности вкусовых предпочтений в группах респондентов*

Группы продуктов	Среднее число оценок «нравится» в группе продуктов	
	Подростки-юноши	Подростки-девушки
Фрукты	5	5,1
Молочные продукты	3,3	2,9
Мясо и рыба	5,2	4,7
Каша	2,8	2,6
Овощи	3	2,8
Снэки	4,5	3,9

Существенно ярче гендерные различия в группах наших респондентов проявляются при сравнении их режима питания. Несмотря на то, что среднее количество приемов пищи в группах совпадает – 3,2-3,3, распределение приемов пищи (завтрак дома, завтрак в школе, обед, полдник, ужин) отличается. Подростки-юноши реже завтракают в школе и чаще, в сравнении с девушками, пропускают обед. В группе девушек-подростков несколько чаще отмечается пропуск ужина. При этом в группе девушек реже отмечается поздний ужин (после 20.00). Полдник- наименее популярный прием пищи в обеих группах.

Помимо регулярных приемов пищи в течение дня у подростков есть и перекусы. Они более распространены среди юношей – частота их в среднем составляет 2,7, тогда как в группе девушек – 1,3.

В целом, режим питания подростков-юношей чаще отклоняется от оптимального. Девушки более внимательны к организации своего питания (табл. 2)

Таблица 2

*Особенности организации режима питания у подростков*

Приемы пищи в течении дня	Среднее количество приемов пищи в течении недели	
	Подростки-юноши	Подростки-девушки
Завтрак дома	5,6	6,3
Завтрак в школе	3,7	4,8
Обед	5,4	6,8
Полдник	2,4	2,1
Ужин	5,9	4,9
Поздний ужин	2,6	1,3

Большая часть приемов пищи наших респондентов связана с домом. Однако и школьная столовая играет в питании школьников важную роль. Она не только способствует регулярности питания, но и обеспечивает более здоровый рацион [6,9]. Однако при этом популярность школьного питания среди подростков отличается. Девушки чаще завтракают и обедают в школе, по сравнению с юношами. При этом частота посещения школьного буфета подростками в течение недели для покупки еды для перекуса выше среди юношей.

Помимо питания дома или в школьной столовой подростки осваивают и систему общественного питания. В среднем около 40 % подростков в течение недели хотя бы раз посещали места общественного питания – главным образом, кафе. Средняя частота посещения – 1,2 раза в неделю. Этот показатель практически одинаков как в группе юношей, так и в группе девушек. Как правило, речь идет о кафе быстрого питания. В основном посещение кафе происходит в сопровождении взрослых. Однако 35 % девушек и 46 % юношей отметили, что посещали кафе и самостоятельно.

Большинство наших респондентов имеет опыт покупки продуктов питания в магазине. Более 90 % подростков отметило, что регулярно покупает еду для себя в магазине на карманные деньги, 78 % подростков участвуют в организации семейного питания и покупают продукты по поручению родителей.

Мы попросили наших респондентов указать – какие именно продукты они выбирают в случае покупок «для себя». Чаще всего это снеки (чипсы, сухарики, орешки), сладости (мороженое, конфеты, маршмеллоу и т.д.), сладкие газированные напитки. Менее распространенный вариант покупки – соки, фрукты, молочные продукты – йогурты, творожные десерты. Существенных различий в выборах между группами юношей и девушек нет.

Основное отличие между нашими респондентами, выражается в особенностях поведения во время выбора того или иного варианта еды. Девушки существенно чаще, в сравнении с юношами, уделяют внимание составу продукта и сроку его годности. Более 28 % девушек и только 13 % юношей отметили, что ищут такую информацию на упаковке.

Для того, чтобы выявить отличия в рационе питания наших респондентов был использован специальный дневник. Он включал список базовых продуктов, составляющих основу ежедневного здорового рациона (свежие овощи, фрукты, молочные продукты, мясные и рыбные блюда, каши и хлопья и т.д.), так и продукты, относящиеся к категории junk-food. В течение недели каждый день респонденты должны были отмечать в списке те продукты и блюда, которые они ели на завтрак, обед, полдник или ужин.

