





# СОДЕРЖАНИЕ

## ВОЗРАСТНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

ОСОБЕННОСТИ ОКУЛОМОТОРНОЙ АКТИВНОСТИ ПРИ ЧТЕНИИ ТЕКСТОВ С РАЗЛИЧНЫХ УСТРОЙСТВ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ У ДЕТЕЙ 13-14 ЛЕТ Иванов В.В. ....	4
ХАРАКТЕРИСТИКА ПАРАМЕТРОВ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У ДЕТЕЙ 9 – 11 ЛЕТ УРОЖЕНЦЕВ СРЕДНЕГО ПРИОБЬЯ Ишбулатова М.С. ....	11
ИЗМЕНЕНИЕ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА И УРОВНЯ ГОРМОНОВ ПРИ УМСТВЕННОЙ НАГРУЗКЕ У СТАРШИХ ПОДРОСТКОВ Адамовская О.Н., Ермакова И.В., Сельверова Н.Б. ....	19
ОСОБЕННОСТИ ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ, ГОРМОНАЛЬНОГО СТАТУСА, ВЕГЕТАТИВНОЙ НЕРВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА И ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ПОДРОСТКОВ НА IV-V СТАДИИ ПУБЕРТАТА Ермакова И.В., Адамовская О.Н., Сельверова Н.Б. ....	32
ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ РИТМА СЕРДЦА У ГОРОДСКИХ И СЕЛЬСКИХ СТУДЕНТОВ Каташинская Л.И. ....	42
ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АКТИВНОСТИ МЫШЦ У СТУДЕНТОВ ФИЗКУЛЬТУРНОГО ВУЗА, СПЕЦИАЛИЗИРУЮЩИХСЯ В РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ СПОРТА Ланская О.В., Ланская Е.В. ....	50

## ШКОЛА И ЗДОРОВЬЕ

ОЦЕНКА УРОВНЯ СОМАТИЧЕСКОГО ЗДОРОВЬЯ СТУДЕНТОК ПЕРВОГО КУРСА ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ВУЗА Мальцев В.П., Белоусова Н.А. ....	65
АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ШКОЛЬНИКОВ В ДИНАМИКЕ ДЕСЯТИ ЛЕТ ОБУЧЕНИЯ (ЛОНГИТУДИНАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ) Якубовская И. А., Шибкова Д. З., Макунина О. А. ....	72
СОСТОЯНИЕ ПОЛОВОГО И ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ДЕВУШЕК 13– 14 ЛЕТ В УСЛОВИЯХ АЭРОТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ Тулякова О.В., Юрчук-Зуляр О.А. ....	78

# ВОЗРАСТНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

## ОСОБЕННОСТИ ОКУЛОМОТОРНОЙ АКТИВНОСТИ ПРИ ЧТЕНИИ ТЕКСТОВ С РАЗЛИЧНЫХ УСТРОЙСТВ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ У ДЕТЕЙ 13-14 ЛЕТ

В.В. Иванов<sup>1</sup>

ФГБНУ «Институт возрастной физиологии  
Российской академии образования», Москва

*В данном исследовании были проанализированы параметры глазодвигательной активности при чтении с различных типов экранов устройств подростками 13-14 лет. Показаны различия как в продолжительности фиксации и общем времени чтения, обусловленные свойствами матрицы дисплеев. Выявлено влияние эргономических свойств и удобства пользования на общее время исследования. Наибольшая скорость восприятия текста показана при чтении с жидкокристаллического экрана.*

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

*Oculomotor activity in 13-14-year-old children when reading texts on digital devices. The study presents the analysis of parameters of oculomotor activity in 13-14-year-old teenagers while reading on different types of digital devices. It has been shown that differences in the fixations duration and the general reading time depend on the properties of the display matrix. It has been found that ergonomics and device usability also influenced the time factor. The highest speed of text perception was shown while reading from the LCD screen.*

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

Чтение – это сложный когнитивный процесс, достаточно трудоемкий на начальных стадиях процесс становления навыка. Важнейшими компонентами этого процесса являются визуальное восприятие текста и извлечение информации. В настоящее время движения глаз в процессе чтения рассматривается как отражение познавательных процессов, связанных в основном с восприятием текста, его семантическим анализом и переработкой информации, то есть как индикатор когнитивных процессов и состояний человека [1, 3, 15]. На параметрические характеристики движений глаз влияет как мышечная активность окуломоторного аппарата, так и процессы, обеспечивающие реализацию чтения, связанные с различными текстовыми свойствами и переработкой зрительной информации [10, 13, 14, 17]. Особое значение имеет изучение окуломоторной активности при чтении не с бумажного носителя, а с экрана электронного устройства. Исследования [11, 16] показали, что движения глаз при чтении с бумаги и с экрана различаются. Выявлено влияние визуальных характеристик текста (размер шрифта, междустрочный интервал, контрастность букв и т.д.) и опыта работы с электронными носителями. Так, например, более длинные строки на экране увеличивают скорость чтения, но

---

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

уменьшают понимание; более опытные пользователи персональных компьютеров и электронных средств быстрее читают с экрана, а менее опытные – с листа [12].

В тоже время аналогичных исследований влияния параметрических свойств электронных устройств отображения информации на окуломоторную активность при чтении на разных этапах формирования навыка практически не проводилось. Выявление механизмов, стратегий окуломоторной активности при чтении с различных устройств позволят в дальнейшем прогнозировать возникновение возможных трудностей, связанных с восприятием учебного материала.

## ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

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  $0.45^0$  (0.38 см на экране). Минимальная продолжительность фиксации, регистрируемых установкой – 50 мс.

Электронное устройство для чтения или электронная книга — общее название как группы узкоспециализированных компактных планшетных компьютерных устройств, так и планшетных компьютеров, используемых для отображения текстовой информации, представленной в электронном виде. Существуют следующие основные типы дисплеев электронных устройств для чтения: жидкокристаллические (TFT) экраны и экраны на технологии электронных чернил (E-ink).

В отличие от традиционных плоских жидкокристаллических экранов (TFT), в которых используется просвет матрицы для формирования изображения и собственное свечение, электронная бумага (e-ink) формирует изображение в отражённом свете как обычная бумага.

Технические характеристики использованных в данном исследовании электронных устройств:

PocketBook 301 Plus: дисплей – e-ink, диагональ – 6 дюймов, яркость - 37.9 кд/м<sup>2</sup>, контраст - 7.4:1.

Digma iD7: дисплей – TFT, диагональ – 7 дюймов, яркость – 1900 кд/м<sup>2</sup>, контраст – 1400:1.

Для реализации цели исследования установка для регистрации окуломоторной активности была снабжена специально изготовленным держателем, который крепился на экран. В специальную рамку держателя вставлялась электронная книга или планшетный компьютер. Геометрический центр экрана электронного устройства совпадал с центром экрана установки.

Исследование проводилось в образовательных учреждениях г. Москвы. В исследовании приняли участие 10 школьников (средний возраст - 13.4). Исследование проводилось с каждым ребенком в индивидуальном порядке. Испытуемый садился перед регистрирующей аппаратурой, при этом регулировалась высота стула и расстояние до экрана монитора таким образом, чтобы глаза испытуемого

находились в одной плоскости с центром экрана. Расстояние между испытуемым и экраном составляло 50-55 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.)).

Перед исследованием ребенку сообщалось, что на экране электронного устройства будет предъявлен текст, и его задача заключается в том, чтобы прочитать этот текст один раз про себя. Закончив чтение текста, ребенок должен был просигнализировать об этом любым удобным для него способом. После этого предъявлялся следующий текст. Всего предъявлялось 12 слайдов с текстом. Перед основным исследованием с ребенком проводилась тренировка с использованием простого текста, не входившего в материалы исследования.

Средняя продолжительность исследования одного ученика составляла 15-20 минут. Исследование проводили в первой половине дня (с 9 до 13 часов), в период наиболее успешной когнитивной деятельности. Обследование детей проводилось с письменного разрешения родителей.

В данном исследовании использовался текст из учебника физики за 7 класс, раздел «Давление газа». Данная тема испытуемыми учениками еще не изучалась. Значимые морфо- и психолингвистические характеристики текста указаны в таблице 1.

*Таблица 1*

*Значимые морфо- и психолингвистические свойства текста, используемого в исследовании*

	<b>Количество предложений</b>	<b>Количество символов</b>	<b>Среднее количество слов в предложении</b>	<b>Среднее количество букв в слове</b>
	41	3318	13.44	6.02
<b>Среднее количество слогов в слове</b>	<b>Среднее количество букв в слоге</b>	<b>Количество лемм</b>	<b>Отношение кол-ва лемм к кол-ву слов (%)</b>	<b>% абстрактных слов</b>
2.61	2.27	231	41.92	3.81
<b>% сложноподчиненных предложений</b>	<b>% сложных предложений</b>	<b>% кратких прилагательных</b>	<b>% глаголов в личной форме</b>	<b>% местоимений-существительных</b>
17.07	17.07	0.91	11.98	3.27
<b>Коэффициент Колемана-Лиау</b>	<b>(Коэффициент Флеша-Кинкэйда</b>	<b>Коэффициент Флеша, скорректированный для русского языка</b>		
17.44	20.4	16.64		

Общие размеры текста, шрифт символов, межстрочный интервал на обоих электронных устройствах были идентичными.

Обработка количественных показателей осуществлялась при помощи статистического пакета SPSS 13.0 Сравнение показателей осуществлялось с помощью

однофакторного дисперсионного анализа (Univariate General Linear Model). Для предварительного анализа влияния возраста на параметры окуломоторной активности использовался многофакторный дисперсионный анализ (Multivariate GLM). Для проведения многофакторного дисперсионного анализа для каждого ученика была высчитана средняя продолжительность фиксаций по каждому тексту. Для выявления значимости различий параметров глазодвигательной активности между учениками различных групп также использовалось сравнение двух независимых выборок (Independent-Samples T-Test).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе экспериментального исследования параметров окуломоторной активности было выявлено незначительные различия между чтением текста с экрана PocketBook 301 и Digma iD7. Как видно из таблицы 2, при чтении с экрана TFT планшета средняя продолжительность фиксаций ( $p < 0.05$ ) и среднее время чтения текста меньше, чем при чтении с экрана e-ink типа. Амплитуда прогрессивных и регрессивных саккад и, соответственно, количество воспринимаемой информации за единичную фиксацию, не различаются. Уровень производимых регрессов является сходным и составляет в среднем 15-35%.

В тоже время, среднее общее время чтения больше в 1.23 раза ( $p < 0.01$ ) при чтении с электронного устройства, оборудованного e-ink дисплеем (PocketBook 301). Это связано с тем, что скорость смены слайдов с текстовой информацией при использовании технологии электронных чернил гораздо ниже, чем при использовании жидкокристаллического дисплея. Также на данный параметр влияет эргономика процесса перелистывания: для смены слайда на планшете Digma iD7 требуется провести пальцем по сенсорному дисплею. Тогда как для смены слайда на PocketBook 301 требуется нажать соответствующую кнопку, что занимает несколько больше времени.

Таблица 2

*Пространственно-временные показатели окуломоторной активности у подростков 13-14 лет при чтении с различных устройств*

Показатель	Устройство для чтения	
	PocketBook, M±m	Digma iD7, M±m
Средняя продолжительность фиксации (мс)	344.9±16.4	277.6±15.7*
Средняя амплитуда саккад (в символах)	3.1±0.1	3.4±0.1
Средний процент регрессов (%)	14.5±0.8	14.2±0.7
Среднее количество фиксаций на слово	1.31±0.04	1.28±0.03
Среднее время чтения текста (с)	632.5±20.1	595.1±19.3*
Среднее общее время исследования (с)	733.2±26.4	620.7±22.8**

*Примечание: \* –  $p < 0.05$ ; \*\* –  $p < 0.01$*

Вышеописанные различия в параметрах окуломоторной активности может объясняться влиянием характера процесса фигуρο-фонового различения графической информации. При чтении с экрана PocketBook 301, у которого контрастность текста в 3 раза ниже, чем у текста, распечатанного на бумаге (контраст – 21:1), оказывает большее напряжение на зрительный анализатор и, соответственно, на восприятие текста в целом. Активизация процесса опознавания визуальных паттернов наступает при достижении определенного порога чувствительности нейронных ансамблей, ответственных за данный паттерн. Более четкое и контрастное изображение оказывает большее влияние на скорость достижения указанного порога [7]. Не верно подобранные сочетания цвета символов и фона активизируют эффект «дрожания» текста, которое вызывает зрительное напряжение при чтении [5]. Считается, что самый высокий контраст и наиболее высокий уровень зрительного восприятия наблюдается при классическом сочетании черных символов на белом фоне.

Еще одной важной характеристикой используемых в исследовании электронных устройств является яркость экрана. В PocketBook 301 используется технология e-ink, которая не предусматривает собственную светимость дисплея. Это означает, что яркость экрана зависит от яркости освещения и отражающих свойств материала дисплея. Такое свойство данных типов электронных книг сходно со свойством обычной бумаги. Однако, для хорошей бумаги характерна почти в 2 раза большая отражательная способность поверхности (яркость бумаги - 81.9 кд/м<sup>2</sup>, яркость e-ink дисплея PocketBook 301 - 37.9 кд/м<sup>2</sup>). В работе [8] было подтверждено, что условия освещения существенно влияют на функцию контрастной чувствительности, в частности, при различении букв. В 2013 году проведено исследование [9], показавшее, что чтение на LCD-экране вызывает в большей степени усталость глаз, чем устройства с экраном E-ink или бумажные книги.

Данные, полученные в ходе нашего исследования, сходны с полученными группой исследователей в 2012 году [4]. Сравнение удобочитаемости трех различных носителей информации: бумаги, экрана монитора и электронного устройства, использующего e-ink дисплей, у школьников 12-14 лет. Окуломоторная активность при чтении с экрана электронной книги и листа бумаги различается незначительно, однако характер различий (относительное увеличение соотношения количества регрессивных и прогрессивных саккад) свидетельствует о некотором затруднении при чтении с экрана устройства, выполненного по технологии e-ink. Чтение с такого экрана, по сравнению с бумагой, сопровождается повышением медленной активности в ЭЭГ затылочной области коры головного мозга, что говорит о более выраженном утомлении центральной нервной системы. При чтении с экрана электронного устройства у школьников также усиливаются признаки эмоционального напряжения – тета-волны в лобных областях коры. Наибольшее количество саккад было зафиксировано при чтении с экрана компьютера, что свидетельствует как о большей трудности восприятия текста, так и о возможности более выраженного утомления мышц глаза при чтении с этого электронного устройства.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнительный анализ окуломоторной активности у подростков 13-14 лет при чтении текста с различных электронных устройств выявил, что при чтении с экрана PocketBook 301 Plus наблюдается большая продолжительность фиксаций, обусловленная в большей мере такой характеристикой дисплея, как контрастность. Значительно большее общее время исследования при чтении с экрана PocketBook 301 Plus обуславливается как эргономикой электронного устройства, так и свойствами e-ink матрицы, не позволяющей быстро сменять визуальную информацию. Для образовательных целей лучше использовать планшетные компьютеры, использующие жидкокристаллические экраны, чем выполненные по технологии e-ink. Однако, необходимо ограничить время использования таких устройств в связи с их высокой яркостью, негативно влияющей на зрительный анализатор и вызывающий повышенную утомляемость.

***Благодарности.** Автор выражает искреннюю благодарность д. псих. н., профессору В.А. Барабанищикову и к. псих. н., доценту А.А. Демидову за помощь в техническом обеспечении исследования.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барабанищиков, В.А. Окуломоторные структуры восприятия. / В.А. Барабанищиков. – М.: Издательство "Институт психологии РАН", 1997. – 384 с.
2. Баранов, А.А., Кучма, В.Р., Текшева, Л.М. 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. 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.
5. Новикова, Ю.В. Психофизиологические особенности восприятия печатного текста при разных цветовых сочетаниях символов и фона / Ю.В. Новикова // Международный студенческий научный вестник. – 2016. – № 4. – С. 299-301.
6. Тарасов, Д.А. Зрение и чтение: монография / Д.А. Тарасов // Екатеринбург: УрФУ, 2015. – 76 с.
7. Хьюбел, Д. Глаз, мозг и зрение / Д. Хьюбел. – М.: Мир, 1990. – 240 с.
8. Aparicio, J.A. et al. Quantitative and functional influence of surround luminance on the letter contrast sensitivity function / Aparicio J.A., Arranz I., Matesanz B.M., Vizmanos J.G., Padierna L., Gonzalez V.R., Mar S., Menendez J.A., Issolio L. // Ophthalmic and physiological optics. – 2010. – № 30. – P. 188-199.
9. Benedetto, S. et al. E-readers and visual fatigue / S. Benedetto, V. Draai-Zerbib, M. Pedrotti, G. Tissier, T. Vaccino // PLoS One. – 2013. – №8 (12). – Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3873942>, свободный.

10. Calvo, M.G. Eye movements and processing stages in reading: relative contribution of visual., lexical., and contextual factors / M.G. Calvo, E. Meseguer // *The Spanish Journal of Psychology*. – 2002. – Vol. 5, № 1. – P. 66-77.

11. Dillon, A. Reading from paper versus screens: a critical review of the empirical literature / A. Dillon // *Ergonomics*. – 1992. – Vol. 35(10). – P. 1297-1326.

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. Liversedge, S.P. Saccadic eye movements and cognition / S.P. Liversedge, J.M. Findlay // *Trends in Cognitive Sciences*. – 2000. – Vol. 4, № 1. – P. 6-14.

14. Liversedge, S.P. Eye movements when reading disappearing text: is there a gap effect in reading? / S.P. Liversedge, K. Rayner, S.J. White, D. Vergilino-Perez, J.M. Findlay, R.W. Kentridge // *Vision Research*. – 2004. – Vol. 44. – P. 1013-1024.

15. Rayner, K. Eye movements in Reading and Information Processing: 20 Years of Research / K. Rayner // *Psychological Bulletin*. – 1998. – Vol. 124/3. – P. 372-422.

16. Siegenthaler, E., Wurtz, P., Groner, R. 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.

17. White, S.J. Linguistic and nonlinguistic influences on the eyes'landing positions during reading / S.J. White, S.P. Liversedge // *The quarterly journal of experimental psychology*. – 2006. – Vol. 59 (4). – P. 760-782.

# ХАРАКТЕРИСТИКА ПАРАМЕТРОВ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У ДЕТЕЙ 9 – 11 ЛЕТ УРОЖЕНЦЕВ СРЕДНЕГО ПРИОБЬЯ

М.С. Ишбулатова<sup>1</sup>

БУ ВО Ханты – Мансийского автономного округа – Югры  
«Сургутский государственный университет», Россия

Проведено исследование variability сердечного ритма у детей 9 – 11 лет уроженцев Среднего Приобья. С возрастом у младших школьников в регуляции сердечного ритма возрастает роль парасимпатической нервной системы. При спектральном анализе ВРС были отмечены изменения частотных компонентов спектра ВРС, а именно: с возрастом в группах девочек мы наблюдали увеличение мощности сверхнизкочастотного спектра (VLF), как в абсолютных цифрах, так и в процентном отношении.

**Ключевые слова:** адаптация, variability сердечного ритма, дети младшего школьного возраста, уроженцы Среднего Приобья

*Heart rate parameters in 9-11-year-old children from the mid-ob region. The paper presents the study of heart rate variability in 9 -11 year olds from the Middle Ob region. With age, the role of the parasympathetic nervous system in the heart rate regulation in primary school children is increasing. During the spectral analysis of heart rate variability (HRV), the changes in frequency components of HRV spectrum were observed. In particular, with age, in the groups of girls, there was detected the power increase of very low frequency spectrum (VLF), both in absolute numbers and in percentage.*

**Keywords:** adaptation, heart rate variability, primary school children, natives of the Middle Ob.

Современный учебный образовательный процесс своей технологией, объемом информации, построением, спецификой занятий, условиями их проведения предъявляет к учащимся повышенные психофизиологические и физиологические требования, которые, как правило, превышают возрастные ментальные и физические возможности ребенка. Такое несоответствие приводит уже в младшем школьном возрасте к снижению функциональных резервов организма, его компенсаторных и адаптационных возможностей, нарушает своевременность созревания основных систем.

В условиях, в которых находятся современные школьники, необходимо осуществлять глубокий анализ влияния на организм детей педагогических технологий, базирующихся на компьютеризации воспитания и обучения детей. Интенсификация учебного процесса без учета возрастных и индивидуальных физиологических особенностей организма ребенка негативно сказывается на состоянии здоровья школьников [2; 4].

При проживании в условиях Севера необходимо также учитывать воздействие на детский организм климатических факторов (биотропное действие климата), состоящих из влияния отдельных метеоклиматических факторов: температу-

---

Контакты: <sup>1</sup> Ишбулатова М.С. – E-mail: <mari\_ishbu.1976@mail.ru>

ры, циркуляции и влажности воздуха, атмосферного давления и др. Каждый из этих факторов в отдельности может оказывать влияние на различные функциональные системы ребенка. Часто интенсивность биотропного воздействия обусловлена не столько абсолютной величиной метеоэлементов, сколько скоростью их изменчивости – чем выше изменчивость того или иного фактора, тем меньше времени у организма для адаптации, и тем острее его ответная реакция [7].

Одним из индикаторов адаптационных реакций всего организма является оценка его функционального состояния по вариабельности сердечного ритма. Изменение ритма сердца – это универсальная реакция целостного организма в ответ на воздействие внешней среды, отражающая результат многочисленных регуляторных влияний на сердечно – сосудистую систему. Нервная и гуморальная регуляции работы сердца изменяются значительно раньше, чем начинают выявляться энергетические, метаболические и гемодинамические сдвиги [3; 5; 6; 8].

Анализ вариабельности сердечного ритма является методом оценки состояния механизмов регуляции физиологических функций в организме ребенка, в частности, общей активности регуляторных механизмов, нейрогуморальной регуляции сердца, соотношения между симпатическим и парасимпатическим отделами вегетативной нервной системы [3; 5; 6; 8].

С целью выявления особенностей функционального состояния сердечно – сосудистой системы детей 9-11 лет Среднего Приобья, нами было проведено исследование параметров вариабельности сердечного ритма у учащихся младших классов г. Сургута.

## **ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

В исследовании приняли участие учащиеся в возрасте 9 – 11 лет г. Сургута обоего пола, уроженцы Среднего Приобья. Возрастные границы определялись по дате рождения ребенка  $\pm$  6 месяцев.

Нами было исследовано 188 детей, относящихся к I и II группам здоровья. По возрастному составу группа была представлена следующим образом: мальчики 9 лет 30 (15,9 %) человек, девочки 9 лет – 33 (17,5 %) человека, мальчики 10 лет – 30 (15,9 %) человек, девочки 10 лет – 30 (16,4 %) человек, мальчики 11 лет – 34 (17,9 %), девочки 11 лет – 31 (16,4 %) человек. Исследования проводились в первой половине дня на базе различных образовательных учреждений г. Сургута.

Анализ вариабельности сердечного ритма у детей мы проводили с помощью кардиоанализатора «Анкар – 131», производитель фирма «Медиком МТД» (г. Таганрог).

Обязательным условием включения в обследование было наличие добровольного письменного информированного согласия законных представителей ребенка.

Статистическую обработку данных проводили с помощью пакета прикладных программ Statistica 6.0. Результаты представлены в виде средней арифметической (M), ошибки средней арифметической (m). Анализ достоверности различий между группами осуществляли с использованием методов непараметрической статистики (U – тест Манна – Уитни). За критический уровень значимости было принято значение  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Сердечно – сосудистая система является чувствительным индикатором на любые изменения окружающей среды. Нами были исследованы некоторые параметры variability сердечного ритма у младших школьников г. Сургута (табл. 1). Частота сердечных сокращений – один из самых лабильных показателей системы кровообращения. Величина ЧСС зависит от возрастных, половых и индивидуальных особенностей человека. В норме ЧСС в процессе онтогенеза с возрастом урежается, что связано с повышением тонической активности центров блуждающего нерва [1]. По данным, полученным в результате наших исследований, как у мальчиков, так и у девочек данная закономерность соблюдалась.

Одним из важнейших показателей вариационной пульсометрии является мода ( $M_0$ ). В группе мальчиков с возрастом мы наблюдали увеличение моды, что свидетельствует о повышении роли парасимпатических влияний в регуляции сердечно – сосудистой системы и снижении степени влияния симпатического отдела вегетативной нервной системы. В группе девочек данный показатель сначала увеличивался у 10-летних по сравнению с 9-летними, а у 11-летних девочек мы наблюдали статистически незначимое снижение значения моды. При сравнении величины  $M_0$  между мальчиками и девочками мы отмечали, что данный параметр был выше во всех возрастных группах у мальчиков, чем у девочек, однако достоверных отличий мы не получили.

Амплитуда моды ( $AM_0$ ) – число кардиоинтервалов, соответствующих значению (диапазону) моды. Этот показатель отражает стабилизирующий (мобилизующий) эффект централизации управления ритмом сердца. В основном этот эффект обусловлен влиянием симпатического отдела вегетативной нервной системы. Согласно данным Р.М. Баевского с соавт., (2001) значения  $AM_0$  в пределах 31-49 % соответствуют вегетативному равновесию [1]. В наших исследованиях и у мальчиков, и у девочек всех возрастных групп значения  $AM_0$  соответствовали данным значениям.

Показатели вариационного размаха (ВР) и среднего квадратичного отклонения (СКО) с возрастом изменялись как в группах мальчиков, так и в группах девочек. Значение ВР достоверно меньше было у 10-летних мальчиков по сравнению с 9-летними ( $p=0,04$ ), а в группе мальчиков 11 лет данный параметр достоверно возрастал по сравнению с 10-летними детьми ( $p=0,0001$ ). У девочек при сравнении возрастных групп мы наблюдали следующие изменения: показатели ВР и СКО у 9 и 10-летних детей были практически одинаковыми, а в группе 11-летних девочек данные параметры были достоверно выше, чем у девочек 10 лет ( $p=0,0009$ ). С возрастом, как в группах мальчиков, так и в группах девочек возрастало влияние парасимпатической нервной системы, и у 11-летних мальчиков значение ВР соответствовало состоянию выраженной ваготонии, а у 11-летних девочек – умеренной ваготонии.

При проведении анализа изменения индекса вегетативного равновесия (ИВР) и вегетативного показателя ритма (ВПР) нами отмечено, что с возрастом значения данных показателей были нестабильны, т.е. влияние симпатического отдела вегетативной нервной системы на регуляцию сердечного ритма изменялось. Значения показателей ИВР и ВПР у 11-летних мальчиков и девочек были достоверно мень-

ше, чем у 10-летних. Величина параметров ИВР и ВПР у 10-летних детей показывала преобладание влияния в данной возрастной группе, как у мальчиков, так и у девочек симпатической нервной системы, а у 11-летних детей возрастало влияние парасимпатического отдела вегетативной нервной системы.

