

**Российская академия образования  
Институт возрастной физиологии**



**НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**

№ 4(60) 2019

**Выходит с 2001 г.**

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

**Главный редактор**

Безруких Марьяна Михайловна

**Заместитель главного редактора**

Сонькин Валентин Дмитриевич

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

Догадкина С.Б., к.б.н., Москва, РФ

(ответственный секретарь)

Морозова Л.В., д.б.н., проф.,

Архангельск, РФ

Лях В.И., д.б.н., проф.,

Краков, Польша

Криволапчук И.А., д.б.н.

Москва, РФ

Курганский А.В., д.б.н.

Москва, РФ

Губарева Л.Н., д.б.н.,

Ставрополь, РФ

Параничева Т.М., к.б.н.,

Москва, РФ

Адамовская О.Н., к.б.н.,

Москва, РФ

Филиппова Т.А., к.б.н.,

Москва, РФ

**СОСТАВИТЕЛЬ**

Догадкина С.Б.

**РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ**

Безруких М.М., д.б.н., акад. РАО,

Москва, РФ

Фарбер Д.А., д.б.н., акад. РАО

Москва, РФ

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

Москва, РФ

Сонькин В.Д., д.б.н., проф.

Москва, РФ

Тамбовцева Р.В., д.б.н., проф.,

Москва, РФ

Айзман Р.И., д.б.н., проф.

Новосибирск, РФ

Сельверова Н.Б., д.м.н., проф.

Москва, РФ

Князева М.Г., д.б.н.,

Женева, Швейцария

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

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

### **ВНИМАНИЕ!!!**

Журнал распространяется:

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

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

**Альманах «Новые исследования»** - М.: Институт возрастной физиологии,  
2019, № 4(60). - 112 с.

## **СОДЕРЖАНИЕ**

### **КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБУЧЕНИЯ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ**

ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОКУЛОМОТОРНОЙ АКТИВНОСТИ  
ПРИ ЧТЕНИИ ТЕКСТА С РАЗЛИЧНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ  
ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ У ПОДРОСТКОВ  
Безруких М.М., Иванов В.В., Голландцева А.И. .... 4

ОЦЕНКА ЗРИТЕЛЬНО-ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
ДЕТЕЙ 8–9 ЛЕТ ПРИ РАБОТЕ С ЭКРАНОМ КОМПЬЮТЕРА И  
БУМАЖНЫМИ НОСИТЕЛЯМИ ИНФОРМАЦИИ  
Хрянин А. В. .... 30

ВЛИЯНИЕ УМСТВЕННОЙ НАГРУЗКИ, ВЫПОЛНЯЕМОЙ НА  
ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВАХ И БУМАЖНЫХ НОСИТЕЛЯХ, НА  
СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТУЮ И ЭНДОКРИННУЮ СИСТЕМЫ  
ВТОРОКЛАССНИКОВ  
Догадкина С.Б., Кмить Г.В., Рублева Л.В.,  
Ермакова И.В., Адамовская О.Н., Шарапов А.Н. .... 46

### **ВОЗРАСТНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ**

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ДЕТЕЙ 6-7 ЛЕТ И  
ЭНЕРГОВЕГЕТАТИВНЫЕ РЕАКЦИИ ИХ ОРГАНИЗМА НА  
СТАНДАРТНУЮ ФИЗИЧЕСКУЮ НАГРУЗКУ  
Васильева Р.М., Сонькин В.Д.,  
Орлова Н.И., Пронина Т.С. .... 69

СОСТОЯНИЕ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ КРОВИ У ЮНОШЕЙ ПРИ  
ТАБАКОКУРЕНИИ И ПОСЛЕ ОТКАЗА ОТ НЕГО  
Гурова О.А. .... 79

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ  
ОРГАНИЗМА ПОДРОСТКОВ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ УМСТВЕННОЙ  
РАБОТОСПОСОБНОСТИ  
Сугрובה Г.А., Комкова Ю.Н. .... 84

### **РЕЖИМ ОБУЧЕНИЯ**

ОРГАНИЗАЦИЯ РЕЖИМА, УЧЕБНОЙ И ВНЕУЧЕБНОЙ  
НАГРУЗКИ ШКОЛЬНИКОВ В РАЗНЫХ РЕГИОНАХ РОССИИ  
Безруких М.М., Параничева Т.М.,  
Адамовская О.Н., Макарова Л.В. .... 98

# КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБУЧЕНИЯ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

## ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОКУЛОМОТОРНОЙ АКТИВНОСТИ ПРИ ЧТЕНИИ ТЕКСТА С РАЗЛИЧНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ У ПОДРОСТКОВ

М.М. Безруких, В.В. Иванов<sup>1</sup>, А.И. Голландцева  
ФГБНУ «Институт возрастной физиологии РАО», Москва

В данном исследовании изучались возрастные изменения, происходящие в глазодвигательной активности при чтении текста с различных электронных устройств у подростков 11-15 лет. В исследовании приняли участие 74 подростка, 38 из них читали с дисплея, выполненного по жидкокристаллической технологии (Digma), 36 человек – с дисплея, выполненного по технологии e-ink (PocketBook). В подростковом возрасте формирование навыков, обеспечивающих процесс чтения, не останавливается. Гетерохрония развития умственных операций и обеспечивающих их мозговых структур отражается на возрастном изменении скорости восприятия и обработки текстовой информации. Изучение восприятия информации с различных электронных устройств, которые используют разные способы организации процесса перелистывания страниц, что отражается на общем времени чтения, не выявило чётких различий между чтением с жидкокристаллического дисплея и e-ink дисплея.

**Ключевые слова:** Подростки, чтение, оculoмоторная активность, дисплеи

**Age peculiarities of eye movements when reading texts from various electronic devices in adolescents.** This study examined age-related changes in oculomotor activity when reading text from various electronic devices in adolescents aged 11-15 y.o. The study involved 74 teenagers: 38 participants were using LCD screens (Digma); 36 people were using e-ink displays (PocketBook). In adolescence, the development of reading skills does not stop. Heterochronous development of mental operations and the brain structures underlying them influences the age-related changes in the speed of text perception and processing. The study of the information perception using various electronic devices with different page turning system, affecting the total reading time, did not reveal any clear differences between reading from an LSD vs. e-ink display due to the insufficient study time.

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

Механизмы реализации сложных познавательных процессов, таких как чтение – один из актуальных вопросов современной когнитивной науки, привлекающий исследователей разных областей научного знания. Изучение изменений оculoмоторной (глазодвигательной) активности на разных этапах становления навыка чтения является одним из приоритетов возрастной психофизиологии [2; 3].

---

Контакты: <sup>1</sup> Иванов В.В. – E-mail: <ronin1024@bk.ru>

Чтение – сложный когнитивный процесс, важнейшими компонентами которого является визуальное восприятие текста и извлечение информации при помощи активности глазодвигательного аппарата. При этом текст может содержать несколько смысловых нагрузок. В связи с этим движения глаз в процессе чтения рассматриваются как отражение сложных многоступенчатых когнитивных процессов, связанных, во-первых, с восприятием текста, его лексическим и семантическим анализом, встраиванием информации в общий контекст и переработкой информации, и, во-вторых, с формированием общей стратегии чтения и конкретных паттернов [5]. Исследования доказали, что параметрические характеристики движений глаз детерминируются как мышечной активностью окуломоторного аппарата, так и когнитивными процессами, обеспечивающими реализацию чтения, связаны с влиянием различных морфо-визуальных свойств текста и переработкой зрительной информации [18; 32; 33; 47].

В пубертатный период обнаруживаются негативные отклонения в организации состояния покоя как готовности к действию в мозговом обеспечении важнейших функций, необходимых для осуществления когнитивной деятельности – восприятия и внимания. В основе данного явления лежат биологические перестройки, сопровождающиеся разбалансировкой отдельных звеньев регуляторной системы и снижением коркового контроля [9], что проявляется в виде эмоциональной неустойчивости, снижения произвольной регуляции, работоспособности и адаптационных возможностей в процессе учебной деятельности.

Актуальность изучения окуломоторной активности связана с широким внедрением в повседневную и образовательную деятельность различных электронных устройств отображения текстовой информации уже на достаточно ранних этапах когнитивного развития. В настоящее время подростки в пубертатном периоде, который характеризуется рассинхронизацией взаимодействия звеньев регуляторной системы и снижением коркового контроля [4], эмоциональной нестабильностью, сниженными адаптационными возможностями и работоспособностью, активно используют «гаджеты» – мобильные электронные устройства для чтения и досуга, предпочитая их книжным изданиям. Однако между чтением с бумажного носителя и с электронного устройства существуют различия. Были проведены исследования [22; 42], показавшие, что некоторые пространственно-временные параметры движений глаз при чтении с бумаги и с различных дисплеев различаются. При этом наибольшее влияние оказывали опыт работы с электронными носителями и такие визуальные характеристики текста как: размер шрифта, междустрочный интервал, контрастность букв и т.д. Сходное исследование показало, что более длинные строки на экране увеличивают скорость чтения, но уменьшают понимание; более опытные пользователи персональных компьютеров и электронных средств быстрее читают с экрана, а менее опытные – с листа [3; 23; 42]. Более взрослые читатели отдают предпочтение восприятию информации с бумажного носителя, но данный факт скорее связан с культурологическими особенностями, с привычками, заложенными в детстве. Было выявлено [30], что пожилые люди показали более короткую среднюю продолжительность фиксации и более низкое напряжение тета-диапазона ЭЭГ, связанного с процессом кодирования и извлечения контекстной информации из рабочей памяти, при чтении с планшетного компьютера.

В течение последнего десятилетия наблюдается постоянное увеличение времени, которое подростки тратят на разнообразное взаимодействие именно с цифровым текстом (обмен текстовыми сообщениями, поиск в интернете, общение и чтение статей в социальных сетях, сайтах, использование электронной почты). Анкетирование студентов выявило, что в основном они используют электронные устройства для просмотра фильмов, прослушивания музыки, игр, общения в социальных сетях в 70 % случаев, для подготовки к занятиям – в 30 %. При этом 68 % опрошенных используют устройства более трех часов в день. Следует отметить, что у таких студентов чаще отмечаются нарушения зрительной системы [7]. Таким образом, уровень грамотности подростков не может быть измерен только по их взаимодействию с обычной книгой, и нужно проводить всестороннее исследование. Койро и Доблер [21] обнаружили, что навыки и стратегии, необходимые для эффективного сбора и поиска информации в Интернете, были относительно сложными, т.к. в них присутствовали логические рассуждения, саморегуляция процесса чтения, предварительно накопленный багаж знаний. По их мнению, это сравнительно больше того, что требуется для понимания печатного текста. Поэтому важно учитывать, что различные виды деятельности, в которых необходима грамотность, могут использовать и развивать разные навыки чтения.

Стоит отметить, что работа на персональном компьютере и планшетном компьютере несколько различается, сходным остается только использование дисплея в качестве устройства подачи информации. В литературе отмечено, что изменения в функциональном состоянии подростков при работе на компьютере характеризуется, прежде всего, зрительным утомлением, которое отмечают от 40 до 92 % пользователей [1]. Симптомы зрительного, а иногда и общего утомления проявляются в субъективных ощущениях: снижается четкость и контрастность воспринимаемых буквы и строчек текста или мелких деталей, возникает боль в глазах и висках, появляется светобоязнь. Тревога, раздражительность, подавленность отмечаются в 25–70 % случаев. Также работа за компьютером способствует перенапряжению нервно-мышечного аппарата рук из-за их особого положения при работе с клавиатурой, появлению неблагоприятных реакций ЦНС и зрительного анализатора. По данным клинко-биомикроскопических исследований, синдром «сухого глаза», который наряду со снижением остроты зрения, усилением рефракции и уменьшением показателей аккомодации, является причиной возникновения компьютерного зрительного синдрома, встречался у 33,3 % пользователей персональных компьютеров, оборудованных TFT-дисплеями [10]. Была выявлена прямая корреляция между частотой возникновения данных нарушений и возрастом пользователя персонального компьютера, а также его стажем работы на данном устройстве. Отмечена гетерохрония негативных изменений в функциональном состоянии после занятий с компьютером: у 7–9 летних детей оно ухудшается в половине случаев; у 10–13 летних — в 35 %, у 16–18 летних — в 28 % случаев, что связано с усилением общих адаптационных возможностей организма с возрастом [1].

Выявление механизмов, стратегий окулomotorной активности при чтении с различных устройств позволят в дальнейшем прогнозировать возникновение возможных трудностей, связанных с восприятием учебного текста.

**Целью** данного исследования является выявление особенностей окуломоторной активности при чтении текста с электронных устройств, обладающих различными видами дисплеев, у детей 11–15 лет.

## **ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

### **Возрастные характеристики испытуемых**

В исследовании приняли участие 74 подростка. 38 человек читали с дисплея TFT, 36 человек – с дисплея e-ink. Первичный анализ полученных данных выявил необходимость учитывать не только возраст подростка, но и класс обучения. Соответственно, обследуемые при анализе были разбиты на различные возрастные группы и группы по классу обучения:

Группа 11–12 лет – 13 человек (средний возраст – 12.1), из них 5 читали с дисплея TFT (средний возраст  $12.01 \pm 0.22$ ), 8 – с дисплея e-ink (средний возраст  $12.09 \pm 0.13$ ); группа 12–13 лет – 19 человек (средний возраст – 13.2), из них 11 читали с дисплея TFT (средний возраст  $13.14 \pm 0.08$ ), 8 – с дисплея e-ink (средний возраст  $13.18 \pm 0.08$ ); 13–14 лет – 21 человек (средний возраст – 14.0), из них 12 читали с дисплея TFT (средний возраст  $14.11 \pm 0.07$ ), 9 – с дисплея e-ink (средний возраст  $13.97 \pm 0.09$ ); 14–15 лет (средний возраст – 15.3) – 21 человек, из них 10 читали с дисплея TFT (средний возраст  $15.39 \pm 0.10$ ), 11 – с дисплея e-ink (средний возраст  $15.18 \pm 0.09$ );

Группы, разбитые по классу обучения имели следующие возрастные характеристики: класс 6 – количество подростков 18, средний возраст 12.3; класс 7 – количество подростков 22, средний возраст 13.4; класс 8 – количество подростков 14, средний возраст 14.3; класс 9 – количество подростков 20, средний возраст 15.3.

Следует отметить, что иногда в одни и те же группы подростков из одного класса попадали дети из различных возрастных групп. Дополнительно был выполнен корреляционный анализ, направленный на выяснение степени близости представленных групп («Возрастная группа» и «Группа по классу обучения») реальному возрасту испытуемого. Анализ показал, все группы обладают высокой степенью корреляционной связи ( $r=0.932-0.965$  при  $p<0.001$ ).

### **Методика исследования**

Основная парадигма исследования базируется на регистрации окуломоторной активности у подростков 11–15-летнего возраста при чтении заведомо сложного текста с электронных устройств, оборудованных дисплеями одного из двух типов – жидкокристаллическим и дисплеем, выполненного по технологии электронных чернил.

Экспериментальная часть исследования основана на бинокулярной регистрации движений глаз при помощи метода видеорегистрации с элементами фотоэлектрического метода на установке EyeGaze Analyzing System фирмы «Interactive Minds». Скорость съемки каждой видеокамеры (частота опроса) составляет 60 Гц. При переменном опросе частота составляет 120 Гц (~1 кадр в 8 мс). Средняя ошибка составляет  $0.45^{\circ}$  (0.38 см на экране). Минимальная продолжительность фиксации, регистрируемых установкой – 50 мс. Для реализации цели исследова-

ния данная аппаратура была снабжена специально изготовленным дополнительным держателем, в который вставлялась электронная книга или планшетный компьютер. Геометрический центр экрана электронного устройства совпадал с центром экрана установки. Таким образом, расположение текста было всегда одинаковым при чтении с различных устройств. Все визуальные характеристики текстов (размер букв, начертание, межстрочный интервал и т.п.) были аналогичными. Были использованы два планшетных компьютера, дисплеи которых были выполнены по жидкокристаллической (TFT) технологии – Digma – и технологии электронных чернил (E-ink) – PocketBook. Технические характеристики используемых в нашем исследовании средств вывода текстовой информации (электронные книги), характеристики использованного стимульного материала и особенности процедуры исследования описаны в нашей ранние статье [6]

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 окулomotorной активности использовался многофакторный дисперсионный анализ (Multivariate GLM). Для проведения многофакторного дисперсионного анализа для каждого ученика была высчитана средняя продолжительность фиксации по каждому тексту. Корреляционный анализ проводился при помощи рангового коэффициента корреляции Спирмана.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ показателей окулomotorной активности показал, что в подростковом возрасте формирование навыков, обеспечивающих процесс чтения, не останавливается. Была выявлена значимая корреляция между возрастом подростков и таких временных и интегративных показателей движений глаз, регистрируемых при чтении, как: продолжительность всех типов фиксаций ( $r = -0.229 - 0.260$ ,  $p < 0.05$ ), процент регрессий ( $r = -0.340$ ,  $p < 0.05$ ), скорость чтения ( $r = 0.275$ ,  $p < 0.05$ ) и время чтения ( $r = -0.275$ ,  $p < 0.05$ ). Так, например, средняя продолжительность прогрессивных саккад составляла в 6 классе 244 мс, а в 9 классе снизилась до 228 мс. Снижение продолжительности других типов фиксаций также составило от 10 до 30 мс. Все представленные в настоящем исследовании значения параметров окулomotorной активности и понимания текста с учетом использованного электронного устройства перечислены в таблицах 1 и 2, и в таблице 3 – без учета электронного устройства.

Количество регрессивных типов фиксаций с возрастом снижается с 9.5 % до 7 %. Чтец при совершении регрессии перемещает свой взор обратно по тексту в двух случаях: во-первых, для коррекции окулomotorной программы чтения. Это делается для того, чтобы при ошибке в парафовеальном восприятии (слово оказалось короче, чем предполагалось) в область чёткого видения (фовеа), составляющей примерно 1.3 угла поля зрения, попала первая часть слова, которая обычно несёт основную смысловую нагрузку. Во-вторых, регрессивная саккада совершается для того, чтобы перечитать целый участок текста. Возникновение данного типа регрессий объясняется либо непониманием прочитанного, либо сбоями кон-



центрации внимания, когда прочитанный текст замещается в оперативной памяти сторонними стимулами.

Среднее время, затрачиваемое на чтение, от класса к классу также снизилось с 109 991–106 360 мс до 87 064–86 650 мс – на 19 710 мс (22 927 мс) – на 20–23 секунды. Скорость чтения, соответственно, от 6 к 9 классу возросла в среднем на 3 символа в секунду. В 6 классе подростки читали со средней скоростью 11.2 символа в секунду, а в 14–15 лет – уже со скоростью 13.8 символов в секунду.

В тоже время средняя амплитуда саккад практически не изменялась с возрастом. Амплитуда прогрессивных саккад составила 2.7 угловых градуса (в параметрах исследования при среднем расстоянии до экрана 500 мм и размере буквы 4 мм (0.45 угл.градуса) 2.7 градуса составляет 6 символов), регрессивных – 1.8-2.3 угловых градуса.

В тоже время следует отметить параболическую форму графика («горба») изменения временных показателей окулomotorной активности – продолжительности различных типов фиксаций, который отмечается у подростков в возрасте 13–14 лет. Согласно этим данным [44], значения средних продолжительности фиксаций в 13–14 лет выше, чем в 11–12 и 14–15 лет. Было показано (Somerville L., Jones R., Casey B., 2010), что график изменения реактивности мотивационной системы тоже носит пикообразный характер, который достигает своего максимума к 12–13 годам. В начале пубертатного периода реактивность мотивации превышает постепенно возрастающую реактивность регулирующих структур (областей лобной коры), что снижает их влияние на организацию деятельности.

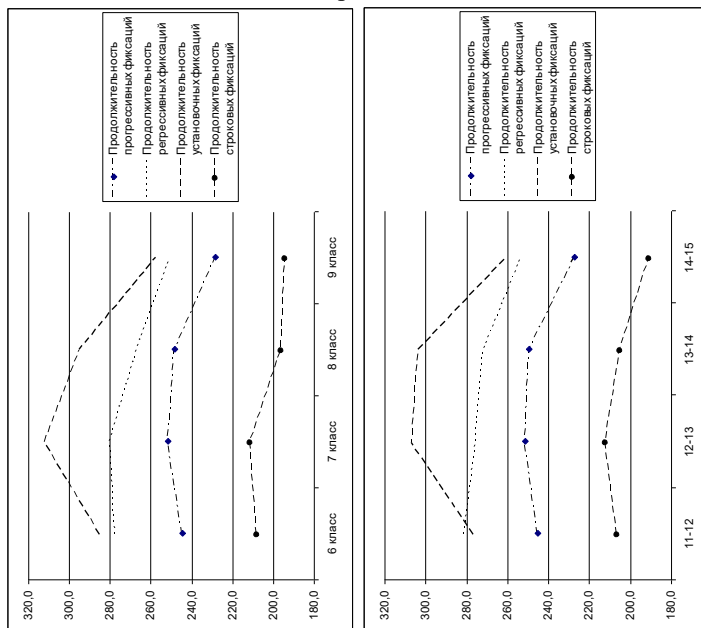


Рис. 1. Средние показатели окулomotorной активности (Продолжительность фиксаций), сгруппированные по классу и возрастной группе без учета «ЭУ».