Оказалось, что рацион питания в группе девочек-подростков и мальчиков подростков дает значимые отличия по ряду категорий продуктов. Девушки реже, в сравнении с мальчиками едят мясо и мясные продукты. При этом они и существенно реже используют junk food и сладости. В группе юношей гораздо менее популярны свежие овощи и молочные продукты, фрукты (Табл. 2). В определенной степени эти отличия носят биологический характер – в среднем организм подростка-мальчика тратит в течение дня большее количество калорий, поэтому подростки-юноши предпочитают более калорийную пищу. Однако здесь нельзя не учитывать и социальные влияния – подростки-девушки в большей степени оза-

бочены собственной внешностью и поэтому пытаются контролировать свой рацион.

Таблица 2

*Особенности распространенности различных видов продуктов и блюд среди подростков-девушек и подростков-мальчиков.*

Вид продукта	Юноши (средняя частота употребления в неделю)	Девушки (средняя частота употребления в неделю)
Фрукты	9,8	13
Молочные продукты	7,5	10,2
Свежие овощи	6	10
Мясо	10,2	8
Junk food (чипсы, газированные напитки)	9,1	6,3

## ВЫВОДЫ

1. Гендерные отличия проявляются в разных сферах жизни подростков, в том числе и в поведении, связанном с питанием. Природа этих отличий носит множественный характер. С одной стороны, они обусловлены биологическими особенностями организма у подростков разных полов. С другой стороны, через особенности поведения, связанного с питанием, могут проявляться и особенности социальных стандартов, связанных с полом. Гендерные характеристики необходимо учитывать при разработке профилактических программ, направленных на формирование основ культуры питания.

2. Прежде всего, следует обратить внимание на то, что подростки-девушки демонстрируют больший интерес к вопросам питания, в сравнении с юношами, и, как результат – больше знают о питании. Внимание и интерес подростков-девушек к питанию проявляется и в их реальном поведении. Режим и рацион питания девушек носит более правильный характер. Необходимы дополнительные мотивационные факторы, побуждающие подростков-юношей внимательней относиться к собственному питанию.

3. С возрастом увеличивается самостоятельность подростков при организации своего питания. 13-14 летние школьники посещают места общественного питания, покупают еду в магазине. В связи с этим важное значение приобретает формирование навыков выбора продуктов, умение выбрать более полезный, определить его состав и другие свойства с помощью упаковки. В этом случае подростки-юноши также остаются в фокусе внимания, так как в повседневной жизни реже придают значение этим факторам при выборе еды.

4. В подростковой среде все большую популярность приобретают активности, связанные с приготовлением пищи. Это характерно как для подростков-юношей, так и для подростков-девушек. Стандартные социокультурные представления о кулинарии как «женской активности» устаревают. Интерес к кулинарии может стать одним из факторов, способствующим формированию у подростков основ культуры питания.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бельмер С.В. Распространение дефицита микронутриентов у детей в России // Вопросы диетологии. – 2015. – Т 5, № 1. – С. 16-20.
2. Громашева О. Организация питания в семье: гендерный аспект // Практики и идентичности: гендерное устройство. Сб. статей. / Под ред. Е. Здравомысловой, В. Пасынковой, А. Темкиной, О. Ткач. – СПб.: Европейский университет в Санкт-Петербурге, 2010. – С. 159-205.
3. Ищенко А.В. Здоровье как ценность и педагогическая практика // Высшее образование в России. – 2006. – № 12. – С. 87-89.
4. Кон И. Гегемонная маскулинность как фактор мужского (не)здоровья // Социология: теория, методы, маркетинг. – 2008. – № 4. – С. 5-7.
5. Макеева А.Г. Научно-методические аспекты формирования основ культуры здоровья у детей и подростков // Вестник московского образования. 2011. №15. С.182-192
6. Макеева А.Г. Особенности организации и структуры питания подростков 12-15 лет // новые исследования. – 2016. – № 4(49). – С. 55-61.
7. Brown, T., & Summerbell, C.A. A systematic review of school-based interventions that focus on dietary intake and physical activity levels to prevent childhood obesity: an update to the obesity guidance produced by the NICE. Obesity Reviews. – 2008. – N 10. – P. 110-141.
8. Bullen, K. Changing Children's Food and Health Concepts: A Challenge for Nutrition Education // Education and Health. – 2004. – № 22 (4). – P.51-55.
9. Sobal J. Men, Meat, and Marriage: Models of Masculinity // Food and Foodways. – 2005. – Vol. 13. № 1–2. March. – P. 135-158.