Таблица 1

*Показатели вариабельности сердечного ритма  
у детей 9 – 11 лет г. Сургута (M±m)*

Показатели вариабельности сер- дечного ритма / ед. измерения	Пол/ возраст (лет)					
	мальчики			девочки		
	9 n= 30	10 n= 30	11 n= 34	9 n= 33	10 n= 30	11 n= 31
ЧСС, (уд/мин)	85,93 ±2,1	82,84 ±2,0	81,61 ±2,2	87,93 ±1,71	86,43 ±2,16	85,74 ±2,07
RR, (мс)	741,67 ±14,4	743,76 ±16,13	747,65 ±15,42	715,48 ±16,95	717,23 ±19,2	738,59 ±15,62
Мода, (Мо, мс)	688,33 ±15,14	728,84 ±19,39	736,76 ±21,32	678,03 ±13,92	703,33 ±19,5	700,80 ±15,7
Амплитуда моды, (Амо, %)	38,0 ±2,8	42,22 ±3,32	34,79 ±1,9	39,12 ±2,11	39,82 ±2,53	35,18 ±1,92
Вариационный размах, (ВР, с)	0,37 ±0,04	0,26 ±0,03*	0,55 ±0,05*	0,32 ±0,03	0,31 ±0,03	0,44 ±0,04*
Стандартное отклоне- ние RR – интервалов, (мс)	77,86 ±8,93	54,14 ±5,87*	93,37 ±10,08*	61,81 ±5,93	61,62 ±6,31	81,35 ±9,2*
Среднеквадратичное различие смежных RR, (RMSSD, мс)	88,63 ±13,48	55,89 ±7,49	111,27 ±14,03*	61,36 ±7,46	63,01 ±9,15	90,55 ±13,56
Индекс напряжения, (ИН, %/с*с)	129,35 ±21,65	191,03 ±42,33	69,78 ±11,25*	144,13 ±20,1	157,32 ±25,07	90,34 ±18,21*
Индекс вегетативного равновесия, (ИВР, %/с)	166,53 ±24,9	254,99 ±49,38	95,37 ±13,69*	184,7 ±23,1	202,86 ±30,1	115,64 ±18,11*
Вегетативный показа- тель ритма, (ВПР, 1/с*с)	5,69 ±0,61	7,44 ±0,93	3,57 ±0,43*	6,47 ±0,61	6,72 ±0,76	4,43 ±0,57*
Показатель адекватно- сти регуляции, (ПАПР, %/с)	57,69 ±5,26	60,63 ±5,93	49,67 ±3,45	59,36 ±3,92	59,69 ±4,68	52,34 ±4,08
Триангулярный ин- декс, (раз)	3,1 ±0,23	2,76 ±0,22	3,22 ±0,21	2,84 ±0,17	2,94 ±0,26	3,13 ±0,18

*Примечание:* \* – достоверные отличия по сравнению с предыдущей возрастной группой  $p < 0,05$ ;

Среднеквадратичное различие смежных RR интервалов (RMSSD) показатель активности парасимпатического звена вегетативной регуляции, он отражает активность автономного контура регуляции. Чем выше значение RMSSD, тем ак-

тивнее звено парасимпатической регуляции. В группе девочек с возрастом мы наблюдали постепенное повышение данного показателя, что говорит об усилении влияния парасимпатической нервной системы на регуляцию сердечного ритма. У мальчиков нами было отмечено снижение данного параметра у 10-летних по сравнению с 9-летними школьниками, а в группе 11-летних значение RMSSD статистически значимо увеличилось ( $p = 0,001$ ). Таким образом, в группе 10-летних мальчиков значительно возросло влияние симпатического отдела нервной системы, однако с возрастом у 11-летних школьников преобладающей системой в регуляции ритма сердца снова становилась парасимпатическая нервная система.

Значения индекса напряжения (ИН) во всех возрастных группах свидетельствовали о состоянии вегетативного равновесия. Нами было отмечено, что показатель ИН достоверно снижался у 11-летних детей обоего пола по сравнению с детьми 10 – летнего возраста ( $p = 0,02$ ). Индекс напряжения отражает степень централизации управления сердечным ритмом. Снижение значения ИН у 11-летних детей обоего пола свидетельствовало о возрастании влияния на регуляцию сердечного ритма парасимпатического отдела нервной системы.

По данным спектрального анализа ВРС обследованные младшие школьники 9-11 летнего возраста характеризуется четко выраженными волнами высокой, низкой и очень низкой частот (табл. 2). При сравнении показателей ВРС между детьми разного пола нами отмечены достоверные отличия мощности сверхнизкочастотного спектра (VLF) в возрастных группах 9-летних детей в абсолютных единицах: у 9-летних мальчиков данный параметр был достоверно выше, чем у девочек этого возраста ( $p = 0,03$ ). Значение VLF характеризует влияние высших вегетативных центров на сердечно-сосудистый подкорковый центр и является надежным маркером степени связи автономных (сегментарных) уровней регуляции кровообращения с сегментарными, в том числе с гипофизарно-гипоталамическим и корковым уровнем. В группе 9 летних девочек мы наблюдали более высокие показатели значения низкочастотного компонента (LF%), чем у мальчиков данного возраста ( $p=0,011$ ). Значение индекса централизации (IC) в группе мальчиков 11 лет был достоверно выше, чем у девочек данного возраста ( $p= 0,031$ ). Данный индекс отражает степень централизации управления ритмом сердца.

При анализе показателей ВРС мы отмечаем ряд возрастных особенностей изменения частотных компонентов спектра ВРС. С возрастом в группах девочек мы наблюдали увеличение мощности сверхнизкочастотного спектра (VLF), как в абсолютных цифрах, так и в процентном отношении. Достоверные отличия нами получены в группах 10 и 11-летних девочек, у 11-летних девочек показатель VLF был достоверно выше, чем у 10 – летних ( $p=0,0004$ ). Это может свидетельствовать об увеличении влияния симпатического отдела вегетативной нервной системы на регуляцию сердечного ритма. Амплитуда VLF тесно связана с психоэмоциональным напряжением и функциональным состоянием коры головного мозга. Показано, что VLF отражает церебральные эрготропные влияния на нижележащие уровни и позволяет судить о функциональном состоянии мозга [1].

Показатели значения низкочастотного компонента (LF %) в группах девочек с возрастом уменьшались. Достоверные различия нами получены в группах 10 и 11– летних девочек ( $p=0,0003$ ).

Таблица 2

*Спектральные показатели variability сердечного ритма  
у детей 9-10 лет г. Сургута (M±m)*

Показатели вариабельности сердечного ритма / ед. измерения	Пол/ возраст (лет)					
	мальчики			Девочки		
	9	10	11	9	10	11
	n= 30	n= 30	n= 34	n= 33	n= 30	n= 31
Спектральная мощность дыхательных волн, (HF, мс <sup>2</sup> )	9822,8 ±2680,2	3477 ±857,82*	11548 ±2902,2*	4341,2 ±1084,5	5143,8 ±1483,9	9310,87 ±3105,65*
Спектральная мощность медленных волн I порядка, (LF, мс <sup>2</sup> )	4360,3 ±894,3	2759,80 ±631,48	6980,82 ±1594,46 *	3826,8 ±824,8	3099,1 ±600,34	4579,58 ±1177,88
Спектральная мощность медленных волн II порядка, (VLF, мс <sup>2</sup> )	1047,3 ±161,9 <sup>Δ</sup>	578,88 ±131,74*	2949,12 ±764,96*	676,2 ±138,2 <sup>Δ</sup>	1079,03 ±258,54	2552,61 ±451,79*
Общая спектральная мощность, (TP, мс <sup>2</sup> )	15212,1 ±3429,2	6815,5 ±1531,5*	20731,02 ±5044,47 *	9365,0 ±1914,0	9314,0 ±2074,25	16443,0 ±4382,46*
% HF	48,8 ±4,0	44,81 ±3,38	45,5 ±2,46	44,87 ±2,95	44,55 ±3,56	43,67 ±2,72
%LF	35,07 ±2,37 <sup>Δ</sup>	43,27 ±2,75*	34,04 ±2,01* <sup>Δ</sup>	45,19 ±2,76 <sup>Δ</sup>	40,24 ±2,92	28,77 ±1,55* <sup>Δ</sup>
%VLF	16,13 ±2,91	11,9 ±1,56	20,45 ±2,36* <sup>Δ</sup>	10,21 ±1,49	15,2 ±2,41	27,53 ±2,67* <sup>Δ</sup>
LF/HF (усл.ед.)	1,05 ±0,15	1,46 ±0,35	0,88 ±0,09*	1,41 ±0,21	1,44 ±0,26	0,90 ±0,19*
Индекс централизации, (IC)	42,71 ±18,7	17,50 ±3,88*	17,95 ±9,57 <sup>Δ</sup>	24,84 ±6,65	9,95 ±1,35*	3,92 ±0,68* <sup>Δ</sup>
Индекс дыхательных волн, (HFnorm, %)	55,92 ±3,43	50,24 ±3,4	56,84 ±2,34	49,64 ±3,11	51,3 ±3,66	59,05±2,56
Индекс медленных волн I порядка, (LFnorm, %)	44,08 ±3,43	49,76 ±3,4	43,15 ±2,34	50,36 ±3,11	48,72 ±3,6	40,94±2,56*

*Примечание: \* достоверные отличия по сравнению с предыдущей возрастной группой  $p < 0,05$ ; <sup>Δ</sup> статистически значимые различия между показателями мальчиков и девочек – одного возраста;  $p < 0,05$*

Индекс централизации (IC) отражает степень преобладания недыхательных составляющих синусовой аритмии над дыхательными. Значение индекса централизации во всех возрастных группах детей обоего пола с возрастом имело тенденцию к уменьшению. У 11-летних девочек данный параметр был достоверно



меньше, чем у девочек в возрасте 10 лет ( $p=0,0001$ ). В группах девочек с возрастом мы наблюдали снижение значения IC с 24,84 усл. ед. у 9-летних до 3,92 у 11-летних. У мальчиков с возрастом снижение IC было менее значительно. Достоверно меньше IC был отмечен нами у 11-летних девочек, чем у мальчиков данной возрастной группы ( $p= 0,032$ ). Таким образом, снижение у школьников с возрастом показателя индекса централизации свидетельствует об усилении влияния центрального контура на сердечный ритм, вегетативная нервная система с функцией управления ритмом сердца не справляется, и ей на помощь приходит сосудодвигательный (вазомоторный) центр и гуморальные механизмы регуляции.

Показатели TP и HF в возрасте 10 лет как в группах мальчиков, так и в группах девочек были достоверно ниже, чем у 9-летних детей, однако в возрасте 11 лет у детей обоего пола данные параметры снова увеличивались.

Соотношение активности различных уровней регуляции оценивали с помощью вагосимпатического индекса (LF/HF). Данный индекс с возрастом увеличивался от 9 лет к 10 годам, как в группах мальчиков, так и в группах девочек, а у 11-летних детей значения вагосимпатического индекса уменьшались, что может свидетельствовать о повышении симпатических влияний на регуляцию сердечного ритма у 10-летних детей обоего пола.

Спектральный анализ ритма сердца интегрально отражает адаптацию организма к воздействию средовых факторов. Основными факторами, оказывающими влияние на организм младших школьников, являются социальные и школьные. Адаптация ребенка к социальным и школьным факторам риска достигается высокой физиологической ценой.

Влияние факторов среды на состояние организма не ограничивается только моментом их воздействия, но сказывается на дальнейшем развитии и формировании организма. Это определяет актуальность изучения физиологических механизмов, которые обеспечивают приспособительный характер развития на каждом этапе онтогенеза в гипокомфортных климатогеографических условиях Тюменского Севера. Высокие психоэмоциональные нагрузки, низкая двигательная активность, напряженный умственный труд, отсутствие полноценного отдыха являются провоцирующими факторами в ухудшении функционального состояния детей, родившихся и проживающих в суровых климатических условиях Севера.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Наращение у младших школьников Среднего Приобья роли симпатической регуляции на сердечный ритм может свидетельствовать об относительном снижении адаптационных возможностей организма ребенка.

Увеличение с возрастом у детей младшего школьного возраста VLF, снижение значения индекса централизации может свидетельствовать об усилении влияния центрального контура (коры головного мозга, подкорковых нервных центров, сердечно – сосудистого центра продолговатого мозга) на регуляцию сердечного ритма, что может быть следствием выраженного психоэмоционального напряжения у школьников.

*Работа выполнена при поддержке гранта регионального конкурса проектов в области фундаментальных исследований, приказ Департамента образования и молодежной политики Ханты-Мансийского автономного округа –Югры от 22.11.2016 № 1724 «О предоставлении в 2016 гранта на реализацию проекта регионального конкурса фундаментальных исследований, утвержденного к финансированию на 2016 год в одностороннем порядке за счет средств Ханты-Мансийского автономного округа – Югры»*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баевский Р.М. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации) / Р.М. Баевский, Г.Г. Иванов, Л.В. Чирейкин, А.П. Гавридушкин, П.Я. Довгалевский, Ю.А. Кукушкин и др. // Вестник аритмологии. – 2001. – № 24. – С. 65-87.
2. Безруких М.М. Сохранение здоровья детей как важное направление развития системы образования // Научные исследования в образовании. – 2011. – № 7. – С. 3 – 10.
3. Криволапчук И.А. Стрессовая реактивность сердечно – сосудистой системы у школьников в период второго детства / И.А. Криволапчук, Г.А. Зайцева, И.И. Криволапчук, А.П. Буслаков, Р.М. Носова, С.А. Бондарева // Новые исследования. – 2014. – № 3 (40). – С. 20-30.
4. Кучма В.Р., Шубочкина Е.И., Сафонкина С.Г., Молдованов В.В. Санитарно – эпидемиологическое благополучие и риски здоровью детей и подростков при обучении в образовательных учреждениях // Анализ риска здоровью. – 2014. – № 1. – С. 65-73.
5. Литовченко О.Г., Собакарь В.Н., Шипилова Г.Н. Функциональное состояние и резервные возможности сердечно-сосудистой системы учащихся Среднего Приобья 7-20 лет // Теория и практика физической культуры. – 2014. – № 6. – С. 90.
6. Томилова Е.А. Индивидуально-типологическая характеристика сердечно – сосудистой системы у детей младшего школьного возраста // Электронный научно – образовательный вестник «Здоровье и образование в XXI веке». – 2011. – № 9 (Т.13). – С. 448-449.
7. Хаснуллин В.И., Хаснуллин П.В. Современные представления о механизмах формирования северного стресса у человека в высоких широтах // Экология человека. – 2012. – № 1. – С. 3-11.
8. Шарапов А.Н., Безобразова В.Н., Догадкина С.Б., Кмить Г.В., Рублева Л.В. Функциональные характеристики кардио–васкулярной системы у младших школьников с различными типами вариабельности сердечного ритма // Новые исследования. – 2015. – № 1(42). – С. 38-49.

# ИЗМЕНЕНИЕ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА И УРОВНЯ ГОРМОНОВ ПРИ УМСТВЕННОЙ НАГРУЗКЕ У СТАРШИХ ПОДРОСТКОВ

О.Н. Адамовская<sup>1</sup>, И.В. Ермакова, Н.Б. Сельверова  
ФГБНУ «Институт возрастной физиологии  
Российской академии образования», Москва

*Проведен анализ изменений показателей сердечно-сосудистой и гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой систем при срочной адаптации к умственной нагрузке у старших подростков на IV-V стадиях полового созревания. Установлено, что характер и выраженность изменений variability ритма сердца и гормонов при выполнении обратного счета в уме зависит от возрастных, половых и, в большей степени, от индивидуальных особенностей. Выявлены два типа реакции: первая - повышение активности симпатической нервной системы без достоверного изменения уровня стресс-гормонов (группа А), вторая - повышение парасимпатической активности и концентрации ДГЭА (группа В).*

**Ключевые слова:** подростки, variability ритма сердца, кортизол, де-гидроэпандростерон, умственная нагрузка, срочная адаптация.

**Change in vegetative regulation of heart rate and level of hormones in senior adolescents involved into mental work.** *The paper presents the analysis of changes in cardiovascular and hypothalamic-pituitary-adrenal systems under urgent adaptation to mental workload in older adolescents at the IV-V stages of puberty. It is established that the nature of changes in hormones and heart rate variability while performing the mental counting backwards depends on the age, sex and, to greater extent, on the individual characteristics. Two types of reaction have been identified: the first is an increase in the activity of the sympathetic nervous system without a significant change in the level of stress hormones (group A), the second is an increase in parasympathetic activity and concentration of DHEA (group B).*

**Keywords:** adolescents, heart rate variability, cortisol, dehydroepiandrosterone, mental workload, urgent adaptation.

Подростковый возраст – один из наиболее сложных этапов развития, характеризующийся существенными биологическими и социально-психологическими изменениями организма и личности ребенка.

Развивающийся организм подростка отличается от взрослого рядом функциональных и адаптационных особенностей, которые могут быть связаны с гормональными перестройками в организме в пубертатный период и незрелостью нейрогуморальной регуляции адаптационных процессов [15]. Несмотря на значительное число исследований, посвященных этим подростковым особенностям [3; 5; 11; 13 и др.], до сих пор не до конца выяснены причины и механизмы, определяющие специфику данного возрастного этапа.

Для уточнения времени и направленности изменений в период полового созревания важнейшее значение имеет комплексное исследование функционального

---

Контакты: <sup>1</sup> Адамовская О.Н. – E-mail: <krysyuk-19@yandex.ru>

состояния сердечно-сосудистой и гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой систем, обеспечивающих адаптацию организма к изменяющимся условиям внутренней и внешней среды на каждой стадии пубертата. Универсальными биологическими маркерами этих систем являются вариабельность сердечного ритма и надпочечниковые гормоны – кортизол и дегидроэпиандростерон [22; 30]. К числу наиболее встречающихся внешних факторов, к которым приспосабливается организм подростка является умственная деятельность, связанная с процессом обучения.

В ранее проведенных нами исследованиях показано, что характер и выраженность изменений вариабельности ритма сердца и уровня кортизола у младших подростков (I-III стадия) при умственной нагрузке зависит от возрастных, половых и, в большей степени, от индивидуальных особенностей: исходного уровня и направленности изменения вегетативного баланса и концентрации кортизола, а также от психоэмоционального статуса [5].

Целью настоящего исследования явилось изучение возрастных, половых, индивидуальных особенностей вегетативного и гормонального обеспечения умственной деятельности у подростков на завершающих этапах пубертата (IV-V стадия).

## ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании приняли участие 93 подростка обоего пола, учащиеся 5-11 классов школ г. Москва, в возрасте 11-18 лет (средний возраст  $14,13 \pm 1,76$  лет). Возраст определяли по дате рождения подростка  $\pm 6$  месяцев. Все подростки, согласно данным медицинских карт, относились к I-II группам здоровья. Исследование проводилось в первой половине дня, в период наибольшей активности физиологических функций. Родители всех детей, принимавших участие в исследовании, дали письменное информированное согласие. Врач-эндокринолог во время медицинского осмотра оценивала по методике J.M. Tanner в модификации Д.В. Колесова, Н.Б. Сельверовой [7] половое развитие подростков, по результатам которого были сформированы группы мальчиков и девочек, относящиеся к IV и V стадиям пубертата. Наполняемость каждой группы с учетом стадии полового созревания и пола составляла не менее 20 человек. С целью анализа вариабельности ритма сердца проводилась регистрация ЭКГ во II стандартном отведении с помощью прибора Поли-Спектр-12 (Иваново, 2002). Запись ЭКГ осуществлялась в положении исследуемого сидя в покое (фон, 5 минут) и при умственной нагрузке (5 минут). Анализ вариабельности сердечного ритма проводился в соответствии с методическими рекомендациями, разработанных группой российских авторов [2] и стандартом Европейского общества кардиологов и Северо-Американского общества электростимуляции и электрофизиологии [27]. Для изучения автономной нервной регуляции сердечного ритма (СР) использовался метод временного и спектрального анализа вариабельности сердечного ритма (ВСР). Показатели временного анализа ВСР: RRNN, мс – средняя длительность интервалов RR; SDNN, мс – стандартное отклонение величин нормальных интервалов RR за рассматриваемый временной отрезок; RMSSD, мс – квадратный корень из суммы квадратов разностей величин последовательных интервалов NN, отражает активность пара-

симпатического звена автономной нервной регуляции. Аналогичную информацию можно получить по показателю рNN50, который выражает в % число разностных значений больше чем 50 мс. CV, % – коэффициент вариации ( $CV=SDNN/RRNN*100\%$ ), по физиологическому смыслу аналогичен показателю SDNN. Показатели спектрального анализа ВСП: HF ( $мс^2$ , п.у., %) – мощность спектра в диапазоне высоких частот (0,15-0,4 Гц), согласно существующим представлениям, парасимпатическая активность является основной составляющей высокочастотной (high frequency – HF) компонента спектра. Вагусная активность является основной составляющей высокочастотного компонента. Это хорошо отражается показателем мощности дыхательных волн CP в абсолютных цифрах и в виде относительной величины (в % от суммарной мощности спектра). LF ( $мс^2$ , п.у., %) – мощность низкочастотного компонента (0,04-0,15 Гц) – характеризует состояние симпатического отдела вегетативной нервной системы. VLF ( $мс^2$ , %) – мощность очень низкочастотных колебаний (0,05-0,015 Гц) – характеризует влияние высших вегетативных центров на сердечно-сосудистый подкорковый центр, отражает состояние нейрогуморального и метаболического уровней регуляции, может использоваться как надежный маркер степени связи автономных (сегментарных) уровней регуляции кровообращения с надсегментарными, в том числе с гипоталамико-гипоталамическим и корковым уровнем. TP ( $мс^2$ ) – общая мощность спектра (полный спектр частот) – определяется как сумма мощностей в диапазонах HF, LF и VLF. По данным спектрального и временного анализа сердечного ритма вычисляются следующие показатели: индекс вагосимпатического взаимодействия LF/HF (усл. ед.) – характеризует баланс симпатических и парасимпатических влияний в автономную регуляцию сердечного ритма; индекс централизации – ИЦ (Index of centralization,  $ИЦ = (HF+LF)/VLF$ ; усл. ед.), отражает степень преобладания составляющих синусовой аритмии над дыхательными; индекс адаптационного потенциала (ИАП) по следующей формуле:  $ИАП=25,892-0,001\cdot TP+0,17204\cdot SDNN+1,408\cdot CV+0,002\cdot HF+0,4\cdot pNN50$ , при значении  $ИАП\leq 25$  единиц фиксируют низкое расходование адаптационных ресурсов, при значении  $50 > ИАП > 25$  единиц фиксируют среднее расходование адаптационных ресурсов, а при  $ИАП\geq 50$  единиц – фиксируют высокое расходование адаптационных ресурсов.

Тест «счёт в уме» применяли как стандартизированный лабораторный стресс-тест, вызывающий измеряемые физиологические изменения [20]. Длительность теста составляла 5 минут, в течение которых испытуемый вычитал из 400 число 13. Если он совершал ошибку или не отвечал, тест повторялся сначала. Для оценки реакции функционального состояния гипоталамо-гипоталамико-надпочечниковой системы (ГНЧС) при умственной деятельности определяли концентрацию кортизола и дегидроэпандростерона (ДГЭА) в слюне в состоянии относительного покоя – фон и сразу после выполнения теста (с интервалом 2-3 мин) – нагрузка; вычисляли соотношение кортизол/ДГЭА. Пробы слюны до проведения анализа хранили в морозильной камере при температуре  $-20^{\circ}C$ . Концентрацию гормонов определяли методом ИФА с помощью стандартных диагностических наборов фирмы DRG International, Inc. на «Stat Fax 2100» анализаторе и выражали в нг/мл и пг/мл, соответственно. Все анализы были сделаны в соответ-

ствии с протоколом наборов, контрольные показатели были в рамках принятых пределов.

Психоэмоциональное состояние подростков определяли по тесту школьной тревожности Филлипса в адаптации А.М. Прихожан и по шкале личностной тревожности Ч.Д. Спилберга в адаптации Ю.Л. Ханина.

Статистическая обработка включала: приближение распределения значений показателей ВСР и кортизола к нормальному с помощью логарифмического преобразования, нахождение тесноты статистической связи между показателями (коэффициент корреляции Пирсона). Статистическая значимость различий оценивалась по t-критерию Стьюдента для независимых и попарно сопряженных выборок при условии нормального распределения, определяемого по значениям асимметрии и эксцесса.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ значений показателей ВСР у испытуемых при выполнении функциональной пробы позволил выявить ряд возрастных и половых особенностей (табл. 1).

Так, у девочек на IV стадии полового созревания после выполнения умственной нагрузки уменьшается мощность очень низкочастотного компонента (VLF,  $\text{мс}^2$ , %) и растет индекс централизации (ИЦ). Выявленные особенности в регуляции сердечного ритма при выполнении функциональной пробы объясняются исходным состоянием сердечно-сосудистой системы: в покое у девочек IV стадии отмечается преобладание симпатических влияний на сердечный ритм и высокая активность центральной регуляции (высокие значения VLF,  $\text{мс}^2$ , %).

У девочек на V стадии по сравнению с IV стадией в покое отмечается оптимизация функционального состояния ССС с усилением адаптационного потенциала организма. Об этом говорят, прежде всего, увеличивающиеся с возрастом значения ИАП,  $\text{TPмс}^2$ , снижение ИЦ и изменение волновой структуры спектра, которая к пятой стадии приобретает вид  $\text{HF} > \text{LF} > \text{VLF}$ , что, видимо, связано, с завершением нейроэндокринных перестроек и стабилизацией в регуляции сердечного ритма. Интенсивный счет в уме у девочек V стадии ведет к уменьшению общей мощности (TP,  $\text{мс}^2$ ) и мощности высокочастотной составляющей спектра (HF,  $\text{мс}^2$ ;  $\text{pNN50\%}$ ) по сравнению с состоянием покоя. Наблюдаемое снижение общей мощности спектра во время устного счета может свидетельствовать об уменьшении суммарных нейрогуморальных влияний на работу сердца в стрессорных условиях, что имеет свой биологический смысл. Полученные данные согласуются с результатами исследований [8; 4; 26], выявивших уменьшение мощности высокочастотного компонента при счете в уме и свидетельствуют о смещении вегетативного баланса в сторону усиления симпатических влияний на сердечный ритм.