Таблица 1

*Средние значения показателей оculoмоторной активности при группировке по «Классу» в процессе чтения текста с различных электронных устройств*

	6 класс		7 класс		8 класс		9 класс	
	Pocket (e-ink)	Digma (TFT)	Pocket (e-ink)	Digma (TFT)	Pocket (e-ink)	Digma (TFT)	Pocket (e-ink)	Digma (TFT)
Возраст	12.3	12.3	13.5	13.4	14.3	14.3	15.2	15.3
<b>Балл понимания текста</b>	<b>4.1 %</b>	<b>9.0 %</b>	<b>8.9 %</b>	<b>5.4 %</b>	<b>3.0 %</b>	<b>8.9 %</b>	<b>13.8 %</b>	<b>13.0 %</b>
<b>Время чтения (в мс)</b>	<b>112601</b>	<b>96554</b>	<b>98255</b>	<b>91346</b>	<b>94481</b>	<b>85743</b>	<b>95794</b>	<b>77506</b>
Количество всех фиксаций	443.73	397.29	363.11	357.54	386.67	331.88	392.30	348.80
Продолжительность всех фиксаций (в мс)	255	242	268	255	244	259	238	224
Количество всех саккад	437.8	391.3	357.1	351.6	380.7	325.9	386.3	342.9
Количество прогрессивных саккад	278.8	249.9	231.0	230.6	257.0	211.1	245.4	216.4
Количество регрессивных саккад	38.3	39.6	36.8	32.0	29.3	27.9	31.3	23.3
Амплитуда прогрессивных саккад (в см)	2.0	2.0	2.2	2.0	1.9	2.2	2.1	2.2
<b>Амплитуда прогрессивных саккад (в градусах)</b>	<b>2.6</b>	<b>2.6</b>	<b>2.7</b>	<b>2.6</b>	<b>2.5</b>	<b>2.8</b>	<b>2.7</b>	<b>2.8</b>
Амплитуда регрессивных саккад (в см)	1.8	1.6	1.5	1.5	1.6	1.8	1.7	1.6
<b>Амплитуда регрессивных саккад (в градусах)</b>	<b>2.3</b>	<b>2.0</b>	<b>1.9</b>	<b>1.9</b>	<b>2.1</b>	<b>2.3</b>	<b>2.1</b>	<b>2.0</b>
Количество строковых регрессий	50.3	41.4	29.3	33.8	33.8	30.1	46.0	41.0
Количество прогрессивных фиксаций	284.7	255.9	237.0	236.5	263.0	217.0	251.4	222.2
<b>Продолжительность прогрессивных фиксаций</b>	<b>250.5</b>	<b>235.5</b>	<b>258.6</b>	<b>246.8</b>	<b>238.4</b>	<b>255.8</b>	<b>236.4</b>	<b>220.3</b>
Количество регрессивных фиксаций	38.3	39.6	36.8	32.0	29.3	27.9	31.3	23.3

<b>Продолжительность регрессивных фиксаций</b>	<b>279.0</b>	<b>274.8</b>	<b>288.7</b>	<b>274.5</b>	<b>267.7</b>	<b>266.6</b>	<b>259.8</b>	<b>241.7</b>
Количество установочных фиксаций	70.5	60.4	60.0	55.2	60.5	56.9	63.6	62.3
<b>Продолжительность установочных фиксаций</b>	<b>287.9</b>	<b>280.2</b>	<b>321.1</b>	<b>305.5</b>	<b>290.3</b>	<b>298.2</b>	<b>265.3</b>	<b>249.1</b>
Количество строковых фиксаций	50.3	41.4	29.3	33.8	33.8	30.1	46.0	41.0
<b>Продолжительность строковых фиксаций</b>	<b>214.2</b>	<b>198.6</b>	<b>219.9</b>	<b>205.6</b>	<b>185.0</b>	<b>204.3</b>	<b>190.8</b>	<b>197.8</b>
<b>Процент регрессий</b>	<b>9.1</b>	<b>10.0</b>	<b>8.9</b>	<b>8.5</b>	<b>7.5</b>	<b>8.0</b>	<b>7.3</b>	<b>6.6</b>
<b>Время чтения (в мин)</b>	<b>1.9</b>	<b>1.6</b>	<b>1.6</b>	<b>1.5</b>	<b>1.6</b>	<b>1.4</b>	<b>1.6</b>	<b>1.3</b>
<b>Скорость чтения (симв/сек)</b>	<b>10.8</b>	<b>11.7</b>	<b>12.3</b>	<b>12.6</b>	<b>11.6</b>	<b>13.2</b>	<b>13.4</b>	<b>14.2</b>
V ( %) продолжительность прогрессивных фиксаций	44.6	44.4	51.6	48.5	45.5	48.4	47.6	44.9
V ( %) продолжительность регрессивных фиксаций	48.9	45.8	45.0	43.6	46.9	43.6	47.5	47.9
V ( %) продолжительность строковых фиксаций	48.3	47.2	50.3	43.8	35.0	39.4	50.8	38.0
V ( %) продолжительность установочных фиксаций	38.2	35.7	42.0	38.4	35.4	36.6	33.5	33.2
V ( %) амплитуда прогрессивных саккад	57.7	55.2	58.2	55.3	55.3	55.2	51.4	52.1
V ( %) амплитуда регрессивных саккад	59.1	62.7	57.1	61.8	60.9	64.6	60.8	63.9
<b>К количество саккад в строковой серии</b>	<b>1.6</b>	<b>1.7</b>	<b>1.5</b>	<b>1.6</b>	<b>1.5</b>	<b>1.5</b>	<b>1.7</b>	<b>1.6</b>
Общее время чтения (мс)	124371.5	101945.1	112062.0	97680.8	107279.8	91233.0	108163.9	81457.2
<b>Время перелистывания (мс)</b>	<b>11770.9</b>	<b>5391.1</b>	<b>13807.3</b>	<b>6334.5</b>	<b>12799.2</b>	<b>5489.6</b>	<b>12369.9</b>	<b>3950.8</b>
<b>Процент Времени перелистывания (%)</b>	<b>10.3 %</b>	<b>5.3 %</b>	<b>13.1 %</b>	<b>6.7 %</b>	<b>11.8 %</b>	<b>6.5 %</b>	<b>12.1 %</b>	<b>4.8 %</b>

Таблица 2

*Средние значения показателей окуломоторной активности при группировке по «Возрасту» в процессе чтения текста с различных электронных устройств*

	11-12 лет		12-13 лет		13-14 лет		14-15 лет	
	Pocket (e-ink)	Digma (TFT)	Pocket (e-ink)	Digma (TFT)	Pocket (e-ink)	Digma (TFT)	Pocket (e-ink)	Digma (TFT)
Возраст	12.1	12.0	13.2	13.1	14.0	14.1	15.2	15.4
<b>Балл понимания текста</b>	<b>4.5 %</b>	<b>8.9 %</b>	<b>7.1 %</b>	<b>7.2 %</b>	<b>5.5 %</b>	<b>8.2 %</b>	<b>12.6 %</b>	<b>11.1 %</b>
<b>Время чтения (в мс)</b>	<b>119722</b>	<b>94422</b>	<b>98252</b>	<b>96701</b>	<b>94017</b>	<b>84833</b>	<b>96162</b>	<b>77058</b>
Количество фиксации	476.13	383.40	360.88	384.55	373.67	328.08	393.91	348.80
Продолжительность всех фиксаций (в мс)	253	244	270	251	251	260	239	222
Количество всех саккад	470.3	377.4	354.9	378.6	367.7	322.1	387.9	342.9
Количество прогрессивных саккад	304.1	241.4	221.1	247.4	245.6	205.9	248.2	220.1
Количество регрессивных саккад	39.6	41.6	34.4	34.1	34.7	27.2	30.6	24.0
Амплитуда прогрессивных саккад (в см)	2.0	2.0	2.2	2.0	2.0	2.2	2.1	2.2
Амплитуда <b>прогрессивных саккад (в градусах)</b>	<b>2.5</b>	<b>2.6</b>	<b>2.8</b>	<b>2.6</b>	<b>2.6</b>	<b>2.8</b>	<b>2.6</b>	<b>2.8</b>
Амплитуда регрессивных саккад (в см)	1.9	1.6	1.4	1.4	1.6	1.7	1.7	1.7
Амплитуда <b>регрессивных саккад (в градусах)</b>	<b>2.5</b>	<b>2.0</b>	<b>1.8</b>	<b>1.8</b>	<b>2.0</b>	<b>2.1</b>	<b>2.1</b>	<b>2.1</b>
Количество строковых регрессий	51.8	39.0	38.1	38.2	28.7	32.6	45.7	37.5
Количество прогрессивных фиксаций	310.0	247.4	227.1	253.3	251.6	211.8	254.2	225.9
<b>Продолжительность прогрессивных фиксаций</b>	<b>248.9</b>	<b>239.2</b>	<b>264.6</b>	<b>241.7</b>	<b>240.8</b>	<b>256.4</b>	<b>236.5</b>	<b>217.5</b>
Количество регрессивных фиксаций	39.6	41.6	34.4	34.1	34.7	27.2	30.6	24.0

<b>Продолжительность регрессивных фиксаций</b>	<b>283.6</b>	<b>277.5</b>	<b>273.9</b>	<b>276.7</b>	<b>282.2</b>	<b>263.7</b>	<b>261.1</b>	<b>244.6</b>
Количество установочных фиксаций	74.8	55.4	61.3	59.0	58.8	56.5	63.4	61.4
<b>Продолжительность установочных фиксаций</b>	<b>280.0</b>	<b>271.4</b>	<b>313.3</b>	<b>302.1</b>	<b>304.8</b>	<b>302.2</b>	<b>269.3</b>	<b>250.2</b>
Количество строковых фиксаций	51.8	39.0	38.1	38.2	28.7	32.6	45.7	37.5
<b>Продолжительность строковых фиксаций</b>	<b>207.7</b>	<b>205.1</b>	<b>223.1</b>	<b>204.4</b>	<b>203.1</b>	<b>206.3</b>	<b>189.0</b>	<b>192.6</b>
<b>Процент регрессий</b>	<b>8.9</b>	<b>10.8</b>	<b>8.7</b>	<b>8.6</b>	<b>8.8</b>	<b>7.8</b>	<b>7.2</b>	<b>6.9</b>
<b>Время чтения (в мин)</b>	<b>2.0</b>	<b>1.6</b>	<b>1.6</b>	<b>1.6</b>	<b>1.6</b>	<b>1.4</b>	<b>1.6</b>	<b>1.3</b>
<b>Скорость чтения (симв/сек)</b>	<b>10.5</b>	<b>12.0</b>	<b>12.0</b>	<b>12.0</b>	<b>12.0</b>	<b>13.2</b>	<b>13.2</b>	<b>14.3</b>
V ( %) продолжительность прогрессивных фиксаций	45.6	44.7	48.6	47.5	47.6	50.2	47.4	43.0
V ( %) продолжительность регрессивных фиксаций	48.5	43.9	40,7	47,0	53,2	39,8	46,2	50,1
V ( %) продолжительность строковых фиксаций	49,4	46,2	42,9	47,4	47,5	39,0	48,8	37,7
V ( %) продолжительность установочных фиксаций	35,5	33,3	44,1	38,8	37,1	36,9	34,2	33,9
V ( %) амплитуда прогрессивных саккад	56,8	56,3	58,0	55,0	57,5	54,5	51,7	52,8
V ( %) амплитуда регрессивных саккад	60,6	63,4	53,6	61,1	61,7	65,0	60,8	63,0
<b>Количество саккад в строковой серии</b>	<b>1,6</b>	<b>1,7</b>	<b>1,6</b>	<b>1,6</b>	<b>1,5</b>	<b>1,6</b>	<b>1,7</b>	<b>1,6</b>
Общее время чтения (мс)	130703,6	99770,8	112966,9	102584,1	106372,7	90931,6	108658,5	80944,5
<b>Время перелистывания (мс)</b>	<b>10981,9</b>	<b>5349,0</b>	<b>14715,4</b>	<b>5883,5</b>	<b>12355,8</b>	<b>6098,5</b>	<b>12496,4</b>	<b>3886,6</b>
<b>Процент Времени перелистывания ( %)</b>	<b>9,4 %</b>	<b>5,3 %</b>	<b>13,5 %</b>	<b>6,0 %</b>	<b>11,9 %</b>	<b>7,0 %</b>	<b>12,1 %</b>	<b>4,8 %</b>

Таблица 3

Основные показатели окулomotorной активности при группировке по «Классу» и «Возрасту» без учета используемого электронного устройства

Класс	6 класс		7 класс		8 класс		9 класс	
	Возраст	Балл	Возраст	Балл	Возраст	Балл	Возраст	Балл
Без учета гаджета	12,3	13,4	14,3	15,3	14,3	14,3	14,3	15,3
Класс	6,0%	6,8%	6,4%	6,4%	6,4%	6,4%	6,4%	13,4%
Продолжительность прогрессивных фиксаций	244,7	251,6	248,3	228,4	248,3	248,3	228,4	228,4
Время чтения (в мс)	106360,2	94172,5	89487,9	86650,2	89487,9	89487,9	86650,2	86650,2
Средняя длина прогрессивных саккад (в градусах)	2,6	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
Средняя длина регрессивных саккад (в градусах)	2,2	1,9	2,2	2,1	2,2	2,2	2,1	2,1
Продолжительность регрессивных фиксаций	277,4	280,3	267,1	250,7	267,1	267,1	250,7	250,7
Продолжительность установочных фиксаций	284,9	311,8	294,8	257,2	294,8	294,8	257,2	257,2
Продолжительность строковых фиксаций	208,1	211,4	196,0	194,3	196,0	196,0	194,3	194,3
Процент регрессов	9,5	8,7	7,8	7,0	7,8	7,8	7,0	7,0
Скорость чтения (симв/сек)	11,2	12,5	12,5	13,8	12,5	12,5	13,8	13,8
Среднее количество саккад в строковой серии	1,7	1,6	1,5	1,7	1,5	1,5	1,7	1,7
%Времени перелистывания	8,4%	9,3%	8,8%	8,4%	8,8%	8,8%	8,4%	8,4%

Класс	11-12 лет		12-13 лет		13-14 лет		14-15 лет	
	Возраст	Балл	Возраст	Балл	Возраст	Балл	Возраст	Балл
Без учета гаджета	12,1	13,2	14,0	15,3	14,0	14,0	14,0	15,3
Класс	6,2%	7,2%	7,1%	11,9%	7,1%	7,1%	7,1%	11,9%
Продолжительность прогрессивных фиксаций	245,2	251,3	249,7	227,5	249,7	249,7	227,5	227,5
Время чтения (в мс)	109991,0	97353,6	88769,0	87064,9	88769,0	88769,0	87064,9	87064,9
Средняя длина прогрессивных саккад (в градусах)	2,5	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
Средняя длина регрессивных саккад (в градусах)	2,3	1,8	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
Продолжительность регрессивных фиксаций	281,3	275,5	271,7	253,2	271,7	271,7	253,2	253,2
Продолжительность установочных фиксаций	276,7	306,8	303,3	260,2	303,3	303,3	260,2	260,2
Продолжительность строковых фиксаций	206,7	212,3	204,9	190,7	204,9	204,9	190,7	190,7
Процент регрессов	9,6	8,6	8,2	7,0	8,2	8,2	7,0	7,0
Скорость чтения (симв/сек)	11,1	12,0	12,7	13,7	12,7	12,7	13,7	13,7
Среднее количество саккад в строковой серии	1,6	1,6	1,5	1,7	1,5	1,5	1,7	1,7
%Времени перелистывания	7,8%	9,2%	9,1%	8,6%	9,1%	9,1%	8,6%	8,6%

Таким образом, именно мотивационно-эмоциональный фактор в рассматриваемом возрасте оказывает наибольшее влияние на процесс чтения. В исследовании McGeown и др. [35] включающем репрезентативную выборку из трехсот двенадцати студентов в возрасте 11–16 лет из Великобритании, в котором учитывалась

скорость чтения отдельных слов и чтения текста целиком. В работе было показано, что мотивация оказала значительное влияние на проявление различий в навыках чтения: способности к обобщению, в скорости чтения текста и отдельных слов. Примечательно, что разные мотивационные аспекты оказывают разное влияние на разные навыки чтения. Из всех предпочтений жанров книг только чтение художественной литературы стало последовательным предиктором улучшения навыков чтения (скорости и точность чтения отдельного слова и текста в целом, навыка понимания и обобщения). Эмоциональное отношение (один из аспектов мотивации) к самому процессу чтения изменяется по-разному в различных условиях (наличие родителей с высоким уровнем образования, уровень культурных отношений в доме, участие родителей в домашних заданиях) [31; 39].

Следует также отметить, что само по себе использование электронного устройства для чтения может являться эмоционально привлекательной деятельностью. Опрос детей 6-х–8-х классов показал, что большинство из них (48 %) сочли для себя более удобным чтение с ридера, классическое чтение с бумажного носителя предпочли 27.6 %, с экрана компьютера – 24.1 % [8]. Авторы исследования делают вывод, что высокий интерес к электронным устройствам для чтения можно объяснить повышенной мотивацией к инновациям в обучении.

При анализе уровня понимания и воспроизводства текста отмечено достаточное резкое увеличение степени внутренней репрезентации текста в 9 классе (14–15 лет). При опросе учеников указанного возраста отмечены более структурированные ответы на вопросы по стимульному тексту, а не практически полное отсутствие понимания, как в других классах. По сравнению с ранним подростковым возрастом балл понимания и воспроизводства прочитанного текста возрастает в 2 раза с 6–7 % до 12–13 %. Также следует отметить, что, если производить подсчет баллов, группируя старших подростков по классу обучения (9 класс), то уровень понимания текста выше на 1.5 %, чем в случае их группировки по возрасту (14–15 лет). По нашему мнению, это связано с тем, что, начиная с 8–9 класса обучения вводятся естественнонаучные предметы (химия, биология), усложняются знания в точных науках, которые формируют и закрепляют у подростка новые абстрактные понятия, позволяющие лучше воспринять представленный в экспериментальном исследовании стимульный материал. С возрастом скорость и эффективность лексического доступа, интеграции прагматических знаний и уровень репрезентации дискурса повышается.

Точность и избыточность лексической репрезентации слова обеспечивает быструю, автоматическую и контекстную (сопутствующую основному значению) активацию его орфографической и фонологической информации [16]. Избыточность лексической репрезентации означает объем известных читателю слов с общей морфемой – его значимой частью. Частота морфем и размер их семейства оказывает большое влияние на точность и скорость идентификации слова [38], а значит и напрямую влияет на продолжительность прогрессивных фиксаций. В свою очередь, на скорость восприятия сложных слов оказывает влияние степень усвоения навыка морфологического разбора слова на составные части и умение выделить его корень [20; 45; 46]. Развитие устной речи, объем словарного запаса, рабочей памяти, умение делать выводы и навыки интеграции важны для понимания прочитанного [17; 37]. Кроме того, автоматизм распознавания слова и ско-

рость его обработки связаны как со скоростью чтения, так и беглостью оценки текста [26].

Формирование и развитие когнитивных процессов отражается и на параметрах движения глаз. В ходе многочисленных исследований возрастной изменчивости окуломоторной активности были выявлены вполне понятные изменения: уменьшение общего времени чтения, снижение продолжительности фиксаций, увеличение амплитуды саккад, снижение количества фиксаций, рефиксаций и регрессий, увеличение вероятности пропуска коротких и служебных слов [14; 15; 25; 27; 28; 34]. Также были показаны дифференцированные изменения глазодвигательной активности в различных возрастных группах читателей в зависимости от способа предложения стимульного материала и его морфо- и психолингвистической сложности. Исследования Joseph H.S.S.L. с сотрудниками [29] показали, что между отдельными возрастными группами читателей (дети, подростки, взрослые) существует разница в организации движений глаз при чтении неоднозначных или семантически неверных слов в предложении. Подросткам по сравнению с взрослыми свойственна большая дезорганизация движений глаз, проявляющаяся в увеличенной области поисковых движений глаз, возникающих при возникновении неоднозначности в тексте. Проведенный нами анализ коэффициентов вариации продолжительности фиксаций, значения которых находились в пределах 45–52 %, и саккад (52–58 %) показывает, что при чтении у подростков отсутствует механистичность. Такая широкая вариативность значений продолжительности фиксаций и амплитуд саккад говорит о влиянии на данные показатели скорости лексического доступа и особенностей процесса контекстного анализа. Блоки текста обрабатываются с различной скоростью, которая зависит как от контекста, так и от информационной насыщенности отдельных составляющих (степени абстрактности слов), так и от индивидуальных особенностей сформированности навыка.