## REFERENCE

1. Bel'mer S.V. Rasprostranenie deficita mikronutrientov u detej v Rossii // Voprosy dietologii, – 2015, – T. 5, N 1. – S. 16-20.
2. Gromasheva O. Organizaciya pitaniya v sem'e: gendernyj aspekt // Praktiki i identichnosti: gendernoe ustrojstvo. Sb. statej. / Pod red. E. Zdravomyslovoj, V. Pasynkovej, A. Temkinov, O. Tkach. – SPb.: Evropejskij universitet v SanktPeterburge, 2010. – S. 159-205.
3. Ishchenko A.B. Zdorov'e kak cennost' i pedagogicheskaya praktika // Vysshee obrazovanie v Rossii. – 2006. – № 12. – S. 87-89.
4. Kon I. Gegemonnaya maskulinnost' kak faktor muzhskogo (ne)zdrov'ya // Sociologiya: teoriya, metody, marketing. – 2008. – № 4. – S. 5-7.
5. Makeeva A.G. Nauchno-metodicheskie aspekty formirovaniya osnov kultury zdorov'ya u detej i podroستkov // Vestnik moskovskogo obrazovaniya. – 2011. – N 15. – S. 182-192.
6. Makeeva A.G. Osobennosti organizacii i struktury pitaniya podroستkov 12-15 let // Novye issledovaniya. – 2016. – N 4(49). – S. 55-61.

# ФИЗИЧЕСКОЕ ВОСПИТАНИЕ В ШКОЛЕ

## ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПРЫЖКОВ В ДЛИНУ С РАЗБЕГА УЧАЩИХСЯ НАЧАЛЬНОЙ ШКОЛЫ

Сообщение 3: **Обоснование педагогических задач совершенствования кинематической структуры прыжка в длину с разбега учащихся IV классов**

*А.П. Сергеев<sup>1</sup>, С.А. Баранцев, В.А. Головина, В.В. Мельников  
ФГБНУ «Институт возрастной физиологии  
Российской академии образования», Москва*

*Исследовали биомеханические характеристики прыжков в длину с разбега, двигательную подготовленность мальчиков и девочек IV классов. Выявлены значительные различия в кинематической структуре прыжков мальчиков и девочек 9-10 лет. Обоснованы педагогические задачи совершенствования техники прыжков в длину с разбега для учащихся IV классов.*

**Ключевые слова:** кинематическая структура движения, прыжки в длину с разбега, двигательная подготовленность, биомеханический анализ.

***Pedagogical objectives of improving kinematic structure of long jumps from the takeoff in primary school. Report 3: Backgrounds for pedagogical objectives of improving kinematic structure of a long jump from the takeoff in primary school (4<sup>th</sup>-year school students).***

*The article presents the study of biomechanical characteristics of long jumps from the takeoff as well as motor fitness in boys and girls studying in the 4<sup>th</sup> grade. Significant differences in the kinematic structure of jumps in 9-10-year-old boys' and girls' were found. Backgrounds for pedagogical objectives of improving techniques of long jumps from the takeoff in primary school (4<sup>th</sup>-year school students) have been revealed.*

**Keywords:** kinematic structure of movements, long jumps takeoff, motor fitness, biomechanical analysis.

Новизна исследования заключается в новом подходе к обоснованию педагогических задач совершенствования техники ациклических локомоций школьников – прыжков в длину с разбега (ПД).