Таблица 1

Динамика показателей временного и спектрального анализа вариабельности ритма сердца у подростков на IV-V стадиях полового созревания при выполнении умственной нагрузки ( $M \pm m$ )

<b>IV стадия</b>				
параметры	мальчики (n=25) ср. возраст = 14,3±1,32		девочки (n=23) ср. возраст = 12,4±1,22	
	до нагрузки	после нагрузки	до нагрузки	после нагрузки
<b>TP, мс<sup>2</sup></b>	4457,7±383,1	4820,5±372,4	4580,1±608,5	5017,8±900,5
<b>VLF, мс<sup>2</sup></b>	660,3±92,5	856,0±107,6	1332,6±253,9	771,3±146,0*
<b>LF, мс<sup>2</sup></b>	1319,6±138,5	1763,7±159,5*	1498,9±181,0	2178,2±382,2
<b>HF, мс<sup>2</sup></b>	2477,2±237,5	2210,3±267,5	1748,6±324,4	2067,7±431,2
<b>LF, п.у.</b>	37,7±3,6	47,1±3,9*	56,1±4,2	55,3±3,5
<b>HF, п.у.</b>	62,3±3,6	52,9±3,9*	43,9±4,2	44,7±3,5
<b>LF/HF</b>	0,9±0,1	1,3±0,2*	1,3±0,5	1,2±0,3
<b>VLF, %</b>	15,8±2,4	17,9±1,9	30,7±2,6	16,9±1,3*
<b>LF, %</b>	30,4±2,4	38,3±2,8*	35,4±5,3	45,8±6,5
<b>HF, %</b>	53,6±3,8	43,7±3,7*	34,2±3,8	37,1±3,1
<b>pNN50, %</b>	14,4±2,2	7,7±0,7*	11,9±2,3	9,9±2,3
<b>ИАП</b>	45,2±1,4	42,2±1,3	40,6±1,2	40,8±1,4
<b>ИЦ</b>	1,3±0,4	1,9±0,7	3,6±0,4	2,3±0,2*
<b>V стадия</b>				
параметры	мальчики (n=20) ср. возраст = 16,2±1,04		девочки (n=25) ср. возраст = 14,2±1,32	
	до нагрузки	после нагрузки	до нагрузки	после нагрузки
<b>TP, мс<sup>2</sup></b>	6263,5±575,5**	6559,6±716,7	5605,2±450,0**	4674,7±420,5*
<b>VLF, мс<sup>2</sup></b>	1745,1±334,2**	1405,8±384,2	794,6±99,3	626,4±75,4
<b>LF, мс<sup>2</sup></b>	1763,4±220,7	2252,0±331,7*	1639,0±128,3	1748,1±206,7
<b>HF, мс<sup>2</sup></b>	2754,5±477,3	2601,7±459,4	3179,2±243,3	2502,7±247,5*
<b>LF, п.у.</b>	43,3±3,1	52,8±3,8*	36,4±2,7	42,1±3,2
<b>HF, п.у.</b>	56,7±4,1	47,2±4,4*	63,6±2,7	57,2±3,2
<b>LF/HF</b>	1,2±0,6	1,6±0,7	0,8±0,2	1,0±0,2
<b>VLF, %</b>	27,7±6,9**	20,6±6,5	15,1±2,0	15,0±2,2
<b>LF, %</b>	27,8±1,9	39,6±3,4*	31,3±1,7	34,7±2,4
<b>HF, %</b>	44,6±6,0	39,6±5,7	53,4±3,2	50,3±3,5
<b>pNN50, %</b>	19,2±2,6	13,7±2,0*	14,0±1,9	5,4±0,9*
<b>ИАП</b>	49,0±2,2	46,4±2,0	48,6±1,3**	45,5±2,0
<b>ИЦ</b>	2,8±0,6**	2,9±0,8	2,0±0,2**	2,2±0,3

Примечание: \* – достоверность различий между показателями до и после нагрузки при  $p < 0,05$ ; \*\* – достоверность различий между показателями у подростков на IV и V стадиях пубертата

Более выраженные изменения вегетативного баланса в сторону усиления симпатических влияний на сердечный ритм при выполнении умственной нагрузки отмечаются у всех мальчиков, независимо от стадии пубертата: уменьшаются значения показателей, характеризующих активность парасимпатического отдела ВНС (HF, п.у., HF%; pNN50%) и увеличиваются значения показателей, связанные с симпатическим тонусом (LF, мс<sup>2</sup>, LF п.у., LF %). Усиление активности симпатического отдела вегетативной нервной системы при выполнении интеллектуального теста, отмеченное у всех мальчиков, рассматривается как вариант стресс-ответа [14].

Исходное состояние ГГНС и её реакцию на умственную нагрузку оценивали по концентрации кортизола в слюне. Уровень кортизола (ln) до теста не различался между полами (1,70±0,06 нг/мл у мальчиков и 1,64±0,06 нг/мл у девочек). Достоверные различия фоновой концентрации гормона в зависимости от стадии пубертата удалось обнаружить только у мальчиков (1,61±0,07 – IV стадия и 1,85±0,09 – V стадия; p<0,05).

Умственная нагрузка не вызывала выраженной реакции ГГНС у представителей обоих полов. Также не удалось выявить значимую реакцию кортизола на функциональную пробу с учетом биологического возраста подростков. Однако обнаружили высокую степень сопряженности исходной концентрации гормона с уровнем, измеренным после нагрузки (r=0,86 у мальчиков, r=0,83 у девочек; p<0,01). Кроме того, в группе мальчиков и у подростков обоего пола V стадии пубертата прирост концентрации кортизола в ответ на счёт в уме отрицательно коррелировал с уровнем гормона до теста (r=-0,46 и r=-0,41 при p<0,01, соответственно), что согласуется с законом «исходного уровня» [31], когда интенсивность и направленность реакции зависит от начального уровня функционирования организма.

Также мы определяли концентрацию ДГЭА – многофункционального гормона, который секретируется надпочечниками и в ходе метаболизма превращается в половые стероиды. Известно, что его уровень увеличивается по мере полового созревания [24; 29]. Обладая антиглюкокортикоидным эффектом, ДГЭА препятствует разрушительному действию кортизола, а совместно эти два гормона опосредуют реакцию организма на стресс и обеспечивают физиологические изменения, необходимые для поддержания гомеостаза [19].

Достоверные различия концентрации ДГЭА (ln) в исходном состоянии в зависимости от стадии пубертата удалось обнаружить только у мальчиков (5,09±0,15 пг/мл – IV стадия и 5,68±0,14 пг/мл – V стадия; p<0,05). Его уровень после счета в уме также был выше на V стадии, но различия не были статистически значимыми. У всех подростков вне зависимости от пола и стадии пубертата не отмечалось достоверное изменение концентрации ДГЭА в ответ на умственную нагрузку. Однако удалось выявить тесную связь между фоновым уровнем ДГЭА и его пост-тестовым значением у всех мальчиков и девочек IV-V стадии пубертата (r=0,80-0,96; p<0,01). Известно, что реактивность ГГНС зависит не только от возраста испытуемых, но и от интенсивности и/или длительности стресса [21]. По всей видимости, счёт в уме был недостаточно сильным и кратковременным стимулом для активации надпочечников у старших подростков.



Индивидуальный анализ направленности изменения показателя вегетативного баланса ( $\delta$  LF/HF) до и после умственной нагрузки позволил разделить всех детей на 2 группы: у испытуемых, вошедших в группу А (58,4 % от общего числа испытуемых) – отмечался положительный прирост показателя LF/HF, у подростков группы Б (41,6 % испытуемых) наблюдался отрицательный прирост показателя LF/HF при выполнении функциональной пробы. Отсутствие половых различий внутри групп А и Б позволило объединить мальчиков и девочек в одну группу.

Необходимо отметить, что большую часть группы А (59,8 %) составили мальчики IV и V стадии пубертата (56,3 % и 43,7 % соответственно), по сравнению с девочками (40,2 %, из них 45,5 % – IV стадия и 54,5 % – V стадия), а большую часть группы Б (71,4 %) составили девочки IV и V стадии полового созревания (48,0 % и 52,0 % соответственно), по сравнению с мальчиками (28,6 %, из них 70,0 % – IV стадии, 30,0 % – V стадии). Стоит отметить, что в нашем исследовании девочки отличались от мальчиков большей эмоциональной лабильностью, более высокими уровнями самовосприятия стресса до теста ( $p < 0,01$ ) и личностной тревожности ( $p < 0,01$ ), а также низкой физиологической устойчивостью к стрессу ( $p < 0,001$ ).

В исходном состоянии у испытуемых группы А отмечается высокая активность автономной регуляции сердечного ритма, преобладание парасимпатических воздействий на ритм сердца, а у детей группы Б – вклад симпатических и парасимпатических влияний в общую мощность спектра примерно одинаков (рис. 1). Кроме того, индекс централизации (ИЦ) у подростков группы Б достоверно больше по сравнению с группой А ( $2,9 \pm 0,52$  против  $1,3 \pm 0,2$ ;  $p < 0,05$ ). Выявленные различия вегетативной нервной регуляции сердечного ритма между группами свидетельствуют о том, что в состоянии покоя дети группы А по сравнению с испытуемыми группы Б отличаются более оптимальным состоянием механизмов регуляции сердечной деятельности [1; 15] и большей стрессоустойчивостью [9].

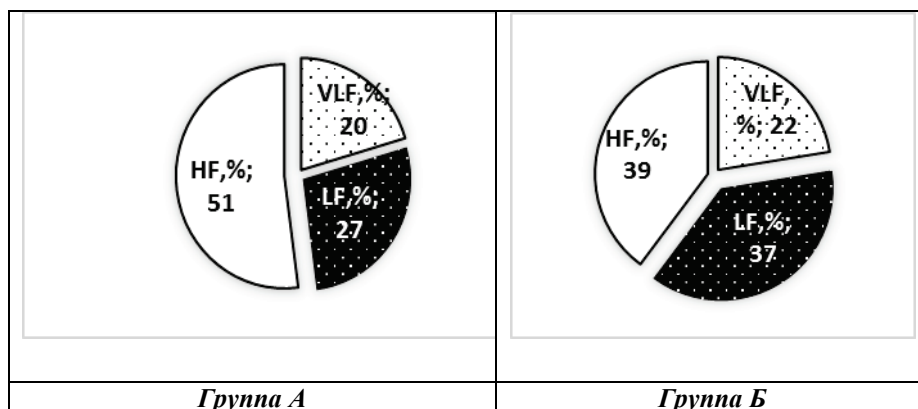


Рис. 1. Структура спектра вариабельности ритма сердца в исходном состоянии у подростков IV-V стадий пубертата с разными типами реакции на умственную нагрузку

Кроме того, изучение функционального состояния ГГНС в исходном состоянии показало, что у подростков группы А отмечается достоверно больший уровень ДГЭА в исходном состоянии по сравнению с испытуемыми группы Б ( $258,7 \pm 27,3$  пг/мл против  $192,9 \pm 23,8$  пг/мл;  $p < 0,05$ ). Достоверно низкое его содержание у подростков группы Б, возможно, свидетельствует о нахождении детей в состоянии «хронического стресса» [6], что подтверждает полученные нами данные о напряжении механизмов регуляции сердечного ритма.

Динамика показателей variability ритма сердца у подростков группы А и Б при выполнении счета в уме представлена на рис. 2.

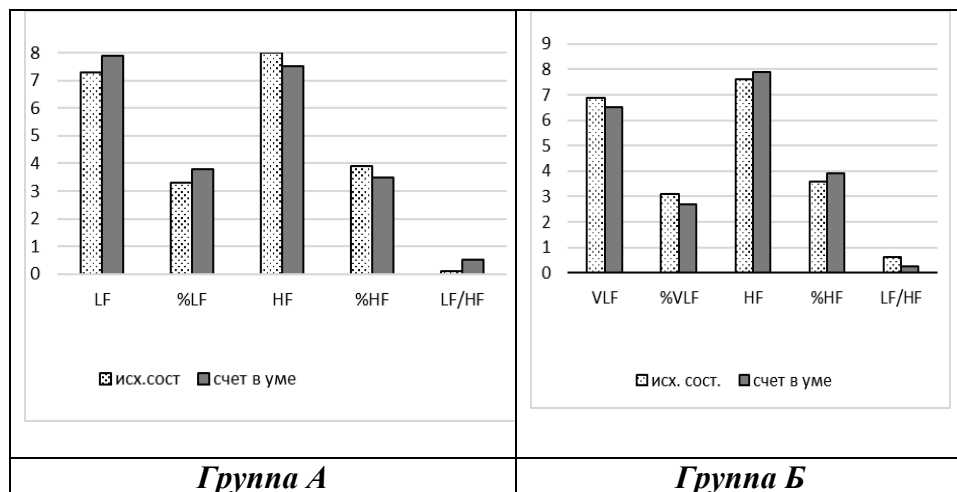


Рис.2. Динамика показателей variability ритма сердца ( $\ln$ ) у подростков групп А и Б при выполнении счета в уме (при  $p < 0,05$ )

У испытуемых группы А при выполнении умственной нагрузки усиливаются симпатические влияния на СР (LF,  $\text{мс}^2$ , %; LF/HF), уменьшается активность парасимпатического отдела вегетативной нервной системы (HF,  $\text{мс}^2$ , HF%). У подростков группы А функциональная проба достоверно не изменяла концентрацию кортизола и ДГЭА. К тому же, у них субъективный уровень волнения перед тестированием был достоверно ниже, чем в группе Б ( $1,65 \pm 0,08$  балла против  $1,94 \pm 0,13$  балла;  $p < 0,05$ ). Как известно, самовосприятие стресса может предсказывать гормональный ответ на стресс у подростков [17].

У подростков группы Б при когнитивной деятельности отмечается смещение вегетативного баланса в сторону усиления парасимпатических влияний на сердечный ритм (повышаются значения HF,  $\text{мс}^2$ , HF %), уменьшаются центральные влияния на сердечный ритм (VLF,  $\text{мс}^2$ ; VLF %). Повышение парасимпатической активности при ментальном стрессе может свидетельствовать о дефиците адаптационных возможностей и уязвимости сердечно-сосудистой системы [9]. У испытуемых группы Б счёт в уме вызывал достоверный рост концентрации ДГЭА ( $\ln$ ) ( $5,05 \pm 0,11$  пг/мл – фон и  $5,20 \pm 0,11$  пг/мл – нагрузка;  $p < 0,05$ ). Есть сведения, что у

молодых людей в ответ на острый стресс уровень ДГЭА в слюне увеличивался сразу после теста, а его пик наступал за 10 минут до того, как кортизол достигал максимальных значений [18]. Такое компенсаторное увеличение концентрации ДГЭА предохраняет мозг от повреждающего воздействия кортизола.

Вегетативная нервная система и ГГНС – главные физиологические системы, обеспечивающие адекватную реакцию и адаптацию организма к факторам внешней среды. Первой в адаптационную реакцию включается ВНС, которая в ответ на стресс снижает тормозящее действие парасимпатической системы, способствуя симпатическому возбуждению. В отличие от быстрой реакции ВНС, активация ГГНС является относительно медленной [25]. Действия этих систем хорошо скоординированы на нейробиологическом уровне, что подтверждают исследования с использованием фармакологической блокады, когда подавление симпатической активности увеличивает реакцию ГГНС на лабораторный стрессор и наоборот [16].

Сравнение динамики показателей ВРС и ГГНС у детей групп А и Б позволяет сделать вывод о том, что подростки группы Б испытывают существенно больший стресс во время счета в уме по сравнению со школьниками группы А. Это предположение также подтверждается представленными ниже результатами корреляционного анализа, свидетельствующих о наличии взаимосвязей между показателями вариабельности ритма сердца и параметрами ГГНС, заметно превышающих по количеству и тесноте в группе Б по сравнению с группой А (рис. 3).

При выполнении функциональной пробы у испытуемых группы А отмечается лишь одна положительная связь между ДГЭА и показателем вегетативного баланса LF/HF ( $r=0,39$ ). У подростков группы Б параметры вариабельности ритма сердца, характеризующие активность симпатического отдела ВНС (LF, %; LF/HF) образуют прямые связи с кортизолом ( $r=0,45$  и  $r=0,48$ ) и ДГЭА ( $r=0,5$  и  $r=0,41$ ), а показатели, отражающие вклад парасимпатических влияний на СР (HF, %) – отрицательные связи с кортизолом и ДГЭА ( $r=-0,54$ ;  $p<0,05$ ). Известно, что глюкокортикоиды способны потенцировать эффекты катехоламинов на бета-адренорецепторы, поэтому установленные разнонаправленные связи кортизола с показателями вегетативной нервной регуляции сердечного ритма вполне объяснимы.

В нашем исследовании установлена прямая взаимосвязь кортизола с показателем VLF, % ( $r=0,47$ ) и обратная связь – с ДГЭА ( $r=-0,36$ ). Появление этих связей в стрессовой ситуации вполне объяснимо, т.к. показатель VLF - чувствительный индикатор управления метаболическими процессами, играет важную роль в регуляции ритма сердца при эмоциональном возбуждении [10]; кортизол помимо стресс-реактивной функции участвует в обмене белков, жиров и углеводов, а ДГЭА нейтрализует его катаболический эффект [28].

По мнению И.Р. Пригожина, наличие большого числа сильных корреляционных связей в системе свидетельствует о сильном напряжении в ней, чем более коррелированы признаки – тем ближе система к разрушению [12]. Таким образом, в группе А с наименее выраженными корреляционными связями функциональные системы более пластичны, а результат деятельности более оптимален.

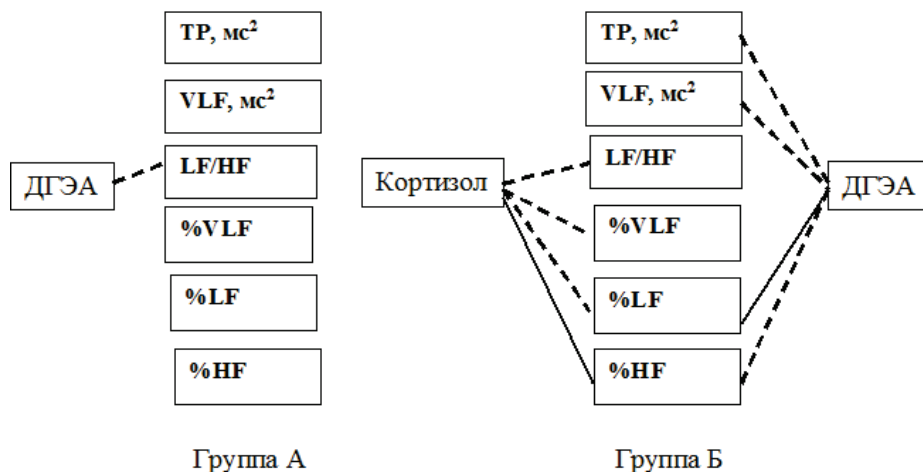


Рис.3. Взаимосвязи между спектральными показателями вегетативной нервной регуляции сердечного ритма, кортизолом и ДГЭА при выполнении умственной нагрузки у подростков групп А и Б, при  $p < 0,05$ ;

—————  $r \geq 0,5$ ;      .....  $0,5 \geq r \geq 0,3$

Таким образом, в нашей работе показано наличие специфических для каждой возрастно-половой группы особенностей гормонального и нейровегетативного статуса у старших подростков, а также выявлены два основных типа реакции на умственную нагрузку. Однако, в литературе имеются данные, что у детей и подростков, в зависимости от комбинации ответа ВНС и ГГНС отмечается 6 типов реакции на стресс: умеренная реактивность, специфическая парасимпатическая реактивность, опережающее возбуждение, мультисистемная реактивность, специфическая реактивность ГГНС и отсутствие реакции [23]. В связи с этим, в наших последующих исследованиях планируется выявить основные, фундаментальные факторы, определяющие функциональное состояние подростков на каждом этапе пубертата и провести детализацию типов реакции на умственную нагрузку.

## ВЫВОДЫ

1. Выявлены возрастно-половые особенности динамики значений показателей ВСР у испытуемых при когнитивной деятельности. У девочек на IV стадии полового созревания устный счет сопровождается уменьшением активности центральной и гуморально-метаболической регуляции сердечного ритма, у девочек на V стадии пубертата функциональная проба вызывает снижение общего функцио-

нального состояния и парасимпатической активности. У мальчиков IV-V стадий полового созревания отмечена сходная реакция на умственную нагрузку, которая проявляется уменьшением активности парасимпатического отдела ВНС и увеличением симпатического тонуса.

2. Умственная нагрузка у подростков на завершающих стадиях полового созревания не вызывает достоверных изменений гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы, концентрация кортизола и ДГЭА не отличается от исходного уровня.

3. В зависимости от направленности изменения показателя вегетативного баланса при умственной нагрузке у подростков выявлены два типа реакции: первая - повышение активности симпатической нервной системы без достоверного изменения уровня стресс-гормонов (группа А), вторая - повышение парасимпатической активности и концентрации ДГЭА (группа Б).

*Исследование поддержано грантом РГНФ № 15-06-0893а*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. – М.: Медицина, 1997. – 236 с.

2. Баевский Р.М., Иванов Г.Г., Чирейкин Л.В. [и др.] Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (часть 1) // Вестник аритмологии. – 2001. – № 24. – С. 65.

3. Блинова Н.Г., Кошко Н.Н., Варич Л.А. Variability сердечного ритма у подростков с разным типом вегетативной регуляции // Мат. VI Всерос. симп. «Ритм сердца и тип вегетативной регуляции в оценке уровня здоровья населения и функциональной подготовленности спортсменов» / отв. ред. Н.И. Шлык, Р.М. Баевский. – Ижевск: Изд. центр «Удмуртский университет», 2016. – С. 80.

4. Димитриев Д.А., Саперова Е.В., Крышкова А.А. Изучение показателей variability сердечного ритма при ментальном стрессе // Современные проблемы анатомии, гистологии и эмбриологии животных: сб. тр. Всерос. Интернет-конференции. – Казань 3-6 апреля 2012 г. / отв. ред. Изотова Е.Д. – Казань: Изд-во «Казанский университет», 2012. – С. 34.

5. Ермакова И.В., Адамовская О.Н., Сельверова Н.Б. Изменение вегетативной регуляции сердечного ритма и уровня кортизола при умственной нагрузке у младших подростков // Новые исследования. – 2015. – Т. 45, № 4. – С. 105.

6. Калинин М.Н., Алексеева Ю.А., Евстифеева Е.А. [и др.] Оценка адаптивных возможностей, психологического статуса и уровня качества жизни современных подростков // Современные исследования социальных проблем (электронный научный журнал). – 2014. – Т. 44, № 12. – С. 309.

7. Колесов Д.В., Сельверова Н.Б. Физиолого-педагогические аспекты полового созревания. – М.: Педагогика, 1978. – 224 с.

8. Копосова Т.С., Лукина С.Ф., Савенкова И.А. Variability сердечного ритма при умственной нагрузке у городских и сельских школьников // Вестник Северного (Арктического) федерального ун-та. Серия: Естественные науки. – 2008. – № 1. – С. 24.

9. Лаптева Е.А. Морфофункциональные перестройки организма детей школьного возраста, их возможности при государственной итоговой аттестации // Научная дискуссия: инновации в современном мире. – 2015. – Т. 36, № 5. – С. 123.
10. Машин В.А. Психическая нагрузка, психическое напряжение и функциональное состояние операторов систем управления // Вопросы психологии. – 2007. – № 6. – С. 86.
11. Мустафина Р.Г. Показатели вегетативной регуляции сердечной деятельности школьников 13 лет в условиях дифференцированного обучения // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 3. – С. 579.  
URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=19311>
12. Пригожин И.Р., Флейшман А.Н. От существующего к возникающему. – М.: КомКнига, 2006. – 296 с.
13. Тимофеева Е.П., Рябиченко Т.И., Скосырева Г.А. [и др.] Состояние вегетативной нервной системы у подростков 15-17 лет // Российский вестник перинатологии и педиатрии. – 2016. – Т. 61, № 4. – С. 82.
14. Флейшман А.Н. Медленные колебания гемодинамики. Теория, практическое применение в клинической медицине и профилактике. – Новосибирск: Наука. 1999. – 264 с
15. Шлык Н.И., Зуфарова Э.И. Нормативы показателей вариабельности сердечного ритма у исследуемых 16-21 года с разными преобладающими типами вегетативной регуляции // Вестник Удмуртского университета Серия «Биология. Науки о Земле». – 2013. – № 4. – С. 96.
16. Andrews J., Pruessner J.C. The combined propranolol / TSST paradigm - a new method for Psychoneuroendocrinology // PLoS One. – 2013. – V. 8, № 2. – e57567.
17. Evans B.E. Greaves-Lord K., Euser A.S. [et al.] Determinants of physiological and perceived physiological stress reactivity in children and adolescents // PLoS One. – 2013. – V 8, № 4. e61724.
18. Izawa S. Sugaya N., Shirotaki K. [et al.] Salivary dehydroepiandrosterone secretion in response to acute psychosocial stress and its correlations with biological and psychological changes // Biol. Psychol. – 2008. – V. 79, № 3. – P. 294.
19. Kamin H.S. Kertes D.A. Cortisol and DHEA in development and psychopathology // Horm. Behav. – 2016. pii: S0018-506X(16)30215-X.
20. Kirschbaum C. Pirke K.M., Hellhammer D.H. The «Trier Social Stress Test» – a tool for investigating psychobiological stress responses in a laboratory setting // Neuropsychobiology. – 1993. – V. 28, № 1-2. – P. 76.
21. Kudielka B.M., Buske-Kirschbaum A., Hellhammer D.H. Differential heart rate reactivity and recovery after psychosocial stress (TSST) in healthy children, younger adults, and elderly adults: the impact of age and gender // Int. J. Behav. Med. – 2004. – V. 11, № 2. – P. 116.
22. Michels N., Sioen I., Clays E. [et al.] Children's heart rate variability as stress indicator: association with reported stress and cortisol // Biol. Psychol. – 2013. – V. 94, № 2. – P. 433.
23. Quas J.A., Yim I.S., Oberlander T.F. [et al.] The symphonic structure of childhood stress reactivity: Patterns of sympathetic, parasympathetic, and adrenocortical responses to psychological challenge // Development and Psychopathology. – 2014. – V. 26, № 4. – P. 963.

24. 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.
25. Sapolsky R.M., Romeo L.M., Munck A.U. How do glucocorticoids influence stress responses? Integrating permissive, suppressive, stimulatory, and preparative actions // *Endocr. Rev.* – 2000. – V. 21, № 1. – P. 55.
26. Simran K., Bhalla P., Bajaj S.K. [et al.] Effect of physical and mental stress on heart rate variability in type-A and type-B personalities // *Ind. J. Appl. Basic Med. Scienc.* – 2013. – V. 15, № 20. – P. 59.
27. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability. Standards of Measurements, Physiological interpretation, and Clinical Use // *Circulation*. – 1996. – № 93. – P. 1043.
28. Taylor M.K. Kviatkovsky S.A., Hernández L.M. [et al.] Anabolic hormone profiles in elite military men // *Steroids*. – 2016. – V. 110, № 6. – P. 41.
29. 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.
30. Walker F.R. Pfinqst K., Camevali L. [et al.] In the search for integrative biomarker of resilience to psychological stress // *Neurosci Biobehav.* – 2016. pii: S0149-7634 (15). – P. 30360.
31. Wilder J. Adrenalin and the law of initial value; a critical survey // *Exp. Med. Surg.* – 1957. – V. 15, № 1. – P. 47.

# ОСОБЕННОСТИ ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ, ГОРМОНАЛЬНОГО СТАТУСА, ВЕГЕТАТИВНОЙ НЕРВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА И ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ПОДРОСТКОВ НА IV-V СТАДИИ ПУБЕРТАТА

И.В. Ермакова<sup>1</sup>, О.Н. Адамовская, Н.Б. Сельверова  
ФГБНУ «Институт возрастной физиологии  
Российской академии образования», Москва

*Выявлены возрастные и половые особенности нейровегетативного и психоэмоционального статуса у старших подростков. Установлено, что на последних стадиях полового созревания увеличивается уровень половых стероидов и их предшественника, повышаются основные физические показатели, динамика показателей вариабельности сердечного ритма у мальчиков и девочек носит однонаправленный характер, а у девочек к V стадии пубертата уменьшается центральное влияние на сердечный ритм. Психоэмоциональное состояние девочек отличается большей личностной тревожностью, низкой физиологической устойчивостью к стрессу и выраженной школьной тревожностью.*

**Ключевые слова:** подростки, физическое развитие, гормоны, вегетативная нервная регуляция сердечного ритма, психоэмоциональный статус.

***Peculiarities of physical development, hormonal status, autonomic nervous regulation of heart rate and psychoemotional status of adolescents at the IV-V stages of puberty.*** The age and sex features of neurovegetative and psychosomatic status in older adolescents are revealed. It is found that in the last stages of puberty the levels of sex steroids and their precursor increase, the basic physical parameters rise, the dynamics of heart rate variability in boys and girls follows similar tendencies. By the Vth stage of puberty in girls the central effect on heart rate decreases. Psycho-emotional state of the girls is characterised by higher personal anxiety, low physiological stress resistance and highly expressed school anxiety.

**Keywords:** adolescents, physical development, hormones, autonomic nervous regulation of the heart rhythm, psycho-emotional status.

Период полового созревания является одним из ответственных этапов развития организма детей. В этот период увеличивается уровень половых стероидов, что обеспечивает становление репродуктивной системы и усиление обмена веществ, что способствует интенсификации физического развития, завершается формирование всех морфологических и функциональных структур организма: под влиянием половых гормонов происходит нейроэндокринная перестройка, меняется тонус вегетативной нервной системы, окончательно реализуется индивидуальная, генетически детерминированная, программа развития организма. В наших более ранних работах выявлены особенности физического развития, гормональ-

---

Контакты: <sup>1</sup> Ермакова И.В. – E-mail: <ermek61@mail.ru>



ного, нейрогуморального и психоэмоционального статуса подростков на I-III стадиях полового созревания [1].