Развитие интеллектуальной сферы детей младшего школьного возраста к подростковым годам характеризуется как качественными, так и количественными изменениями. Основными являются развитие способности к абстрактному мышлению и расширение временной перспективы. Развиваются сопутствующие когнитивной деятельности процессы: восприятие становится более контролируемым, плановым, последовательным и всесторонним, нарастает умение организовывать и контролировать свое внимание, процессы памяти, управлять ими. У исследованных подростков развитие данных процессов тенденциозно отражаются на параметрах окуломоторной активности, что свидетельствует о сохранении наработанных на предыдущих этапах формирования навыка чтения паттернах движений глаз. Вероятно, это связано с тем, что в раннем подростковом возрасте именно мотивация, а не регулирующие структуры, влияет на организацию когнитивных процессов. В подростковом возрасте появляются новые мотивы учебной деятельности, связанные с расширением знаний и формированием новых навыков и умений, которые становятся критерием ценности для подростка окружающих его людей. При этом само учение при таких ситуациях может восприниматься безразлично или даже негативно (Крутецкий В.А., 1986). Это связано с началом социализации подростка. В данном возрасте необходимо учитывать мотивационную включенность в процесс чтения, которая становится не только способом по-

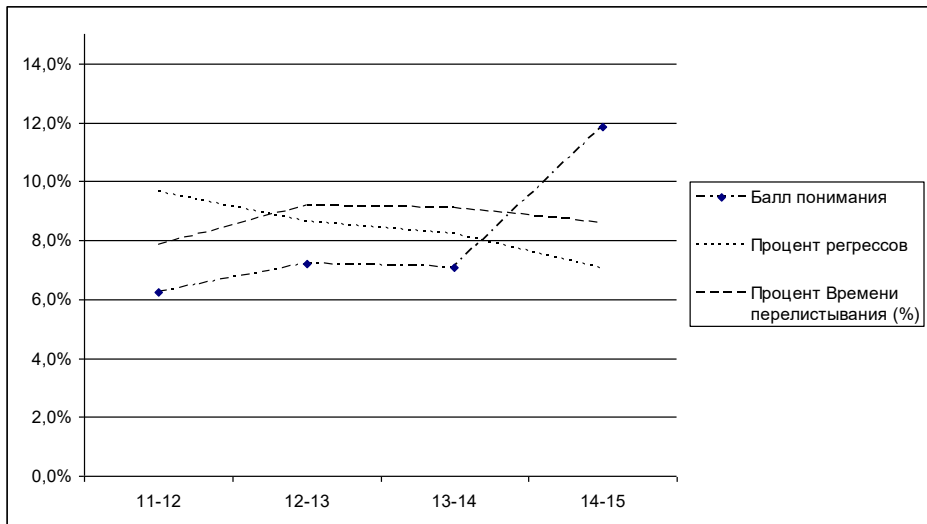
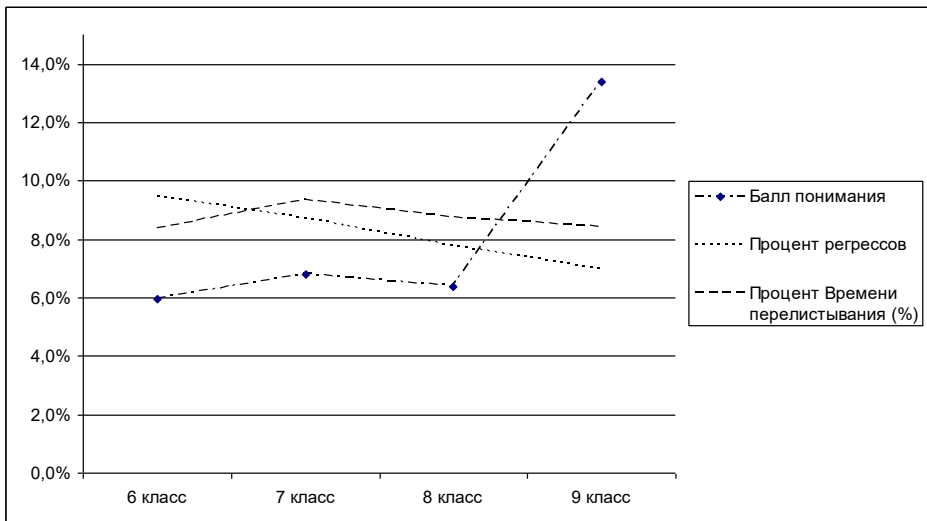


лучения новых знаний, но и способом социализации подростка в определенных группах. Если данный способ не слишком важен для той группы подростков, в которую он входит, возникает рост напряженности реализации этого сложного когнитивного навыка.

Таким образом, эффективность когнитивной деятельности поддерживается или опосредуется эмоционально привлекательными факторами. Следовательно, на параметры окуломоторной активности при чтении, как сложной полимодулированной познавательной деятельности, влияет эмоциональная окраска текста, эмоциональная вовлеченность подростка в данный вид учебной работы [43; 44].

Анализ параметров окуломоторной активности при использовании различных электронных устройств показал, что основные различия в механике чтения заключаются в основном в различном времени перелистывания «страниц» текста. При использовании устройства PocketBook (e-ink дисплей) общее время перелистывания составляет 11–15 секунд (2.2–3.0 секунды на страницу), тогда как при использовании свайпинга (свайп (swipe), слайд (slide) — продолжительное скольжение пальцем по экрану) при чтении с Digma (TFT дисплей) – 4–6 секунд (0.8–1.2 секунды на страницу). Влияние фактора «**Электронное устройство**» на время перелистывания в различных возрастных группах: 11–12 лет -  $F(1, 11) = 17.83$ ,  $p=0.001429$ ; 12–13 лет -  $F(1, 17) = 49.65$ ,  $p=0.000002$ ; 13–14 лет -  $F(1, 19) = 17.30$ ,  $p=0.000532$ ; 14–15 лет -  $F(1, 19) = 28.82$ ,  $p=0.000035$ . Сходное влияние используемого электронного устройства на время перелистывания отмечено и в различных классовых группах: 6 класс -  $F(1, 16) = 24.82$ ,  $p=0.000136$ ; 7 класс -  $F(1, 20) = 26.31$ ,  $p=0.000051$ ; 8 класс -  $F(1, 12) = 22.32$ ,  $p=0.000493$ ; 9 класс -  $F(1, 18) = 24.59$ ,  $p=0.000102$ .

Также стоит отметить, что при анализе графика (Рисунок 2) возрастного изменения по данному показателю (времени перелистывания) отмечается наличие параболической формы («пика»). Причем он более выражен у подростков, использующих высококонтрастный жидкокристаллический дисплей (Digma). Стоит отметить потенциальную взаимосвязь между этим наблюдением и наличием сходного «пика» на графике средних продолжительностей фиксации различных типов. В тоже время, что график изменения с возрастом амплитуды прогрессивных саккад (Рисунок 3.) линейный и характеризуется постоянным возрастанием значений данного показателя.



*Рис. 2. Средние показатели окуломоторной активности (Балл понимания, Процент регрессий, Процент времени перелистывания), сгруппированные по классу и возрастной группе без учета «ЭУ».*

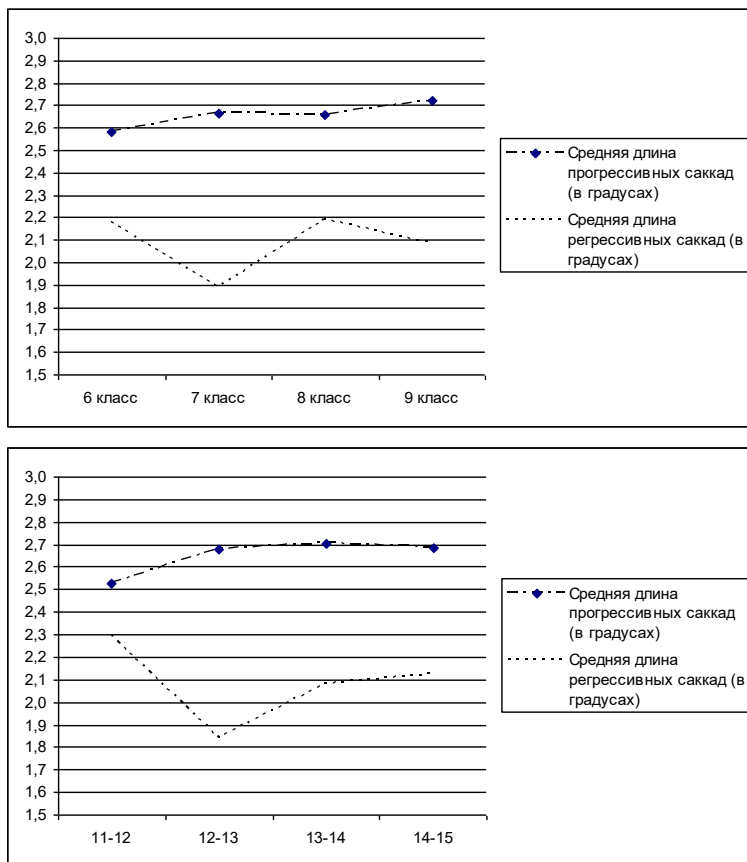


Рис. 3. Средние показатели окуломо-торной активности (амплитуда саккад), сгруппированные по классу и возрастной группе без учета «ЭУ».

Дополнительно был проведен факторный анализ, направленный на выявление влияния фактора «Возрастная группа» и фактора «Класс обучения» при чтении с различных электронных устройств. Было выявлено, что факторы имеют различную степень влияния на продолжительность всех видов фиксаций, отдельно прогрессивных фиксаций и установочных фиксаций. Так влияние фактора «Возрастная группа» на продолжительность прогрессивных фиксаций при чтении с Digma (TFT) составило  $F(3, 34)=3.55, p=0.0245$ , при чтении с Pocket (e-ink) влияние тенденциозно –  $F(3, 32)=2.83, p=0.0542$ ; на среднюю продолжительность всех фиксаций при чтении с Digma (TFT) –  $F(3, 34)=3.81, p=0.0186$ , при чтении с Pocket (e-ink) –  $F(3, 32)=3.16, p=0.0381$ ; на продолжительность установочных фиксаций при чтении с Digma (TFT) –  $F(3, 34)=3.27, p=0.033$ , при чтении с Pocket (e-ink) –  $F(3, 32)=2.97, p=0.0464$ . Влияние фактора «Класс обучения» на продолжительность прогрессивных фиксаций отмечено только при проведении факторного анализа без разделения учеников по группам используемых устройств; влияние на среднюю продолжительность всех фиксаций при чтении с Digma (TFT) составило  $F(3,$

34)=3.31,  $p=0.0317$ , при чтении с Pocket (e-ink) –  $F(3, 32)=3.15$ ,  $p=0.0382$ ; на продолжительность установочных фиксаций при чтении с Digma (TFT) –  $F(3, 34)=3.29$ ,  $p=0.0322$ , при чтении с Pocket (e-ink) –  $F(3, 32)=4.02$ ,  $p=0.0155$ . Представленные данные говорят о том, что при чтении с Pocket (e-ink) снижается значимость влияния возрастных факторов на оculoмоторную активность, т.е. чтение с низкоконтрастного дисплея оказало негативное развитие навыка, ухудшив временные параметры оculoмоторной активности. Данное наблюдение подтверждается корреляционным анализом, который не выявил взаимосвязи между параметрами оculoмоторной активности и возрастом или классом обучения. Следует отметить, что оценка влияния именно класса обучения на степень понимания текста позволило выявить факт наличия достоверных различий ( $p<0.05$ ) по этому показателю между подростками 6-х и 9-х классов.

Время чтения при использовании дисплея с технологией e-ink на в среднем 17–18 % больше, чем при использовании TFT-дисплея с разбросом от 9 % до 26 %. Следует отметить, что наибольшая разница по времени чтения при использовании различных устройств отмечена в старшем подростковом возрасте (26 %) и в младшем подростковом возрасте (18–24 % в зависимости от группировки детей – по возрасту или классу обучения).

Это частично согласуется с данными Нильсена [36], который обнаружил, что чтение на e-ink ридере было на 10.7 %, а с электронного планшета – на 6.2 % медленнее, чем чтение с классической бумажной книги. Было доказано, что контрастность (соотношение двух уровней яркости – фона и объекта) заметно влияет на зрительное восприятие. Низкоконтрастные соотношения приводят к снижению эффективности восприятия и оculoмоторной активности в диапазоне 10–20 % [40].

Измерение визуальной усталости (субъективными и объективными оценками) каждый час не обнаружили разницы в зрительной усталости при чтении в течение длительного времени [41]. Авторы пришли к выводу, что как e-ink ридер, так и планшеты с TFT дисплеем одинаково пригодны для чтения в течение длительного времени, особенно по сравнению с дисплеями прошлого.

В тоже время в других работах были получены несколько иные данные. Проведенное у подростков [8] исследование движений глаз при чтении с трех различных носителей информации: бумаги, персонального компьютера и ридера выявило наличие затруднения при чтении с экрана устройства, выполненного по технологии e-ink по сравнению с листом бумаги, проявляющееся в относительном увеличении соотношения количества реверсивных и прогрессивных саккад. Результаты работы свидетельствуют о том, что чтение с экрана электронного устройства с e-ink дисплеем вызывает у подростков ряд физиологических изменений, свидетельствующих о его более высокой физиологической стоимости использования по сравнению с бумажным носителем. Сопоставление общего количества саккад при чтении с разных носителей выявило их наибольшее количество при использовании TFT-дисплея, что свидетельствует о большей трудности восприятия текста и более выраженном утомлении мышц глаза при чтении с этого электронного устройства. Анализ динамики количества ошибок показал, что эффект утомления глаз и увеличения количества саккадических движений начинал проявляться после прочтения с TFT-дисплея более 3–4 тысяч символов, т.е. при достаточно дли-

тельном непрерывном чтении. До 2 тысяч знаков обычно происходит период вработываемости, с 2 до 3 тысяч – адаптации к условиям чтения. В этот период количество ошибок обычно минимально. При этом при чтении с экрана отсутствует период устойчивой работоспособности. В нашем исследовании количество символов с пробелами составило всего 1.3 тысячи, поэтому отмечено обратное наблюдение, когда количество саккад было выше при чтении текста с экрана PocketBook (e-ink дисплей). По-видимому, увеличение количества саккадических движений глаз нарастает по мере увеличения общего времени чтения.

Таблица 4

*Соотношение общего количества фиксации к различным типам фиксации, сгруппированные по классу и возрастной группе.*

Без учета вида ЭУ	Группировка по классу обучения				Группировка по возрасту			
	6	7	8	9	11-12	12-13	13-14	14-15
Прогрессивных	63.90 %	65.00 %	65.80 %	63.10 %	64.70 %	63.90 %	64.90 %	64.00 %
Регрессивных	9.60 %	8.80 %	7.90 %	7.10 %	9.80 %	8.80 %	8.40 %	7.20 %
Строковых	10.50 %	9.20 %	9.20 %	11.80 %	9.80 %	10.50 %	9.40 %	11.20 %
Установочных	16.00 %	16.90 %	17.10 %	18.00 %	15.70 %	16.80 %	17.40 %	17.70 %

PocketBook	Группировка по классу обучения				Группировка по возрасту			
	6	7	8	9	11-12	12-13	13-14	14-15
Прогрессивных	64.00 %	64.80 %	67.80 %	63.20 %	65.40 %	62.60 %	66.80 %	63.60 %
Регрессивных	9.30 %	9.10 %	7.60 %	7.50 %	9.00 %	8.90 %	8.90 %	7.30 %
Строковых	10.50 %	8.30 %	8.70 %	11.80 %	9.40 %	10.60 %	7.90 %	11.70 %
Установочных	16.30 %	17.80 %	15.90 %	17.60 %	16.10 %	17.90 %	16.40 %	17.40 %

Digma	Группировка по классу обучения				Группировка по возрасту			
	6	7	8	9	11-12	12-13	13-14	14-15
Прогрессивных	63.80 %	65.10 %	64.30 %	63.00 %	63.70 %	64.90 %	63.50 %	64.30 %
Регрессивных	10.20 %	8.70 %	8.10 %	6.70 %	11.00 %	8.70 %	7.90 %	7.00 %
Строковых	10.50 %	9.90 %	9.60 %	11.90 %	10.30 %	10.40 %	10.50 %	10.60 %
Установочных	15.60 %	16.30 %	18.00 %	18.40 %	15.00 %	16.10 %	18.10 %	18.10 %

Проведенный анализ соотношения количества разных типов фиксаций к их общему количеству показал, что процент прогрессивных фиксаций (сделанных после прогрессивной саккады) в среднем составляет от 63 до 65 %, регрессивных фиксаций – 7–10 %, строковых – 9–12 %, установочных – 16–18 % (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**4). Отмечается сходный параболический вид графика распределения процента прогрессивных фиксаций с возрастом, отмеченный на графиках продолжительности фиксаций, сгруппированные по классу и возрастной группе без учета вида «ЭУ»). Стоит отметить, что относительное количество установочных фиксаций (фиксаций, которые были сделаны после перевода взора на другую строку как по ходу чтения, так и против; установочная фиксация отличается от прогрессивной тем, что помимо лексического анализа происходит дополнительный визуальный контроль начала строки) с возрастом увеличивается с 16 % до 18 %. При этом их график продолжительности на возрастной шкале также имеет похожий параболический вид.

Также был проведен корреляционный анализ с целью выявления взаимосвязи между количеством различных видов фиксаций и их средней продолжительностью. Анализ был проведен как с учетом вида используемого при чтении электронного устройства (Табл. 6), так и без такой группировки (Табл. 5).

Таблица 5

*Коэффициент корреляции соотношений различных типов фиксаций, их продолжительности и общего количества фиксаций ( $p < 0.05$ ) во всех возрастных группах без учета вида ЭУ*

Продолжительность фиксаций	% Прогрессивных фиксаций	% Регрессивных фиксаций	% Установочных фиксаций	% Строковых фиксаций	Общее кол. фиксац.
Прогрессивных		<b>0.253</b>	<b>-0.236</b>		
Регрессивных		<b>0.276</b>	<b>-0.371*</b>		<b>0.381</b>
Установочных	<b>0.426</b>		<b>-0.291</b>	<b>-0.356</b>	
Строковых					
Общее количество фиксаций		<b>0.481*</b>	<b>-0.787*</b>		

\* - корреляции прослеживаются при чтении с различных устройств.

При оценке данных показателей без учета электронного устройства было установлено, что чем больше общее количество фиксаций, тем меньше ( $r = -0.787$ ) в них доля установочных фиксаций, и больше доля регрессивных фиксаций ( $r = 0.481$ ) и дольше их продолжительность фиксаций ( $r = 0.381$ ), а чем больше доля установочных фиксаций, тем ниже продолжительность прогрессивных, регрессивных и установочных фиксаций. Также установлена прямая взаимосвязь между долей регрессий и продолжительностью прогрессивных и регрессивных фиксаций, также общим количеством фиксаций. Анализ взаимосвязей между долей различных видов фиксаций и их продолжительностью с учетом вида используемого электронного устройства выявил интересную особенность: при чтении с низкоконтрастного дисплея (e-ink) PocketBook наибольшее количество связей образо-

валось с продолжительностью регрессивных и установочных фиксаций, а при чтении с TFT-дисплея (Digma) – с продолжительностью прогрессивных и строковых фиксаций. Данное наблюдение говорит о том, что чтение с низкоконтрастного дисплея вызывает не только большее количество ясно прослеживаемых регрессий в результате возникновения как окуломоторных ошибок чтения, так и ошибок лексического распознавания слов, но и заставляет дольше всматриваться в каждое слово, что отражается на некотором увеличении продолжительности фиксаций.

Таблица 6

*Коэффициент корреляции соотношений различных типов фиксаций, их продолжительности и общего количества фиксаций ( $p < 0.05$ ) во всех возрастных группах с учетом вида ЭУ*

**PocketBook**

Продолжительность фиксаций	% Прогрессивных фиксаций	% Регрессивных фиксаций	% Установочных фиксаций	% Строковых фиксаций	Общее кол. Фиксац.
Прогрессивных		<b>0.580</b>			<b>0.423</b>
Регрессивных		<b>0.375</b>	<b>-0.343</b>		<b>0.445</b>
Установочных			<b>-0.397</b>		
Строковых		<b>0.481</b>			
Общее количество фиксаций		<b>0.456</b>	<b>-0.791</b>		

**Digma**

Продолжительность фиксаций	% Прогрессивных фиксаций	% Регрессивных фиксаций	% Установочных фиксаций	% Строковых фиксаций	Общее кол. фиксац.
Прогрессивных					
Регрессивных	<b>0.339</b>		<b>-0.378</b>	<b>-0.339</b>	
Установочных	<b>0.488</b>			<b>-0.443</b>	
Строковых					
Общее количество фиксаций		<b>0.506</b>	<b>-0.773</b>		

Результаты как объективных (количество морганий в секунду), так и субъективных (шкала зрительной усталости) исследований показали, что чтение на LCD-дисплее вызывает более высокую визуальную усталость по отношению к e-ink ридеру и бумажной книге [13]. Причем, по данному показателю не выявлены различия при чтении с e-ink ридера и с бумаги. Многочисленные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что при чтении с TFT-дисплея уменьшение числа морганий более выражено по сравнению с чтением с других электронных устройств. Использование дисплеев с подсветкой связывают с уменьшенной частотой моргания и увеличением скорости испарения слез, что способствует появлению эффекта «сухого глаза». Фактически, длительное воздействие экспозиции способствует снижению средних показателей времени разрыва слезной пленки,

увеличению средних показателей основной слезопродукции, что является одним из основных факторов визуальной усталости [19]. Длительное напряжение зрительного анализатора может привести к появлению головной боли, увеличению частоты и продолжительности заболеваний, связанных с нарушением кровообращения и тонуса стенок сосудов [1]. У пользователей, работающих на устройствах с жидкокристаллическим дисплеем в среднем четыре часа, проявлялись изменения со стороны периферического отдела зрительного анализатора в виде снижения остроты зрения, усиления рефракции, уменьшения показателей аккомодации, пространственно – контрастной чувствительности [10]– синдрома «профессиональной офтальмопатии» [11].

В исследовании 2012 года [12] анализ физиологических тестов результатов показал, что у студентов, работающих на компьютере, отмечено большее снижение умственной работоспособности и развитие утомления зрительного анализатора в динамике учебных занятий, чем у тех, кто не использовал компьютерную технику. Причём степень снижения умственной работоспособности и ухудшение функционального состояния зрительного анализатора находились в прямой зависимости от продолжительности нахождения перед монитором

Еще одним аспектом, который влияет на чтение с электронных устройств, является возникновение бликов от освещения, тогда как бумага лишена данного недостатка. Исследование [24], проведенное на айтрекере Tobii T120 показало, что даже умеренные блики негативно влияют на качество чтения – увеличивается продолжительность фиксации ( $p < 0.05$ ). Авторы приходят к логичному выводу, что крайне важно следовать рекомендациям по проектированию освещения не только в рабочей среде, но и при организации процесса обучения с использованием электронных устройств с экраном.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В подростковом возрасте формирование навыков, обеспечивающих процесс чтения, не останавливается. Но в тоже время график изменения скорости восприятия и обработки текстовой информации на возрастной шкале имеет параболический вид, т.е. от 6 к 7–8 классу показатели глазодвигательной активности ухудшаются, а затем происходит их резкое улучшение. Это совпадает с данными литературы, в которой отмечается гетерохрония развития умственных операций и обеспечивающих их мозговых структурах. Одновременно с различными сроками становления когнитивных функций, на их проявление в образовательной деятельности во многом влияют эмоционально-мотивационные процессы, характерные именно для пубертатного периода. По-видимому, сниженный интерес к чтению в результате изменения мотивационного аспекта и объясняет снижение показателей навыка чтения.

Различия во временных показателях окулomotorной активности при различной группировке подростков (по классу обучения и возрасту) свидетельствуют о большем влиянии на процесс чтения опыта обучения.