Цель работы – обоснование педагогических задач совершенствования кинематической структуры прыжков в длину с разбега учащихся IV классов (9-10 лет).

### ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Методы исследования, используемые в эксперименте, описаны в первом сообщении [2].

---

Контакты: <sup>1</sup> Сергеев А.П. – E-mail: <sl\_sergeev@mail.ru>

Результаты исследования обрабатывались методами математической статистики по стандартным программам: определялись средние значения ( $M$ ), квадратические отклонение от них ( $\sigma$ ). При  $n \geq 30$  нормальность распределения результатов исследования оценивалась по коэффициентам асимметрии ( $A_s$ ) и эксцесса ( $E_x$ ), при  $n \leq 29$  – по хи-квадрат критерию. Достоверность отличий определялась по t-критерию Стьюдента, а в случае отсутствия нормального распределения использовался непараметрический критерий Вилкоксона-Манна-Уитни.

Взаимосвязь между изучаемыми показателями определялась при помощи коэффициентов линейной корреляции ( $r$ ). Для изучения нелинейной зависимости проводился расчет корреляционных отношений ( $\eta$ ). Множественный регрессионный анализ использовали для определения влияния на результат прыжков в длину с разбега параметров техники исследуемого движения и показателей двигательной подготовленности.

Организация исследования подробно изложена в первом сообщении.

В данном лонгитудинальном эксперименте приняли участие 24 мальчика и 34 девочки IV классов школы-гимназии №710 г. Москвы. Все испытуемые по состоянию здоровья относились к основной медицинской группе.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ

Техника прыжков в длину с разбега мальчиков и девочек IV классов в начале учебного года значительно отличается. У мальчиков достоверно выше результат прыжков, скорость выполнения исследуемого движения, скорость движения маховой ногой, эффективность отталкивания, скорость движения маховой руки в начале фазы амортизации, больше «стопорящая» постановка ноги на опору, амплитуда движений рук и маховой ноги при выполнении прыжков в длину с разбега, они выше значительно поднимают бедро маховой ноги при завершении отталкивания.

Мальчики IV классов превосходят девочек в быстроте, силовых и скоростно-силовых качествах. У девочек выше гибкость. Отсутствуют отличия в способности дифференцировать движения в пространстве и по степени мышечных усилий.

Корреляционным анализом выявлено, что результат прыжка в длину имеет высокую степень взаимосвязи со скоростью разбега за 5 и 2 метра до места отталкивания (соответственно:  $r = 0,834$  и  $r = 0,669$  - у мальчиков и  $r = 0,825$  и  $= 0,679$  - у девочек;  $p < 0,01$ ). У мальчиков прослеживается нелинейная зависимость результатов прыжков от скорости ОЦМТ в начале и конце фазы амортизации (соответственно:  $\eta = 0,709$  и  $\eta = 0,734$ ;  $p < 0,05$ ), а у девочек – от этого же показателя в момент окончания фазы амортизации ( $r = 0,520$ ;  $p < 0,05$ ) и в конце фазы отталкивания ( $r = 0,712$ ;  $p < 0,01$ ). Следовательно, повышение эффективности ПД связано с повышением скорости разбега и совершенствованием техники перехода от разбега к отталкиванию (мальчики).

Помимо этого, у девочек IV класса результат прыжка взаимосвязан со скоростью коленного сустава маховой ноги во всех фазах отталкивания ( $r = 0,538$ - $0,553$ ).



Кроме того, у школьниц IV класса результат прыжка также взаимосвязан ( $r=0,493-0,674$ ) с углом сгибания толчковой ноги в коленном суставе в изучаемых фазах отталкивания, а у школьников результат прыжка коррелирует с углом сгибания толчковой ноги в коленном суставе в конце фазы амортизации ( $r = 0,603$ ). Следовательно, у мальчиков и девочек IV классов необходимо добиваться уменьшения «подседания» на опорной ноге в фазе амортизации, а также увеличения разгибания опорной ноги в коленном суставе при завершении отталкивания у девочек.