Цель исследования – изучить возрастные и половые особенности физического развития, гормонального статуса, вегетативной нервной регуляции сердечного ритма и психоэмоционального состояния подростков на IV-V стадиях пубертата.

## ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании приняли участие 93 подростков обоего пола, учащиеся 5-11 классов школ г. Москва, в возрасте 11-18 лет (средний возраст  $14,13 \pm 1,76$  лет). Возраст определяли по дате рождения подростка  $\pm 6$  месяцев. Все подростки, согласно данным медицинских карт, относились к I-II группам здоровья. Исследование проводилось в первой половине дня, в период наибольшей активности физиологических функций. Родители всех детей, принимавших участие в обследовании, дали письменное информированное согласие.

Для оценки физического развития школьников по стандартной методике проводили антропометрические измерения. Массу тела измеряли 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 ( $m^2$ ).

Врач-эндокринолог во время медицинского осмотра оценивала по методике J.M. Tanner в модификации Д.В. Колесова, Н.Б. Сельверовой [6] половое развитие подростков, по результатам которого были сформированы группы мальчиков и девочек, относящиеся к IV и V стадиям пубертата. Наполняемость каждой группы с учетом стадии полового созревания и пола составляла не менее 20 человек. С целью анализа вариабельности ритма сердца проводилась регистрация ЭКГ во II стандартном отведении с помощью прибора Поли-Спектр-12 (Иваново, 2002). Запись ЭКГ осуществлялась в положении исследуемого сидя в покое (фон, 5 минут) и при умственной нагрузке (5 минут). Анализ вариабельности сердечного ритма проводился в соответствии с методическими рекомендациями, разработанными группой российских авторов [2] и стандартом Европейского общества кардиологов и Северо-Американского общества электростимуляции и электрофизиологии [21]. Для изучения автономной нервной регуляции сердечного ритма (СР) использовался метод временного и спектрального анализа вариабельности сердечного ритма (BCP). Показатели временного анализа BCP: RRNN, мс – средняя длительность интервалов RR; SDNN, мс – стандартное отклонение величин нормальных интервалов RR за рассматриваемый временной отрезок; RMSSD, мс – квадратный корень из суммы квадратов разностей величин последовательных интервалов NN, отражает активность парасимпатического звена автономной нервной регуляции. Аналогичную информацию можно получить по показателю рNN50, который выражает в % число разностных значений больше чем 50 мс. CV, % – коэффициент вариации ( $CV = SDNN/RRNN * 100\%$ ), по физиологическому смыслу аналогичен показателю SDNN. Показатели спектрального анализа BCP:

HF ( $\text{mc}^2$ , п.у., %) – мощность спектра в диапазоне высоких частот (0,15-0,4 Гц), согласно существующим представлениям, парасимпатическая активность является основной составляющей высокочастотной (high frequency – HF) компонента спектра. Вагусная активность является основной составляющей высокочастотного компонента. Это хорошо отражается показателем мощности дыхательных волн СР в абсолютных цифрах и в виде относительной величины (в % от суммарной мощности спектра). LF ( $\text{mc}^2$ , п.у., %) – мощность низкочастотного компонента (0,04-0,15Гц) – характеризует состояние симпатического отдела вегетативной нервной системы. VLF ( $\text{mc}^2$ , %) – мощность очень низкочастотных колебаний (0,05-0,015 Гц) – характеризует влияние высших вегетативных центров на сердечно-сосудистый подкорковый центр, отражает состояние нейрогуморального и метаболического уровней регуляции, может использоваться как надежный маркер степени связи автономных (сегментарных) уровней регуляции кровообращения с надсегментарными, в том числе с гипофизарно-гипоталамическим и корковым уровнем. TP ( $\text{mc}^2$ ) – общая мощность спектра (полный спектр частот) – определяется как сумма мощностей в диапазонах HF, LF и VLF. По данным спектрального анализа сердечного ритма вычисляются следующие показатели: индекс вагосимпатического взаимодействия LF/HF (усл. ед.) – характеризует баланс симпатических и парасимпатических влияний в автономную регуляцию сердечного ритма.

Психоэмоциональное состояние подростков определяли по тесту школьной тревожности Филлипса в адаптации А.М. Прихожан [10] и по шкале личностной тревожности Ч.Д. Спилберга в адаптации Ю.Л. Ханина [3].

Для оценки гормонального статуса испытуемые собирали сразу после пробуждения утреннюю нестимулированную слюну в пластиковые одноразовые пробирки. Пробы слюны до проведения анализа хранили в морозильной камере при температуре  $-20^{\circ}\text{C}$ . Концентрацию гормонов: кортизола, дегидроэпиандростерона (ДГЭА) и половых стероидов (тестостерон у мальчиков, эстрадиол у девочек) определяли иммуноферментным методом с помощью стандартных диагностических наборов фирмы DRG International, Inc. Оптическую плотность измеряли на ИФА-анализаторе «Stat Fax 2100», значения концентрации гормонов вычисляли, используя 4-х параметрическое уравнение. Концентрацию кортизола выражали в нг/мл, ДГЭА и половых стероидов в пг/мл. Все анализы были сделаны в соответствии с протоколом наборов, контрольные показатели были в рамках принятых пределов.

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием компьютерного пакета программы «Statistica 6.0» и «SPSS 20». Достоверность различия изучаемых параметров между группами оценивали по t-критерию Стьюдента. Для оценки тесноты статистической связи между показателями проводили корреляционный анализ (коэффициент Пирсона), описательную статистику. Различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Период полового созревания – ответственный этап развития организма подростков. Выраженность вторичных половых признаков характеризует уровень биологической зрелости организма и отражает степень сформированности нейро-

эндокринных механизмов регуляции физиологических процессов. Испытуемые находились на IV-V стадии пубертата. Приведём их краткую характеристику. IV стадия полового созревания у мальчиков – период наибольшей активности яичек (13-16 лет), в это время происходит мутация голоса, интенсивный рост полового члена, подмышечное и лобковое оволосение, появляются поллюции; у девочек – период наибольшей активности яичников (10-13 лет), появление подмышечного оволосения и снижение скорости роста тела в длину. V стадия – период окончательного формирования организма (15-19 лет у мальчиков и 15-17 лет у девочек), во время которого происходит окончательное развитие половых органов и вторичных половых признаков. Началом пятой стадии у девочек является появление первой менструации (примерно в 11-14 лет).

Предшественником половых стероидов (тестостерона и эстрадиола) является дегидроэпиандростерон (ДГЭА), а увеличение его уровня связано с половым созреванием [20; 22]. Данные по концентрации ДГЭА и половых стероидов представлены в табл. 1. В целом по группе среднее значение уровня этого андрогена в утренней слюне составило  $386,45 \pm 24,03$  пг/мл и колебалось от 45,36 пг/мл до 1191,41 пг/мл. Сравнительный анализ показал, что у девочек утренняя концентрация ДГЭА выше, чем у их мальчиков ( $398,48 \pm 35,28$  пг/мл против  $371,39 \pm 31,77$  пг/мл), но различия не были достоверными. Другие исследователи [15, 17], получившие такие же результаты, отмечают большую индивидуальную вариабельность этого стероида, что, вероятно, обусловлено биологическим возрастом испытуемых. Ряд авторов отмечает прогрессивное увеличение ДГЭА по мере полового созревания подростков [14; 16; 17]. Нам удалось установить взаимосвязь между уровнем ДГЭА и массой тела ( $r=0,43$ ;  $p<0,01$  у мальчиков и  $r=0,41$ ;  $p<0,01$  у девочек), ростом и стадией пубертата только у мальчиков ( $r=0,36$ ;  $p<0,05$  и  $r=0,54$ ;  $p<0,01$ , соответственно).

Таблица 1

*Концентрация половых стероидов и ДГЭА у старших подростков*

стадия	мальчики		девочки	
	тестостерон, пг/мл	ДГЭА, пг/мл	ДГЭА, пг/мл	эстрадиол, пг/мл
IV	$42,61 \pm 1,62$	$287,33 \pm 31,75$	$334,28 \pm 49,82$	$2,72 \pm 0,24$
V	$59,52 \pm 5,06$ а **	$505,88 \pm 48,73$ а ***	$457,92 \pm 47,78$	$3,81 \pm 0,26$ а *

*Примечание: а – достоверность различий между показателями в группах мальчиков и девочек разного биологического возраста; \* –  $p<0,05$ ; \*\* –  $p<0,01$ ; \*\*\* –  $p<0,001$*

В период полового созревания происходит увеличение уровня половых стероидов, которые обеспечивают становление и функционирование репродуктивной системы. У мальчиков от IV к V стадии полового развития отмечается достоверное увеличение концентрации тестостерона ( $p<0,001$ ). Корреляционный анализ выявил статистически значимую связь между концентрацией тестостерона со стадией пубертата ( $r=0,51$ ;  $p<0,01$ ). Взаимосвязь уровня тестостерона в слюне с био-

логическим возрастом также наблюдали другие исследователи [12; 13]. У девочек от IV к V стадии пубертата происходит рост уровня эстрадиола в слюне ( $p < 0,01$ ). Такой паттерн увеличения уровня половых стероидов наблюдали другие исследователи [14]. Корреляционный анализ выявил статистически значимую связь между концентрацией эстрадиола и массой тела ( $r = 0,43$ ;  $p < 0,01$ ), стадией пубертата ( $r = 0,41$ ;  $p < 0,01$ ) и уровнем ДГЭА ( $r = 0,67$ ;  $p < 0,01$ ).

Известно, что эндокринной системе принадлежит важная роль в регуляции процессов роста и развития. В ходе пубертата под действием половых гормонов происходит усиление обмена веществ, что способствует интенсификации ростовых процессов. Антропометрические данные, полученные у детей, находящихся на разных стадиях полового созревания, представлены в таблице 2. В целом по группе, мальчики достоверно отличаются от девочек по основным антропометрическим показателям (длине тела:  $172,89 \pm 1,30$  см против  $158,85 \pm 0,91$  см;  $p < 0,001$  и массе тела:  $65,93 \pm 2,24$  кг против  $51,34 \pm 1,36$  кг  $p < 0,001$ ). У мальчиков от IV к V стадии полового созревания происходит достоверное увеличение длины тела ( $p < 0,05$ ) и массы тела ( $p < 0,01$ ). У девочек наблюдается значимое увеличение только массы тела ( $p < 0,001$ ). При сравнении подростков одного биологического возраста обнаружили, что мальчики и девочки по показателям физического развития отличаются как на IV, так и на V стадии пубертата ( $p < 0,001$ ). Полученные результаты не противоречат данным других исследователей [4].

Таблица 2

*Показатели физического развития подростков  
разного биологического возраста*

стадия	n	длина тела, см	масса тела, кг	жировая масса тела, %	индекс массы тела, кг/м <sup>2</sup>
<b>м а л ь ч и к и</b>					
IV	25	$170,30 \pm 1,98$ b***	$60,42 \pm 2,81$ b***	$11,80 \pm 1,02$ b***	$20,66 \pm 0,74$ b*
V	20	$176,49 \pm 0,98$ a*	$73,59 \pm 2,84$ a**	$15,61 \pm 1,09$ a*	$23,60 \pm 0,85$ a*
<b>д е в о ч к и</b>					
IV	23	$157,41 \pm 1,20$ b***	$45,87 \pm 1,36$ b***	$20,45 \pm 1,36$ b***	$18,54 \pm 0,56$
V	25	$160,22 \pm 1,34$	$56,59 \pm 1,81$ a***	$25,92 \pm 1,14$ a**	$21,97 \pm 0,55$ a***

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

Жировая ткань является важным компонентом состава тела человека, который информирует о состоянии нейроэндокринной системы и двигательном режи-

ме [5]. Нормальное содержание жировой ткани в организме является необходимым условием его жизнедеятельности, тогда как её повышенный уровень становится фактором риска развития сердечно-сосудистой и эндокринной патологии [8]. В целом по группе у девочек выше содержание жировой массы тела ( $23,24 \pm 0,96$  % против  $13,39 \pm 0,80$  %;  $p < 0,001$ ). От IV к V стадии пубертата значение данного показателя увеличивается у представителей обоих полов, но более значительно у девочек ( $p = 0,017$  и  $p = 0,003$ ; соответственно), что объясняется влиянием эстрадиола и лептина, уровень которых растет, способствуя половому развитию и региональному распределению жира [19].

Для изучения связей между показателями физического развития и степенью полового созревания был проведен корреляционный анализ. Тесную связь между стадией пубертата и длиной тела обнаружили только у мальчиков ( $r = 0,36$ ;  $p < 0,05$ ), у девочек такой зависимости выявлено не было. У представителей обоих полов существует взаимосвязь стадии пубертата с массой тела ( $r = 0,45$  у мальчиков и  $r = 0,57$  у девочек;  $p < 0,01$ ) и с % ЖМТ ( $r = 0,36$  у мальчиков и  $r = 0,41$  у девочек;  $p < 0,01$ ). Аналогичную зависимость наблюдали и другие авторы у 10-16-летних детей [7].

Исследование variability ритма сердца у подростков показало, что у мальчиков к V стадии пубертата отмечается увеличение значений показателей, характеризующих активность парасимпатического отдела вегетативной нервной системы ( $\delta$  SDNN, мс =  $9,6 \pm 0,8$ ;  $\delta$  HF, % =  $8,2 \pm 0,3$ ); у девочек от IV к V стадии выявлено смещение вегетативного баланса в сторону усиления парасимпатических влияний ( $\delta$  LF/HF усл. ед. =  $1,05 \pm 0,05$ ;  $\delta$  HF, мс =  $1052,6 \pm 170,4$ ;  $\delta$  HF, % =  $17,2 \pm 1,2$ ) и уменьшение центральных влияний на сердечный ритм ( $\delta$  VLF, мс =  $442,3 \pm 48,2$ ;  $\delta$  VLF, % =  $14,7 \pm 0,8$ ). Таким образом, результаты исследования свидетельствуют, что у подростков на последних стадиях пубертата увеличивается вклад парасимпатической регуляции в деятельность сердечно-сосудистой системы, эти изменения проявляются больше у девочек. Полученные данные подтверждаются результатами исследования А.В. Шахановой и др. [11], которые свидетельствуют, что с 12-летнего возраста в регуляции функции сердца возрастает влияние парасимпатической нервной системы.

Кортизол – главный стрессовый гормон коры надпочечников. В целом по группе среднее значение его уровня в утренней слюне составило  $8,07 \pm 0,29$  нг/мл и колебалось в диапазоне от  $2,83$  нг/мл до  $16,41$  нг/мл. Концентрация кортизола у мальчиков достоверно выше, чем у девочек ( $8,74 \pm 0,40$  нг/мл у мальчиков и  $7,51 \pm 0,40$  нг/мл у девочек;  $p < 0,05$ ). Уровень кортизола в слюне у мальчиков на разных стадиях пубертата был примерно одинаковым, у девочек утренняя концентрация гормона была выше на V стадии пубертата, но различия не были статистически достоверными (рис. 2). При сравнении уровня кортизола в группах мальчиков и девочек одного биологического возраста значимые различия удалось выявить только на IV стадии полового созревания ( $8,63 \pm 0,44$  нг/мл у мальчиков против  $6,80 \pm 0,50$  нг/мл у девочек;  $p < 0,01$ ).

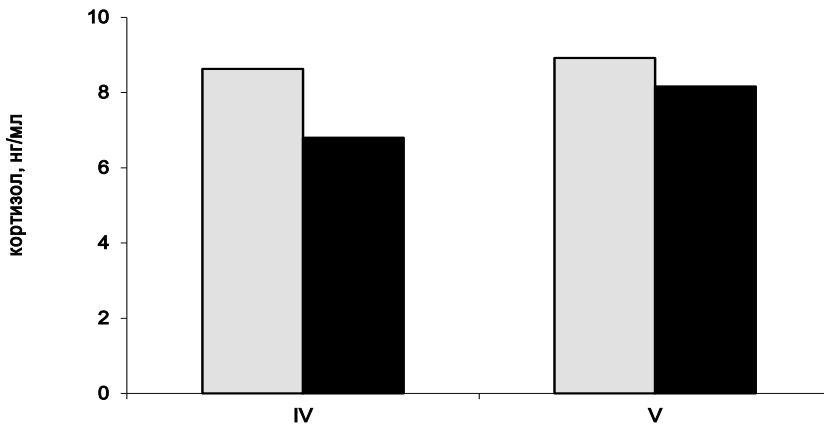


Рис. 1. Концентрация кортизола у подростков IV-V стадии пубертата

Считается, что подростки отличаются неуравновешенностью возбудимостью, высоким уровнем личностной и ситуативной тревожности, нарушением социальной адаптации. Исследование психоэмоционального состояния испытуемых по тесту Филлипа показало, только у 14 % испытуемых отмечается повышенный и высокий уровень школьной тревожности. Самыми значимыми для подростков (главным образом, девочек) является страх не соответствовать ожиданиям окружающих, страх самовыражения и страх ситуации проверки знаний (34 %, 30 % и 22 %, соответственно). Оказалось, что у девочек-подростков (рис. 2) более высокий уровень общей школьной тревожности по сравнению с мальчиками ( $36,64 \pm 3,11$  % против  $20,93 \pm 2,28$  %;  $p < 0,001$ ), они чаще испытывают страх ситуации проверки знаний ( $49,32 \pm 3,70$  % против  $25,19 \pm 2,50$  %;  $p < 0,001$ ), чаще возникают проблемы и страхи в отношениях с учителями ( $41,58 \pm 2,04$  % против  $31,10 \pm 2,71$  %,  $p < 0,01$ ). Повышенная тревожность девочек-подростков по сравнению с мальчиками объясняется не только их низкой физиологической устойчивостью к стрессу ( $1,55 \pm 0,20$  балл против  $0,58 \pm 0,13$  балл;  $p < 0,001$ ), но и высоким уровнем личностной тревожности по тесту Спилберга ( $46,56 \pm 1,70$  балл против  $40,34 \pm 1,39$  балл,  $p < 0,01$ ). Установлено, что девочек с высокой личностной тревожностью больше, чем мальчиков (40,82 % против 23,26 %, соответственно). Корреляционный анализ показал тесную связь между уровнем личностной и общей школьной тревожности ( $r = 0,50$ ;  $p < 0,01$  - у мальчиков и  $r = 0,63$ ;  $p < 0,01$  - у девочек); страхом самовыражения ( $r = 0,60$  и  $r = 0,49$ ;  $p < 0,01$ , соответственно); низкой физиологической устойчивостью к стрессу ( $r = 0,34$ ;  $p < 0,05$  и  $r = 0,47$ ;  $p < 0,01$ ). Кроме того, у девочек выявлена связь между уровнем личной тревожности и переживанием социального стресса, страха самовыражения и проблем и страхов в отношениях с учителями ( $r = 0,28-0,46$ ;  $p < 0,05-0,01$ ).

Изучение психоэмоционального состояния подростков в зависимости от стадии полового развития выявило ряд особенностей. У мальчиков к V стадии на уровне тенденции отмечается снижение личностной тревожности. У девочек к V

стадии, наоборот, возрастает уровень личной тревожности ( $p < 0,01$ ). На подобное резкое повышение тревожности у девочек старшего подросткового возраста указывает А.М. Прихожан [9]. Между тем, если подростки на IV стадии по уровню личностной тревожности не различаются, то девочки V стадии достоверно ( $p < 0,01$ ) выше мальчиков.

Известно, что на состояние тревоги организм отвечает разнообразными физиологическими реакциями, одной из которых является секреция гормонов надпочечниками. Кортизол - главным стрессовый гормон, а ДГЭА широко известен своим антистрессовым эффектом. Соотношение кортизол/ДГЭА считается более чувствительным маркером, чем раздельная оценка уровня этих гормонов [20]. В целом по группе с помощью корреляционного анализа выявили отрицательную связь между уровнем кортизола в утренней слюне и общей школьной тревожностью ( $r = -0,22$ ;  $p < 0,05$ ), между соотношением кортизол/ДГЭА и страхом самовыражения по тесту школьной тревожности Филлипса ( $r = -0,33$ ;  $p < 0,01$ ), что свидетельствует о гипофункции гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси старших подростков.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, период полового созревания является одним из ответственных этапов развития организма подростков, в ходе которого изменяется их гормональный статус: от IV к V стадии пубертата происходит увеличение концентрации в слюне как ДГЭА – предшественника половых гормонов, так и самих половых стероидов: тестостерона и эстрадиола. Увеличиваются основные показатели физического развития (длина и масса тела). Содержание жировой массы тела в пубертате увеличивается у представителей обоих полов, но более значимо у девочек. Уровень кортизола в утренней слюне различается в зависимости от пола: у девочек IV стадии он достоверно выше, чем у мальчиков того же биологического возраста. Вклад парасимпатической регуляции в деятельность сердечно-сосудистой системы у подростков на IV-V стадиях пубертата увеличивается, что в большей степени проявляется у девочек. Психоэмоциональный статус старших подростков отличается рядом особенностей: девочки по сравнению с мальчиками имеют повышенную школьную тревожность, что, видимо, связано с высокой личностной тревожностью, при этом, у мальчиков личностная тревожность от IV к V стадии снижается, а у девочек, напротив, возрастает.

*Исследование поддержано грантом РГНФ № 15-06-0893а*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адамовская, О.Н. Особенности нейровегетативного, гормонального и психоэмоционального статуса подростков на начальных этапах полового созревания / О.Н. Адамовская, И.В. Ермакова, Н.Б. Сельверова // Новые исследования. – 2015. – № 3. – С. 27-42.

2. Баевский, Р.М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева. – М.: Медицина, 1997. – 236 с.
3. Большая энциклопедия психологических тестов: личность, мотивации, темперамент, интеллект, лидерство, тестирование детей, взаимоотношения, поиск работы, профессиональная ориентация, характер / авт.-сост. А. Карелин. – М.: Эксмо, 2007. – 414 с.
4. Деев, И.А. Особенности основных показателей физического развития подростков Томской области / И.А. Деев, И.Л. Коломиец, Е.М. Камалтынова [и др.] // Бюллетень сибирской медицины. – 2015. – Т. 14, № 6. – С. 40-47.
5. Зайцев А.А. Изменение выраженности жировой массы у спортсменок 9-20 лет различных соматических типов // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2005. – № 2. – С. 126-130.
6. Колесов, Д.В. Физиолого-педагогические аспекты полового созревания / Д.В. Колесов, Н.Б. Сельверова. – М.: Педагогика, 1978. – 224 с.
7. Мартиросов Э.Г., Николаев Д.В., Николаева Н.Д. и др. Биоимпедансная оценка состава тела у детей 10-16 лет с использованием анализатора АВС-01 «Медасс». – 2006.  
URL: [http:// www.medass.ru](http://www.medass.ru)
8. Ожирение / под ред. Дедова И.И., Мельниченко Г.А. – М.: Медицинское информационное агентство, 2006. – 456 с.
9. Прихожан, А.М. Тревожность у детей и подростков: психологическая природа и возрастная динамика. – М.: Московский психолого-социальный институт; Воронеж: Изд-во НПО «МОДЭК», 2000. – 304 с.
10. Прихожан, А.М. Психология тревожности: дошкольный и школьный возраст / А.М. Прихожан. – М.: Питер, 2009. – 192 с.
11. Шаханова, А.В. Возрастная динамика вариабельности сердечного ритма юных спортсменов 10-15 летнего возраста на примере футбола и баскетбола / А.В. Шаханова, А.А. Кузьмин. Вестник Адыгейского Государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. – 2008. – № 4. – С. 1-7.
12. Büttler, R.M. Reference values for salivary testosterone in adolescent boys and girls determined using Isotope-Dilution Liquid-Chromatography Tandem Mass Spectrometry (ID-LC-MS/MS) / R.M. Büttler, J.S. Peper, E.A. Crone [et al.] // Clin. Chim. Acta. – 2016. – V. 456. – P. 15-18.
13. Harden, K.P. Genetic and environmental influences on testosterone in adolescents: evidence for sex differences / K.P. Harden, N. Kretsch, J.L. Tackett [et al.] // Dev. Psychobiol. – 2014. – V. 56, № 6. – P. 1278-1289.
14. Kang, J.Y. Puberty-related changes in cortisol, dehydroepiandrosterone, and estradiol-17 $\beta$  secretions within the first hour after waking in premenarcheal girls / J.Y. Kang, J.Y. Park, S.I. Chum [et al.] // Neuroendocrinology. – 2014. – V. 99, № 3-4. – P. 168-177.
15. Kushnir, M.M. Liquid chromatography-tandem mass spectrometry assay for androstenedione, dehydroepiandrosterone, and testosterone with pediatric and adult reference intervals / M.M. Kushnir, T. Blamires, A.L. Rockwood [et al.] // Clin. Chem. – 2010. – V. 56, № 7. – P. 1138-1147.



16. Li, H. Heritability of serum dehydroepiandrosterone sulphate levels and pubertal development in 6~18-year-old girls: a twin study / H. Li, C. Ji, L. Yang [et al.] // *Ann. Hum. Biol.* – 2016. – V. 17. – P. 1-7
17. Mouritsen, A. The pubertal transition in 179 healthy Danish children: associations between pubarche, adrenarche, gonadarche, and body composition / A. Mouritsen, L. Aksglaede, K. Soerensen // *Eur. J. Endocrinol.* – 2012. – V. 168, № 2. – P. 129-136.
18. Mouritsen, A. Longitudinal changes in serum concentrations of adrenal androgen metabolites and their ratios by LC-MS/MS in healthy boys and girls / A. Mouritsen, T. Søbørg, C.P. Hagen [et al.] // *Clin. Chim. Acta.* – 2015. – V. 450. – P. 370-375.
19. Rogol, A.D. Sex steroids, growth hormone, leptin and the pubertal growth spurt / A.D. Rogol // *EndocrDev.* – 2010. – V. 17. – P. 77-85.
20. Saczawa, M.E. Methodological considerations in use of the cortisol/DHEA(S) ratio in adolescent populations / M.E. Saczawa, J.A. Graber, J. Brooks-Gunn [et al.] // *Psychoneuroendocrinology.* – 2013. – V. 38, № 11. – P. 2815-2829.
21. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability. Standards of Measurements, Physiological interpretation, and Clinical Use // *Circulation.* – 1996. – № 93. – P. 1043-1065.
22. Thankamony, A. Higher levels of IGF-I and adrenal androgens at age 8 years are associated with earlier age at menarche in girls / A. Thankamony, K.K. Ong, M.L. Ahmed // *J. Clin. Endocrinol. Metab.* – 2012. – V. 97, № 5. – P. 786-790.

## ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ РИТМА СЕРДЦА У ГОРОДСКИХ И СЕЛЬСКИХ СТУДЕНТОВ

Л.И. Каташинская<sup>1</sup>

Ишимский педагогический институт (филиал)  
Тюменского государственного университета, г. Ишим

*Изучены основные показатели variability ритма сердца у студентов в зависимости от места проживания, на основании полученных данных проводилась оценка функционального состояния организма девушек и юношей. У городских девушек и сельских юношей преобладали парасимпатические влияния в регуляции сердечно-сосудистой системы, а у городских юношей и сельских девушек преобладали влияния симпатического отдела вегетативной нервной системы. Среди городских девушек выявлен более высокий процент лиц с негативным и критическим функциональным состоянием, чем у их сельских сверстниц. Большинство городских юношей характеризовались предельно-допустимым функциональным состоянием. Среди сельских юношей преобладали лица с допустимым и предельно-допустимым функциональным состоянием.*

**Ключевые слова:** городские и сельские студенты, variability ритма сердца, частота сердечных сокращений, функциональное состояние.