Использование различных электронных устройств при чтении сложного текста позволило определить влияние вида используемого дисплея и способа контроля за предоставлением текста (организация процесса перелистывания стра-



ниц). При чтении с дисплея, выполненного по технологии электронных чернил (e-ink), обладающего низкой контрастностью изображения, параметры движений глаз обладают худшими характеристиками по сравнению с чтением с листа бумаги или с жидкокристаллического дисплея. Однако следует учесть непродолжительный период исследования, при котором негативные последствия, выявленные при чтении с экрана обладающего собственной светимостью (TFT или жидкокристаллического), могут не проявиться.

В данном возрасте необходимо учитывать мотивационную включенность в процесс чтения, который становится не только способом получения новых знаний, но и способом социализации подростка в определенных группах.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранов А.А., Кучма В.Р., Текшева Л.М. Чтение, компьютер и здоровье // Вопросы современной педиатрии. – 2008. – Том 7, № 1. – С. 21-25.
2. Безруких М.М. и др. Особенности зрительного восприятия и окулomotorной активности во время чтения у детей 7-10 лет с разным уровнем сформированности читательского навыка / М.М. Безруких, О.Н. Адамовская, В.В. Иванов, Т.А. Филиппова // Физиология человека. – 2019. – Том 45 (6). – С. 27-35
3. Безруких М.М., Иванов В.В. Глазодвигательная активность при чтении у детей младших классов с разной степенью сформированности навыка чтения // Чуждозезиково обучение. – 2019. – № 46(1). – С. 9-18.
4. Горев А.С., Мачинская Р.И., Фарбер Д.А. Влияние произвольной релаксации на функциональное состояние мозга и эффективность когнитивной деятельности у мальчиков на разных этапах подросткового периода развития // Новые исследования. – 2018. – №2 (55). – С. 5-20.
5. Дубасова А.В. Движения глаз во время чтения: От общих теорий к частным. – 2012.  
URL: <http://www.academia.edu/3074458/>. Дата обращения: 20.11.2019.
6. Иванов В.В. Особенности глазодвигательной активности при чтении текста с различных устройств отображения информации у подростков 15-16 лет / В.В. Иванов // Новые исследования. – 2018. – №3 (56). – С. 13-21.
7. Каменская Е.Н., Дыхан Л.Б. Влияние электронных устройств на безопасность зрительной системы студентов технического вуза // Инженерный вестник Дона. – 2016. – № 4 (43). – С. 37.
8. 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.
9. Развитие мозга и формирование познавательной деятельности ребенка / под ред. М. М. Безруких, Д. А. Фарбер. –М.: Изд-во Моск. психол.-соц. ин-та; Воронеж: МОДЭК, 2009. – 432 с.
10. Сагататова Н.М. Комплексная диагностика и лечение компьютерного зрительного синдрома [Текст] : автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Уфа : Уфим. НИИ глазных болезней, 2004. – 22 с.

11. Фейгин А.А. Профессиональная офтальмопатия: клиника, диагностика, реабилитация, профилактика [Текст]: Дис. ... д-ра мед. Наук. – Моск. НИИ глазных болезней им. Гельмгольца. – 2006. – 199 с.
12. Хасанова Н.Н., Трохимчук Л.Ф., Филимонова Т.А. Оценка функционального состояния организма студентов в условиях работы на компьютере // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. – 2012. – № 1. – С. 69-75.
13. Benedetto S. et al. E-readers and visual fatigue / S. Benedetto, V. Draï-Zerbib, M. Pedrotti, G. Tissier, T. Baccino // PLoS One. – 2013. – №8 (12). URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3873942>. Дата обращения: 20.11.2019.
14. Blythe H.I. et al. Reading disappearing text: Why do children refixate words? / H.I. Blythe, T. Haikio, R. Bertam, S.P. Liversedge, J. Hyona // Vision Research Vision Research. – 2011. – Vol. 51. – P. 84-92.
15. Blythe H.I. et al. The uptake of visual information during fixations in reading in children and adults / H.I. Blythe, S.P. Liversedge, H.S.S.L. Joseph, S.J. White, K. Rayner // Vision Research. – 2009. – Vol. 49. – P. 1583-1591.
16. Booth J.R., Perfetti C.A., MacWhinney B. Quick, automatic, and general activation of orthographic and phonological representations in young readers // Developmental Psychology. – 1999. – Vol. 35. – P. 3-19.
17. Cain K., Oakhill J., Bryant P. Children's reading comprehension ability: Concurrent prediction by working memory, verbal ability and component skills. Journal of Educational Psychology. – 2004. – Vol. 96. – P. 31-42. DOI:10.1037/0022-0663.96.1.31.
18. Calvo M.G., Meseguer E. Eye movements and processing stages in reading: relative contribution of visual., lexical., and contextual factors // The Spanish Journal of Psychology. – 2002.– Vol. 5, № 1. – P. 66-77.
19. Cardona G. et al. Blink Rate, Blink Amplitude, and Tear Film Integrity during Dynamic Visual Display Terminal Tasks / G. Cardona, C. Garcia, C. Seres, M. Vilaseca, J. Gispets // Current Eye Research. – 2011. – Vol. 36(3). – P. 190-197.
20. Carlisle J.F. Awareness of the structure and meaning of morphologically complex words: Impact on reading // Reading and Writing. – 2000. – Vol. 12. – P. 169-190.
21. Coiro J., Dobler E. Exploring the online reading comprehension strategies used by sixth-grade skilled readers to search for and locate information on the Internet // Reading Research Quarterly. – 2007. – Vol. 42. – P. 214-257. DOI:10.1598/RRQ.42.2.2.
22. Dillon A. Reading from paper versus screens: a critical review of the empirical literature // Ergonomics. – 1992. – Vol. 35(10). – P.1297-1326
23. Dyson M.C., Haselgrove M. The influence of reading speed and line length on the effectiveness of reading from screen // International Journal of Human Computer Studies. – 2001. – Vol. 54(4). – P. 585-612.
24. Glimne S., Brautaset R.L., Seimyr G.Ö. The effect of glare on eye movements when reading. Work. – 2015. – Vol. 50, N. 2. – P. 213-220. DOI: 10.3233/WOR-131799

25. Haikio T. et al. Development of the letter identity span in reading: Evidence from the eye movement moving window paradigm / T. Haikio, R. Bertram, J. Hyona, P. Niemi // *Journal of Experimental Child Psychology*. – 2009. – V. 102. – P. 167-181.
26. Hudson R.F. et al. The complex nature of reading fluency: A multi-dimensional view / R.F. Hudson, P.C. Pullen, H.B. Lane, J.K. Torgesen // *Reading and Writing Quarterly*. – 2009. – Vol. 25. P. 4-32. DOI:10.1080/10573560802491208.
27. Huestegge L. et al. Oculomotor and linguistic determinants of reading development: A longitudinal study / L. Huestegge, R. Radach, D. Corbic, S.M. Huestegge // *Vision Research*. – 2009. – Vol. 49. – P. 2948-2959.
28. Joseph H.S.S.L. et al. Children's and adults processing of anomaly and implausibility during reading: Evidence from eye movements / H.S.S.L. Joseph, S.P. Liv-ersedge, H.I. Blythe, S.J. White, S.E. Gathercole, K. Rayner // *Q. J. Exp. Psychol. (Hove)*. – 2008. – Vol. 61(5). – P. 708-723.
29. Joseph H.S.S.L. et al. Word length and landing position effects during reading in children and adults / H.S.S.L. Joseph, S.P. Liv-ersedge, H.I. Blythe, S.J. White, K. Rayner // *Vision Research*. – 2009. – Vol. 49. – P. 2078-2086.
30. Kretzschmar F. et al. Subjective impressions do not mirror online reading effort: concurrent EEG-eyetracking evidence from the reading of books and digital media / F. Kretzschmar, D. Pleimling, J. Hosemann, S. Fussel, I. Bornkessel-Schlesewsky, M. Schlewsky // *PLoS ONE*. – 2013. – Vol. 8(2): e56178.  
URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0056178>. Дата обращения: 20.11.2019.
31. Lee J. EFL young adolescents' reading motivation and reading comprehension in their first and second languages // *English Teaching*. – 2015. Vol. – 70. – P. 55-80. DOI: 10.15858/engtea.70.4.201512.55.
32. Liv-ersedge S.P., Findlay J.M. Saccadic eye movements and cognition // *Trends in Cognitive Sciences*. – 2000. – Vol. 4, N. 1. – P.6-14.
33. Liv-ersedge S.P. et al. Eye movements when reading disappearing text: is there a gap effect in reading? / S.P. Liv-ersedge, K. Rayner, S.J. White, D. Vergilino-Perez, J.M. Findlay, R.W. Kentridge // *Vision Research*. – 2004. – Vol. 44. – P.1013-1024.
34. McConkie G.W. et al. Children's eye movements during reading / G.W. McConkie, D. Zola, J. Grimes, P.W. Kerr, N.R. Bryant, P.M. Wolf // *Vision and visual dyslexia*. Eds. J. F. Stein. – London: Macmillan Press, 1991. – P. 251-262
35. McGeown P.S., Duncan L.G., Griffiths Y., Stothard S.E. Exploring the relationship between adolescents' reading skills, reading motivation and reading habits // *Reading and Writing*. – 2015. – Vol. 28. – P. 545-569. DOI: 10.1007/s11145-014-9537-9
36. Nielsen J. iPad and Kindle Reading Speeds (Jakob Nielsen's Alertbox). // Nielsen Norman Group. – 2010.  
URL: <https://www.nngroup.com/articles/ipad-and-kindle-reading-speeds>. Дата обращения: 20.11.2019.
37. Ricketts J., Nation K., Bishop D.V.M. Vocabulary is important for some, but not all reading skills // *Scientific Studies of Reading*. – 2007. – Vol. 11. – P. 235-257. DOI:10.1080/10888430701344306.
38. Schilling H., Rayner K., Chumbley J.. Comparing naming, lexical decision, and eye fixation times: Word frequency effects and individual differences // *Memory & Cognition*. – 1998. – Vol. 26. – P. 1270-1281.

39. Schooten E., Glopper K., Stoel R.D. Development of attitude toward reading adolescent literature and literary reading behavior // *Poetics*. – 2004. – Vol. 32 (5). – P. 343-386. DOI: 10.1016/j.poetic.2004.07.001.
40. Sears A., Jacko J.A. *Human-Computer Interaction Fundamentals*. – CRC Press, Inc., Boca Raton, FL. – 2009. – 350p.
41. Siegenthaler E. et al. Reading on LCD versus e-Ink displays: Effects on fatigue and visual strain / P. Wurtz, E. Siegenthaler, Y. Bochud, P. Bergamin // *Ophthalmic and Physiological Optics*. – 2012. – Vol. 32(5). – P. 367-374.
42. Siegenthaler E., Wurtz P., Groner R. Improving the Usability of E-Book Readers // *Journal of usability studies*. – 2010. – Vol. 6, Issue 1. – P.25-38.
43. Somerville L., Hare T., Casey B. Fronto-striatal maturation predicts cognitive control failure to appetitive cues in adolescents. // *Journal Cognition Neuroscience*. – 2011. – Vol.23. – N 9. – P. 2123-2134.
44. Somerville L., Jones R., Casey B. A time of change: a behavioral and neural correlates of adolescents sensitivity to appetitive and aversive environmental cues. // *Brain Cogn.*, 2010. – Vol.72. – N 1. – P.124-133.
45. Verhoeven L.T.W., Perfetti C.F. Morphological processing in reading acquisition: A cross-linguistic perspective // *Applied Psycholinguistics*. – 2011. Vol. 32. – P. 457-466
46. Verhoeven L.T.W., Schreuder R., Haarman V. Prefix identification in the reading of Dutch bisyllabic words // *Reading and writing: a interdisciplinary journal*. – 2006. – Vol. 19. – P. 651 - 668. DOI:10.1007/s11145-005-1912-0
47. White S.J., Liversedge. S.P. Linguistic and nonlinguistic influences on the eyes landing positions during reading // *The quarterly journal of experimental psychology*. – 2006. – Vol. 59 (4). – P. 760-782.

## REFERENCES

1. Baranov A.A., Kuchma V.R., Teksheva L.M. CHtenie, komp'yuter i zdorov'e // *Voprosy sovremennoj pediatrii*. – 2008. – Tom 7, № 1. – S. 21-25.
2. Bezrukih M.M. i dr. Osobennosti zritel'nogo vospriyatiya i okulomotor-noj aktivnosti vo vremya chteniya u detej 7-10 let s raznym urovnem sformirovan-nosti chitatel'skogo navyka / M.M. Bezrukih, O.N. Adamovskaya, V.V. Ivanov, T.A. Fillipova // *Fiziologiya cheloveka*. – 2019. – Tom 45 (6). – S. 27-35
3. Bezrukih M.M., Ivanov V.V. Glazodvigatel'naya aktivnost' pri chtenii u detej mladshih klassov s raznoj stepen'yu sformirovannosti navyka chteniya // *CHuzhdoezikovo obuchenie*. – 2019. – № 46(1). – S. 9-18.
4. Gorev A.S., Machinskaya R.I., Farber D.A. Vliyanie proizvol'noj relax-sacii na funkcional'noe sostoyanie mozga i effektivnost' kognitivnoj deya-tel'nosti u mal'chikov na raznyh etapah podrostkogo perioda razvitiya // *Novye issledovaniya*. – 2018. – №2 (55). – S. 5-20.
5. Dubasova A.V. *Dvizheniya glaz vo vremya chteniya: Ot obshchih teorij k chast-nym*. – 2012.  
URL: <http://www.academia.edu/3074458/>. Data obrashcheniya: 20.11.2019.

6. Ivanov V.V. Osobennosti glazodvigatel'noj aktivnosti pri chtenii teksta s razlichnyh ustrojstv otobrazheniya informacii u podrostkov 15-16 let / V.V. Ivanov // *Novye issledovaniya*. – 2018. – №3 (56). – S. 13-21.

7. Kamenskaya E.N., Dyhan L.B. Vliyanie elektronnyh ustrojstv na bezopasnost' zritel'noj sistemy studentov tekhnicheskogo vuza // *Inzhenernyj vestnik Dona*. – 2016. – № 4 (43). – S. 37.

8. Kuchma V.R. i dr. Osobennosti vospriyatiya informacii s elektronnoho ustrojstva dlya chteniya (ridera) / V.R. Kuchma, L.M. Teksheva, O.A. Vyatleva, A.M. Kurganskij // *Voprosy shkol'noj i universitetskoj mediciny*. – 2012. – № 1. – S. 39-46.

9. Razvitie mozga i formirovanie poznavatel'noj deyatel'nosti rebenka / pod red. M. M. Bezrukih, D. A. Farber. – M.: Izd-vo Mosk. psihol.-soc. in-ta; Voronezh: MODEK, 2009. — 432 s.

10. Sagadatova N.M. Kompleksnaya diagnostika i lechenie komp'yuternogo zritel'nogo sindroma [Tekst] : avtoref. dis. ... kand. med. nauk. – Ufa : Ufim. NII glaznyh boleznej, 2004. – 22 s.

11. Fejgin A.A. Professional'naya oftal'mopatiya: klinika, diagnostika, rehabilitaciya, profilaktik [Tekst] : Dis. ... d-ra med. Nauk. – Mosk. NII glaznyh boleznej im. Gel'mgol'ca. – 2006. – 199 s.

12. Hasanova N.N., Trohimchuk L.F., Filimonova T.A. Ocenka funkcional'nogo sostoyaniya organizma studentov v usloviyah raboty na komp'yutere // *Vestnik Adygejskogo gosudarstvennogo universiteta*. Seriya 4: Estestvenno-matematicheskie i tekhnicheskie nauki. – 2012. – № 1. – S. 69-75.

# ОЦЕНКА ЗРИТЕЛЬНО-ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДЕТЕЙ 8–9 ЛЕТ ПРИ РАБОТЕ С ЭКРАНОМ КОМПЬЮТЕРА И БУМАЖНЫМИ НОСИТЕЛЯМИ ИНФОРМАЦИИ

А.В. Хрянин<sup>1</sup>

ФГБНУ «Институт возрастной физиологии РАО», Москва

Целью настоящего исследования являлось изучение влияния способа подачи информации (на экране компьютера или бумажных карточках) на эффективность зрительно-пространственной деятельности у детей 8–9 лет. Задания заключались в зрительном поиске целевого изображения, идентичного образцу, среди похожих изображений-дистракторов. Стимулами являлись геометрические фигуры и китайские иероглифы. Регистрировалось количество ошибок для каждого типа заданий. Полученные результаты позволили сравнить успешность зрительно-пространственной деятельности разной сложности у мальчиков и девочек при работе с компьютером и бумагой. Анализ результатов показал эквивалентность использования цифровых и бумажных носителей при решении зрительно-пространственных задач. Независимо от способа подачи информации, при повторном участии в эксперименте результативность зрительного поиска выше. Отмечаются также некоторые половые различия.

**Ключевые слова:** зрительно-пространственные задания, экран компьютера, бумажные носители, последовательность предъявления, мальчики, девочки.

**Assessment of visuospatial processing of computer-based/paper-based information in 8-9-year-old children.** We compared the effect of two information media (computer vs. paper) on visuospatial processing of images in 8-9-year-old children. The visual search task consisted in matching the series of 5 stimuli simultaneously shown on the screen or paper to the target one. The stimuli were specially designed as complex geometrical objects and Chinese characters. The error rate was calculated separately for each type of the task. The results showed equivalence between the computer-based and paper-based media. With repeated experiments, the success of visual search was higher regardless of the media. Some differences in visuospatial processing in children of different sexes were also noticed.

**Keywords:** visuospatial task, computer-based, paper-based, target stimuli, sequence of images, boys, girls.

Использование компьютерных технологий в последние десятилетия достигло широчайшего масштаба в большинстве сфер профессиональной деятельности и быту. В настоящее время в нашей стране компьютерные технологии продолжают широко внедряться в учебный процесс, как в вузах, так и в школах. В научной и педагогической среде продолжают дискуссии о возможности полной замены бумажных носителей информации электронными. При этом мало исследований посвящается влиянию приёма и обработки визуальной информации с дисплея на

---

Контакты: <sup>1</sup> Хрянин А.В. – E-mail: <khrianin@mail.ru>

психофизиологический статус ребёнка, не учитывается, повышается ли нагрузка на функциональные системы организма, по сравнению с работой с печатными текстом и рисунками. Вопрос, способствует ли широкое использование цифровых технологий когнитивному развитию, или же наоборот, влияет на него негативно, также остаётся весьма спорным.

Графические задания большинства оценочных психологических тестов, в том числе и разработанных и стандартизированных до 90-х годов, в настоящее время предъявляются на дисплеях. Это, с одной стороны, существенно облегчает и ускоряет проведение исследований и обработку результатов, с другой стороны, ставит вопрос о пересмотре стандартов, поскольку эффективность выполнения тестов может отличаться в зависимости от того, предъявляются ли рисунки либо текст на экране компьютера, или на бумаге.

Использование различных гаджетов детьми, начиная с дошкольного возраста, также ставит проблему возможного влияния компьютерных технологий на развитие ребёнка в ряд актуальных для возрастной физиологии и психофизиологии.

Таким образом, выявление различий между эффективностью когнитивной деятельности при работе детей разного возраста с компьютером и бумажными носителями информации представляет высокую научно-практическую значимость.

Использование компьютера по сравнению с бумагой давно привлекает исследовательский интерес [12; 26; 32]. Причём не столько в аспекте доминирования цифровой среды, сколько в степени эквивалентности восприятия и обработки информации в обеих ситуациях.

В 1992 году А. Диллон опубликовал критический обзор эмпирической литературы о сравнении чтения с бумаги и экрана [16]. Ранние исследования 1980-х – 90-х годов были сосредоточены на сравнении основных показателей чтения: скорость, правильность, понимание текста. Результаты исследований этого периода противоречивы. В одних отмечалось более медленное чтение с экрана [8; 15; 19], в других разница между использованием обоих источников информации отсутствовала [13; 14; 24].

Аналогичны противоречия в результатах ранних исследований и в отношении правильности чтения. Одни результаты свидетельствуют о предпочтении бумаги [13; 37], другие – об отсутствии различий по данному показателю [19; 27].

В отношении понимания текста были сделаны выводы, что понимание информации, представленной на дисплее, более слабое, чем представленной на бумаге. Однако эти различия проявлялись только в том случае, когда материал предъявлялся сначала на компьютере. Оказалось, что повторное выполнение задания облегчается предварительным использованием для этой цели компьютера, но не наоборот [8]. Авторы объясняют это тем, что у участников не было предварительной практики, и если бы испытуемые такую практику имели, то уровни понимания текста были бы одинаковыми в обеих ситуациях. Ряд исследований не выявлял разницы в понимании прочитанного на экране и на бумаге [14; 24; 27].

То, что в ранних исследованиях часто отдавалось предпочтение в восприятии информации на бумажном носителе в значительной степени связано с визуальным качеством одинаковой графики на дисплее и бумаге. Технологии экранов в тот период многократно уступали современным, из-за чего глаза испытуемых быстро уставали, и это отражалось на показателях чтения. Компьютерные технологии с

того времени значительно продвинулись, и это должно было снизить степень различий между эффективностью чтения на компьютере и бумаге. Однако, несмотря на более совершенные технологии отображения графики на дисплее и использование современных методов обработки большого числа показателей, таких как характеристики движения глаз, показатели когнитивной нагрузки, памяти, результаты исследований продолжают оставаться противоречивыми.

Исследования Д. Майсса с коллегами [22] выявили значительное снижение скорости чтения на компьютере, по сравнению с бумагой. Оценка уровня понимания с точки зрения правильности ответов не выявила различий для этих двух носителей информации [10; 21; 22; 25]. Также не были обнаружены различия в окулomotorике при чтении с экрана и бумаги [36]. Результаты других экспериментальных исследований свидетельствуют, что понимание (по количественным, а не качественным показателям) при чтении на бумаге было выше [18].