У девочек IV класса также выявлена отрицательная взаимосвязь между результатом ПД и временем опоры ( $r = -0,702$ ;  $p < 0,01$ ).

Большое количество взаимосвязей результата ПД учащихся IV класса с основными кинематическими характеристиками отталкивания свидетельствует о лучшей сформированности структуры изучаемого двигательного действия по сравнению с учащимися более младших классов.

Кроме того, у учащихся IV класса по сравнению с более младшими школьниками увеличилось число достоверных корреляций между характеристиками кинематической структуры ПД и показателями физической подготовленности, свидетельствующих о возросшей зависимости техники прыжка в длину от развития физических качеств.

У мальчиков и девочек выявлена достоверная взаимосвязь результата ПД с показателями прыжка в длину и высоту с места (соответственно:  $r = 0,763$  и  $r = 0,618$  и  $r = 0,666$  и  $r = 0,728$ ), гибкости ( $\eta = 0,624$  и  $\eta = 0,561$ ), а также силы мышц-разгибателей ног у девочек ( $r = 0,553$ ;  $p < 0,05$ ). У мальчиков выявлена зависимость результата ПД от показателей коэффициента  $K_3$  ( $\eta = 0,618$ ). Следовательно, у учащихся IV класса существует относительно более высокая степень зависимости техники прыжка в длину от показателей развития двигательных способностей.

В результате множественного регрессионного анализа установлено соотношение показателей техники прыжка в длину с разбега и двигательных способностей у девочек IV классов, равное 1,0:2,3, а у мальчиков – 1,0:3,7. Следовательно, учащимся IV классов во время занятий нужно делать акцент на совершенствовании необходимых двигательных способностей.

Учитывая вышесказанное, задачами совершенствования компонентов техники прыжков в длину с разбега в IV классе являются:

- увеличение скорости разбега;
- совершенствование техники перехода от разбега к отталкиванию (мальчики);
- совершенствование отталкивания при постепенно повышающейся скорости разбега с акцентом на уменьшение «подседания» на опорной ноге в фазе амортизации, увеличение разгибания толчковой ноги в коленном суставе при завершении отталкивания;
- развитие у учащихся скоростно-силовых способностей и гибкости, а также силы мышц-разгибателей ног - у девочек и способности дифференцировать движения во времени - у мальчиков.

Методики совершенствования компонентов техники прыжков в длину с разбега мальчиков и девочек IV классов представлены в работе С.А. Баранцева [1].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранцев С.А. Возрастная биомеханика основных видов движений школьников: монография. – М.: Советский спорт, 2014. – 304 с.
2. Баранцев С.А., Фролов С.В., Сергеев А.П., Ведринцев А.В., Мельников В.В. Педагогические задачи совершенствования кинематической структуры прыжков в длину с разбега учащихся начальной школы. Сообщение 1: Обоснование педагогических задач совершенствования кинематической структуры прыжков в длину с разбега учащихся II классов // Новые исследования. – 2016. – № 1 (46). – С. 56-62

## REFERENCE

1. Barancev S.A. Vozrastnaya biomekhanika osnovnyh vidov dvizhenij shkol'nikov: monografiya. – Moscow: Sovetskij sport, 2014. – 304 s.
2. Barancev S.A., Frolov S.V., Sergeev A.P., Vedrincev A.V., Mel'nikov V.V. Pedagogicheskie zadachi sovershenstvovaniya kinematcheskoj struktury pryzhkov v dlinu s razbega uchashchihsya nachal'noj shkoly. Soobshchenie 1: Obosnovanie pedagogicheskikh zadach sovershenstvovaniya kinematcheskoj struktury pryzhkov v dlinu s razbega uchashchihsya II klassov // Al'manah «Novye issledovaniya». – 2016. – № 1 (46). – S. 56-62

## 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 20.12.2018.  
Усл. п. л. 7,75. Тираж 500 экз.  
Отпечатано ИП Скороходов В.А.  
111401, г. Москва, ул. 3-я Владимирская, 11-18