**Heart rate variability in urban and rural students.** The article researches the main indicators of heart rate variability in students depending their place of residence. The data obtained during the research served the basis for the assessment of the functional state of girls and boys. In urban girls and rural boys the parasympathetic regulation of the cardiovascular system prevailed, whereas in urban boys and rural girls the influence of the sympathetic division of the autonomic nervous system dominated. Among urban girls there was a higher percentage of individuals with a negative and critical functional state in comparison with their rural peers. Most urban young men were characterized by maximum allowable functional state. Among rural young men, persons with allowable and maximum allowable functional state prevailed.

**Key words:** urban and rural students, heart rate variability, heart rate, functional state.

Сохранение здоровья молодого поколения в процессе получения профессионального образования входит в состав приоритетных задач современного общества [10; 12]. Анализ результатов ряда исследований подтверждает актуальность теоретических и практических разработок в этой области [6; 10; 11].

Состояние здоровья студенческой молодежи продолжает ухудшаться, что обусловлено влиянием как экологических, так и социально-экономических факторов [4; 8; 10]. Одним из экологических факторов, влияющих на здоровье молодых людей можно рассматривать условия городской и сельской среды.

Адаптационные возможности организма юношей и девушек могут рассматриваться как один из ведущих критериев здоровья [1; 7; 11].

---

Контакты: <sup>1</sup> Каташинская Л.И. – E-mail: <katashinskaya@yandex.ru>

Поэтому различная степень адаптации может служить критерием состояния здоровья. На основе методики оценки вариабельности сердечного ритма, предложенной Р.М. Баевским, можно оценить состояние напряжения регуляторных систем, обусловленного адаптивными реакциями организма [1; 2; 3; 5; 9].

Целью проведенного исследования являлось изучение вариабельности ритма сердца у городских и сельских студентов.

## **ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Наше исследование проводилось на базе Ишимского педагогического института им. П.П. Ершова (филиала) ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет». Исследование вариабельности сердечного ритма проводилось у 135 городских и сельских студентов в возрасте 19-20 лет, обучающихся на втором и третьем курсах. Студенты были поделены на группы в соответствии с полом и местом прежнего проживания (село и город): городские юноши – 34 студента, сельские юноши – 33 студента; городские девушки – 32 студентки, сельские девушки – 36 студенток.

Исследование вариабельности сердечного ритма осуществлялось с помощью устройства психофизиологического тестирования УПФТ-1/30 – «Психофизиолог», («Медиком МТД», г. Таганрог).

Методика регистрации вариабельности сердечного ритма используется для оценки функционального состояния вегетативной нервной системы. В ходе исследования у испытуемого регистрируется 128 кардиоинтервалов.

После регистрации кардиоинтервалов рассчитывались следующие показатели: среднее значение интервалов RR, среднеквадратичное отклонение, максимальное и минимальное значения, мода, амплитуда моды, уровень функционального состояния.

Для оценки функционального состояния организма юношей и девушек по параметрам вариабельности ритма сердца использовалась методика, разработанная в МНТК «Надежность» (В.Е. Косачев, А.А. Талалаев), г.Москва, совместно с «Медиком МТД», г. Таганрог. Оценка функционального состояния осуществлялась по показателю VSR, отн.ед с распределением на уровни функционального состояния: критическое ( $=0,001$ ), негативное ( $>0,001$ ), предельно-допустимое ( $>0,1$ ), допустимое ( $>0,37$ ), близкое к оптимальному ( $>0,64$ ), оптимальное ( $>0,80$ ).

Проводилась статистическая обработка результатов с применением пакета программ «Statistica 6,0».

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Частота сердечных сокращений (ЧСС) отражает степень напряжения сердечной мышцы. В таблице 1 приведены данные исследования частоты сердечных сокращений городских и сельских студентов.

Отклонение от нормы среднего показателя частоты сердечных сокращений свидетельствует об увеличении нагрузки на аппарат кровообращения или о наличии патологических отклонений. Средний показатель частоты сердечных сокра-

щений у городских юношей  $76,61 \pm 2,10$  уд/мин. У юношей – студентов из сельской местности средний показатель пульса несколько ниже –  $74,33 \pm 3,48$  уд/мин.

Средние показатели ЧСС городских девушек были ниже, чем у их сверстниц из сельской местности и составили  $75,33 \pm 4,58$  уд/мин.

Средние величины пульса сельских девушек демонстрировали тенденцию к тахикардии и составили  $86,0 \pm 3,83$  уд/мин.

Причинами повышения величины пульса могут быть физическое или эмоциональное напряжение, нарушения со стороны функции ряда систем организма.

Половые различия по уровню частоты сердечных сокращений установлены в группе сельских юношей и девушек, эти отличия носили статистически достоверный характер. Превышение среднего уровня пульса в группе сельских девушек составило  $11,67$  уд/мин, по сравнению с их сверстниками.

Таблица 1

ЧСС (уд/мин) городских и сельских студентов  
( $M \pm m$ ,  $\delta$ ,  $C_v$ )

Место проживания	Юноши			Девушки			Достоверность (p)
	$M \pm m$	$\delta$	$C_v$	$M \pm m$	$\delta$	$C_v$	
город	$76,61 \pm 2,10$	7,59	9,91	$75,33 \pm 4,58$	11,21	14,89	$p > 0,05$
село	$74,33 \pm 3,48$	8,52	11,46	$86,0 \pm 3,83$	14,51	10,88	<b><math>p &lt; 0,05</math></b>

Таким образом, средние показатели частоты сердечных сокращений городских и сельских студентов соответствовали средневозрастной норме. Исключение составили сельские девушки, у которых была выявлена тенденция к синусовой тахикардии.

Одним из наиболее важных показателей вариационной кардиоинтервалометрии является Мода ( $M_o$ ), которая отражает наиболее часто встречающиеся значения RR-интервалов кардиограммы, и указывает на преобладающий уровень функционирования синусового узла. При симпатикотонии  $M_o$  меньше, при ваготонии – больше.

У городских юношей регистрировалось преобладающее влияние симпатического отдела вегетативной нервной системы на регуляцию сердечно-сосудистой системы, на что указывают более низкие значения моды, чем у их сверстников, проживающих в сельской местности (таблица 2).

В отличие от юношей, у городских девушек повышалась роль парасимпатических влияний в регуляции сердечно-сосудистой системы, а у сельских – симпатических влияний.  $M_o$  городских девушек составляла  $856,5 \pm 66,62$ , а у сельских –  $710,44 \pm 35,61$  мс.

Статистически достоверных различий по показателям моды среди юношей и девушек не выявлено (таблица 2). У городских девушек и сельских юношей в регуляции сердечно-сосудистой системы преобладающими были парасимпатиче-

ские влияния. У городских юношей и сельских девушек преобладали влияния симпатического отдела вегетативной нервной системы.

Таблица 2

Мода (мс) городских и сельских студентов ( $M \pm m$ ,  $\delta$ ,  $Cv$ )

Место проживания	Юноши			Девушки			Достоверность (p)
	$M \pm m$	$\delta$	$Cv$	$M \pm m$	$\delta$	$Cv$	
город	784,07 $\pm 20,13$	72,59	9,25	856,5 $\pm 66,62$	163,20	19,05	$p > 0,05$
село	812,16 $\pm 40,74$	99,80	12,28	710,44 $\pm 35,61$	106,84	15,03	$p > 0,05$

Одним из основных показателей variability сердечного ритма является среднее квадратическое отклонение (СКО) значений динамического ряда кардиоинтервалов. СКО характеризует состояние механизмов регуляции [1]. В норме СКО колеблется в пределах 40-80 мс. О повышенном тоне парасимпатической регуляции сердечно-сосудистой системы свидетельствует увеличение показателя среднего квадратического отклонения. Результаты исследования СКО городских и сельских студентов представлены в таблице 3.

Таблица 3

Среднее квадратическое отклонение (СКО) у городских и сельских студентов (мс)

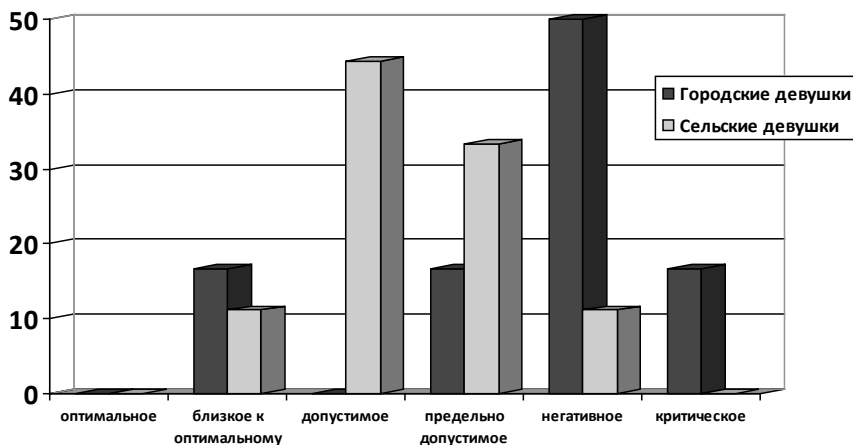
Место проживания	Юноши			Девушки			Достоверность (p)
	$M \pm m$	$\delta$	$Cv$	$M \pm m$	$\delta$	$Cv$	
город	69,84 $\pm 9,34$	33,68	48,23	90,83 $\pm 10,71$	31,13	34,27	$p > 0,05$
село	78,5 $\pm 13,62$	33,36	42,50	48,88 $\pm 8,30$	24,91	50,95	<b><math>p &lt; 0,05</math></b>

У большинства обследованных городских и сельских студентов СКО приближалось к среднему значению нормы. У городских юношей СКО составляло  $69,84 \pm 9,34$ , у сельских юношей –  $78,5 \pm 13,62$  мс. У городских девушек величина СКО превышала верхнюю границу нормы, и составила  $90,83 \pm 10,71$  мс. У сельских девушек, напротив, СКО приближалось к нижней границе нормы и составляло  $48,88 \pm 8,30$  мс. Различия СКО в группе сельских и городских девушек носят статистически достоверный характер. Полученные показатели СКО у сельских девушек указывают на повышение тоне симпатического отдела вегетативной нервной системы в регуляции сердечно-сосудистой системы.

Таким образом, у городских девушек наблюдалось усиление парасимпатических влияний вегетативной нервной системы на регуляцию сердечного ритма, а у

их сверстниц, проживающих в сельской местности – усиление симпатических влияний вегетативной нервной системы на регуляцию сердечного ритма.

На рисунках 1 и 2 представлено распределение городских и сельских студентов по уровням функционального состояния организма.

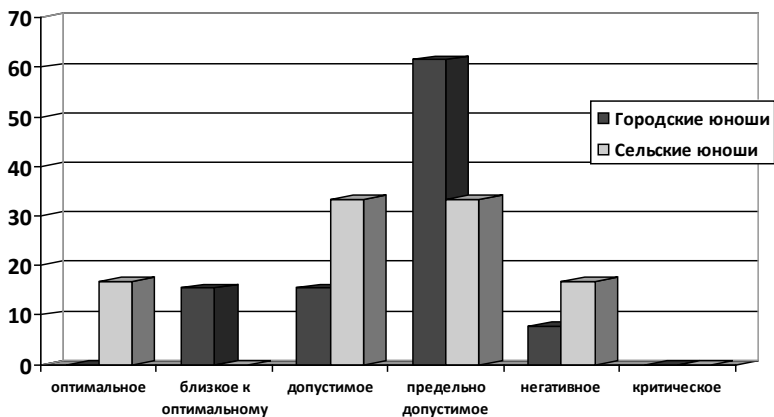


*Рис. 1. Распределение городских и сельских девушек по уровням функционального состояния (%).*

Среди городских и сельских девушек не было выявлено лиц с оптимальным функциональным состоянием. «Близким к оптимальному» функциональным состоянием характеризовались 16,7 % городских и 11,1 % сельских девушек. «Допустимое» функциональное состояние отмечалось только среди сельских девушек (40 %). «Предельно-допустимое» функциональное состояние отмечалось у 16,7 % городских и 33,3 % сельских девушек. У половины городских девушек отмечалось негативное функциональное состояние. Среди сельских девушек процент лиц с негативным функциональным состоянием примерно в четыре раза ниже. Среди сельских девушек не выявлено лиц с критическим функциональным состоянием, а в группе городских девушек их 16,6 %.

Таким образом, городские девушки характеризовались более высоким процентом лиц с негативным и критическим функциональным состоянием, по сравнению с их сверстницами, проживающими в сельской местности.

Большинство городских юношей характеризовались «предельно-допустимым» функциональным состоянием (61,5 %). Среди сельских юношей преобладали лица с «допустимым» и «предельно-допустимым» функциональным состоянием (по 33,3 %). Оптимальное функциональное состояние отмечалось только среди сельских юношей, но процент лиц, относящихся к этому уровню функционального состояния не высок: 16,7 %. Одинаковый процент городских юношей (15,4 %) характеризовался «близким к оптимальному» и «оптимальным» функциональным состоянием.



*Рис. 2. Распределение городских и сельских юношей по уровням функционального состояния (%).*

«Негативное» функциональное состояние отмечалось как у городских, так и у сельских юношей. Среди сельских юношей процент лиц с негативным функциональным состоянием составил 16,7 %, а среди городских – 7,7 %. Лиц с «критическим» функциональным состоянием не выявлено, ни среди городских, ни среди сельских юношей.

Таким образом, большинство городских юношей характеризовались предельно допустимым функциональным состоянием, среди них не выявлено лиц с оптимальным и критическим функциональным состоянием. Среди сельских юношей преобладали лица с допустимым и предельно-допустимым функциональным состоянием.

При сравнении распределения по уровням функционального состояния в зависимости от пола было выявлено, что среди городских девушек в 6,5 раз чаще встречаются лица с негативным функциональным состоянием, по сравнению с их сверстниками. Только в группе городских девушек, отмечались лица с критическим функциональным состоянием (16,6%).

## ВЫВОДЫ

1. Средние показатели частоты сердечных сокращений городских и сельских студентов соответствовали средневозрастной норме. Исключение составили сельские девушки, у которых была выявлена тенденция к синусовой тахикардии.

2. У городских девушек и сельских юношей преобладали парасимпатические влияния в регуляции сердечно-сосудистой системы, а у городских юношей и сельских девушек преобладали влияния симпатического отдела вегетативной нервной системы.

3. У большинства обследованных городских и сельских студентов среднее квадратическое отклонение приближалось к значению нормы. У городских девушек наблюдалось усиление парасимпатических влияний вегетативной нервной

системы на регуляцию сердечного ритма, а у их сверстниц, проживающих в сельской местности – усиление симпатических влияний вегетативной нервной системы на регуляцию сердечного ритма.

4. Более высокий процент лиц с негативным и критическим функциональным состоянием отмечен у городских девушек по сравнению с их сверстницами, проживающими в сельской местности.

5. Большинство городских юношей характеризовались предельно-допустимым функциональным состоянием. Среди сельских юношей преобладали лица с допустимым и предельно-допустимым функциональным состоянием.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баевский Р.М., Иванов Г.Г. Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения. – М.: Институт медико-биологических проблем, ММА, 2000. – С. 123-126.

2. Гурова О.А. Вариабельность сердечного ритма у студентов разного пола в течение учебной недели // Новые исследования. – 2016. – № 3 (48). – С. 4-9.

3. Догадкина С.Б. Особенности вегетативной нервной регуляции сердечного ритма у школьников 11-13 лет // Новые исследования. – 2015. – № 2 (43). – С. 21-26.

4. Каташинская Л.И. Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы школьников и студентов г.Ишима//Вестник Тюменского государственного университета. – 2009. – № 3. – С. 175-181.

5. Каташинская Л.И., Губанова Л.В. Оценка функционального состояния организма школьников методом вариационной кардиоинтервалометрии // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5.; URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=14520> (дата обращения: 01.02.2017).

6. Каташинская Л.И., Губанова Л.В. Состояние здоровья городских и сельских школьников юга Тюменской области // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2009. – Т. 11. № 1-5. – С. 869-871.

7. Каташинская Л.И., Губанова Л.В. Уровень тревожности и функциональное состояние сердечно-сосудистой системы школьников // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – Т. 14, № 5-2. – С. 351-354.

8. Каташинская Л.И., Губанова Л.В. Физическое развитие и функциональное состояние кардиореспираторной системы у студентов юношей и девушек города Ишима // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т. 16, № 5(2). – С. 886-888.

9. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца. Опыт практического применения метода. – Иваново: Иван. гос. мед. акад., 2000. – 290 с.

10. Новак Е.С. Здоровье студенческой молодежи как социальная проблема // Вестник ВолГУ, 2001. – Серия 7. Вып. 1. – С. 125-133.

11. Соловьев В.С., Елифанов А.В., Соловьева С.В., Панин С.В., Шалабодов А.В. Социально-физиологические и популяционные исследования адаптационных свойств человека // Вестник Тюменского государственного университета. – 2009. – №3. – С. 150-154.



12. Соловьев В.С. Особенности показателей центральной гемодинамики юношей Среднего Приобья / В.С. Соловьев, А.П. Койносов, С.В. Соловьева // Вестник Тюменского государственного университета. – 2006. – № 5. – С. 111-114.

# ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АКТИВНОСТИ МЫШЦ У СТУДЕНТОВ ФИЗКУЛЬТУРНОГО ВУЗА, СПЕЦИАЛИЗИРУЮЩИХСЯ В РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ СПОРТА

О.В. Ланская<sup>1</sup>, Е.В. Ланская  
ФГБОУ ВО «Великолукская государственная академия  
физической культуры и спорта», г. Великие Луки

*Реализация спортивных движений пауэрлифтерами, баскетболистами и представителями легкоатлетического бега (спринтерами и стайерами) осуществляется посредством специфических паттернов биоэлектрической активности скелетных мышц. Специфичность паттернов электроактивности проявляется у спортсменов в присущих для каждого двигательного действия характеристиках ЭМГ мышц: амплитуды, интегрированной электроактивности, частоты биопотенциалов действия, порядка активации мышцы и выключения.*

**Ключевые слова:** электромиография, пауэрлифтеры, баскетболисты, спринтеры, стайеры.

**Electromyographic study of muscle activity in students specializing in different sports in the university of physical education.** *Powerlifters, basketball players and field athletes-runners (sprinters, stayers) carry out sports movements by means of specific patterns of bioelectrical activity of the skeletal muscles. The specificity of these patterns is manifested in EMG characteristics of the muscles involved in each movement: amplitude, integrated activity, frequency of action biopotentials, order of muscle activation and deactivation.*

**Key words:** *electromyography, powerlifters, basketball players, sprinters, stayers.*

Целенаправленная двигательная деятельность имеет принципиально важное значение в адаптации организма человека к различным условиям его жизнедеятельности [12], поэтому исследование механизмов регуляции движений, обеспечивающих достижение успешного результата, является одной из центральных проблем физиологии [5]. Идеальной моделью для изучения механизмов разнообразных движений служит двигательная деятельность спортсменов. Метод электромиографии (ЭМГ), представляющий собой запись биоэлектрической активности мышц, в последнее время находит широкое применение в спортивных исследованиях [19]. С использованием этой методики изучались особенности регуляции движений в разных видах спорта, включая легкоатлетический бег, велоспорт, спортивные игры, греблю, тяжелую атлетику, единоборства, стрельбу из пистолета и др. [13; 15; 19; 20; 21]. Однако в большинстве опубликованных работ отсутствует комплексный ЭМГ анализ деятельности мышц при выполнении спортсменами специфичных для различных видов спорта движений, не проводится сопоставительный анализ активности работающих мышц при различных условиях их функционирования, поэтому данные аспекты были изучены нами при участии

---

Контакты: <sup>1</sup> Ланская О.В. – E-mail:< lanskaya2012@yandex.ru>

пауэрлифтеров, баскетболистов и легкоатлетов, специализирующихся в беге на короткие и длинные дистанции.

## ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании приняли участие студенты (все лица мужского пола), обучающиеся в Великолукской государственной академии физической культуры и спорта, и специализирующиеся в пауэрлифтинге (7 человек), баскетболе (5 человек) и легкоатлетическом беге на короткие (6 человек) и длинные (6 человек) дистанции. Испытуемые на момент исследования имели спортивную квалификацию от I взрослого разряда до КМС, возраст обследуемых – 17-25 лет. Стаж спортивной деятельности – от 7 до 12 лет.

Методом исследования являлась поверхностная ЭМГ. Отведение и регистрация биопотенциалов мышц осуществлялась по общепринятой методике [6] с помощью современного 16-ти канального электромиографа «MegaWin ME 6000» (Финляндия, 2008), а обработку полученных данных проводили в специальной компьютерной программе «MegaWin». К исследованию привлекались только испытуемые-правши и ограничивались регистрацией биопотенциалов мышц с правой половины тела. В качестве двигательных моделей пауэрлифтеры выполняли упражнения из силового троеборья, для баскетболистов был выбран бросок одной рукой от головы (сверху), который спортсмены выполняли с различного расстояния до корзины (со штрафной линии, с дальней, средней и близкой дистанции). Спортсмены, специализирующиеся в беге на короткие и длинные дистанции, пробегали отрезки дистанции (30 м) с разной скоростью. Мы принимали во внимание, что темп на дистанции 100 м и 5000 м соответственно спринтерами и стайерами хорошо изучен, то есть определялся опытом спортсменов, поэтому скорость во время максимального спринтерского теста соответствовала темпу на 100 м, а стайерского – на 5000 м.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

*Изучение параметров ЭМГ мышц у пауэрлифтеров при выполнении упражнений из силового троеборья.* Пауэрлифтинг – силовой вид спорта, суть которого заключается в преодолении веса максимально тяжелого отягощения. В качестве соревновательных дисциплин в него входят три упражнения: приседание со штангой на плечах, жим штанги лежа на горизонтальной скамье и тяга штанги, которые в сумме и определяют квалификацию спортсмена. На рисунке 1 (А, Б, В) представлены оригинальные образцы записей ЭМГ тестируемых мышц у спортсменов.

Анализ ЭМГ параметров тестируемых мышц позволил выявить «ведущие» мышцы при выполнении пауэрлифтерами упражнений из силового троеборья. Так, при выполнении упражнения «приседание со штангой на плечах» среди всех тестируемых мышц самые высокие показатели амплитуды, интегрированной активности и частоты ЭМГ зарегистрированы у прямой мышцы бедра (соответственно  $293,1 \pm 18,11$  мкВ;  $1178,1 \pm 118,7$  мкВ·с;  $114,7 \pm 5,39$  Гц), являющейся «ведущей» мышцей, по сравнению с которой передняя большеберцовая мышца и

лучевой сгибатель кисти демонстрировали меньшую электроактивность, но у которых она была выше, чем у остальных мышц. Перечисленные мышцы первыми начинали сокращаться и дольше всех остальных мышц оставались включенными в работу (рис. 1, А). Исследование электрической активности мышц плеча, предплечья, бедра и голени при выполнении жима штанги лежа показало, что самые высокие показатели параметров ЭМГ регистрировались у трехглавой мышцы плеча: амплитуда –  $514,45 \pm 110,94$  мкВ; интеграл –  $1752,95 \pm 306,3$  мкВ·с; частота биопотенциалов –  $134,97 \pm 1,12$  Гц. Следует отметить, что при выполнении пауэрлифтерами данного упражнения по сравнению с «ведущей» трехглавой мышцей плеча у остальных мышц электроактивность была значительно ниже, особенно у мышц бедра и голени, которые в меньшей степени задействованы в совершаемой работе, чем мышцы рук. Во время становой тяги среди всех мышц самые высокие показатели амплитуды, интегрированной активности и частоты ЭМГ зарегистрированы у лучевого сгибателя кисти (соответственно  $332,87 \pm 95,6$  мкВ;  $1413,5 \pm 495,36$  мкВ·с;  $124,4 \pm 8,09$  Гц), являющегося в данном случае «ведущей» мышцей, по сравнению с которой трехглавая мышца плеча и двуглавая мышца бедра демонстрировали меньшую электроактивность, но более высокую, чем у остальных мышц. «Ведущие» и вспомогательные мышцы при выполнении жима и становой тяги штанги первыми начинали сокращаться и дольше всех остальных мышц оставались включенными в работу (рис. 1, Б, В).

Известно, что интегрированная электрическая активность, которая позволяет определить площадь ЭМГ на ее фиксированном временном участке, то есть меру выраженности активности мышц во времени при той или иной двигательной деятельности [3], складывается из значений амплитуды и частоты биопотенциалов. Причем, повышение интегрированной электроактивности может происходить как за счет увеличения амплитуды потенциалов действия, так и возрастания их частоты [14]. На рисунке 2 представлено сравнение интеграла активности со средней амплитудой и частотой биопотенциалов мышц, выраженное в процентах, по отношению к значениям прямой мышцы бедра при приседаниях со штангой (А), трехглавой мышцы плеча при жиме штанги лежа на горизонтальной скамье (Б), лучевого сгибателя кисти при становой тяге (В). Наше исследование показало, что более высокие значения интегрированной активности ЭМГ мышц верхней и нижней конечностей при выполнении приседания со штангой на плечах, жиме штанги лежа на горизонтальной скамье и становой тяги достигались как за счет увеличения амплитуды электроактивности, зависящей от количества возбужденных двигательных единиц (ДЕ) и степени их синхронизации, так и частоты ЭМГ, обусловленной колебанием потенциалов возбужденных ДЕ.

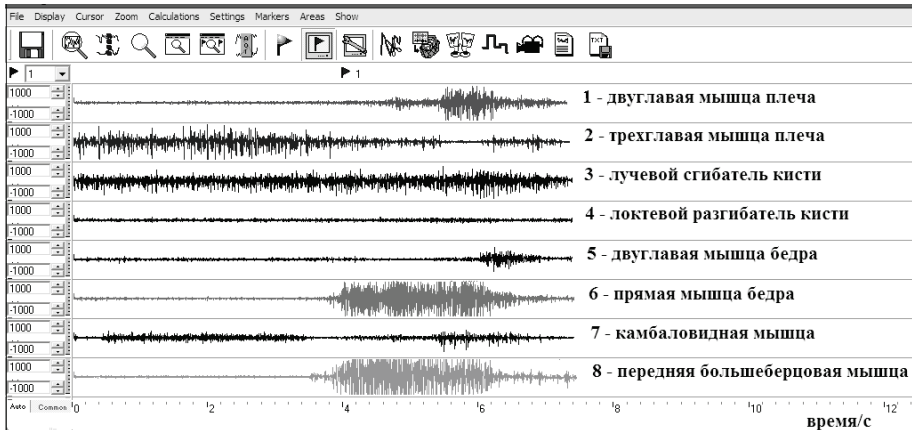
Следует отметить, что значительную роль в регуляции силы мышечного сокращения могут играть механизмы рекрутирования и (или) увеличения частоты импульсации ДЕ. Некоторые авторы считают, что грация мышечного усилия осуществляется почти исключительно за счет рекрутирования новых ДЕ. Они полагают, что нет существенной зависимости между мышечным усилием и частотой импульсации единиц [23]. Другие ученые высказывают сомнение в том, что рекрутирование является важным фактором при любых уровнях силы [22]. В свою очередь, ряд других исследователей придерживаются другой точки зрения. Так, в частности, результаты исследований Н.С. Milner-Brown с коллегами [27]

показали, что при относительно небольших значениях силы основным механизмом является рекрутирование, тогда как увеличение частоты посылки импульсов используется для достижения показателей силы, близких к максимальным. В других работах также отмечено, что развитие мышцами максимальной силы зависит от частоты импульсов [24; 25]. В трудах других авторов [2; 4; 11; 16; 26] также указывается, что увеличение силы имеет место при увеличении частоты импульсов и рекрутировании дополнительных ДЕ. При этом в разных диапазонах силы и в разных условиях сокращения, возможно, как параллельное использование обоих механизмов для увеличения силы мышечного сокращения, так и преимущественное использование одного из них.