Несмотря на ряд противоречий, в целом, как следует из заключения Дж. Нойсса и К. Гарланд [26], наблюдается тренд к достижению большей эквивалентности предъявления информации на мониторе компьютера и бумажных носителях. Авторы также отмечают, что результаты во многом зависят от критериев оценки и от того, какие задачи в большей мере соответствуют средствам предоставления информации.

Исследования последних десяти лет свидетельствуют о том, что противоречия в рассматриваемой проблеме сохраняются, и дискуссии в научной и педагогической среде об эквивалентности работы с компьютером и бумажными носителями продолжаются. В зарубежной литературе есть данные о том, что чтение на компьютере представляет большую сложность, чем на бумаге [20]. Другие эксперименты с использованием текстов с пропущенными словами различного объёма не выявляют существенных различий между выполнением заданий на бумаге или компьютере [7]. Исследования в группах подростков с нормальным речевым развитием и с трудностями обучения языку ни у тех, ни у других не выявляют зависимости показателей понимания текста, скорости чтения и времени ответа от способа подачи графической информации [33]. В литературе есть также сведения о лучшем выполнении заданий на понимание и запоминание прочитанного на компьютере учащимися средней школы в возрасте 13–14 лет, по сравнению с бумагой, хотя при этом отмечается, что разница не является значимой, то есть статистически не подтверждается [28].

Исследования, посвящённые изучению влияния носителя информации (компьютер или бумага) на рабочую память у детей 4–6, 7–8 и 9–11 лет, свидетельствуют о более низких показателях как вербальной, так и зрительно-пространственной рабочей памяти при работе с компьютером в любом возрасте [11]. Авторы объясняют данные результаты тем, что выполнение заданий на экране компьютера повышают когнитивную нагрузку на функциональные системы, обеспечивающие обработку информации. Хотя есть данные, отрицающие зависимость уровня когнитивной нагрузки от способа предоставления информации на экране или бумаге [29]. В отношении более высоких показателей зрительно-пространственной рабочей памяти при работе с бумагой Р. Карпентер и Т. Оллоуей [11] также допускают облегчение выполнения задания за счёт возможности дополнительно задействовать соматосенсорный канал получения информации.



Испытуемый мог находить фигуры, указывая на них пальцем, что облегчает запоминание местоположения графического объекта в поле зрения. Для оценки зрительно-пространственной рабочей памяти авторы использовали задания с лабиринтами. Ребёнку показывали лабиринт с проведённой через него красной дорожкой в течение трёх секунд. Затем ребёнок должен был по памяти воспроизвести путь по лабиринту. В этом случае нельзя исключать влияние «тактильной стимуляции», приводящей к улучшению запоминания, о чём свидетельствуют и другие исследователи [9]. На экране использовать палец для прослеживания траектории пути в лабиринте сложнее, чем на бумаге.

В отечественной научной литературе имеются данные о результатах сравнительного анализа удобочитаемости с трёх носителей информации: ЖК-экрана компьютера, ридера (на основе электронных чернил) и бумаги [3]. Авторами была дана комплексная оценка качества деятельности по скорости, правильности чтения вслух и интегральному показателю сложности зрительной задачи. Также анализировались электрофизиологические показатели ЭЭГ, ЭКГ и ЭОГ. Авторы отмечают, что использование разных носителей при одинаково эффективной деятельности может сопровождаться различными реакциями со стороны функциональных систем. Результаты данных экспериментов свидетельствуют о преимуществе бумажного носителя информации в удобочитаемости. Для школьников 6–8 классов чтение с экрана компьютера была наиболее сложной задачей. Данные ЭЭГ свидетельствуют о развитии утомления на фоне эмоционального напряжения при работе с компьютером и ридером, что отражается в появлении дельта-активности, усилении мощности тета-волн и низкочастотного альфа-ритма.

Глазодвигательная активность при чтении с экрана компьютера была значительно выше, чем при работе с двумя другими носителями, что также способствует более быстрому утомлению и отражает более высокую сложность выполнения задания. Наименьшую трудность по показателям ЭОГ составляло чтение с листа бумаги. Напряжение при работе с монитором отражалось также и в показателях вариабельности сердечного ритма.

Результаты исследований О.А. Догуревич и Г.А. Сугробовой [1] свидетельствуют о функциональном напряжении механизмов восприятия и утомлению при работе подростков с компьютером, на что указывает снижение лабильности нервных процессов и уменьшение объёма зрительной памяти. Активизации процессов внимания в большей степени выражена при работе в текстовых редакторах, чем в графических, так как обработка текстовой графики требует большей концентрации внимания, задействует не только зрительную, но и слухоречевую память.

В возрастных исследованиях (6 – 20 лет) по изучению степени визуальной нагрузки на функциональную зрительную систему в зависимости от типа носителя информации отмечается снижение контрастной чувствительности после зрительной деятельности, в большей мере выраженное у детей младших возрастных групп после работы с электронными носителями [2].

Как видно из аналитического обзора научной литературы, большинство исследований, касающихся сравнения способов предъявления визуальной информации, посвящено чтению. При этом данные разных экспериментов являются противоречивыми. Вопрос о предпочтении в учебной деятельности электронного носителя информации бумажному, либо их эквивалентности, остаётся спорным. В

этой связи изучение зрительно-пространственной деятельности при разных способах предъявления когнитивных задач является актуальным и представляет несомненный научно-практический интерес для возрастной психофизиологии, возрастной и педагогической психологии. Результаты таких исследований могут быть использованы при организации учебного процесса в школах.

**Целью** настоящего исследования было выявление возможных различий в эффективности зрительно-пространственной деятельности в условиях зрительного поиска у детей 8–9 лет при подачи информации на экране компьютера и на бумажном носителе.

В ходе организации исследования были поставлены следующие **задачи**:

- 1) разработать парадигму эксперимента по изучению эффективности зрительного поиска в зависимости от способа подачи информации;
- 2) провести исследования во 2-х классах школы;
- 3) провести сравнительный анализ полученных данных с целью выявления возможных различий в эффективности зрительного поиска в зависимости от подачи информации на экране компьютера или на бумажном носителе.

## ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Экспериментальные модели зрительного поиска широко используются при изучении когнитивных процессов селективного внимания, зрительного восприятия, зрительно-пространственной деятельности.

Методика настоящего исследования представляет собой модификацию разработанной ранее экспериментальной модели [5]. В ходе эксперимента испытуемые решают графические зрительно-пространственные задачи, которые заключаются в нахождении целевого изображения среди изображений – дистракторов. Целевой стимул во время выполнения задания экспонируется в центре экрана компьютера или бумажной карточки. Под ним находится ряд из пяти пронумерованных стимулов, среди которых один идентичен целевому, другие отличаются пространственным положением одного или нескольких элементов, составляющих изображение. Одинаковые изображения в ряду отсутствуют.

Первый тип стимулов («F») предъявляет собой сочетания пяти отдельно расположенных простых геометрических фигур: круга, овала, треугольника, прямоугольника и квадрата.

Стимулы второго типа («C») представляют собой круг, разделённый на две части прямой линией.

Третий тип стимулов («CL») – окружность с линией, представляющей собой отрезок касательной прямой.

В качестве стимулов четвёртого типа («Cha») используются китайские иероглифы.

Задания четырёх типов принципиально различаются в обработке визуальной информации. Задания «F» предполагают простой анализ пространственного положения знакомых геометрических фигур относительно друг друга. Задания «C» направлены на оценку соотношения двух частей целого. Задания «CL» основаны на оценке угловых параметров изображения для определения параллельности касательных в образце и целевом стимуле, что является сложной задачей. Задания

«Ча» требуют сложного анализа пространственного положения отдельных элементов иероглифа в образце для сравнения их в ряду для поиска целевого стимула среди дистракторов. Эти задания максимально задействуют рабочую зрительную память и селективное зрительно-пространственное внимание.

Задание, предъявляемое на экране компьютера, представляет собой рисунок (756 x 385 pxl), выполненный чёрными линиями на белом фоне. Разрешение монитора 1680 x 1050 точек. Испытуемый находится на расстоянии 60 см до монитора, сидя на стуле. Последовательность событий во время эксперимента с использованием компьютера автоматизирована. Каждое новое задание появляется на экране через 1,5 с после ответа.

Размеры рисунка для задания, предъявляемого на бумажной карточке, в точности соответствуют размерам изображения на мониторе. Они составляют 18,3 x 9,5 см. Карточки заламинированы в матовую плёнку для предотвращения бликов. При работе с карточками испытуемый произвольно может брать их в руки, либо рассматривать на столе. Это условие используется для большего соответствия экспериментальной обстановки реальной деятельности с использованием книг, тетрадей и др. бумажных носителей информации. Смена карточек и управление компьютерной программой для регистрации ответов испытуемых осуществляется экспериментатором вручную.

Ответ даётся нажатием клавиши на клавиатуре Numpad, цифра которой, по мнению испытуемого, соответствует рисунку, одинаковому с образцом. В экспериментах с монитором по нажатию кнопки испытуемым изображение задания удаляется с экрана, после чего следует интервал в 1,5 с, и начинается выполнение следующей пробы (рис. 5). В экспериментах с карточками после ответа экспериментатор откладывает карточку, открывая следующую, одновременно запуская таймер в компьютерной программе.

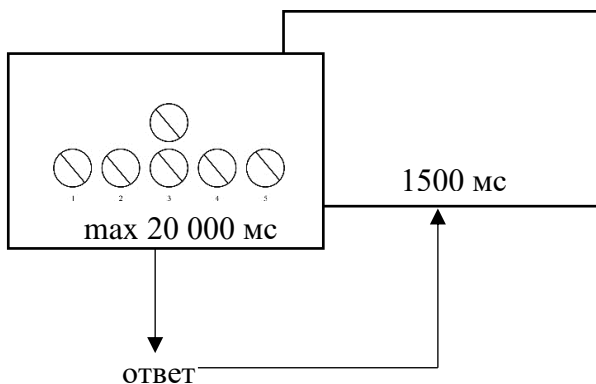


Рис. 1. Временная последовательность событий в экспериментальной пробе.

Существенными изменениями используемой ранее экспериментальной парадигмы являются уменьшение количества проб и увеличение времени, отведённого для решения задачи. Если в предыдущих экспериментах, направленных на изучение возрастных особенностей зрительно-пространственной деятельности [6] зада-

ния каждого типа включали 30 проб, то в настоящем исследовании участник выполнял по 20 заданий каждого типа. То есть, всего 80 проб, а не 120, как ранее. Из предъявляемых заданий были исключены те, в которых регистрировалось максимальное и минимальное количество ошибок. Одинаковые задания в указанных пробах отсутствуют.

Время, отведённое на выполнение задания, было увеличено с 10 до 20 с. (рис. 1).

Задания всех четырёх типов предъявляются в случайном порядке в две серии (по 40 в серии), чтобы ребёнок имел небольшой перерыв и меньше утомлялся во время эксперимента. Задания на карточках отличаются от заданий на мониторе только последовательностью предъявлений.

Перед началом экспериментальных проб испытуемому предлагается 5 тренировочных заданий с устной инструкцией для контроля усвоения условий эксперимента и адаптации к экспериментальной обстановке.

Эксперимент проводился индивидуально. Интервал между экспериментом с использованием монитора и бумаги составлял 6–8 дней. При этом половина испытуемых сначала работали с компьютером, половина – с карточками.

В ходе экспериментов выяснилось, что регистрация времени ответа нецелесообразно, так как при работе с клавиатурой после того, как принято решение о соответствии найденного объекта целевому, ребёнок тратит время на поиск клавиши с номером. Поэтому такое время нельзя считать достоверным показателем скорости решения задачи. Данный факт следует учесть при проведении последующих исследований. Таким образом, регистрировалось только количество ошибок для последующего сравнительного анализа полученных данных. Отсутствие ответа в отведённые 20 с (ответ «не нашёл») также регистрировалось как ошибка. Если ответ был дан после завершения предъявления на экране или карточке, то он фиксировался.

Обработка полученных данных включала сравнительный анализ среднего количества ошибок. Для оценки влияния способа, порядка предъявления, типа задания и пола на эффективность зрительного поиска был проведён дисперсионный анализ (ANOVA для повторных измерений). Для выявления возможных различий в эффективности зрительного поиска на экране компьютера и бумаге, а также для выявления половых различий использовался t-критерий.

В разработке и проведении эксперимента использовалась программа EEGExProc (автор С. Д. Дьяченко). Обработка данных проводилась с использованием статистических критериев при помощи программного пакета SPSS (IBM SPSS Statistics 21).

В исследовании приняли участие 40 детей 8–9 лет (19 мальчиков и 21 девочка). Все дети – учащиеся 2-х классов ГБОУ г. Москвы «Школа № 138». Эксперимент проводился в апреле–мае на 2–4-м уроках.

Испытуемые не изучали китайский или другие языки, в которых используются иероглифы.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для оценки влияния типа задания, способа его предъявления, последовательности выполнения проб на компьютере и бумаге, а также пола на успешность зрительно-пространственной деятельности был проведён дисперсионный анализ (ANOVA). Внутригрупповыми факторами являлись ЗАДАЧА и СПОСОБ, межгрупповыми – ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ и ПОЛ. Фактор ЗАДАЧА отражает влияния на эффективность решения зрительно-пространственной задачи типа стимула, фактор СПОСОБ – влияние способа предъявления информации: на экране компьютера или на бумажной карточке. Фактор ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ подразумевает порядок выполнения задач каждым испытуемым, то есть, какой способ предъявления информации был использован в первую очередь – на мониторе или на бумаге. Зависимой переменной, как было отмечено выше, являлось только количество ошибок, выраженное в процентах.

Дисперсионный анализ, как и в предыдущих исследованиях, выявляет эффект фактора ЗАДАЧА ( $F = 313,65$ ,  $p < 0,001$ ), что подтверждает значимость различий в сложности заданий разного типа [6]. Однако изменение набора стимулов и увеличение в два раза времени предъявления отразилось на трудности поиска целевых изображений круга с касательной («CL») и иероглифов («Cha»). Задания с иероглифами оказались проще, чем идентификация наклона касательной. При работе с компьютером количество ошибок в заданиях «CL» и «Cha» составляет  $56,90 \pm 3,00$  % и  $51,67 \pm 3,02$  % соответственно. Эти различия значимы ( $t = 2,292$ ,  $p = 0,027$ ). При выполнении заданий с использованием бумажных карточек количество ошибок в заданиях «CL» также больше, чем при поиске иероглифов ( $58,33 \pm 2,97$  % и  $55,95 \pm 2,94$  % соответственно), но статистически эта разница не подтверждается ( $t = 0,909$ ,  $p = 0,369$ ). При анализе данных показателей отдельно в группах с первоначальным использованием монитора или бумаги выявляются следующие различия. Если сначала использовался монитор, то в заданиях «CL» количество ошибок при работе с монитором  $60,95 \pm 2,94$  %, в заданиях «Cha»  $57,62 \pm 3,58$  %; различия не значимы ( $p = 0,377$ ). При работе с бумагой в заданиях «CL» количество ошибок  $61,43 \pm 3,40$  %, в заданиях «Cha»  $55,48 \pm 3,08$  %; различия не значимы ( $p = 0,126$ ). Если сначала задания выполнялись на карточках, то при работе с монитором в заданиях «CL» количество ошибок составило  $58,42 \pm 3,81$  %, в заданиях «Cha»  $50,53 \pm 3,52$  %; различия значимы ( $t = 2,659$ ,  $p = 0,016$ ). При использовании карточек различия незначительны ( $61,05 \pm 3,07$  % и  $62,37 \pm 3,36$  % соответственно,  $p = 0,745$ ), хотя в этой ситуации задания с касательными выполняются лучше (табл. 1, 2). Такое изменение в определении сложности задания может быть связано с тем, что на мониторе из-за особенности восприятия точек, составляющих изображение на ЖК-дисплее, эффект интерференции дистракторов выражен сильнее [4; 5], и дети 8–9 лет не могут правильно определить параллельность касательных. В то же время увеличение времени для решения задачи, позволяет произвести более детальный сравнительный анализ изображений иероглифов, и несмотря на несомненную сложность данных заданий, они выполняются с меньшим количеством ошибок.

Таблица 1

*Среднее количество ошибочных ответов (%) при выполнении зрительно-пространственных заданий школьниками 8–9 лет при разных способах подачи информации*

Способ \ Сти-мул	F		C		CL		Cha	
	M±m	σ	M±m	σ	M±m	σ	M±m	σ
Экран	7,62 ±1,37	8,85	36,55 ±2,73	17,72	56,90 ±3,00	19,41	51,67 ±3,02	19,59
Бумага	5,36 ±0,89	5,78	34,76 ±2,43	15,77	58,33 ±2,97	19,28	55,95 ±2,94	19,07

Таблица 2

*Среднее количество ошибочных ответов (%) при выполнении зрительно-пространственных заданий школьниками 8–9 лет при разных способах подачи информации в разной последовательности*

Способ \ Сти-мул	F		C		CL		Cha	
	M±m	σ	M±m	σ	M±m	σ	M±m	σ
Сначала на экране								
Экран	<b>11,90</b> <b>±2,22</b>	10,18	41,19 ±3,34	15,32	60,95 ±2,94	13,47	57,62 ±3,58	16,40
Бумага	<b>3,81</b> <b>±0,91</b>	4,16	35,24 ±3,15	14,45	61,43 ±3,40	15,58	55,48 ±3,08	14,13
Сначала на бумаге								
Бумага	<b>7,63</b> <b>±1,55</b>	6,74	37,89 ±3,16	13,78	61,05 ±3,07	13,39	<b>62,37</b> <b>±3,36</b>	14,66
Экран	<b>3,68</b> <b>±1,00</b>	4,36	35,26 ±3,83	16,71	58,42 ±3,81	16,59	<b>50,53</b> <b>±3,52</b>	15,36

Наиболее значимым результатом в настоящем исследовании является проявление главного эффекта взаимодействия факторов СПОСОБ x ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ( $F = 13,057$ ,  $p = 0,001$ ). Сравнительный анализ показателей качества выполнения зрительного поиска (по количеству ошибок) свидетельствует о том, что количество ошибок зависит от того, какие пробы выполнялись сначала, и не зависит от типа носителя информации. Если сначала дети работали на компьютере, то больше ошибок они делают именно при поиске на экране. Если сначала используются задания на карточках, то в них ошибок больше, чем при последующей работе с монитором (табл. 2, рис. 2, 3). Сравнение общих средних значений процента ошибок не выявляет различий между результатами деятельности при экспозиции заданий на дисплее или предъявлении их на карточках. В то же время, если сначала используется монитор, то средний процент ошибок для всех заданий, предъявляемых на экране, составляет  $42,91 \pm 2,09$  %, а на карточках –  $38,99 \pm$

1,67 % ( $t = 2,834$ ,  $p = 0,010$ ). Парные сравнения точности выполнения каждого типа заданий с первичным использованием монитора значимую разницу выявляют только для простых заданий с группами геометрических фигур («F») ( $t = 3,688$ ,  $p = 0,001$ ). Если первично зрительный поиск осуществляется на карточках, то средний процент ошибок для всех заданий на экране составляет  $36,97 \pm 2,42$  %, а на карточках  $42,24 \pm 1,53$  % ( $t = -2,390$ ,  $p = 0,028$ ). При этом значимые различия выявляются как для заданий «F» ( $t = -2,911$ ,  $p = 0,009$ ) так и для заданий «Cha» ( $t = -2,462$ ,  $p = 0,024$ ).

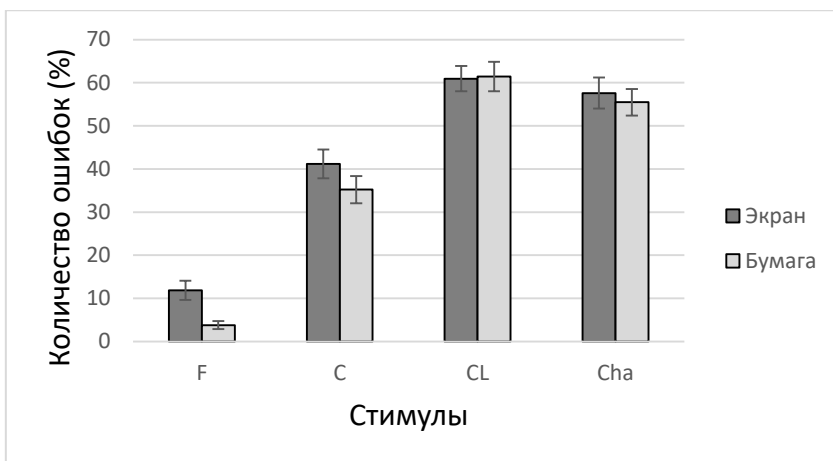


Рис. 2. Средние показатели количества ошибок при выполнении заданий разного типа на разных носителях информации детьми 8–9 лет при первоначальной работе с экраном компьютера

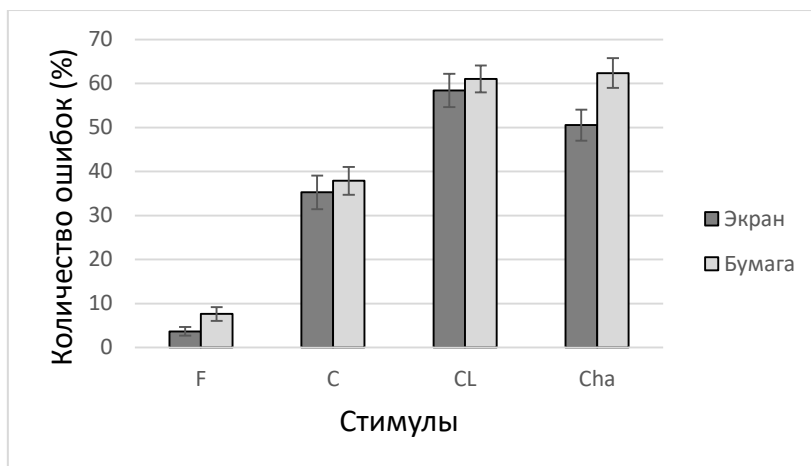


Рис. 3. Средние показатели количества ошибок при выполнении заданий разного типа на разных носителях информации детьми 8–9 лет при первоначальной работе с бумажными карточками

При сравнении средних показателей числа ошибок в группах с первоначальным предъявлением задач на мониторе или на бумаге выявлены следующие различия. В группе детей, которые сначала работали с компьютером, общее количество ошибок в заданиях на экране больше ( $42,92 \pm 2,09$  %), чем в группе, сначала использующих карточки ( $36,97 \pm 2,42$  %), хотя данные различия проявляются лишь на уровне тенденции ( $t = 1,868$ ,  $p = 0,069$ ). Для заданий на карточках различий в общем количестве ошибок между указанными группами не выявлено.

Для заданий со сгруппированными фигурами различия между группами, использующими разную последовательность способов предъявления информации, существенны. Если сначала используется экран, то количество ошибок при работе с монитором значительно больше ( $11,90 \pm 2,22$  %), по сравнению с данным показателем в группе, где сначала использовались карточки ( $3,68 \pm 1,00$  %), ( $t = 3,374$ ,  $p = 0,002$ ). Аналогичные различия выявляются и при решении задач, изображённых на карточках. Если сначала используются бумажные носители, то процент ошибок при работе с карточками составляет  $7,63 \pm 1,55$  %. Если сначала используется компьютер, то процент ошибок при работе с карточками –  $3,81 \pm 0,91$  % ( $t = 2,132$ ,  $p = 0,042$ ) (табл. 2).

Для задач с использованием других типов стимулов подобной разницы не выявлено.

Полученные в настоящем исследовании результаты подтверждают противоречивость в оценках преимущества компьютера или бумажных носителей, либо их эквивалентности при выполнении экспериментальных задач, а следовательно, доли использования цифровых устройств в учебном процессе. Эти результаты соответствуют данным об отсутствии зависимости эффективности деятельности от способа предоставления информации [7; 29; 33] и противоречат сведениям о более высоких показателях когнитивных процессов при работе с бумагой [3; 11].

Таким образом, выявлена зависимость эффективности зрительно-пространственного поиска от последовательности выполнения серий проб. Данный факт объясняется, во-первых, эффектом научения, во-вторых, снижением эмоциональной нагрузки при повторном эксперименте. Младшие школьники, впервые участвуя в данном эксперименте, испытывают определённый стресс, оказавшись в незнакомой ситуации. Дополнительное эмоциональное напряжение придаёт то, что они относятся к этому эксперименту как к тестированию (часто из-за предшествующих комментариев учителей), оценивающему их способности, у них, возможно, возникает боязнь неудачи, что негативно отражается на когнитивных процессах рабочей зрительной памяти и зрительно-пространственного внимания. Участвуя в эксперименте повторно, ребёнок уже адаптирован к экспериментальной обстановке, он знаком с экспериментатором, с поставленными задачами, что, несомненно, снижает психоэмоциональное напряжение.

Разумеется, нельзя исключать и фактор научения. Ребёнок уже в ходе первого эксперимента вырабатывает определённую стратегию решения задачи, поэтому произвольный контроль и регуляция деятельности при повторе, независимо от способа предъявления информации, находятся на более высоком уровне, что отражается в повышении эффективности зрительного поиска.

В этой связи следует отметить ряд индивидуальных данных. Так Мария П., изначально работая с карточками делает 17 ошибок из 20 проб с иероглифами.



При последующей работе с экраном компьютера она уже делает всего 4 ошибки в этих заданиях. И это не единственный случай. Аналогичные результаты показывает в этих заданиях при такой же последовательности Андрей А. Он делает 5 и 12 ошибок соответственно. В экспериментах с первичным предъявлением задач на мониторе Елена Б. делает 13 ошибок в заданиях с разделённым кругом при работе с экраном и всего 3 ошибки в этих заданиях при работе с карточками. Юлия Л. при такой же последовательности использования способа подачи информации ошибается в 16 пробах с иероглифами на мониторе и лишь в 8 пробах с этими заданиями при последующем работе с карточками.

Также обращает на себя внимание факт большего количества невыполненных заданий, представленных на бумаге, из-за того, что дети не давали ответ в отведённые 20 с. Это может свидетельствовать о большей степени мобилизации при использовании компьютера с автоматизированным предъявлением. Исчезновение с экрана изображения способствует более быстрой настройке на ограничение времени для решения задачи и соответствующей организации деятельности, нежели откладывание карточки вручную. Хотя, как показал анализ результатов, в целом, на средних показателях данная особенность работы с бумагой не отразилась.

Дисперсионный анализ также выявил эффект межгруппового фактора ПОЛ ( $F = 6,247$ ,  $p = 0,017$ ). Парные сравнения показывают, что при обоих способах предъявления задания среднее количество ошибок у мальчиков выше, чем у девочек. Для компьютера данные показатели равны  $44,15 \pm 2,21$  % и  $36,43 \pm 2,14$  соответственно), различия значимы на уровне  $p = 0,017$ . Для бумаги процент ошибок у мальчиков составляет  $42,63 \pm 1,68$ , у девочек  $38,63 \pm 1,51$ , различия значимы на уровне тенденции ( $p = 0,084$ ).

На компьютере мальчики значимо хуже решают задачи с иероглифами. Процент ошибок в этих заданиях у них составляет  $60,26 \pm 2,71$ , в то время как у девочек он равен  $48,81 \pm 3,87$  ( $t = 2,422$ ,  $p = 0,021$ ). Мальчики также хуже, чем девочки, справляются с заданиями с разделённым кругом ( $43,16 \pm 4,12$  % и  $34,05 \pm 2,86$  % ошибок соответственно). Однако эти различия значимы лишь на уровне тенденции ( $t = 1,845$ ,  $p = 0,073$ ). При использовании в качестве носителя информации бумаги половые различия проявляются только для простых заданий «F», которые мальчики также выполняют хуже ( $7,89 \pm 1,45$  % ошибок), чем девочки ( $3,57 \pm 0,99$  % ошибок), ( $t = 2,471$ ,  $p = 0,019$ ).

При анализе данных в группах, выделенных по последовательности предъявления «монитор–бумага» также выявляются некоторые половые различия. В группе, где первично использовался компьютер, средний процент ошибок при работе с монитором значимо выше у мальчиков ( $47,37 \pm 2,34$ ), чем у девочек ( $38,88 \pm 2,97$ ), ( $t = 2,221$ ,  $p = 0,039$ ). В данной группе большую трудность для мальчиков представляют задания «С» и «Cha», выполняемые на компьютере. Процент ошибок для «С» у мальчиков –  $48,00 \pm 4,30$ , у девочек –  $35,00 \pm 4,42$  ( $t = 2,101$ ,  $p = 0,049$ ), для «Cha»:  $64,00 \pm 1,94$  и  $51,82 \pm 6,23$  ( $t = 1,868$ ,  $p = 0,087$ ). Для заданий, выполняемых на карточках в этой группе статистически достоверных различий не выявляется.

В группе, где первичной была работа с карточками, большую сложность для мальчиков представляли задания «F», выполняемые на мониторе ( $6,11 \pm 1,39$  %

ошибок у мальчиков,  $1,50 \pm 1,07$  % у девочек), ( $t = 2,663$ ,  $p = 0,016$ ). Ещё в большей степени выражены различия для этих заданий при работе с карточками детьми данной группы ( $12,22 \pm 1,69$  % ошибок у мальчиков,  $3,50 \pm 1,68$  % у девочек), ( $t = 3,657$ ,  $p = 0,002$ ).

Выявленные половые различия для простых зрительно-пространственных задач, решаемых как на экране, так и на бумаге, повторяют результаты проведённых нами ранее возрастных исследований, в которых использовался только монитор [6]. Девочки справляются с ними значимо лучше, чем мальчики. Однако этот факт противоречит многочисленным литературным данным о преобладании зрительно-пространственных способностей у мальчиков любого возраста [17; 23; 30; 34; 35], как и большая сложность для мальчиков выполнения заданий с разделённым кругом и иероглифами.

Высокое значение стандартной ошибки средней и стандартного отклонения для многих показателей свидетельствует у большой степени погрешности и указывают на высокую индивидуальную вариативность.

## ВЫВОДЫ

1) В условиях использованной парадигмы эксперимента эффективность зрительного поиска не зависит от способа подачи информации.

2) Эффективность зрительного поиска существенно зависит от того, участвует ли ребёнок в эксперименте впервые, или повторно. В большинстве случаев при повторном участии, независимо от типа носителя информации, испытуемый делает меньше ошибок. В большей степени данный фактор влияет на результативность в самых простых заданиях с группами фигур и в сложных заданиях с иероглифами.

3) Изменение парадигмы эксперимента с уменьшением количества заданий и увеличением времени для их решения привели к тому, что наиболее сложными оказались задачи с оценкой угловых параметров для определения параллельности касательных в заданиях «CL».

4) Половые различия наиболее чётко проявляются для самых простых заданий с взаиморасположением фигур. Независимо от способа предъявления стимулов и последовательности выполнения проб девочки 8–9 лет лучше справляются с заданиями этого типа, чем мальчики.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Догуревич, О.А. Влияние работы на ПЭВМ с разными видами информации на психофизиологическое состояние подростков / О.А. Догуревич, Г.А. Сугрובה // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – Пенза, 2017. – №4 (20). – С. 65–73.

2. Кочина, М. Л. Концепция формирования зрительной системы детей и подростков под влиянием визуальной нагрузки / М. Л. Кочина, А. В. Яворский // Вісник проблем біології і медицини. – 2013. – Т. 2. – № 3 (103). – С. 170–175.

3. Особенности восприятия информации с электронного устройства для чтения (ридера) / В. Р. Кучма [и др.] // Вопросы школьной и университетской медицины, –2012. – № 1. – С. 39-46.
4. Уточкин, И. С. Эффект дистрактора в перцептивных задачах / И. С. Уточкин // Психологический журнал. – 2010. – Т. 31, № 3. – С. 25–32.
5. Хрянин, А. В. Успешность выполнения зрительно-пространственных задач различной сложности детьми, подростками и взрослыми / А. В. Хрянин, М. М. Безруких // Альманах «Новые исследования» – М.: Институт возрастной физиологии, 2015. – № 4(45). – С. 58-73.
6. Хрянин, А. В. Успешность выполнения зрительно-пространственных задач различной сложности детьми, подростками и взрослыми / А. В. Хрянин // Новые исследования. – 2017. – № 4(53). – С. 76-87.
7. Ball, B. Rethinking reading for age from paper and computers / B. Ball, J. P. Hourcade // Journal of Human-Computer Interaction. – 2011. – V. 27(11). – P. 1066-1082.
8. Belmore, S. M. Reading computer-presented text / S. M. Belmore // Bulletin of the Psychonomic Society. – 1985. – V. 23. – P. 12-14.
9. Bigelow, J. Achilles' ear? Inferior human short-term and recognition memory in the auditory modality [Electronic resource] / J. Bigelow, A. Poremba // PLoS One. – 2014. – V. 9, № 2. – Загл. с экрана.  
URL: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0089914>. –
10. Bodmann, S. M. Speed and performance differences among computerbased and paper-pencil tests / S. M. Bodmann, D. H. Robinson // Journal of Educational Computing Research. – 2004. – V. 31, № 1. – P. 51–60.
11. Carpenter, R. Computer versus paper-based testing: are they equivalent when it comes to working memory? / R. Carpenter, T. Alloway T // Journal of Psychoeducational Assessment. – 2018. – V. 37, № 3. – P. 382–394.
12. Computer or paper? That is the question: Does the medium in which assessment questions are presented affect children's performance in mathematics? / M. Hargreaves et al. // Educational Review. – 2004. – V. 46. – P. 29-42.
13. Creed, A. Proof-reading on VDUs / A. Creed, I. Dennis, S. Newstead // Behaviour & Information Technology. – 1987. – V. 6. – № 1. – P. 3-13.
14. Cushman, W. H. Reading from microfiche, VDT and the printed page / W. H. Cushman // Human Factors. – 1986. – V. 28. – P. 63-73.
15. Dillon, A. Designing usable electronic text: Ergonomic aspects of human information usage / A. Dillon. – London: Taylor & Francis Group, 1994. – 186 p.
16. Dillon, A. Reading from paper versus screens: A critical review of the empirical literature / A. Dillon // Ergonomics. – 1992. – V. 35. – P. 1297-1326.
17. Early sex differences in spatial skill / S. S. Levine, J. Huttenlocher, A. Taylor, A. Langrock // Developmental Psychology. – 1999. – V. 35(4). – P. 940–949.
18. Effects of VDT and paper presentation on consumption and production of information: Psychological and physiological factors / E. Wastlund et al. // Computers in Human Behavior. – 2005. – V. 21. – P. 377-394.
19. Gould, J. D. Doing the same work with hard copy and with Cathode Ray Tube (CRT) computer terminals / J. D. Gould, N. Grischkowsky // Human Factors. – 1984, – V. 26. – P. 323-337.

20. Mangen, A. Reading linear texts on paper versus computer screen: effects on reading comprehension / A. Mangen, B. R. Walgermo, K. Bronnick // *International Journal of Educational Research*. – 2013. – V. 58. – P. 61-68.
21. Mason, B. J. An examination of the equivalence between nonadaptive computer-based and traditional testing / B. J. Mason, M. Patry, D. J. Bernstein // *Journal of Educational Computing Research*. – 2001. – V. 24. – P. 29-39.
22. Mayes, D. K. Comprehension and workload differences for VDT and paper-based reading / D. K. Mayes, V. K. Sims, J. M. Koonce // *International Journal of Industrial Ergonomics*. – 2001. – V. 28. – P. 367-378.
23. Moore, D. S. Mental Rotation in Human Infants: A Sex Difference / D. S. Moore, S. P. Johnson // *Psychological science*. – 2008. – V. 19, № 11. – P. 1063–1066.
24. Muter, P. Reading and skimming from computer screens and books: The paperless office revisited? / P. Muter, P. Maurutto // *Behaviour & Information Technology*. – 1991. – V. 10. – P. 257-266.
25. Noyes, J. M. VDT versus paper-based text: Reply to Mayes, Sims and Koonce / J. M. Noyes, K. J. Garland, K.J. // *International Journal of Industrial Ergonomics*. – 2003. – V. 31. – P. 411-423.
26. Noyes, J., Computer- vs. paper-based tasks: Are they equivalent? / J. Noyes, K. Garland // *Ergonomics*. – 2008. – V. 51, № 9, September 2008. – P. 1352-1375.
27. Osborne, D. J. Reading from screen versus paper: There is no difference / D. J. Osborne, D. Holton // *International Journal of Man-Machine Studies*. – 1988. – V. 28. P. 1-9.
28. Porion, A. The impact of paper-based versus computerized presentation on text comprehension and memorization / A. Porion et al. // *Computers in Human Behavior*. – 2016. – V. 54. – P. 569-576.
29. Prisacari, A. A. Computer-based versus paper-based testing: Investigating testing mode with cognitive load and scratch paper use / A. A. Prisacari, J. Danielson // *Computers in Human Behavior*. – 2017. – V. 77. – P. 1-10.
30. Quinn, P. C. A Sex Difference in Mental Rotation in Young Infants / P. C. Quinn, L. S. Liben // *Psychological science*. – 2008. – V. 19, № 11. – P. 1067-1070.
31. Reading is slower from CRT displays than the paper: Attempts to isolate a single-variable explanation / J. D. Gould et al. // *Human Factors*. – 1987. – V. 29. – P. 269-299.
32. Sellen, A. J. The myth of the paperless office / A. J. Sellen, R. H. R. Harper. – Cambridge, MA: The MIT Press, 2002. – 230 p.
33. Srivastava, P. Computer-based and paper-based reading comprehension in adolescents with typical language development and language-learning disabilities / P. Srivastava, S. Gray // *Language, speech, and hearing services in schools*. – 2012. – V. 43. – P. 424-437.
34. Tzuriel, D. Dynamic assessment of young children's spatial abilities: The effects of gender and task characteristics / D. Tzuriel, G. Egozi // *Journal of Cognitive Education and Psychology*. – 2006. – V. 6. – P. 218-247.
35. Tzuriel, D. Gender Differences in Spatial Ability of Young Children: The Effects of Training and Processing Strategies / D. Tzuriel, G. Egozi // *Child Development*. – 2010. – V. 81, № 5. – P. 1417-1430.

36. van De Velde, C. Tracking eye movements while reading: Printing press versus the cathode ray tube / C. van De Velde, M. von Grunau // *Proceeding of the 26th European conference on visual perception.* – Paris, France: ECVP, 2003. – P. 107.
37. Wilkinson, R. T. Proof-reading: VDU and paper text compared for speed, accuracy, and fatigue / R. T. Wilkinson, H. M. Robinshaw // *Behaviour & Information Technology.* –1987. – V. 6. – P. 125-133.

## REFERENCES

1. Dogurevich, O.A. Vliyanie raboty na PEVM s raznymi vidami informacii na psihofiziologicheskoe sostoyanie podrostkov / O.A. Dogurevich, G.A. Sugrobova // *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Povolzhskij region. Estestvennye nauki.* – Penza, 2017. – №4 (20). – S. 65-73.
2. Kochina, M. L. Konceptiya formirovaniya zritel'noj sistemy detej i podrostkov pod vliyaniem vizual'noj nagruzki / M. L. Kochina, A. V. Yavorskij // *Visnik problem biologii i medicini.* – 2013. – T. 2. – № 3 (103). – S. 170-175.
3. Osobennosti vospriyatiya informacii s elektronnoho ustrojstva dlya chteniya (ridera) / V. R. Kuchma [i dr.] // *Voprosy shkol'noj i universitetskoj mediciny.* – 2012. – № 1. – С. 39-46.
4. Utochkin, I. S. Effekt distraktora v perceptivnyh zadachah / I. S. Utochkin // *Piskhologicheskij zhurnal.* – 2010. – T. 31, № 3. – S. 25-32.
5. Hryanin, A. V. Uspeshnost' vypolneniya zritel'no-prostranstvennyh zadach razlichnoj slozhnosti det'mi, podrostkami i vzroslymi / A. V. Hryanin, M. M. Bezrukih // *Al'manah «Novye issledovaniya»* – M.: Institut vozrastnoj fiziologii, 2015. – № 4(45). – S. 58-73.
6. Hryanin, A. V. Uspeshnost' vypolneniya zritel'no-prostranstvennyh zadach razlichnoj slozhnosti det'mi, podrostkami i vzroslymi / A. V. Hryanin // *Novye issledovaniya.* – 2017. – № 4(53). – S. 76-87.

## **ВЛИЯНИЕ УМСТВЕННОЙ НАГРУЗКИ, ВЫПОЛНЯЕМОЙ НА ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВАХ И БУМАГЕ, НА СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТУЮ И ЭНДОКРИННУЮ СИСТЕМЫ ВТОРОКЛАССНИКОВ**

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

*Методами спектрального и временного анализа вариабельности сердечного ритма, электрокардиографии, измерения артериального давления и частоты сердечных сокращений, реоэнцефалографии и иммуноферментного анализа и обследовано 40 школьников 8-9 лет.*

*Показано, что при работе на электронных устройствах (ЭУ) с разной степенью выраженности отмечено увеличение симпатической активности (мощность низкочастотных колебаний) и снижение парасимпатической активности, значительное снижение коэффициента кросс-корреляционной синхронизации.*

*У большинства второклассников умственная нагрузка, выполняемая на ЭУ и бумажном носителе, характеризовалась незначительными изменениями параметров центрального отдела системы кровообращения, и, следовательно, краткосрочная адаптация носила благоприятный характер. У части детей наблюдалось существенное увеличение диастолического артериального давления при значительном возрастании систолического артериального давления и ЧСС, а также снижение ударного объема крови, интегрального показателя, характеризующего сократительную и насосную функции миокарда, что указывает на напряжение регуляторных механизмов.*

*Выявлены два варианта адаптации биоэлектрических функций миокарда к умственной нагрузке. При благоприятном течении адаптации (79 % школьников) при нагрузке наблюдается достоверное уменьшение длительности сердечного цикла, электрической систолы и диастолы, увеличивается амплитуда зубца Р, что отражает адекватную реакцию на нагрузку. При напряженной адаптации (21 % учащихся) наблюдается укорочение диастолы при одновременном значительном удлинении систолы и предсердно-желудочковой проводимости, что приводит к неполному восстановлению энергетических ресурсов миокарда и может свидетельствовать о недостаточных адаптационных резервах сердечно-сосудистой системы у этих детей.*

*Выявлено два варианта срочной адаптации мозгового кровообращения детей 8-9 лет к умственной нагрузке. Первый вариант отмечается у большинства испытуемых (67,4 - 80,0 %) и характеризуется снижением тонуса мозговых артерий малого калибра в лобных и затылочных областях головного мозга. При втором варианте реакции (28,0-32,6 % испытуемых) отмечается снижение артериального притока и повышение тонуса крупных и средних мозговых артерий в лобных и затылочных областях головного мозга.*

---

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

Выполнение теста «таблицы Шульте» на электронных устройствах вызывало большее напряжение зрительного анализатора (КЧСМ) по сравнению с бумажным носителем.

Показано, что умственная нагрузка вызывала 2 типа реакции эндокринной системы по направленности изменения концентрации кортизола: повышение (I тип реакции) или понижение (II тип реакции) уровня гормона как при работе на ЭУ, так и на бумаге. Установлено 2 типа восстановления после теста: снижение (I тип восстановления) или повышение (II тип восстановления) уровня кортизола. У детей со II типом реакции на умственную нагрузку и II типом восстановления после неё эндокринная система испытывала большее напряжение при работе на ЭУ по сравнению с бумагой.