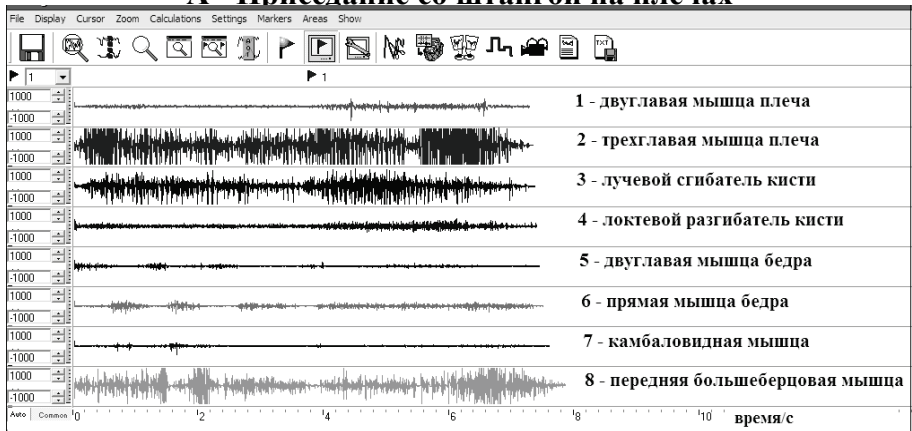
В реальных условиях мышечной деятельности человека большая часть ДЕ рекрутируется в диапазоне от 0 до 50 % максимальной силы произвольного сокращения, затем вовлекается лишь небольшое (около 10%) число самых крупных (высокопороговых) ДЕ, а рост силы от 75 до 100 % обусловлен исключительно ростом частоты импульсации [4; 26]. С учетом этого можно предположить, что высокий уровень мышечного усилия при выполнении пауэрлифтерами упражнений из силового троеборья, который составлял 90 % от максимального произвольного сокращения (МПС), достигался, возможно, преимущественно за счет частоты разрядов ДЕ.

*Изучение параметров ЭМГ мышц при выполнении баскетболистами броска мяча одной рукой от головы (сверху) с различного расстояния до корзины.* Бросок мяча одной рукой от головы (сверху) – основной бросок в баскетболе для поражения корзины с близкой, средней и дальней дистанции, а также с линии штрафного броска. Типичные образцы записи ЭМГ тестируемых мышц при выполнении дистанционных бросков представлены на рисунке 3 (А, Б, В, Г). Анализ показал, что при выполнении броска одной рукой от головы (сверху) с различного расстояния до корзины наиболее высокие показатели средней амплитуды, интегрированной активности и частоты биопотенциалов регистрировались в лучевом сгибателе кисти: с линии штрафного броска –  $147,6 \pm 6,66$  мкВ;  $692,8 \pm 43,84$  мкВ·с;  $128,5 \pm 6,9$  Гц; с дальней дистанции –  $178,6 \pm 6,35$  мкВ;  $908,8 \pm 40,63$  мкВ·с;  $146,2 \pm 2,37$  Гц; со средней дистанции –  $161,2 \pm 13,69$  мкВ;  $617,2 \pm 42,94$  мкВ·с;  $135,3 \pm 1,69$  Гц; с близкой дистанции –  $100,2 \pm 8,91$  мкВ;  $192 \pm 17,82$  мкВ·с;  $123,9 \pm 3,9$  Гц.

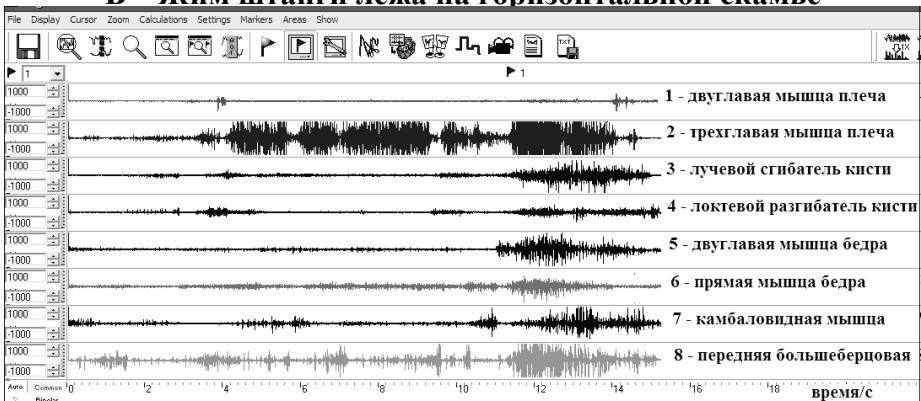
Лучевой сгибатель кисти при выполнении баскетболистами броска мяча с различного расстояния до корзины является «ведущей» мышцей, по сравнению с которой локтевой разгибатель кисти и трехглавая мышца плеча демонстрируют меньшую электроактивность, но более высокую, чем двуглавая мышца плеча. При этом независимо от того, выполнялся бросок без прыжка (со штрафной линии) или в прыжке (с дальней, средней и близкой дистанции), электрическая активность мышц плеча и предплечья, которая оценивалась по показателям амплитуды, интеграла и частоты ЭМГ, была в основном существенно выше, чем у мышц бедра и голени (рис. 3).



### А - Приседание со штангой на плечах



### Б – Жим штанги лежа на горизонтальной скамье



### В – Становая тяга

Рис. 1 Типичный образец записи ЭМГ мышц при выполнении пауэрлифтерами упражнений из силового троеборья (маркер 1 на рисунках А, Б, В – старт)

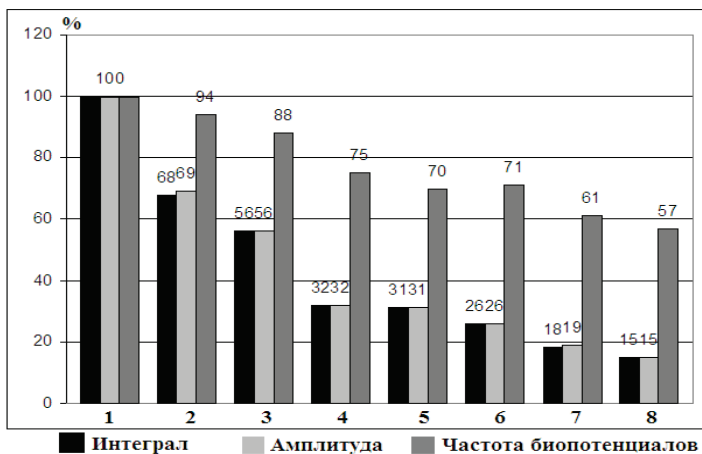
Из анализа порядка включения и выключения мышц при выполнении дистанционных бросков следует, что первым из всех восьми мышц активировался лучевой сгибатель кисти, который вместе с локтевым разгибателем кисти последними выключались из работы, тогда как активация и завершение активности мышц бедра и голени происходили примерно в одно и то же время (рис. 3). Установлено также, что самые высокие показатели амплитуды ЭМГ, а также интегрированной электроактивности мышц плеча и предплечья регистрировались при выполнении броска с дальней дистанции, а самые низкие – при выполнении броска с близкой дистанции. Вместе с тем, показатели амплитуды ЭМГ мышц ног во время штрафного броска, который выполнялся без прыжка, значительно ниже таковых, зарегистрированных во время других дистанционных бросков, выполняемых в прыжке.

Установлено, что более высокие значения интегрированной активности ЭМГ мышц плеча, предплечья, бедра и голени при броске одной рукой от головы (сверху), который баскетболисты выполняли с различного расстояния до корзины, достигались как за счет увеличения амплитуды электроактивности, так и частоты ЭМГ этих мышц. Следовательно, суммарная электрическая активность вовлеченных в той или иной степени в работу мышц у баскетболистов при выполнении дистанционных бросков зависит от рекрутирования большего количества ДЕ и частоты разряда импульсирующих мотонейронов в составе этих ДЕ.

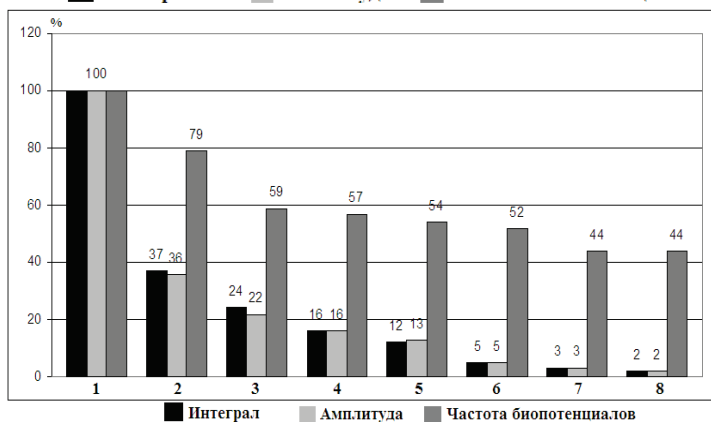
С учетом физиологических основ мышечной силы и скоростно-силовых качеств Я.М. Коца [8] бросковые движения баскетболиста целесообразно отнести к движениям с перемещением малой массы (менее 40 % от МПС), для реализации которых необходима максимальная скорость перемещения рук и точность движений, а проявляемая мышечная сила относительно небольшая. В свою очередь, вертикальный прыжок в баскетболе зависит в той или иной степени как от силы мышц, в частности бедра, голени, стоп, таза, спины, живота и плеч, так и от скорости их сокращения (выполнения прыжка) [10], при котором согласно вышеназванной концепции Я.М. Коца [8] проявление мышечной силы находится в диапазоне 40-70% от максимально возможной. В таком диапазоне силы, которую баскетболист развивает во время броска и прыжка, вероятно, будет высока роль как механизмов рекрутирования, так и увеличения частоты импульсации ДЕ, о чем говорилось ранее [2; 4; 11] и что подтверждают полученные нами данные.

*Изучение параметров ЭМГ скелетных мышц при спринтерском и стайерском беге.* Бег – естественная локомоция (движение в пространстве), в основе которой лежит ритмический двигательный рефлекс, проявляющийся автоматически. Поскольку мышцы нижних конечностей в беге выполняют основную работу [9], то в данной серии исследований был принят к рассмотрению анализ ЭМГ мышц бедра и голени во время легкоатлетического бега с разной скоростью.

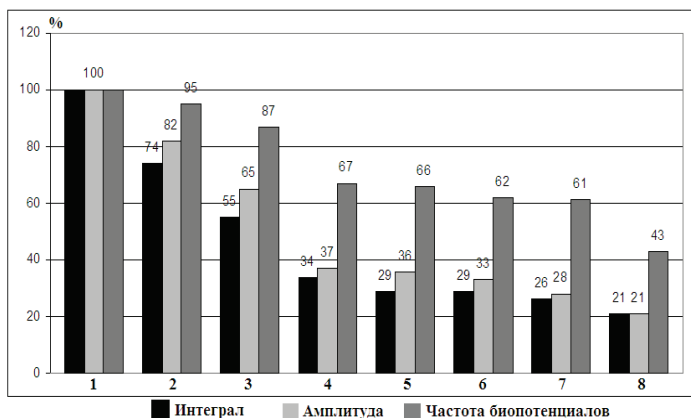
На рисунке 4 (А, Б) представлены типичные образцы записей ЭМГ мышц бедра и голени во время бега с разной скоростью. Полученные результаты свидетельствуют о том, что при беге с разной скоростью наиболее высокие показатели средней амплитуды, интегрированной активности ЭМГ и частоты биопотенциалов регистрировались у двуглавой мышцы бедра: при спринтерском беге –  $227,9 \pm 34,2$  мкВ;  $1400,5 \pm 203,3$  мкВ·с;  $107,9 \pm 9,3$  Гц; при стайерском беге –  $148,8 \pm 24,8$  мкВ;  $1015,7 \pm 120,3$  мкВ·с;  $105,7 \pm 10,7$  Гц.



**А - Приседание со штангой на плечах**  
 (1 – прямая мышца бедра; 2 – передняя большеберцовая мышца; 3 – лучевой сгибатель кисти; 4 – двуглавая мышца плеча; 5 – камбаловидная мышца; 6 – локтевой разгибатель кисти; 7 – двуглавая мышца бедра; 8 – трехглавая мышца плеча)



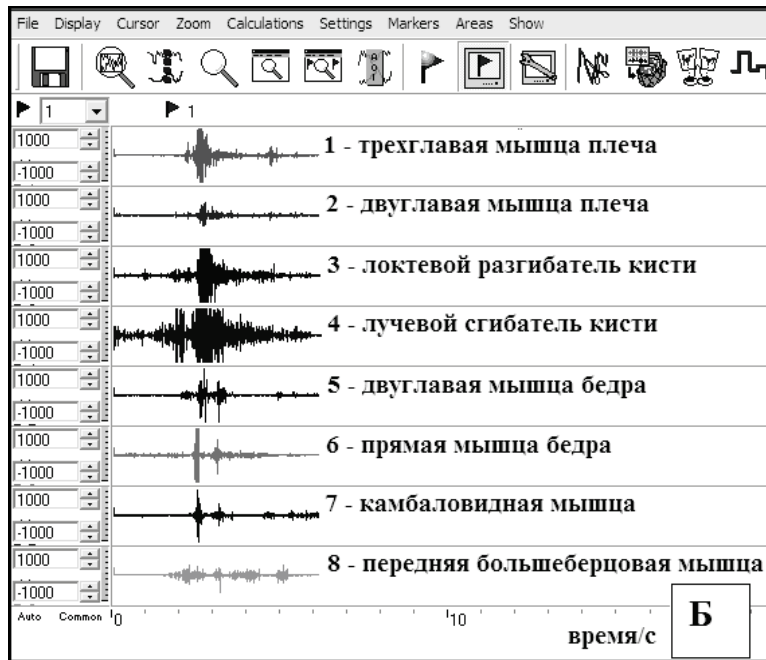
**Б - Жим штанги лежа на горизонтальной скамье**  
 (1 – трехглавая мышца плеча; 2 – лучевой сгибатель кисти; 3 – локтевой разгибатель кисти; 4 – двуглавая мышца плеча; 5 – передняя большеберцовая мышца; 6 – прямая мышца бедра; 7 – двуглавая мышца бедра; 8 – камбаловидная мышца)

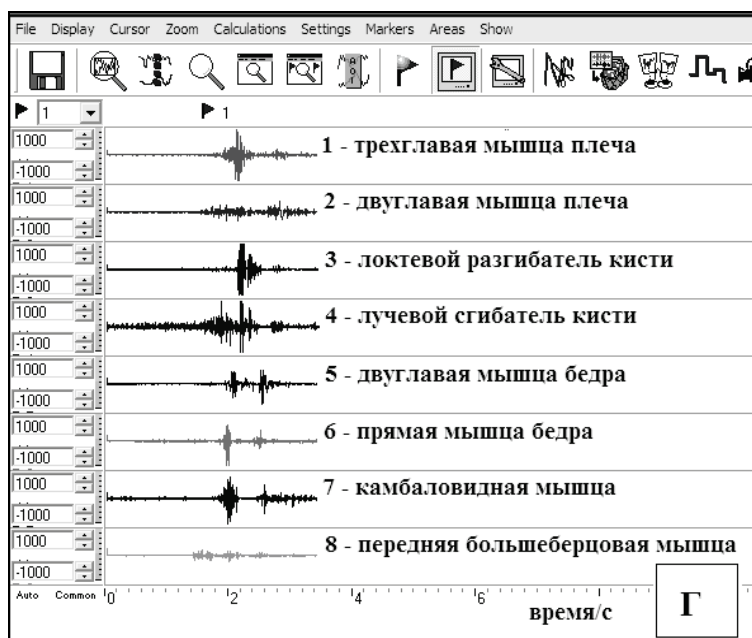
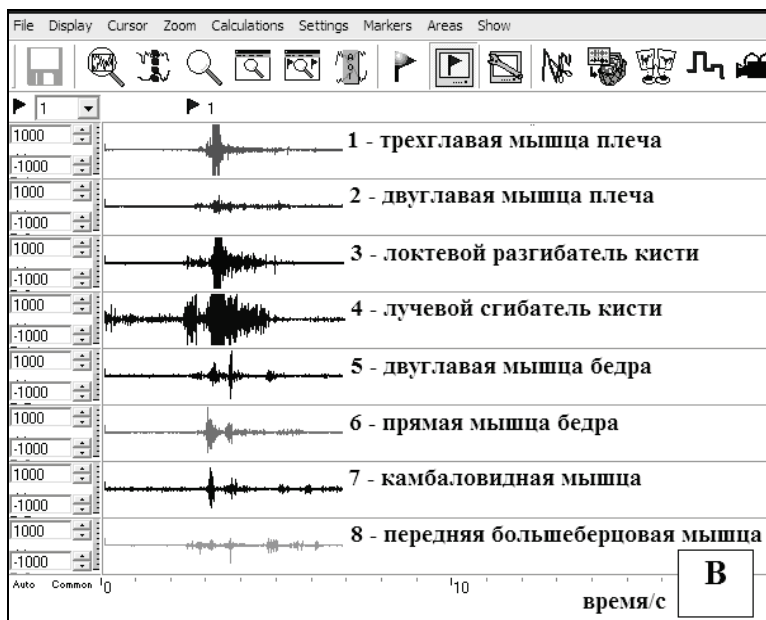


**В - Становая тяга**  
 (1 – лучевой сгибатель кисти; 2 – трехглавая мышца плеча; 3 – двуглавая мышца бедра; 4 – камбаловидная мышца; 5 – передняя большеберцовая мышца; 6 – прямая мышца бедра; 7 – локтевой разгибатель кисти; 8 – двуглавая мышца плеча)

Рис. 2 Величины интегрированной электроактивности, средней амплитуды и частоты ЭМГ мышц по отношению к значениям: прямой мышцы бедра при приседании со штангой на плечах (А); трехглавой мышцы плеча при жиме штанги лежа на горизонтальной скамье (Б); лучевого сгибателя кисти при становой тяге (В) у пауэрлифтеров, %







*Рис. 3 Типичные образцы записей ЭМГ мышц верхней и нижней конечностей при выполнении броска мяча одной рукой от головы (сверху) с линии штрафного броска (А), с дальней (Б), средней (В) и близкой (из-под кольца) (Г) дистанции (маркер 1 на рисунках А, Б, В, Г – старт)*

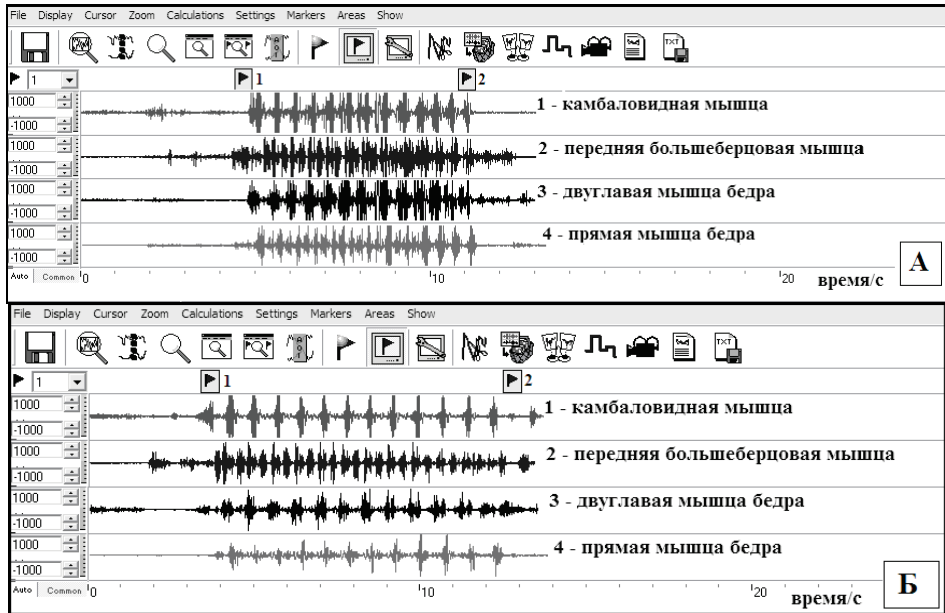


Рис. 4 Типичные образцы записей ЭМГ мышц бедра и голени при спринтерском (А) и стайерском (Б) беге (маркер 1 – старт, маркер 2 – финиш)

Двуглавая мышца бедра как при спринтерском, так и при стайерском беге является «ведущей» мышцей, по сравнению с которой камбаловидная мышца демонстрирует несколько меньшую электроактивность, но более высокую, чем прямая мышца бедра и передняя большеберцовая мышца (рис. 4). Обнаружены также различия в электроактивности мышц бедра и голени при беге с разной скоростью, что можно наблюдать на рисунке 4 (А, Б). При спринтерском беге показатели амплитуды, интегрированной электроактивности и частоты биопотенциалов ЭМГ тестируемых мышц превышали (в ряде случаев существенно) таковые при стайерском беге.

Результаты анализа полученных данных показали, что более высокие значения интегрированной активности ЭМГ мышц при спринтерском и стайерском беге достигались за счет увеличения амплитуды и частоты ЭМГ. Известно, что бег на короткие дистанции относится к скоростно-силовым упражнениям, развивающим преимущественно быстроту, во время которых проявляется и относительно большая мышечная сила, не превышающая 70 % от МПС [8]. При этом доказано, что максимальная произвольная сила, то есть наибольшая возможность, которую спортсмен способен проявить при МПС мышц, у бегунов-стайеров существенно ниже, чем у бегунов-спринтеров [7]. Выше неоднократно отмечалось, что прирост силы до 70-75 % от МПС может достигаться за счет рекрутирования ДЕ наряду с увеличением частоты их разрядов [2; 4; 11], поэтому можно предположить, что достижение высокой суммарной электроактивности мышц при разной скорости бега происходило как за счет рекрутирования большего количества ДЕ, так и за счет высокой частоты их разрядов.

Далее нами был проведен сравнительный анализ показателей амплитуды ЭМГ, зарегистрированных в результате выполнения представителями различных видов спорта специфических спортивных движений, результаты которого представлены в таблице 1. Из таблицы видно, что самая высокая биоэлектрическая активность исследуемых мышц наблюдалась у пауэрлифтеров при выполнении того или иного упражнения из силового троеборья и легкоатлетов во время спринтерского бега, по сравнению с которыми у баскетболистов, выполняющих дистанционные броски в опорном и безопорном положении ног, и легкоатлетов во время стайерского бега электроактивность мышц была ниже. Отметим также, что показатели средней частоты моторных единиц и интегрированной электроактивности мышц при выполнении физических нагрузок пауэрлифтерами и спринтерами в основном были выше таковых, зарегистрированных при мышечной работе, совершаемой баскетболистами и стайерами (сравнительный анализ данных характеристик ЭМГ между группами спортсменов в работе не приводится). При этом величины амплитуды ЭМГ мышц бедра и голени при выполнении дистанционных бросков в прыжке и без него была значительно ниже таковых во время стайерского бега. Вместе с тем следует обратить внимание, что электроактивность лучевого сгибателя кисти при выполнении броска мяча с различного расстояния до корзины была в основном даже выше электроактивности мышц ног во время стайерского бега (табл. 1).

Отмечается, что максимальная сила, развиваемая мышцей, находится в прямой зависимости от типа мышечных волокон, составляющих данную мышцу. Например, чем больше быстрых волокон содержит мышца, тем больше возможная ее сила сокращения. Известно, что отличительной особенностью композиции мышц у стайеров является относительно высокий процент медленных волокон, составляющих их мышцы, у спринтеров и представителей силовых видов спорта высок процент быстрых мышечных волокон, а у игроков – равномерное распределение быстрых и медленных волокон в мышцах, несущих основную нагрузку [3; 18]. Выше также была представлена информация, касающаяся возможного диапазона прилагаемых мышечных усилий от МПС при совершении двигательных действий, специфичных для рассматриваемых видов спорта. Так, градиент силы самый высокий у представителей мощностных видов спорта (пауэрлифтеров, спринтеров), чем у баскетболистов, особенно мышц рук и стайеров. Однако следует рассмотреть и особенности скоростного компонента мощности при выполнении некоторых из этих движений, одним из важных механизмов повышения которого служит увеличение скоростных сократительных свойств мышц. Обращает на себя внимание, что для реализации дистанционных баскетбольных бросков не требуется максимальное напряжение мышц рук, а необходима максимальная скорость перемещения рук, то есть быстрота развития напряжения (быстрая сила) и точность движений. Отмечается, что с увеличением дистанции броска, за счет возрастания скорости движения звеньев тела, увеличивается скорость вылета мяча, которая при штрафном броске может составлять около 7,4 м/с, а при броске с дальней дистанции – 8,9 м/с [1]. Вместе с тем, техника движений рук в беге зависит от скорости бега, то есть чем больше амплитуда (частота) движений рук, тем выше скорость бега, которая на дистанции 100 м может составлять в среднем около 9 м/с (или 32,4 км/ч [17]).

Таблица 1

Сравнительный анализ показателей амплитуды биоэлектрической активности мышц между группами спортсменов, мкВ  
( $M \pm SE$ )

Мышцы	Пауэрлифтеры			Баскетболисты				Легкоатлеты-бегуны	
	1. Приседания со штангой	2. Жим штанги лежа на горизонтальной скамье	3. Становая тяга	4. Штрафной бросок	5. Бросок с дальней дистанции	6. Бросок со средней дистанции	7. Бросок с близкой дистанции	8. Спринтерский бег	9. Стайерский бег
Двуглавая плеча	94,43±14,62	81,12±13,32	71,28±24,1	33,4±2,01	46,4±2,36	29,2±2,39	31,4±1,31	Не регистрировалась	Не регистрировалась
Достоверность различий	$P_{1-4}=0,02$ , $P_{1-6}=0,03$ , в остальных случаях не выявлено достоверных различий между показателями амплитуды ЭМГ, зарегистрированными при выполнении движений пауэрлифтерами и баскетболистами ( <i>Mann-Whitney U-test</i> )								
Трехглавая плеча	44,42±9,84	514,45±110,94	272,2±20,9	60,4±5,51	76,2±5,85	63,6±4,84	53,4±3,45	Не регистрировалась	Не регистрировалась
Достоверность различий	$P_{2-4}=0,03$ , $P_{2-7}=0,007$ , в остальных случаях не выявлено достоверных различий между показателями амплитуды ЭМГ, зарегистрированными при выполнении движений пауэрлифтерами и баскетболистами ( <i>Mann-Whitney U-test</i> )								
Лучевой сгибатель кисти	163,5±14,27	186,65±10,09	332,87±95,6	147,6±6,66	178,6±6,35	161,2±13,69	100,2±8,91	Не регистрировалась	Не регистрировалась
Достоверность различий	$P_{2-7}=0,03$ , $P_{3-7}=0,008$ , в остальных случаях не выявлено достоверных различий между показателями амплитуды ЭМГ, зарегистрированными при выполнении движений пауэрлифтерами и баскетболистами ( <i>Mann-Whitney U-test</i> )								
Локтевой разгибатель кисти	76,03±18,87	111,93±20,67	93,78±12,63	88,8±4,94	98,4±5,39	83,6±6,05	66,2±4,3	Не регистрировалась	Не регистрировалась
Достоверность различий	не выявлено достоверных различий между показателями амплитуды ЭМГ, зарегистрированными при выполнении движений пауэрлифтерами и баскетболистами ( <i>Mann-Whitney U-test</i> )								
Двуглавая бедра	54,57±2,12	13,1±4,45	217,12±23,57	15,8±1,6	55,2±2,6	43,4±2,1	65,6±6,1	227,9±34,2	148,8±24,8
Достоверность различий	$P_{2-8}=0,0002$ , $P_{2-9}=0,006$ , $P_{3-4}=0,001$ , $P_{3-6}=0,04$ , $P_{4-8}=0,001$ , $P_{4-9}=0,02$ , $P_{6-8}=0,04$ , в остальных случаях не выявлено достоверных различий между показателями амплитуды ЭМГ в группах спортсменов ( <i>Mann-Whitney U-test</i> )								
Прямая бедра	293,1±18,11	27,85±9,31	110,67±4,86	30,2±1,2	39,8±2,9	37,8±2,1	47,8±2,1	168,5±16,1	105,2±11,2
Достоверность различий	$P_{1-4}=0,0004$ , $P_{1-5}=0,006$ , $P_{1-6}=0,003$ , $P_{2-8}=0,01$ , $P_{4-8}=0,01$ , в остальных случаях не выявлено достоверных различий между показателями амплитуды ЭМГ в группах спортсменов ( <i>Mann-Whitney U-test</i> )								
Камбаловидная	92,78±15,52	9,0±1,63	124,23±4,56	23,8±0,7	30,6±1,2	30,2±4,3	27,2±1,5	217,8±27,1	139,1±16,5
Достоверность различий	$P_{2-8}=0,00001$ , $P_{2-9}=0,0006$ , $P_{4-8}=0,002$ , $P_{4-9}=0,04$ , $P_{6-8}=0,04$ , $P_{6-9}=0,02$ , в остальных случаях не выявлено достоверных различий между показателями амплитуды ЭМГ в группах спортсменов ( <i>Mann-Whitney U-test</i> )								
Передняя большеберцовая	203,7±12,36	68,52±26,68	119,1±18,1	31,8±1,4	37,6±2,4	37,8±1,4	40,8±2,6	194,8±20,4	137,9±6,9
Достоверность различий	$P_{1-4}=0,0007$ , $P_{1-5}=0,02$ , $P_{1-6}=0,03$ , $P_{4-8}=0,002$ , $P_{5-8}=0,04$ , в остальных случаях не выявлено достоверных различий между показателями амплитуды ЭМГ в группах спортсменов ( <i>Mann-Whitney U-test</i> )								

Примечание к таблице: в ячейках, выделенных темным цветом, отмечены наибольшие показатели амплитуды ЭМГ мышц по сравнению с таковыми в соответствующем ряду.