**Ключевые слова:** электронные устройства (ноутбук, планшет, смартфон), умственная нагрузка, критическая частота световых мельканий, вегетативная нервная система, вариабельность сердечного ритма, мозговое кровообращение, биоэлектрические функции миокарда, артериальное давление, ударный объем крови, кортизол

**Influence of mental load on cardiovascular and endocrine system of second grade students using electronic devices and printed material.** The article presents the study of 40 8-year-old students. The following methods were used: spectral and temporal analysis of heart rate variability, electrocardiography, blood pressure and heart rate measurement, rheoencephalography and enzyme-linked immunosorbent assay. When using electronic devices (ED) with various degrees of intensity, an increase in sympathetic activity (power of low-frequency vibrations) and a decrease in parasympathetic activity, a significant decrease in the cross-correlation synchronization were noted.

In most second-graders, the mental tasks performed with the help of digital or paper materials was characterized by insignificant changes in the parameters of the central part of the circulatory system, and, therefore, short-term adaptation was favourable. Some children demonstrated a significant increase in diastolic blood pressure together with a significant increase in systolic blood pressure and heart rate, as well as a decrease in stroke volume, an integral indicator characterizing the contractile and pumping functions of the myocardium, which indicates tension in regulatory mechanisms.

Two options of the adaptation of the myocardium bioelectric functions to mental stress were identified. Favourable adaptation (79 % of schoolchildren) means a significant decrease in the duration of the cardiac cycle, electrical systole and diastole, higher R wave, which reflects an adequate response to the task. With intense adaptation (21 % of students), diastole is shortened while systole and atrioventricular conduction are significantly elongated, which leads to incomplete recovery of myocardial energy resources and may indicate insufficient adaptive reserves of the cardiovascular system in these children.

There were revealed two variants of urgent adaptation of cerebral circulation in 8-9-year-old children to mental stress. The first option is observed in the majority of subjects (67.4 - 80.0 %) and is characterized by a decrease in the tone of the cerebral arteries of small caliber in the frontal and occipital regions of the brain. The second type of the reaction (28.0-32.6 % of the subjects) leads to a decrease in arterial inflow and

*an increase in the tone of the large and medium cerebral arteries in the frontal and occipital regions of the brain.*

*Performing the "Schulte table" test on electronic devices caused higher visual tension (CFF) in comparison with the paper material.*

*It was shown that mental tasks caused 2 types of reactions of the endocrine system in terms of cortisol concentration: an increase (type I reaction) or a decrease (type II reaction) of hormone levels both when using ED and paper materials. There are 2 types of recovery after the test: a decrease (type I recovery) or an increase (type II recovery) of cortisol levels. In children with a type II reaction to mental stress and type II recovery after it, the endocrine system experienced greater stress when using ED.*

**Keywords:** *electronic devices (laptop, tablet, smartphone), mental tasks, critical frequency of light flickering, autonomic nervous system, heart rate variability, cerebral circulation, myocardial bioelectric functions, blood pressure, stroke volume, cortisol.*

Важные перемены, происходящие в современном школьном образовании, такие как использование в учебном процессе электронных устройств (компьютеров, ноутбуков, планшетов и др.), приводящих к изменению характера учебной деятельности, требуют физиологической оценки оптимизации обучения детей и подростков. Применение компьютерных технологий повышает мотивацию, когнитивные навыки, активность и вовлеченность учащихся в учебный процесс по сравнению с традиционным обучением [29-31; 35]. Однако цифровая образовательная среда может оказывать потенциально негативное влияние на функциональное состояние организма школьников, среди которых высокая зрительная нагрузка, интенсификация умственной деятельности, риск развития переутомления [1]. Умственная нагрузка вызывает изменение активности нервной вегетативной и эндокринной систем, частоты сердечных сокращений и артериального давления [6; 24; 32; 36 - 39]. Между тем работ, посвященных изучению влияния когнитивного задания, выполняемого на разных электронных устройствах, на функциональное состояние организма учащихся, крайне мало. Так, Muggind L. и др. (2018) [34] установили, что у детей 10-12 лет тонус блуждающего нерва существенно снижается при выполнении тестовых заданий на компьютере. В доступной литературе не удалось обнаружить данных о реакции эндокринной и сердечно-сосудистой систем при работе школьников на разных электронных устройствах.

Исходя из вышеизложенного, целью нашего исследования явилась изучение функционального состояния вегетативной нервной, эндокринной и сердечно-сосудистой систем организма младших школьников при умственной нагрузке, выполняемой на разных электронных устройствах и бумаге.

## **ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Исследование проводилось в апреле-мае 2019 года на базе одной из школ г. Москвы, в котором приняли участие 40 учащихся 2 класса: 20 мальчиков и 20 девочек. Возраст испытуемых – 8-9 лет (среднее значение  $8,90 \pm 0,06$  лет); средний рост –  $133,30 \pm 0,91$  см; средний вес –  $32,03 \pm 1,32$  кг.



В ходе исследования учащиеся выполняли тест «таблицы Шульте» на разных электронных устройствах (ЭУ): *ноутбук* hp rtl8723be (экран 15,6 дюйма, разрешение 1366x768 пикселей, светодиодная подсветка с технологией LED); *планшет* iPad 3 (экран 9,7 дюйма, разрешение 2048x1536 пикселей при 264 ppi, светодиодная подсветка с технологией IPS); *смартфон* Honor 8X (экран 6,5 дюйма, разрешение 2340x1080 пикселей при 397 ppi, светодиодная подсветка с технологией IPS). Контролем служило выполнение теста «таблицы Шульте» на бумаге.

Тест «таблицы Шульте» использовали в качестве когнитивной нагрузки, обычно он применяется при изучении особенностей внимания детей и подростков [2; 4; 10; 13; 18]. Тест заключался в следующем: на экране электронного устройства предьявлялась таблица с расположенными случайным образом от 1 до 25 числами. Испытуемые последовательно находили числа от 1 до 25, отмечая их с помощью компьютерной «мыши» на ноутбуке или нажимая пальцем на сенсорный экран планшета. В случае правильного выбора предьявлялась следующая таблица. Контролем служило выполнение теста «таблицы Шульте» на бумаге, при выполнении которого испытуемые последовательно находили цифры и указывали на них карандашом. Время выполнения задания составляло 5 минут.

Реакцию эндокринной системы учащихся на тестовое задание, выполняемое на различных ЭУ и бумаге, оценивали по концентрации кортизола в нестимулированной слюне, которую собирали в пластиковые одноразовые пробирки до и после теста, а также после 15-минутного восстановительного периода. Пробы слюны до проведения анализа хранили в морозильной камере при температуре -20° С. Концентрацию кортизола в слюне определяли иммуноферментным методом (ИФА), используя стандартные диагностические наборы реагентов фирмы DRG на ИФА-анализаторе «StatFax 2100» (США) и выражали в нг/мл. Все анализы были сделаны в соответствии с протоколом наборов, контрольные показатели были в рамках принятых пределов.

Для характеристики функционального состояния зрительного анализатора изучали критическую частоту слияния световых мельканий (КЧСМ). КЧСМ – минимальная частота мелькания прерывистого светового излучения в секунду, при которой прерывистый свет перестает восприниматься как мигающий, а кажется ровным светом, не меняющейся яркости [17]. Исследование проводили монокулярно при скорости 1 Гц/с в сторону увеличения частоты мельканий красного цвета до и после выполнения теста на электронных устройствах и бумаге.

Состояние вегетативной нервной системы оценивали по частотно-временным показателям variability сердечного ритма. Для оценки симпатопарасимпатического баланса использовали отношение мощностей низкочастотного и высокочастотного диапазонов спектра (коэффициент LF/HF) [14; 33].

Проводилась параллельная регистрация сердечного ритма и дыхания в покое и во время выполнения когнитивного теста. При проведенном анализе рассчитывали показатель кардиореспираторной синхронизации [14].

Состояние центрального отдела сердечно-сосудистой системы оценивали по показателям систолического (САД) и диастолического (ДАД) артериального давления, пульсового давления (ПД), частоте сердечных сокращений (ЧСС), ударного (УО) и минутного объемов кровообращения (МОК). Давление и частота пульса измерялись с помощью цифрового аппарата AND модель UA-777 (Япония) с ис-

пользованием детской манжеты. Пульсовое давление определяли по формуле ПД = САД -ДАД. Ударный объем вычисляли по модифицированной формуле Старра для детей 8-14 лет (Романцева Н.А.) УО = 80+0,5 x ПД - 0,6 x ДД - 2 x возраст. МОК определяли по формуле: МОК = УО x ЧСС.

Возбудимость и проводимость миокарда изучались с помощью метода электрокардиографии. Амплитуда и длительность зубцов ЭКГ определялись в 12 общепринятых отведениях, длительность интервалов ЭКГ определялась по данным II стандартного отведения.

Изучение мозгового кровообращения проводили методом биполярной реоэнцефалографии (РЭГ) с помощью прибора «Рео-спектр» (Нейрософт, г.Иваново). В настоящем исследовании оценка мозгового кровообращения проводилась на основании ряда показателей реографического комплекса.

**Арт., ом** - амплитуда артериальной составляющей реографической волны, соответствует ее максимальной амплитуде. Характеризует величину пульсового кровенаполнения в исследуемом сосудистом бассейне, и косвенно указывает на функциональное состояние сосудов: снижается при повышении тонуса, и повышается - при снижении тонуса. **Альфа (а), сек** - время восходящей части волны, т.е. время от начала волны до Арт. **Ткардио (Т), сек** - время длительности пульсовой волны. **a/T, %** - отношение длительности периода восходящей части волны (□сек) к длительности всей реоволны (Т,сек). Это отношение показывает, какая часть пульсового притока крови (в процентах) тратится на преодоление упругого сопротивления стенок артерий крупного и среднего калибра, т.е. характеризует тонус сосудов крупного и среднего калибра. **di, %** - дикротический индекс. Величина дикротического индекса отражает тонус сосудов мелкого калибра, позволяет судить о периферическом сосудистом сопротивлении. **АЧП, у.е.** – амплитудно-частотный показатель. Величина АЧП отражает кровоток в единицу времени.



Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием компьютерного пакета программы «Statistica 6.0» и «SPSS 23». Для проверки статистических гипотез исследования использовался t-тест Стьюдента для независимых и попарно сопряженных выборок. Оценку тесноты статистической связи между показателями осуществляли с помощью корреляционного анализа (коэффициент Пирсона). Различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Тест «Таблицы Шульте» - простое когнитивное задание на распределение, переключение и сосредоточение внимания. За время эксперимента испытуемые в среднем просматривали примерно по 4 таблицы как на бумаге, так и на электронных устройствах (ЭУ). В целом по группе эффективность работы (в сек.) на ЭУ и бумаге была примерно одинаковой ( $52,22 \pm 1,44$  сек. против  $52,00 \pm 2,41$  сек.;  $p = 0,936$ ). При сравнении показателя эффективности работы с учётом возраста учащихся обнаружили, что данный показатель при работе на ЭУ и бумаге также практически не различался ( $3,97 \pm 0,12$  балла против  $3,90 \pm 0,22$  балла;  $p = 0,774$ ). Не удалось установить различий по этим показателям при сравнении мальчиков с девочками. Полученные нами значения показателя эффективности работы (сек.) учащихся 2 класса выше, чем у других авторов, тестирующих учеников начальной школы с помощью «таблиц Шульте» на бумаге [10], и сопоставимы со значениями этого показателя у школьников средних классов.

С целью диагностики утомления зрительного анализатора, центральной нервной системы детей при работе на ЭУ и бумаге проводили измерение величины критической частоты слияния мельканий (КЧСМ). В таблице 1 представлены изменения среднего значения показателя КЧСМ (Гц) при выполнении когнитивного задания на разных носителях: электронном и бумажном. Сравнение парных выборок позволило установить достоверное различие между показателем КЧСМ до и после выполнения теста «таблицы Шульте» на ЭУ ( $t_{116} = 2,45$ ;  $p = 0,016$ ). При выполнении теста на бумаге статистически значимых различий показателя КЧСМ не выявлено.

Таблица 1

*Изменение показателя КЧСМ у учащихся 2 класса при выполнении теста «таблицы Шульте» на электронных устройствах и бумаге ( $M \pm m$ )*

носители	КЧСМ, Гц		достоверность различий
	до теста	после теста	
ЭУ	$34,17 \pm 0,48$	$33,42 \pm 0,52$	$p = 0,016$
бумага	$34,55 \pm 0,87$	$33,78 \pm 1,04$	$p = 0,139$

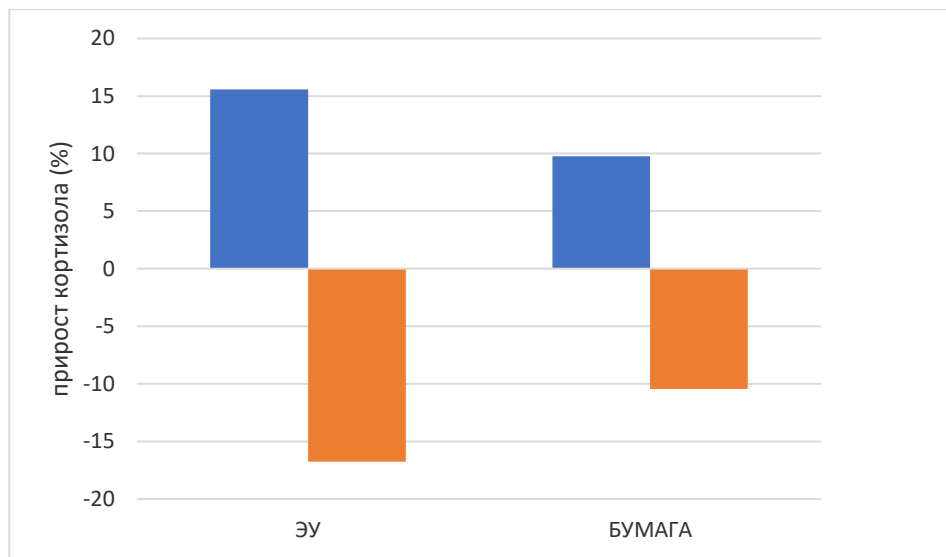
Таким образом, результаты исследования показали, что значимое ухудшение функционального состояния коркового звена зрительного анализатора (КЧСМ) у учащихся 2 класса наступает после работы на ЭУ, но не после выполнения когнитивного задания на привычном носителе информации (бумага). Полученные нами данные не противоречат результатам исследования других авторов, которые вы-

явили значимое снижение величины КЧСМ у учащихся начальной школы после уроков с использованием компьютерных технологий по сравнению с традиционными занятиями [1; 21] и у взрослых при чтении текста с монитора компьютера по сравнению с бумажным носителем [15]. Это объясняется тем, что изображение на экране является самосветящимся, а не отраженным. Оно имеет меньшую контрастность, т.к. экранные символы состоят из дискретных точек – пикселей, не имеющих чётких границ, что проявляется в меньшей контрастности [15]. Все это приводит к появлению усталости зрительного анализатора и, как следствие, к снижению величины КЧСМ. Существует отрицательная связь между временем пользования компьютером и частотными характеристиками слияния мельканий [22].

Функциональное состояние эндокринной системы при выполнении теста «таблицы Шульте» на ЭУ и бумаге оценивали по уровню кортизола в слюне до, после и на 15 минуте восстановления. Попарное сравнение уровня кортизола до и после теста, выполненного на ЭУ и бумаге, выявило статистически значимое различие между изучаемыми показателями только при использовании гаджетов ( $p=0,002$  - ЭУ;  $p=0,948$  - бумага). Попарное сравнение уровня кортизола после теста и в конце 15-минутного восстановительного периода показало такую же картину ( $p=0,003$  - ЭУ;  $p=0,141$  - бумага).

На рис. 1 представлена динамика содержания кортизола в слюне у детей с разным типом реакции на тест «таблицы Шульте», выполненный на ЭУ и бумаге. С помощью индивидуального анализа направленности изменения концентрации кортизола ( $\delta$ , %) установили, что тест «таблицы Шульте» вызывал повышение уровня гормона у 40,17 % детей при работе на ЭУ и у 53,85 % - на бумаге, в среднем на  $15,56 \pm 2,26$  % и  $9,77 \pm 2,26$  %, соответственно (I тип реакции). II тип реакции – понижение уровня кортизола - выявлен у 59,83 % детей при работе на ЭУ и у 46,15 % - на бумаге, в среднем на  $-16,75 \pm 1,30$  % и  $-10,43 \pm 2,47$  %, соответственно. Выявлено, что прирост уровня кортизола в слюне (%) при II типе реакции после выполнения теста на ЭУ статистически значимо больше, чем на традиционном бумажном носителе ( $p=0,029$ ). При I типе реакции различия между изучаемыми показателями статистически не значимы ( $p=0,123$ ). Таким образом, прирост концентрации кортизола (%) у учащихся 2 класса, независимо от типа реакции эндокринной системы, в большей степени выражен при выполнении когнитивного задания на ЭУ по сравнению с бумагой.

Аналогичные типы реакции эндокринной системы у детей в возрасте 10-15 лет на умственную нагрузку (обратный счёт в уме) установлены нами в предыдущих исследованиях [7]. Выполнение теста «таблицы Шульте» при I типе реакции вызывало повышение кортизола в слюне в среднем на 10-16 %, что согласуется с данными, полученными у взрослых, выполнявших арифметические вычисления на компьютере [36].



*Рис. 1. Динамика прироста концентрации кортизола в слюне у учащихся 2 класса в зависимости от типа реакции после выполнения теста «таблицы Шульце» на электронных устройствах (ЭУ) и бумаге.*

Исходный уровень кортизола у детей с I типом реакции оказался статистически значимо ниже, чем со II типом ( $p=0,001$  - ЭУ;  $p=0,002$  - бумага). Обнаружена отрицательная корреляционная связь между уровнем гормона до теста и его приростом после задания в группе детей со II типом реакции ( $r=-0,50$  при  $p<0,01$  - ЭУ и  $r=-0,52$  при  $p<0,05$  - бумага). Известно, что интенсивность и направленность реакции любой системы организма на внешние факторы зависит от исходного уровня: при высоком исходном уровне происходит снижение функциональной активности, при низком фоновом значении - повышение. При изучении реакции детей 7-11 лет на тест BEST-C установлено, что уровень кортизола в слюне до теста (период ожидания) был выше, чем через 10, 20 и 35 минут восстановительного периода [25]. Оказалось, что дети с высокой устойчивостью к стрессу имели более низкую концентрацию гормона до теста, по сравнению со сверстниками, имеющими низкую устойчивость. Gunnar с соавторами (2009) [27] полагают, что активация гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси у детей до теста (упреждающее возбуждение), связана с плохой регуляторной способностью.

Установлено, что у детей со II типом реакции при работе на ЭУ и бумаге утомление зрительного анализатора (КЧСМ) нарастает больше по сравнению с испытуемыми I-го типа реакции ( $p=0,005$  - ЭУ и  $p=0,032$  - бумага). При этом среднее значение эффективности работы (в сек.) на ЭУ и бумаге у детей с разными типами реакции на тест «таблицы Шульце» было примерно одинаково.

Индивидуальный анализ направленности изменения концентрации кортизола ( $\delta$ , %) после 15-минутного периода восстановления показал (рис. 2), что у подавляющего большинства детей (68,10 % и 64,10 %) после выполнения теста на ЭУ и на бумаге, вне зависимости от типа реакции на когнитивное задание, происходило

снижение уровня гормона в среднем на  $-11,91 \pm 1,10$  % и  $-11,35 \pm 2,09$  % (I тип восстановления). Меньшее число детей (31,90 % и 35,90 %) показало повышение концентрации кортизола в восстановительном периоде в среднем на  $25,55 \pm 4,98$  % после работы на ЭУ и  $12,92 \pm 3,33$  % - на бумаге (II тип восстановления). Выявлено, что динамика уровня кортизола в слюне ( %) при II типе восстановления после выполнения теста на ЭУ статистически значимо больше, чем на традиционном бумажном носителе ( $p=0,04$ ). При I типе восстановления различия между изучаемыми показателями наблюдаются практически одинаковы.

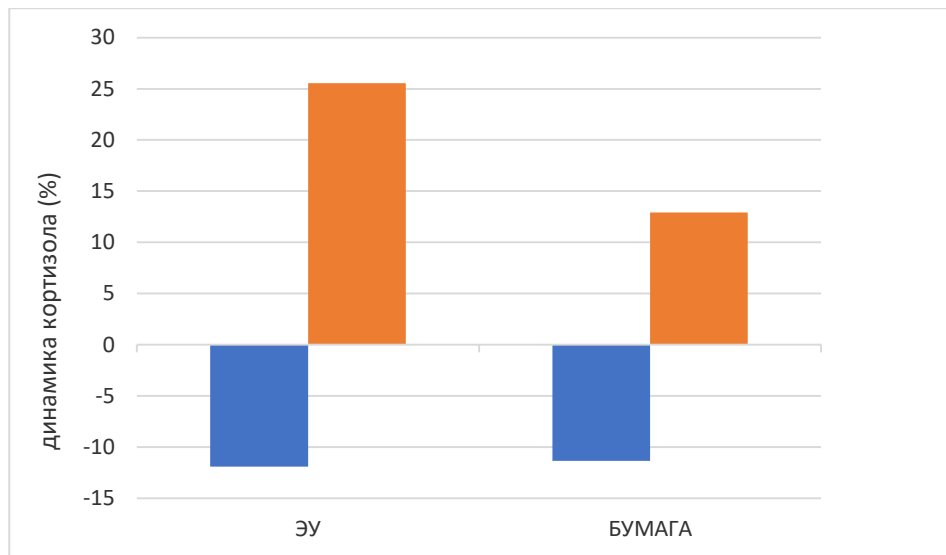


Рис. 2. Динамика изменения концентрации кортизола в слюне у учащихся 2 класса на 15 минуте периода восстановления после выполнения теста «таблицы Шульте» на электронных устройствах (ЭУ) и бумаге.

Таким образом, у 32-36 % учащихся 2 класса на 15 минуте периода восстановления после выполнения когнитивного задания отмечается напряжение эндокринной системы, в большей степени выраженное после выполнения теста на ЭУ по сравнению с бумагой.

Спектральный и временной анализ вариабельности сердечного ритма у детей 8-9 лет не выявил значимых половых различий в значениях исследованных показателей, в связи с чем оценка реакции вегетативной регуляции сердечного ритма проводилось в общей группе.