В связи с этим можно предположить, что скорость движений рук при спринтерском беге может быть примерно сопоставима с таковой при баскетбольных бросках. В свою очередь, Б.Г. Маньшин [10] указывает, что решающее значение при выполнении вертикального прыжка баскетболиста играет способность мышц быстро проявлять необходимый максимум динамической силы, а, к примеру, не быстрота его движений, тогда как в коротком спринте первостепенное значение имеет максимальная скорость сокращения мышц. Следовательно, скорость сокращения мышц нижних конечностей у баскетболиста во время прыжков может быть ниже таковой у спринтера во время бега с максимальной скоростью.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При реализации высокоинтенсивных/взрывных движений ациклического характера, требующих проявления значительных по величине мышечных усилий (силовое троеборье в пауэрлифтинге), и циклического характера с высокой скоростью сокращения мышц (спринтерский бег) наблюдалась более высокая ЭМГ активность скелетных мышц за счет рекрутирования дополнительных высокопороговых ДЕ и большего увеличения частоты их импульсации, чем во время бросковых движений баскетболиста в прыжке, характеризующихся ациклическостью, меньшими силой развития напряжения мышц, особенно рук (относительно всех вышеназванных движений) и быстротой развития напряжения мышц ног (относительно таковой у спринтеров), а также стайерского бега с характерными для него циклическостью движений, меньшим проявлением силовых (в сравнении с силовым троеборьем и спринтом) и скоростных (в сравнении со спринтом) сократительных свойств мышц.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев В.И. Броскок в прыжке в баскетболе. Биомеханические основы и совершенствование техники / В.И. Андреев, Л.В. Капилевич, Н.В. Марченко, О.В. Смирнов, С.З. Плиев. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 144 с.
2. Гидиков А.А. Теоретические основы электромиографии. – Л.: Наука, 1975. – 180 с.
3. Городничев Р.М. Спортивная электромиография. – Великие Луки, 2005. – 229 с.
4. Гурфинкель В.С., Левик Ю.С. Скелетная мышца: структура и функция. – М.: Наука, 1985. – 143 с.
5. Козловская И.Б. Опорная афферентация в контроле тонической мышечной активности // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2004. – Т. 90, № 8. – С. 418-419.
6. Команцев В.Н., Заболотных В.А. Методические основы клинической электромиографии. – СПб: Лань, 2001. – 218 с.
7. Коряк Ю.А. Функциональные свойства нервно-мышечного аппарата человека при повышенной и пониженной нагрузке: дисс. ... д-ра биол. наук. – Москва, 2006. – 348 с.

8. Коц Я.М. Спортивная физиология. – Л.: Медицина, 1986. – 256 с.
9. Лидьярд А., Гилмор Г. Бег с Лидьярдом / пер. с англ. В.Б. Розова. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2011. – 352 с.
10. Маньшин Б.Г. Влияние кинематических характеристик прыжка на выполнение броскового движения в баскетболе // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2008. – 3(37). – С. 54-57.
11. Персон Р.С. Спинальные механизмы управления мышечным сокращением. – М.: Наука, 1985. – 184 с.
12. Платонов В.П. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. – Киев: Олимпийская литература, 2004. – 807 с.
13. Прянишникова О.А. Спортивная электронейромиография / О.А. Прянишникова, Р.М. Городничев, Л.Р. Городничева, А.В. Ткаченко // Теория и практика физической культуры. – 2005. – № 9. – С. 6-12.
14. Пухов А.М. Электромиографические характеристики результативности прицельных движений человека: автореф. дис. .... канд. биол. наук. – Смоленск, 2013. – 22 с.
15. Пухов А.М., Городничев Р.М. Электромиографические критерии результативности стрельбы из пистолета // Теория и практика физической культуры. – 2012. – №11. – С. 79.
16. Рюэрг Й. Мышца. В кн.: Физиология человека: В 3-х томах. Т. 1 Пер. с англ. / Под ред. Р. Шмидта, Г. Тевса. – 3-е изд. – М.: Мир, 2005. – С. 69-87.
17. Скорость бега человека (рекордная, максимальная, средняя). – Электронный ресурс:  
URL: <http://frs24.ru/st/skorost-bega-cheloveka/>
18. Скурвидас А.А. Электрическая активность, скоростно-силовые свойства и утомляемость скелетных мышц у спортсменов в зависимости от направленности тренировочных нагрузок и возраста: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Тарту, 1988. – 18 с.
19. Ципин Л.Л. Методологические аспекты применения электромиографии при изучении спортивных движений разной интенсивности // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2015. – № 8(126). – С. 188-193.
20. Чермит К.Д. Биоэлектрическая активность мышц в процессе реализации штрафного броска в баскетболе / К.Д. Чермит, А.Г. Заболотный, О.О. Ельникова, В.И. Сидоров // Вестник Адыгейского государственного университета. – 2014. – Выпуск 3 (142). – С. 124-131.
21. Чермит К.Д. Классификация биоэлектрической активности мышц при выполнении приседания со штангой в пауэрлифтинге / К.Д. Чермит, А.Г. Заболотный, А.В. Шаханова, А.А. Тхагова // Вестник Адыгейского государственного университета. – 2012. – №1. Электронный ресурс.  
URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/klassifikatsiya-bioelektricheskoy-aktivnosti-myshts-pri-vypolnenii-prisedaniya-so-shtangoy-v-pauerliftinge>
22. Bigland B., Lippold O.C.J. Motor unit activity in the voluntary contraction of human muscle // J. Physiol. 1954;125:322-335.
23. Bracchi F., Decandia M., Gualtierotti T. Frequency stabilization in the motor centers of spinal cord and caudal brain stem // Am. J. Physiol. 1966; 210:1170-1177.

24. Contessa P., De Luca C.J. Neural control of muscle force: indications from a simulation model // *Journal of Physiology*. 2013;109:1548-1570.
25. De Luca C.J., Hostage E.C. Relationship between firing rate and recruitment threshold of motoneurons in voluntary isometric contractions // *Journal of Physiology*. 2010;104(2):1034-1046.
26. Freund H.-J. Motor unit and muscle activity in voluntary control // *Physiol.Rev.*1983;63:387-436.
27. Milner-Brown H.S., Stein R.B., Yemm R. Changes in firing rate of human motor units during linearly changing voluntary contractions // *Journal of Physiology*. 1973(a);230:371-390.



# ШКОЛА И ЗДОРОВЬЕ

## ОЦЕНКА УРОВНЯ СОМАТИЧЕСКОГО ЗДОРОВЬЯ СТУДЕНТОК ПЕРВОГО КУРСА ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ВУЗА

В.П. Мальцев<sup>1</sup>, Н.А. Белоусова  
ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный  
гуманитарно-педагогический университет», г. Челябинск

*Представленные в статье результаты антропометрического исследования студенток первого курса свидетельствуют о соответствии тотальных размеров тела обследованных возрастнo-половым нормативам. Преобладание средних значений выраженности количественных и качественных антропометрических признаков отражает удовлетворительные аспекты соматического здоровья большинства обследуемых студенток в рамках их учебно-профессиональной деятельности. Характерными морфологическими особенностями обследованных является преобладание микро-мезосомного соматотипа с тенденцией к брахискелии.*

**Ключевые слова:** студенты, физическое развитие, соматическое здоровье.

**Evaluating the level of somatic health in the first year students of the pedagogical university.** *The results of the anthropometric study of the first year students, presented in this article, show that the total body size of the subjects follows age and sex norms. The predominance of average quantitative and qualitative anthropometric characteristics reflects satisfactory physical health of the majority of students within their educational and professional activity. Specific morphological features of the examined are the prevalence of asthenic type and normal somatotype with a tendency to brachyskelia.*

**Key words:** students, physical development, somatic health.

Сохранение и укрепление здоровья молодежи являются приоритетными аспектами социально-экономического развития государства и общества, что находит свое отражение в документально закреплённых нормативно-правовых актах систем здравоохранения и образования Российской Федерации. При этом результаты государственной статистической отчетности и многочисленных научных исследований о состоянии здоровья населения [2; 3; 6] указывают на снижение уровня здоровья населения России.

Выявленные противоречия в требованиях и потребностях социума и государства в здоровой личности и объективно низкими показателями здоровья населения обуславливают необходимость комплексного решения проблемы сохранения и укрепления здоровья личности. Особо актуален данный вопрос для студентов высших учебных заведений, как особой социальной категории населения, подверженной высокому риску отклонений в состоянии здоровья на завершающем этапе формирования социальной и морфофункциональной зрелости [8; 10].

---

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

При этом здоровье студентов высшие школы целесообразно рассматривать не просто как желательное качество будущего специалиста, а, как необходимый компонент целостной личностной структуры, необходимым условием высокоэффективного обучения [2; 7].

Как известно [1; 4; 8; 9] показатели морфофункционального развития организма студентов выступают в качестве объективных критериев соматического здоровья молодежи в условиях адаптации к условиям учебно-профессиональной деятельности.

**Цель работы:** исследование соматического здоровья студенток первого курса педагогического вуза.

## **ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Обследования проводились на базе Южно-Уральского государственного гуманитарно-педагогического университета в начале учебного года после периода срочной адаптации к условиям учебно-профессиональной деятельности вуза (октябрь). Обследовались практически здоровые девушки в возрасте 17-18 лет (I курса) факультета подготовки учителей начальных классов. Объем выборки составил 55 человек. Все обследования проводились в условиях лаборатории в первой половине дня, на добровольной основе, в соответствии с основными биоэтическими правилами.

При определении физического развития использовали антропометрические (длина и масса тела, обхват грудной клетки (ОГК) в паузе) показатели, полученные при обследовании испытуемых по унифицированной методике В.В. Бунака (1941). Дополнительно производили оценку гармоничности физического развития с помощью расчетных методов: индекса Кетле, индекса Пинье, весо-ростового индекса Ливи и индексов пропорциональности Леви-Бругша и индекса скелии по Мануврие.

Математико-статистическая обработка результатов исследования проведена в среде Microsoft Excel 2007 и Statistica v. 8.0. Статистический анализ проводили на основе расчета средних арифметических ( $M$ ) и их ошибок ( $\pm m$ ). Достоверность различий изучаемых показателей соответствующих нормальному распределению определяли с помощью  $t$ -критерия Стьюдента. Значимость связи между категориальными переменными производили при помощи  $\chi^2$ -критерия Пирсона. Результаты считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ**

Результаты исследования основных антропометрических признаков физического развития студенток первого курса педагогического университета в девяти-летней временной интервал обобщены в таблице 1.

Полученные результаты физического развития обследуемых студенток двух временных отрезков свидетельствуют об однородности выражения антропометрических показателей. При сопоставлении расчетного значения  $t$ -критерия Стьюдента с критическим значением при уровне 95 % значимости ( $p=0,05$ ;  $t=1,984$ ) выявлено отсутствие достоверных различий сравниваемых средних значений то-

тальных размеров тела студенток первого года обучения в вузе в 2007 и 2016 гг. Отмечена тенденция сочетанного увеличения показателей длины тела и ОГК, при снижении среднегруппового показателя массы тела обследованных

Таблица 1

*Антропометрические показатели физического развития студенток I курса педагогического университета ( $M \pm m$ )*

Показатель	Год обследования		t-критерий Стьюдента
	2007 г. (n= 60)	2016 г. (n=55)	
Длина тела, см	162,8±0,66 CV=3,1%	164,0±0,97 CV=4,4%	-1,023
Масса тела, кг	59,6±0,88 CV=11,5%	57,9±1,04 CV=13,3%	-1,248
ОГК, см	84,9±0,62 CV=5,7%	85,2±0,71 CV=6,2%	0,318
Индекс Кетле, у.е.	22,5±0,41	21,5±0,35	1,855
	<i>Норматив (18,5-25,0)</i>		
Индекс Пинье, у.е.	18,3±0,91	20,5±1,48	1,262
	<i>Норматив (10-25)</i>		
Индекс Ливи, у.е.	24,0±0,18	23,6±0,14	1,754
	<i>Норматив (23-24)</i>		
Индекс Леви-Бругша, у.е.	52,1±0,37	52,0±0,46	0,169
	<i>Норматив (50-55)</i>		
Индекс скелии (Мануврие), у.е.	нет данных	87,5±1,12	-
	<i>Норматив (87-92)</i>		

Значения коэффициентов вариации (CV) основных показателей физического развития студенток не превышает 15 % порога, что свидетельствует об относительной однородности среднегрупповых исследуемых параметров. Следует отметить, что наиболее вариативным признаком в структуре физического развития обследуемых студенток 2007 и 2016 гг. является показатель массы тела (CV 11,5 % до 13,3 % соответственно). Выявленная особенность не противоречит фундаментальным аспектам изменчивости весоростовых показателей физического развития онтогенеза индивида.

Результаты количественной оценки соматотипологических особенностей студентов первого года обучения педагогического вуза, основанной на методе индексов (см. табл. 1) позволило установить, что среднегрупповые расчетные показатели физического развития обследуемых двух временных промежутков находятся в диапазоне нормальных величин и не имеют достоверных различий. Можно отметить тенденцию снижения показателя Индекса Кетле, характеризующего соответствие массы тела росту обследованных студентов и повышения показателя крепости телосложения индекса Пинье, что согласуется с изменением во временном аспекте с абсолютными показателями физического развития и отражает тенденцию к астенизации девушек современного поколения. При этом следует отметить, что показатели индекса скелии по Мануврике соответствуют нижней границе нормы.

Сопоставление собственных результатов исследования параметров физического развития студентов первого курса с литературными данными, отражающими особенности физического развития студентов первого курса обучения в вузах Юго-Западного, Центрального, Уральского и Сибирского регионов России, представлены в таблице 2.

Таблица 2

*Региональные особенности антропометрических показателей студенток первого курса*

<b>Показатели</b>	<b>Длина тела, см</b>	<b>Масса тела, кг</b>	<b>ОГК (пауза), см</b>
г. Челябинск, (n=55)	164,0±0,97	57,9±1,04	85,2±0,71
г. Костонай, (n=41), [9]	165,0±0,9	57,2±1,3	84,6±1,0
г. Смоленск (n=нет данных), [5]	165,7	57,3	-
г. Новосибирск (n=833), [7]	164,1±0,2	59,5±0,4	-
г. Белгород (n=30), [10]	167,7±2,74	53,9±1,59	81,5±1,99
г. Орехово-Зуево (n=60), [4]	166	62	-

При сравнении абсолютных антропометрических показателей студенток первого курса обучения в вузе обнаруживаются довольно схожие результаты: длина тела в среднем соответствует 165 см, масса тела – 58 кг, ОГК – 84 см. Сопоставление собственных результатов с научными данными разных регионов может свидетельствовать об оптимальном антропометрическом развитии, соответствующем возрастано-половым критериям. Отмеченная вариативность роста-весовых показателей отражает региональные популяционные особенности адаптации морфологического развития студенток первокурсниц. Так, в частности, тенденцию к

выраженности признаков долихоморфности отмечены у студенток Белгорода – юго-западного региона России [10], имеющие превышение показателей других регионов по показателю длины тела в среднем на 2 % и наименьшие показатели массы и ОГК в среднем на 4 %-7 %. Важно отметить, что представительницы пришлого населения северного Казахстана, пограничной территории Челябинской области, имеют схожие результаты с данными нашего исследования.

Дальнейший анализ был направлен на изучение распределения студенток первокурсниц 2016-2017 учебного года по показателям весо-ростовых индексов (см. табл. 3).

Таблица 3

*Частотное распределение студенток первого курса по показателям весо-ростовых индексов, %*

<b>Индекс Кетле</b>		
<i>дефицит МТ</i>	<i>норма МТ</i>	<i>избыток МТ</i>
12,7	78,2	9,1
<b>Индекс Пинье</b>		
<i>астения</i>	<i>нормостения</i>	<i>гиперстения</i>
41,8	41,8	16,4
<b>Коэффициент пропорциональности (инд. Леви-Бругши)</b>		
<i>слабое развитие ГК</i>	<i>нормальное развитие</i>	<i>сильное развитие ГК</i>
30,9	49,1	20
<b>Коэффициент пропорциональности (инд. Мануврие)</b>		
<i>брахискелия</i>	<i>мезоскелия</i>	<i>макроскелия</i>
50,9	32,7	16,4

*Примечание: МТ – масса тела, ФР – физическое развитие, ГК – грудная клетка.*

Анализ распределения студенток по показателю весо-ростового индекса Кетле свидетельствует, что большинству обследованных свойственно нормальное соотношение веса росту девушек, диагностированное в 78,2 %. Признаки избыточной массы тела – гипертрофия (25-30 баллов) и пониженной массой тела – гипотрофия (16-18,5 баллов) у обследованных выявлены в 9,1 % и 12,7 % случаев соответственно. Важно отметить, что у обследованной популяции студенток не выявлено индивидов с признаками выраженного дефицита массы тела, а также лиц с признаками ожирения. Лицам с отклонениями от нормальных показателей целесообразно скорректировать пищевой статус для нормализации весо-ростовых показателей. Полученные нами данные согласуются с распределением студенток первого курса Новосибирского государственного педагогического университета по показателю масса-ростового соотношения, соответствующее преобладающему

числу девушек (70,3 %) с нормативными показателями индекса Кетле, признаки дефицита и избытка массы тела зафиксированы у 16,8 % и 12,8 % первокурсниц соответственно [7]. Аналогичные показатели процентного распределения студенток по индексу Кетле (73 % с признаками нормы) получены при исследовании студенток педагогического института г. Костонай [9].

Оценка индивидуальных значений крепости телосложения студенток (индекс Пинье) выявило схожее распределение студенток с признаками астении и нормостении, соответствующее в среднем 42 % обследованных, признаки крепкого телосложения отмечены у 16,4 % обследованных. Полученные результаты свидетельствуют о преобладании микро-мезосомного соматотипа обследованных первокурсниц. Выявленная особенность доминирующего проявления астенизации соматотипа студенток первого курса согласуется с литературными данными [1], но в то же время противоречит данным [10] свидетельствующим о преобладании хорошего и среднего уровня выраженности по индексу крепости Пинье. Выявленные особенности, вероятно, отражают индивидуально-типологические проявления типа телосложения студентов младших курсов с учетом региональных аспектов.

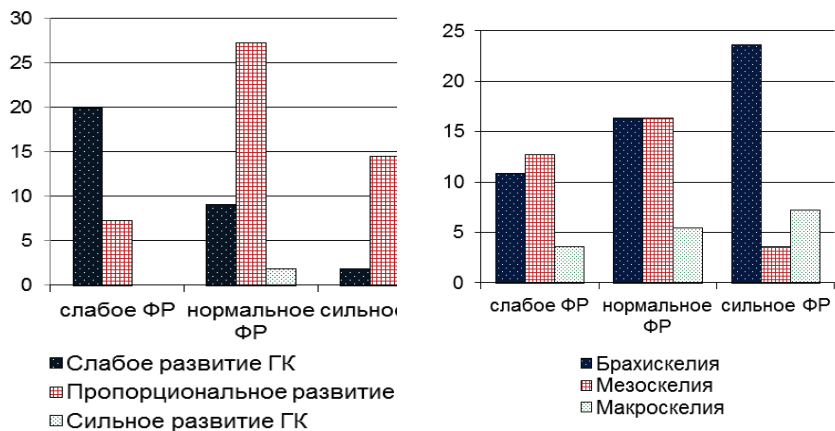
Из данных таблицы 3 видно, что частота встречаемости случаев с признаками пропорционального развития грудной клетки (индекс Леви-Бругша) в группе студенток первого курса соответствует 50 %, одна треть выборки характеризуется слабым развитием, 20 % – сильным развитием грудной клетки. В то же время по данным индекса Мануврие для большинства студенток первого курса свойственна слабо выраженная брахискелия (50,9 %), более трети выборки характеризуется нормоскелией. Анализируя фенотипические особенности обследуемых студенток можно заключить, что выявленная особенность, вероятно, обусловлена высоким процентом студенток смешанных национальностей являющихся результатом метисации славянских, татаро-башкирских и казахских этносов.

Проведенный статистический анализ взаимосвязи между категориальными переменными обследуемых по показателям индекса Ливи, характеризующего уровень физического развития, и показателями пропорциональности телосложения (индексы Леви-Бругша и Мануврие) (см рисунок 1), установил статистически значимую взаимосвязь между показателями уровня физического развития и показателями пропорциональности развития грудной клетки ( $\chi^2=32,53$ ;  $p<0,001$ ).

Выявленная зависимость отражает общую закономерность увеличения пропорциональности развития грудной клетки с возрастанием уровня физического развития. В то же время закономерной связи уровня физического развития (индекс Ливи) с пропорциональностью сложения (индекс Мануврие) не выявлено ( $\chi^2=6,57$ ;  $p=0,16$ ). Можно лишь констатировать выраженное проявление брахискелии у лиц с сильным уровнем физического развития. При этом важно отметить, что у лиц с признаками мезоскелии отмечается схожее частотное распределение студенток со слабым и нормальным уровнем физического развития. Выявленная особенность согласуется с вышеописанными данными, характеризующими преобладание обследуемых микро-мезосомного соматотипа в группе первокурсниц.

Резюмируя результаты исследования оценки уровня соматического здоровья первокурсниц следует отметить, что для обследуемых с признаками отклонения от нормы необходима организация здоровьесберегающего образовательного про-

странства, с одной стороны обеспечивающей коррекцию и нивелирование дезадаптивных проявлений организма студентов, а, с другой, способствующей оптимизации учебно-профессиональной деятельности обучающихся высших учебных заведений.



*A*

*B*

*Рис. 1. Частотное соотношение уровня физического развития и пропорциональности телосложения (А – пропорциональности грудной клетки, Б – пропорциональности роста) обследованных студентов.*

*Примечание: ГК – грудная клетка, ФР – физическое развитие.*

## ВЫВОДЫ

Сопоставление полученных нами результатов показателей тотальных размеров тела студенток первокурсниц с аналогичными данными других регионов свидетельствует о соответствии результатов возрастным-половым нормативам.

Преобладание средних значений показателей количественного и качественного распределения соматотипологических признаков обследованных отражает удовлетворительные аспекты соматического здоровья большинства обследуемых студенток в период адаптации к учебно-профессиональной деятельности вуза.

При сопоставлении полученных в нашем исследовании абсолютных и расчетных показателей физического развития с ранее полученными данными отмечена тенденция к астенизации девушек современного поколения, что находит свое отражение в относительно больших средних показателях длины тела и меньших показателях массы и индекса Кетле.

Среди характерных региональных морфологических особенностей студенток первокурсниц по относительным показателям физического развития следует отметить преобладание микро-мезосомного соматотипа обследованных с тенденцией к брахискелии.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артеменков А.А. Оценка физического развития студентов // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2012. – № 3. – С. 19-21.
2. Белоусова Н.А. Формирование культуры здорового и безопасного образа жизни обучающихся // Подготовка учителей и студентов к инновационным процессам в реализации Федеральных государственных образовательных стандартов. – М., 2015. – С. 113-126.
3. Будаев С.Д. К проблеме сохранения и укрепления здоровья населения // Вестник БГУ. – 2009. – № 12. – С. 32-36.
4. Воронин Д.М., Муравьева А.. Оценка физического развития студентов государственного гуманитарно–технологического университета методом индексов //Современные здоровьесберегающие технологии. – 2016. – № 1. – С. 14-20
5. Губа В.П. Мониторинг уровня здоровья студенческой молодежи / В.П. Губа, А.В. Родин, Д.В. Губа // Известия ТулГУ. Физическая культура. Спорт. – 2013. – № 1. – С. 24-30.
6. Доклад о состоянии здоровья населения и организации здравоохранения по итогам деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации за 2013 год: 22 мая 2014 года. – М., 2014. – 129 с.
7. Лебедев А.В. Морфо-функциональные особенности студентов первого курса педагогического вуза / А.В. Лебедев, В.Б. Рубанович, Н.И. Айзман, Р.И. Айзман // Вестник НГПУ. – 2014. – № 1(17). – С. 128-141.
8. Сидорова К.А. Анализ морфофункциональной изменчивости организма студентов УрФО / К.А. Сидорова, Т.А. Сидорова, О.А. Драгич, Л.Т. Горшкова // Аграрный вестник Урала. – 2008. – № 8. – С. 85-87.
9. Суюндикова Ж.Т. Морфофункциональные и психофизиологические особенности студенток коренного и пришлого населения Костанайской области: дис. ... канд. биол. наук. – Челябинск, 2016. – 159 с.
10. Чернявских С.Д. Оценка уровня соматического здоровья и адаптации 17-19-летних студенток вуза / С.Д. Чернявских, С.А. Ржевская, К.А. Голдаева, Л.М. Усачева // Научный результат. Серия «Физиология». – 2015. – №3 (5). – С. 26-32.



## АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ШКОЛЬНИКОВ В ДИНАМИКЕ ДЕСЯТИ ЛЕТ ОБУЧЕНИЯ (ЛОНГИТУДИНАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ)

\* И.А. Якубовская, \*\* Д.З. Шибкова, \* О.А. Макунина<sup>1</sup>

\* Уральский государственный университет физической культуры  
\*\* Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Челябинск

В статье представлены результаты лонгитудинальных исследований антропометрических показателей школьников г. Челябинска в динамике десяти лет. Установили, что антропометрические показатели обследованных нами школьников г. Челябинска в целом находятся в области средних величин статистических данных других исследований по регионам Российской Федерации, отражая специфические региональные особенности на разных этапах онтогенеза. Накопление базы данных физического развития школьников г. Челябинска позволяет осуществлять поиск значимых факторов, влияющих на адаптацию растущего организма на разных этапах онтогенеза.

**Ключевые слова:** антропометрические показатели, физическое развитие, гармоничность развития, школьники, здоровье.

*Anthropometric indices of schoolchildren within ten school years (longitudinal research). The paper presents the results of the longitudinal study of Chelyabinsk schoolchildren anthropometric indices over ten school years. It has been found that Chelyabinsk schoolchildren anthropometric indices on the whole are within average statistical results received from other Russian regions. Our data reflect some specific regional peculiarities at different stages of ontogenesis. Creating such database of the parameters of physical development of Chelyabinsk schoolchildren allows to search significant factors, influencing adaptation at different stages of ontogenesis.*

**Key words:** anthropometric indices, physical development, developmental harmony, schoolchildren, health.

Физическое развитие – совокупность морфологических и функциональных признаков в их взаимосвязи и зависимости от окружающих условий, характеризующих процесс созревания в каждый момент времени. Данный показатель является интегральной характеристикой адекватности развития организма в изменяющихся условиях среды, как и реакция физиологических систем на нагрузочные пробы, адекватно отражающая биологические варианты адаптации и сохранения здоровья [7]. Всероссийская организация здравоохранения определяет физическое развитие как один из основополагающих критериев в комплексной оценке состояния здоровья ребенка [8].

**Цель исследования** – изучить особенности антропометрических показателей школьников г. Челябинска в динамике десятилетнего периода обучения в школе.

---

<sup>1</sup> Контакты: <sup>1</sup>Макунина О.А. – E-mail:< oamakunina@mail.ru>

## ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценку физического развития детей и подростков производили путем сравнения антропометрических признаков обследуемого со средними показателями возрастно-половой группы этой популяции, используя метод стандартов. Суть последнего заключается в сравнении индивидуальных антропометрических величин со стандартными, полученными в результате массовых обследований представителей конкретной возрастно-половой группы [7].

Антропометрическое обследование детей и подростков производили стандартным инструментарием по общепринятой унифицированной методике. При проведении обследований учитывали требования к организации и проведению подобных исследований.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Среднестатистические значения антропометрических показателей учащихся в динамике десяти лет обучения представлены в таблице 1.

Таблица 1

*Антропометрические показатели учащихся  
в динамике десяти лет обучения (лонгитудинальные исследования)*

Пол / объем выборки	Класс	Статисти- ки	Длина тела, см	Масса тела, кг	Индекс массы тела, кг/м <sup>2</sup>
мальчики и юноши n=42	1-ый	M±m	128,7±1,0**	25,3±0,6	15,3±0,6
		CV,%	4,8	17,0	-
	5-ый	M±m	140,3±1,3	35,5±1,1	18,0±0,8
		CV,%	5,8	20,2	-
	10-ый	M±m	176,7±1,1***	65,0±1,9***	20,8±1,7***
		CV,%	4,0	17,6	-
девочки и девушки n=60	1-ый	M±m	124,7±0,8	24,6±0,6	15,8±0,8
		CV,%	4,9	19,1	-
	5-ый	M±m	139,7±1,2	34,1±1,0	17,5±0,8
		CV,%	6,3	22,6	-
	10-ый	M±m	166,8±0,8	56,1±1,2	20,2±1,5
		CV,%	3,9	16,4	-

*Примечание: Достоверность различий между значениями антропометрических показателей мальчиков и девочек \*\* – при p<0,01; \*\*\* – при p<0,001.*

Данные таблицы свидетельствуют, что половые различия по показателю длины тела оказались статистически достоверными только в первом (мальчики выше девочек на 4 см) (p<0,05) и в десятом классе (мальчики выше девочек на 9,9 см) (p<0,001), а по показателям массы тела и индекса массы эти различия проявились

только в десятом классе ( $p < 0,001$ ): у юношей значения этих показателей выше на 15,9 % и 9,5 % соответственно по сравнению с девушками.

Представленные данные свидетельствуют, что показатель длины тела за период от первого к пятому классу увеличивается у мальчиков на 9,0 %, у девочек – на 12,0 %; от пятого к десятому классу увеличивается у юношей на 25,9 %, у девушек – на 19,4 % (всего за анализируемый период на 37,3 % у мальчиков и на 33,8 % у девочек). Показатель массы тела увеличивается за период от первого к пятому классу у мальчиков на 40,3 %, у девочек – на 38,6 %; от пятого к десятому классу у мальчиков на 83,1 %, у девочек – на 64,5 % (всего за анализируемый период на 156,9 % у мальчиков и на 128,0 % у девочек). Рост анализируемого показателя в период от 5 к 10 классу обусловлен пубертатным периодом развития школьников. Известно, что пубертатный скачок роста представляет собой важнейшую составляющую процесса полового созревания. Данному периоду характерно увеличение половых различий. Представленные нами данные согласуются с данными литературы [1-6].

Динамика показателя индекса массы тела на этапах взросления согласуется с динамикой показателей роста и массы тела по возрастным и половым признакам. Значения показателя индекса массы тела обследуемых нами подростков значительно не отличается по сравнению с данными исследований [7; 8].

Нами был проведен анализ распределения учащихся по уровням показателей длины и массы тела в динамике десяти лет обучения. Оказалось, что за все время проведения исследования преобладают ученики со средним уровнем анализируемых показателей – 31-41 %.

Обобщая динамику распределения учащихся по уровням длины тела, следует отметить отсутствие достоверных половых различий, однако количество юношей с высоким уровнем длины тела плавно увеличивается на 7% от первого к десятому классу.

Особенностью распределения учащихся по показателю массы тела в динамике десяти лет обучения является увеличение количества мальчиков с уровнем массы тела выше среднего на 8 %, однако к десятому классу количество юношей в этой группе уменьшается и практически не отличается от исходного уровня. Количество девочек к пятому классу увеличивается на 5 % с уровнем массы тела ниже среднего и к десятому классу не отличается от исходного количества – 3 %.

Далее нами проведено сравнение антропометрических показателей обследуемых нами учащихся с данными исследований по различным регионам РФ [1-8]. Данные демонстрируют динамику показателя длины тела учащихся на этапах взросления в сопоставлении с данными исследований в различных регионах РФ. В первом классе показатели длины тела обследованных нами школьников достоверно не отличались от литературных данных. Однако у мальчиков этот показатель в анализируемый период был выше на 2-4 см по сравнению с их ровесниками Центрального, Северо-Западного регионов и Южного Урала, а у девочек ниже на 2-4 см по сравнению с их ровесницами Северо-Западного региона и Северного Урала.

В пятом классе длина тела обследованных нами школьников как у девочек, так и у мальчиков была достоверно ниже по сравнению со школьниками Северо-

Западного региона на 13 см ( $p < 0,05$ ). В сравнении с данными по другим регионам РФ длина тела школьников 10-11 лет была выше на 2-4 см.

В десятом классе длина тела обследованных нами школьников не отличалась от анализируемого показателя своих ровесников Северного Урала и была больше на 3-5 см по сравнению со школьниками Центрального и Северо-Западного региона. В сравнении со школьниками Южного Урала обследованные нами юноши не имели отличий, а девушки оказались выше на 3-5 см.

В пятом классе у обследованных нами школьников показатель массы тела оказался ниже на 5 кг в группе мальчиков и 8 кг в группе девочек по сравнению со школьниками Северо-Западного региона. По сравнению со школьниками Южного Урала показатель учащихся был выше на 4 кг у мальчиков и на 3 кг у девочек.

В десятом классе показатель массы тела юношей оказался выше на 4 кг анализируемого показателя по сравнению со школьниками Центрального региона РФ и ниже на 3 кг по сравнению со школьниками Южного Урала. В группе девушек анализируемый показатель не имел значительных отличий по сравнению со школьницами сравниваемых регионов РФ.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проанализированные антропометрические характеристики школьников в динамике десяти лет обучения в сравнении с данными по другим регионам Российской Федерации, позволили установить, что антропометрические показатели обследованных нами школьников г. Челябинска имели достоверные отличия в 10-11 лет по показателю длины тела от их сверстников Северо-Западного региона. В целом антропометрические показатели обследованных нами школьников находятся в области средних величин статистических данных других исследований по регионам Российской Федерации.

Таким образом, проведенный анализ позволяет предположить, что по показателям физического развития адаптационные возможности школьников всех ступеней обучения за период исследований сохраняются, отражают региональный компонент роста и развития ребенка на разных этапах онтогенеза. Накопление базы данных физического развития школьников г. Челябинска позволяет осуществлять поиск значимых факторов, влияющих на адаптацию растущего организма на разных этапах онтогенеза.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Войнов, В. Б. Закономерности роста и физического развития мальчиков и девочек школьного возраста Ростовской области. Общие и частные феномены / В.Б. Войнов, С.Н. Кульба // Новые исследования. – 2016. – № 1(46). – С. 5-23.
2. Волокитина, Т. В. Характеристика физического состояния детей 7-9 лет с разным уровнем физической подготовленности (лонгитюдное исследование) / Т.В. Волокитина, Н.Б. Лукманова, О.А. Сафонова // Вестник Северного (Арктического) Федерального университета. Серия: Естественные науки. – 2011. – № 1. – С. 38-44.

3. Давыденко, Л.А. Физическое развитие школьников Волгограда / Л.А. Давыденко // Российский педиатрический журнал. – 2004. – № 3. – С. 52-57.
4. Лапицкая, Е.М. Особенности физического развития школьников различных конституциональных типов, проживающих в Кольском заполярье / Е.М. Лапицкая // Новые исследования. – М.: Вердана. – 2002. – № 1. – С. 131-141.
5. Леонов, А.В. Физическое развитие школьников Нижнего Новгорода / А.В. Леонов, Н.А. Матвеева, Ю.Г. Кузмичев, Е.С. Богомолова, Н.В. Котова, О.С. Киселева, М.В. Кувшинов // Российский педиатрический журнал. – 2004. – № 3. – С. 10-14.
6. Михайлова Л.А. Антропометрические показатели детей препубертатного возраста промышленного города / Л.А. Михайлова, Л.Л. Чеснокова, Е.А. Мальцева // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 6.  
URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=25473> (дата обращения: 19.02.2017).
7. Смирнова, Ю.В. Управление качеством образования на основе мониторинга здоровья учащихся / Ю.В. Смирнова, Д.З. Шибкова, О.А. Макунина. – Челябинск, 2007. – 364 с.
8. Чагаева, Н. В. Мониторинг физического развития детей / Н. В. Чагаева, И. В. Попова, А. Н. Токарев, А. В. Кашин, Б. А. Петров, В. А. Беляков // Вятский медицинский вестник. – 2010. – № 3. – С. 63-68.

## СОСТОЯНИЕ ПОЛОВОГО И ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ДЕВУШЕК 13–14 ЛЕТ В УСЛОВИЯХ АЭРОТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

О.В. Тулякова<sup>1</sup>, О.А. Юрчук-Зуляр  
Вятский государственный университет, г. Киров

Обследованы 54 школьницы 13-14 лет, из которых 28 проживали в экологически благоприятном районе, 26 – в экологически неблагоприятном районе г. Кирова. Оценены параметры физического развития (32 абсолютных и 4 относительных антропометрических показателя), физиометрические показатели (10 показателей) и уровень репродуктивного здоровья (по выраженности вторичных половых признаков). Установлено, что аэротехногенное загрязнение способствует уменьшению окружности голени, увеличению межакромиального размера, повышению силы кисти и артериального давления и увеличению общего балла полового развития.

**Ключевые слова:** репродуктивное здоровье, половое развитие, физическое развитие, аэротехногенное загрязнение.

**Sexual and physical development of 13-14 years old girls under the conditions of technogenic air pollution.** There were inspected 54 13-14- years old schoolgirls, among whom 28 lived in ecologically friendly environment, while remaining 26 girls lived in ecologically polluted region of Kirov city. There were estimated the features of physical development (32 absolutely and 4 relevantly anthropometric measures), physical metric features (10 features) and also the level of reproductive health was estimated (the degree of secondary sex characteristics). It was determined that technogenic air pollution leads to decrease of shank's circle, increase of acromial size, raise of the hand strength, growth of arterial pressure and also increase of the total degree of the sexual development.

**Key words:** reproductive health, sexual development, physical development, technogenic air pollution.

Здоровье детского населения тесно связано со здоровьем родителей, в первую очередь со здоровьем матери. Репродуктивное здоровье женщин в свою очередь зависит от уровня санитарно-эпидемиологического благополучия территории, что убедительно показано в ряде исследований, проведенных в различных регионах России, в т.ч. в последние годы [1; 14].

Репродуктивная система весьма чувствительна к воздействию неблагоприятных факторов среды любого происхождения и различной, в том числе малой, интенсивности. Экологически зависимые нарушения репродуктивной системы проявляются в виде клинических, патофизиологических, иммунологических и биохимических изменений. Данные изменения имеют сходные результаты при воздействии разных факторов окружающей среды, т. е. нарушение репродуктивного здоровья представляет собой преимущественно неспецифический отклик на действие среды. Например, рост воспалительных и онкологических заболеваний ор-

---

Контакты <sup>1</sup> Тулякова О.В. – E-mail: <hellga\_25@mail.ru>

ганов репродуктивного гомеостаза зависит не только от социально-экологического дискомфорта, но и от индивидуальных особенностей организма, сдвига функционального равновесия адаптационного механизма при воздействии хронического стрессирования факторами малой интенсивности. Повреждающие факторы реализуют свое действие как за счет непосредственных влияний на ткани-мишени, так и через центральные, регулирующие репродуктивную функцию механизмы (нейрогуморальные воздействия) [10].

Общее напряжение защитно-приспособительных механизмов, снижение адаптационных возможностей организма может проявиться в форме нарушений тех или иных функций репродуктивного здоровья. Возникающие расстройства репродуктивного здоровья проявляются в форме снижения фертильности, учащения патологии беременности и родов, повышения частоты нарушений менструальной функции и неспецифических хронических воспалительных заболеваний половых органов, ухудшения состояния плода (вплоть до его гибели) вследствие гипотрофии, гипоксии, пороков развития, снижения качества здоровья новорожденного (вплоть до смертельных исходов) и увеличения числа детей-инвалидов [8].

Репродуктивная система женщины является чувствительной к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды любого происхождения и различной интенсивности. Особой чувствительностью к воздействию различных факторов окружающей среды репродуктивная система обладает в детском и юношеском возрасте. Известно, что риск нарушений репродуктивного здоровья у детей и подростков возрастает в критические периоды онтогенеза и во многом определяет полноценность детородной функции.

В работах ряда авторов [3; 4; 11] показано, что неблагоприятные экологические факторы, в том числе аэрогенные, нарушают последовательность формирования вторичных половых признаков, ускоряют или отодвигают время наступления менархе, пролонгируют установление регулярного менструального цикла, увеличивают частоту гинекологических заболеваний. В период полового созревания действие неблагоприятных экологических факторов приводит к нарушению полового развития: к задержке развития молочной железы, лобкового оволосения, становления менструальной функции. По данным ряда исследователей [5], в районе размещения крупных химических производств у девушек 15-17 лет наблюдаются отставание развития вторичных половых признаков и отклонения в становлении менструальной функции.

В исследовании А.Н. Узуновой и др. (2013) [13] установлено, что у девушек 17 лет, проживающих на экологически неблагополучной по содержанию солей тяжелых металлов территории, у 26,7 % отсутствует регулярный менструальный цикл, у 19,2 % менструирующих девушек наблюдается альгодисменорея с выраженными и резко выраженными болевыми ощущениями, у 25,9 % девушек отмечают обильные менструальные кровопотери. В исследованиях этого же автора в 2014 г. установлено, что уровень полового развития (ПР), сроки появления вторичных половых признаков (ВПП) взаимосвязаны с темпами ФР у подростков независимо от половой принадлежности. Для детей с ускоренным темпом ФР характерны опережение ПР и более раннее появление ВПП, с замедленным темпом ФР – отставание ПР и более позднее появление ВПП [13].

На экологически неблагоприятных территориях обнаружено достаточно большое число девочек-пятиклассниц, у которых отсутствовали признаки развития молочных желез, менархе отсутствовало или наступало в 15-16 лет [5].

В комплексном обследовании школьников из районов Свердловской области с высокой техногенной нагрузкой [9] отмечено большое количество детей с задержкой полового развития и девочек с нарушениями менструальной функции.

Выявлено, что нарушения формирования репродуктивной системы более характерны для девочек-подростков, проживающих на промышленной территории города – запаздывание развития вторичных половых признаков в возрастной группе 14-15 лет, тенденция формирования поперечно-суженного таза, частые нарушения менструального цикла [2].

При этом не только сильные антропогенные воздействия, как принято считать, но и относительно слабые, например, выхлопные газы автотранспорта, могут оказывать негативное влияние на скорость полового созревания и становление менструальной функции.

Для выяснения вопроса влияния техногенных факторов на половое и физическое развитие девушек г. Кирова было проведено зонирование территории на экологически благоприятный (ЭБ) и неблагоприятный (ЭН) районы. Вывод о разделении районов сделан на основании результатов исследования экологов г. Кирова, включавших изучение загрязнения атмосферного воздуха методом лишениоиндикации, анализ почв и растительности на содержание тяжелых металлов, химический анализ снегового покрова; анализ интенсивности автотранспортной нагрузки. Совпадение зон повышенного загрязнения почвы, снегового покрова, воздуха и частоты проявления острых аллергозов с участками максимальной автотранспортной нагрузки говорит о том, что автотранспорт играет ведущую роль в формировании неблагоприятный района в г. Кирове. Таким образом, деление территории г. Кирова на благоприятный (ЭБ) и неблагоприятный (ЭН) районы экологически оправдано [7].

Вопрос влияния аэрозагрязнения на здоровье подрастающего поколения требует изучения в отдельных регионах, т. к. на каждой селитебной территории действует уникальный набор неблагоприятных технофакторов, что отражается в специфическом изменении изучаемых показателей. Ряд региональных исследований в г. Кирове посвящен изучению вопроса влияния аэротехногенного загрязнения на уровень репродуктивного здоровья и параметры физического развития девушек [6; 12; 15].

В исследованиях О.А. Юрчук (2008) установлено, что проживание в ЭН снижает темпы полового созревания, повышает длиннотные размеры тела и снижает темпы развития костей таза, но не обнаружено снижение темпов становления менструальной функции, как отмечено И.Г. Кайсина (2003). В исследованиях Е.Н. Сизовой (2008) показано, что уровень полового созревания 14-летних девушек г. Кирова находится в пределах нормы и зависит от аэротехногенного загрязнения мест их проживания и учебы. В результате повышения автотранспортной нагрузки в динамике лет у 14-летних девушек темпы развития молочных желез, аксиллярного и лобкового оволосения, менструальной функции, а также толщина жировых складок снижается. Толщина жировых складок и в целом жировая масса



тела 14-летних девушек из ЭН ниже, чем у девушек из ЭБ. Полученные результаты требуют уточнения и проведения новых исследований.

**Цель данного исследования** – изучение влияния аэротехногенного загрязнения на половое и физическое развитие девушек 13-14 г. Кирова. В соответствии с целью были поставлены следующие задачи: 1) провести оценку репродуктивного здоровья девушек 13-14 лет г. Кирова; 2) выявить зависимость состояния физического и полового развития девушек от аэротехногенного загрязнения.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования явились 54 школьницы 13-14 лет, из которых 28 проживали в экологически благоприятном районе (ЭБ) г. Кирова (школа №66), 26 школьниц – в экологически неблагоприятном районе (ЭН) (школы № 16, 22), характеризующемся, в частности, более интенсивным движением автотранспорта.

В рамках исследования оценивались параметры физического развития (32 абсолютных и 4 относительных антропометрических показателя), физиометрические показатели (10 показателей) и уровень репродуктивного здоровья (по выраженности вторичных половых признаков). Полученные данные подвергнуты статистической обработке с помощью критерия Стьюдента, различия считались достоверными при  $p < 0,05$  (в тексте и таблицах – \*).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По относительным антропометрическим показателям достоверных различий не обнаружено. Из абсолютных антропометрических показателей достоверные различия имеются по 6 признакам: окружность голени, толщина жировой складки (ТЖС) под лопаткой, ТЖС задней поверхности предплечья, ТЖС передней поверхности предплечья, ТЖС живота, межакромиальный размер (табл. 1.).

Таблица 1

*Характеристика антропометрических показателей девочек 13-14 лет г. Кирова.*

Показатели	ЭБР			ЭНБР		
	n	M	m	n	M	m
ОГК, см	28	75,52	1,05	26	3,88	0,28*
Экскурсия, см	28	4,04	0,33	26	76,35	1,11*
Окружность голени, см	28	39,02	0,58	26	29,96	0,49*
ТЖС под лопаткой	27	8,37	1,26	25	15,92	1,65*
ТЖС задней поверхности предплечья	28	5,32	0,41	25	8,36	0,90*
ТЖС передней поверхности предплечья	28	2,36	0,46	25	7,84	0,76*
ТЖС живота	27	13,07	1,07	25	18,92	1,48*
Межакромиальный размер	28	31,43	0,58	26	33,79	0,29*

Значение перечисленных показателей выше у девочек из ЭН, кроме окружности голени, которая у девочек из ЭН ниже, чем из ЭБ. Полученные результаты расходятся с некоторыми данными литературы [12], согласно которым аэротехногенное загрязнение способствуют развитию ребенка по астеническому типу телосложения, но в тоже время наши данные совпадают с результатами ряда исследований, подтверждающих тот факт, что развитие организма при аэротехногенном загрязнении в ЭНБР протекает ускоренно.

По физиометрическим показателям выявлены следующие различия: систолическое артериальное давление (САД) в ЭБР выше, чем в ЭН, а сила правой и левой кисти в ЭБ ниже, чем в ЭН (табл. 2).

Таблица 2

*Характеристика физиометрических показателей девочек 13-14 лет г. Кирова.*

Показатели	ЭБ			ЭН		
	n	M	m	n	M	m
САД	28	121,54	2,15	26	114,77	1,65*
Сила правой кисти	28	13,36	0,69	26	16,50	0,99*
Сила левой кисти	28	12,04	0,76	26	15,23	1,08*

Наши данные согласуются с данными литературы о том, что техногенные факторы способствуют повышению силы кисти и артериального давления [12]. Возможно, повышение силы кисти говорит о том, что у девочек из ЭН выше содержание андрогенов.

По половому развитию различий нет, кроме общего балла. Общйй балл полового развития в ЭБ ниже, чем в ЭН. У девочек из ЭБ он составляет  $4,54 \pm 0,64$  балла, а у девочек из ЭН  $6,42 \pm 0,69$  балла. Это говорит о том, что у девочек из ЭН половое развитие начинается раньше и/или идет более быстрыми темпами. Возможно, это объясняется тем, что в ЭН больше, больше чем в ЭБ 14-летних девочек.

В то же время, по данным Сизовой и соавт. [12] уровень полового созревания 14-летних девушек г. Кирова находится в пределах нормы, и зависит от аэротехногенного загрязнения мест их проживания и учебы. В результате повышения автотранспортной нагрузки в динамике лет у 14-летних девушек темпы развития молочных желез, аксиллярного и лобкового оволосения, менструальной функции, а также толщина жировых складок снижается. Толщина жировых складок и в целом жировая масса тела 14-летних девушек группы экологического влияния ниже, чем у девушек контрольной группы.

Кроме того, наши данные не совпадают с результатами некоторых исследователей [6] согласно которым в ЭН г. Кирова наблюдается более низкий уровень полового развития.

**Выводы:** В целом подростковый этап онтогенеза, в том числе 14-летний возраст у девушек является экосенситивным по отношению к аэротехногенной нагрузке. Аэротехногенное загрязнение способствует уменьшению окружности голени, увеличению некоторых ТЖС и межкروмиального размера, повышению силы кисти и артериального давления. По половому развитию различий нет, кро-

ме общего балла – техногенные факторы способствуют увеличению общего балла полового развития.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азимова М.К. Воздействие загрязнения атмосферного воздуха на репродуктивное здоровье женщин // Биология и интегративная медицина. – 2016. – № 1. – С. 64-69.
2. Беляева А.В. Особенности полового развития девочек-подростков в условиях разной антропогенной нагрузки / А.В. Беляева, Л.П. Сливина, Н.И. Латышевская, Л.А. Давыденко, Е.Л. Шестопалова // Сибирский научный медицинский журнал. – 2016. – № 6. – С. 99-102.
3. Богомолова Е.С. Оценка репродуктивного здоровья девочек крупного города / Е.С. Богомолова, Е.В. Кулакова, А.С. Киселева // Всерос. конгресс по школьной и университетской медицине с междунар. участием «Охрана здоровья и безопасность жизнедеятельности детей и подростков». – СПб., 2014. – С. 44-46.
4. Давыденко Л.А., Беляева А.В. Состояние здоровья девочек-подростков, проживающих на территориях с различной антропогенной нагрузкой // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. – 2015. – № 2. – С. 87-89.
5. Давыденко, Л.А. Физическое развитие школьников образовательных учреждений Волгограда / Л. А. Давыденко // Гигиена и санитария. – 2004. – № 2. – С. 45–48.
6. Кайсина И.Г. Половое и физическое развитие девочек, его взаимосвязь с вариабельностью сердечного ритма и зависимость от сезонов года и техногенных факторов :дисс. ... к.б.н. – Киров, 2003. – 154 с.
7. Кузнецова Д.А. Выбор населённых пунктов в качестве модели изучения влияния техногенных и климатогеографических факторов на человека Д.А. Кузнецова, Е.Н. Сизова, В.И. Циркин // Теоретическая и прикладная экология. – 2015. – № 2. – С. 34.
8. Михайлин Е.С. Особенности репродуктивного здоровья современных девочек-подростков (аналитический обзор) / Е.С. Михайлин, Л.А. Иванова, А.Г. Савицкий, И.В. Берлев // Репродуктивное здоровье детей и подростков. – 2015. – № 2. – С. 63-72.
9. Ревазова Ю.А. Проведение медицинских обследований детского населения, проживающего на санитарно-эпидемиологически неблагоприятных территориях / Ю.А. Ревазова, В.А. Соболев, Г.М. Земляная // Гигиена и санитария. – 2007. – № 4. – С. 22-26.
10. Ревич, Б.А. Экологическая эпидемиология / Б.А. Ревич, С.Л. Авалиани, Г.И. Тихонова. – М.: Академия, 2004. – 384 с.
11. Самохвалова В.А., Андреева М.В. Репродуктивное здоровье девочек различных возрастных групп крупного промышленного города в динамике трехлетнего наблюдения (2013-2015 гг.) // Альманах. – 2016. – 2, 2016. – С. 221-227.
12. Сизова Е.Н. Уровень полового созревания 14-летних девушек как индикатор аэротехногенного загрязнения / Е.Н. Сизова, С.Н. Родыгина, Н.В. Мищенко, О.В. Тулякова // Сибирский медицинский журнал. – 2008. – № 8, Т. 83 – С. 73-76.

13. Узунова А.Н. Особенности физического развития подростков Челябинска - промышленного центра Южного Урала / А.Н. Узунова, С.Ю. Петрунина, А.Р. Шарапов // Педиатрия. – 2013. – № 2. – С. 165-169.

14. Шадрина А.К. Влияние факторов внешней среды на репродуктивное здоровье населения // Бюллетень Северного государственного медицинского университета. – 2015. – №1. – С. 92-93.

15. Юрчук О.А. влияние техногенных факторов на физическое и половое развитие 8-17-летних школьников / О.А. Юрчук, О.В. Тулякова, В.И. Циркин, С.И. Трухина // Успехи современного естествознания. – 2006. – № 4. – С. 109-110.