Выполнение когнитивного теста (тест Шульте) на ЭУ привело к изменению состояния вегетативной нервной системы у детей 8-9 лет (табл. 2), а именно, к снижению плотности общей мощности спектра (TP, SDNN), сдвигу вегетативной нервной системы в сторону симпатических влияний (увеличение показателя LF/HF). Отмечено увеличение симпатической активности (мощность низкочастотных колебаний) и снижение парасимпатической активности (мощность высокочастотных колебаний, RMSSD, pNN50 %) (см. табл. 1, 2). Выявленное увеличе-

ние низкочастотных колебаний спектра составило 16-20,75 %, снижение высокочастотных колебаний составило 14-20 %, при этом показатель LF/HF увеличился на 30-50,7 %. Временной анализ показателей variability сердечного ритма при выполнении тестового задания на планшете и смартфоне выявил достоверное снижение SDNN (на 15-19,25 %), RMSSD (24-28 %) и pNN50 (на 42-45,4 %), что свидетельствует об уменьшении парасимпатической активности в регуляции сердечного ритма.

Таблица 2

*Показатели спектрального анализа variability сердечного ритма у учащихся 9 лет в покое и во время выполнения когнитивного теста на электронных устройствах (M±m)*

	Тип р-ции	Состояние	TP, мс <sup>2</sup>	VLF, мс <sup>2</sup>	LF, мс <sup>2</sup>	HF, мс <sup>2</sup>	LF n.u.	HF n.u.	LF/HF n.u.
ЭУ	1	покой	5294,871	1743,726	1374,532	2207,871	41,284	58,716	0,786
		нагрузка	3779,565	1157,661	1281,177	1340,823	53,456	46,544	1,335
		% %	-40,1	-50,6	-7,3	-64,7	29,5	-26,17	70
	2	покой	3825,211	1165,579	1275,789	1383,653	52,2LF47	47,753	1,275
		нагрузка	3454,263	956,042	1006,579	1486,211	46,774	53,226	0,991
		% %	-10,7	-22	-26,7	=7,4	-11,7	=11,5	-28,7
бумага	1	Покой	4217,885	1182,192	1196,077	1808,608	45,073	54,927	0,909
		нагрузка	3187,269	893,308	1409,154	957,885	58,673	41,327	1,556
		% %	-30,7	-39,1	22	-92	36,2	-41	86,7
	2	Покой	4294,231	1202,692	1335,962	1751,06	51,531	48,469	1,380
		нагрузка	2815,615	820,692	848,538	1146,385	47,754	52,246	1,141
		% %	-58,2	-56,5	-60,4	-57,8	-9,6	10,4	-25,2

Выполнение теста на бумаге (табл. 3) также привело к существенному изменению спектральных и временных показателей вегетативной нервной активности с увеличением симпатической активности и снижением парасимпатических влияний на ритм сердца, однако указанные изменения были менее выражены по сравнению с работой на ЭУ.

Параллельная обработка кардиоритмограммы и пневмограммы позволяет получить информацию о степени синхронизированности работы сердечно-сосудистой и респираторной систем и выявить преобладающие механизмы регуляции физиологических процессов более достоверно по сравнению с анализом только параметров сердечного ритма. В обоих пробах, и при выполнении тестов

вого задания на ЭУ отмечено снижение KRS почти на 50 %, при работе на бумаге – на 25 %. Предполагаем, что при напряженной регуляции необходима активация более высоких уровней управления. Это проявляется в виде ослабления кросскорреляционной синхронизации ЧСС и ЧД (снижение KRS), снижения парасимпатической активности ВНС и усиления недыхательного компонента (увеличение низкочастотных колебаний) и появление медленных волн более высоких порядков (VLF). В ситуации, когда происходит «ускользание» сердечно-сосудистой системы из-под модулирующего влияния вегетативной нервной системы, снижается и кардиореспираторная синхронизация, что и наблюдается при выполнении тестового задания на ЭУ.

Таблица 3

*Показатели временного анализа вариабельности сердечного ритма у учащихся 8 лет в покое и во время выполнения когнитивного теста на электронных устройствах (M±m)*

Вид нагрузки	Тип реакции	Состояние	R-Rmin	R-Rmax	RRNN	SDNN	RMSSD	pNN50
ЭУ	1	покой	539,097	890,548	683,161	61,000	56,726	29,420
		работа	530,306	829,452	644,097	50,065	42,323	18,772
	2	покой	533,000	797,053	652,316	47,947	40,474	17,502
		работа	527,368	817,947	635,105	46,000	40,158	16,115
бумага	1	покой	547,615	857,077	676,269	53,269	50,077	25,795
		нагрузка	524,231	791,045	630,731	44,273	35,308	13,229
	2	покой	525,385	832,385	651,846	53,000	45,308	21,415
		нагрузка	512,538	797,385	624,308	44,231	40,462	15,770

Индивидуальный анализ реакции показателей спектрального и временного анализа вариабельности сердечного ритма при выполнении когнитивного задания на ЭУ и бумаге выявил 2 типа реакции вариабельности сердечного ритма. При первом типе реакции (70-75 % обследованных детей) происходит достоверное снижение высокочастотных колебания (HFcm<sup>2</sup>, HFnu), а также таких временных показателей, как SDNN, RMSSD, pNN50, характеризующих состояние парасимпатической активности ВНС, и повышение низкочастотных показателей (LFcm<sup>2</sup>, LFnu) и LF/HF (на 70-80 %), что свидетельствует о значительном увеличении активности симпатической нервной активности. Второй тип реакции (25 % обследованных детей) характеризуется значимым снижением низкочастотных показателей (LFcm<sup>2</sup>, LFnu) и LF/HF (на 25-28 %), что свидетельствует об усилении симпатической активности, и увеличением высокочастотных показателей ВРС (HFcm<sup>2</sup>, HFnu). У детей со вторым типом реакции вегетативной нервной системы отмечены достоверно более высокие показатели LF<sub>n</sub>, LF/HF и низкие показатели HFcm<sup>2</sup>, HF<sub>n</sub>, SDNN, RMSSD, pNN50 в покое, что свидетельствует о высокой исходной активности симпатического отдела ВНС у детей данной группы. У 50 % детей данной группы отмечена высокая тревожность.

Проведенный анализ ЭКГ показал, что абсолютные значения большинства показателей ЭКГ обследованных детей в целом соответствуют возрастным нормативам, представленным в литературе [19; 12; 16].



Результаты индивидуального анализа электрокардиограмм детей 9 лет выявили у обследованных детей два варианта адаптации биоэлектрических функций миокарда к работе на различных гаджетах. В зависимости от характера изменений электрофизиологических параметров при нагрузочной пробе, дети были разделены на 2 группы (табл. 4, 5).

Таблица 4

*Изменения основных биоэлектрических параметров ЭКГ при благоприятной адаптации к работе на различных ЭУ у детей 2 класса (M±m)*

ЭУ	Состояние	Показатели					
		RR, с	PQ, с	QT, с	P, мм	R, мм	T, мм
планшет	Покой	0,774± 0,0132	0,130± 0,0019	0,387± 0,0025	1,046± 0,0568	9,036± 0,4572	3,536± 0,1652
	Нагрузка	0,683*± 0,0152	0,128± 0,0018	0,342*± 0,0021	1,273*± 0,0596	8,826± 0,4273	3,472± 0,1542
смартфон	Покой	0,747± 0,0141	0,130± 0,0018	0,365± 0,0025	1,045± 0,0548	9,127± 0,3472	3,809± 0,1882
	Нагрузка	0,708*± 0,0112	0,126± 0,0019	0,350*± 0,0024	1,272*± 0,0618	9,146± 0,4970	3,811± 0,1502
ноутбук	Покой	0,732± 0,0143	0,129± 0,0018	0,364± 0,0019	1,022± 0,0498	9,028± 0,5171	3,591± 0,1912
	Нагрузка	0,692*± 0,0122	0,126± 0,0018	0,351± 0,0019	1,246*± 0,0468	9,010± 0,5513	3,646± 0,1722
бумага	Покой	0,730± 0,0122	0,128± 0,0019	0,363± 0,0024	1,045± 0,0536	8,963± 0,5272	3,645± 0,1902
	Нагрузка	0,669*± 0,0121	0,127± 0,0017	0,347*± 0,0026	1,300*± 0,0528	8,990± 0,7333	3,390± 0,1872

*Примечания: интервалы представлены по данным II стандартного отведения, \* - достоверность различий по сравнению с покоем.*

У детей 1 группы (79 % обследованных школьников) при нагрузке отмечалось достоверное укорочение общей длительности сердечного цикла, электрической систолы и диастолы. Длительность предсердно-желудочковой проводимости также несколько уменьшалась. Амплитуды зубца P достоверно увеличивалась. Данные изменения отражают усиление симпатических влияний на миокард под воздействием нагрузочного теста и являются закономерной реакцией на нагрузку. Увеличение амплитуды зубца P связано, вероятно, с интенсификацией деятельности предсердий в ответ на нагрузку.

У детей 2 группы (21 % обследованных детей) при нагрузке наблюдалось удлинение электрической систолы и предсердно-желудочковой проводимости, укорочение диастолы. Общая длительность сердечного цикла менялась незначительно. Следует отметить, что в исходном состоянии дети этой группы характеризовались высокими показателями ЧСС и ряда зубцов ЭКГ, что говорит о наличии у них уже в состоянии покоя высокой активности симпатического отдела автономной нервной системы. Также ЭКГ детей этой группы отличалась более низкими величинами зубца T, что может свидетельствовать о недостаточности метаболического обеспечения деятельности миокарда.

Таблица 5

*Изменения основных биоэлектрических параметров ЭКГ при напряженной адаптации к работе на различных электронных устройствах у детей 2 класса (M±m)*

ЭУ	Состояние	Показатели					
		RR, с	PQ, с	QT, с	P, мм	R, мм	T, мм
планшет	Покой	0,603± 0,0145	0,127± 0,0016	0,337± 0,0022	1,461± 0,0568	12,011± 0,5573	2,561± 0,1579
	Нагрузка	0,618± 0,0132	0,136*± 0,0017	0,346*± 0,0023	1,461± 0,0558	11,941± 0,6773	2,581± 0,2152
смартфон	Покой	0,625± 0,0141	0,128± 0,0016	0,331± 0,0021	1,445± 0,0581	11,933± 0,5573	2,833± 0,1712
	Нагрузка	0,621± 0,009	0,134*± 0,0017	0,339*± 0,0020	1,472± 0,0576	11,909± 0,5883	2,600± 0,1502
ноутбук	Покой	0,617± 0,0140	0,130± 0,0018	0,338± 0,0022	1,445± 0,0518	11,745± 0,6272	2,454± 0,1552
	Нагрузка	0,617± 0,0132	0,131± 0,0016	0,341± 0,0023	1,391± 0,0533	11,672± 0,6663	2,654± 0,1892
бумага	Покой	0,620± 0,0162	0,130± 0,0019	0,340± 0,0027	1,491± 0,0518	11,946± 0,6673	2,454± 0,1666
	Нагрузка	0,620± 0,0152	0,131± 0,0018	0,348*± 0,0022	1,463± 0,0638	12,243± 0,7170	2,390± 0,1732

*Примечания: интервалы представлены по данным II стандартного отведения, \* - достоверность различий по сравнению с покоем.*

Взаимосвязь выявленных 2 типов реакции и адаптационных резервов миокарда была показана в исследованиях Крысюк О.Н. (2007) [11]. У детей с хорошими адаптационными возможностями (дети 1 группы) при умственной нагрузке происходит интенсификация деятельности предсердий, метаболических процессов в миокарде, а также укорочение длительности сердечного цикла за счет сокращения диастолы, обусловленные усилением симпатических влияний, вызывающих положительный хроно- и батмотропный эффекты. Выявленные изменения свидетельствуют об адекватной реакции миокарда на данный вид деятельности, поскольку уменьшение длительности сердечного цикла за счет умеренного сокращения диастолы является одним из механизмов саморегуляции сердечной деятельности при нагрузке.

У детей со сниженными адаптационными возможностями (дети 2 группы) при работе на электронных устройствах уменьшается возбудимость предсердий, удлиняется электрическая систола и уменьшается продолжительность общей диастолы. Удлинение при нагрузке электрической систолы и предсердно-желудочковой проводимости и, следовательно, существенное уменьшение продолжительности диастолы является проявлением дезадаптации, приводит к неполному восстановлению энергетических ресурсов миокарда, что обуславливает снижение эффективности последующей систолы и свидетельствует об энергетическом дефиците в миокарде. Данный комплекс изменений функционального состояния миокарда, вероятно, является признаком напряжения механизмов сроч-

ной адаптации миокарда к умственной нагрузке у детей со сниженными адаптационными резервами. Достоверных различий в реакции при использовании различных гаджетов у второклассников обнаружено не было.

В результате проведенного исследования были получены данные о реакции центрального отдела сердечно-сосудистой системы детей 8-9 лет на умственную нагрузку, выполняемую на цифровых устройствах и бумажном носителе. Поскольку не выявлено значимых половых различий показателей центрального отдела сердечно-сосудистой системы у детей 8-9 лет оценка реакции проводилась в объединённой группе.

Результаты индивидуального анализа позволили выявить у детей 9 лет два варианта реакции системы кровообращения на умственную нагрузку. В зависимости от направленности и выраженности изменений диастолического артериального давления дети были разделены на 2 группы. В 1 группу вошли дети, у которых ДАД существенно не изменялось (несколько понижалось или повышалось на 3 - 5 мм рт.ст.) (табл. 6), вторую группу составили дети со значительным увеличением ДАД (табл. 7).

Первый вариант реакции наблюдался у большинства второклассников и характеризовался незначительными изменениями параметров центрального отдела системы кровообращения при умственной деятельности: наблюдалась некоторая тенденция к увеличению систолического давления и ЧСС, что свидетельствует об отсутствии напряжения механизмов регуляции сердечно-сосудистой системы (табл. 6).

Таблица 6

*Реакция параметров центрального отдела сердечно-сосудистой системы у школьников 9 лет при выполнении когнитивного теста на электронных устройствах и бумажном носителе ( $M \pm m$ ) (Вариант 1)*

ЭУ И бумага	Момент исслед.	САД, мм рт. ст.	ДАД, мм рт. ст.	ЧСС, уд/мин	ПД, мм рт. ст.	УО, мл.	МОК, л/мин
ноутбук	покой	93,9± 1,40	64,6± 1,04	83,4± 1,99	29,0± 1,19	38,1± 0,97	3,2± 0,12
	нагрузка	95,4± 1,60	65,9± 0,97	87,3± 2,01	29,0± 1,34	37,4± 0,82	3,3± 0,10
смартфон	покой	93,5± 2,11	63,6± 1,74	86,5± 2,67	29,9± 1,36	38,8± 1,31	3,3± 0,15
	нагрузка	93,1± 2,33	63,9± 1,66	90,5± 2,61	29,2± 1,82	38,3± 1,43	3,4± 0,16
планшет	покой	93,0± 2,29	63,7± 1,52	86,2± 2,29	29,0± 0,91	38,7± 0,79	3,3± 0,08
	нагрузка	99,5± 2,30	65,3± 1,37	87,6± 1,75	34,0± 1,29 *	40,2± 0,74	3,5± 0,08
бумага	покой	90,6± 1,99	62,6± 1,27	81,2± 1,46	28,0± 1,37	38,9± 0,95	3,1± 0,09
	нагрузка	92,1± 2,20	63,7± 1,09	88,5± 1,62 *	28,4± 1,67	38,4± 0,93	3,4± 0,09

*Примечание: \* обозначены достоверные различия по сравнению с состоянием относительного покоя.*

При втором варианте реакции (табл. 7) происходит значительное увеличение систолического, диастолического давления, ЧСС и снижение минутного и ударного объема крови при выполнении когнитивного задания. Выявленное у детей существенное повышение АД, ЧСС и снижение УО, характеризующего сократительную и насосную функции миокарда, вызвано усилением симпатических тонических влияний на сердечно-сосудистую систему под влиянием умственной нагрузки и, по нашему мнению, свидетельствует о напряжении механизмов регуляции сердечно-сосудистой системы. Это согласуется с результатами исследований, показавших, что подобная реакция системы кровообращения при выполнении умственной работы расценивается как стрессорная [5; 8; 20; 28]. Данная реакция отмечена у 20 % школьников при работе на ноутбуке; 40 % - на планшете; 40 % - на смартфоне и 35 % - на бумажном носителе.

*Таблица 7*

*Реакция параметров центрального отдела сердечно-сосудистой системы у школьников 8-9 лет в покое и во время выполнения когнитивного теста на электронных устройствах и бумажном носителе (M±m)*

*(Вариант 2)*

ЭУ и бумага	Момент исслед.	САД, мм рт. ст.	ДАД, мм рт. ст.	ЧСС, уд/мин	ПД, мм рт. ст.	УО, мл.	МОК, л/мин
ноутбук	покой	93,9± 1,54	62,6± 3,20	90,7± 1,79	31,3± 3,69	40,3± 2,09	3,6± 0,10
	нагрузка	104,8± 2,00*	73,6± 3,31*	99,0± 1,90 *	31,1± 3,34	33,6± 1,56*	3,3± 0,16
смартфон	покой	93,1± 1,11	60,6± 1,87	81,8± 2,76	32,6± 1,61	42,4± 0,89	3,5± 0,13
	нагрузка	97,3± 1,51*	72,2± 2,20*	90,1± 2,97*	25,2± 2,25*	31,7± 1,16 *	2,9± 0,19*
планшет	покой	91,6± 1,99	59,7± 1,29	79,6± 2,22	32,0± 1,47	42,3± 1,02	3,4± 0,12
	нагрузка	97,9± 1,77 *	72,9± 2,03*	88,6± 1,99*	25,0± 1,92*	31,0± 1,51 *	2,7± 0,12*
бумага	покой	89,4± 2,16	59,3± 2,50	89,2± 2,34	30,0± 2,45	41,4± 1,93	3,7± 0,16
	нагрузка	97,8± 2,18*	70,6± 2,38*	97,1± 2,74*	27,0± 1,83	33,2± 1,47*	3,2± 0,11*

*Примечание: \* обозначены достоверные различия по сравнению с состоянием относительного покоя.*

Таким образом, выявлен комплекс изменений показателей центрального отдела системы кровообращения, характеризующий напряжение адаптации сердечно-сосудистой системы к умственной деятельности. Данный комплекс изменений заключается в существенном возрастании систолического и диастолического ар-

териального давления, частоты сердечных сокращений, снижении УО, интегрального параметра, характеризующего сократительную и насосную функции миокарда.

Выраженное повышение ДАД отражает напряжение механизмов регуляции сердечно-сосудистой системы при умственной деятельности. Наши результаты также соответствуют исследованиям С.Б. Шваркова (1993) [23] показавшим, что у практически здоровых детей разного возраста встречаются так называемые «гипердиастолический» или «симпатикоастенический» типы реактивности системы кровообращения в ответ на воздействие физиологических стимулов, сопровождающиеся существенным напряжением механизмов адаптации.

Проведенное реоэнцефалографическое исследование показало, что у большинства детей 8-9 лет срочная адаптация кровообращения головного мозга к умственной нагрузке носила благоприятный характер и характеризовалась снижением тонуса мелких сосудов (рис. 3 А), что согласуется с результатами изучения кровообращения головного мозга у детей 5-10 лет при различных видах умственной деятельности [3; 8]. Выявленное снижение тонического напряжения мелких церебральных артерий без существенного изменения остальных показателей мозгового кровообращения направлено на обеспечение адекватных метаболических условий для функционирования вещества мозга, и достигается на основе минимизации отклонений системной гемодинамики [26].

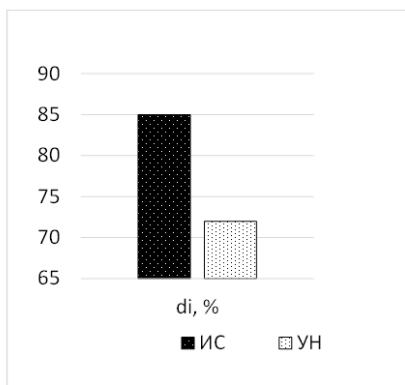


Рис. 3 ...А. Динамика параметров мозгового кровообращения при выполнении умственной нагрузки (УН) (благоприятный вариант адаптации).

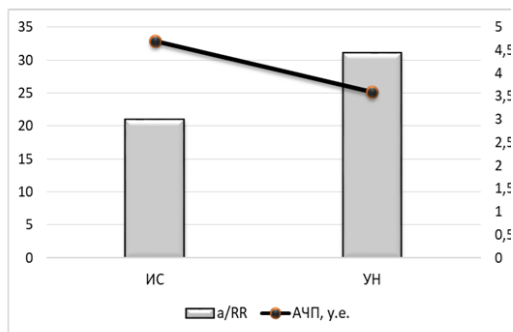
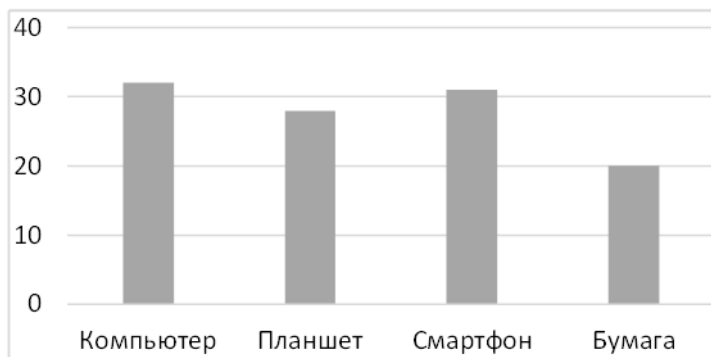


Рис 3...Б. Динамика параметров мозгового кровообращения при выполнении умственной нагрузки (УН) (неблагоприятный вариант адаптации).

Неблагоприятный вариант реакции мозгового кровообращения на умственную нагрузку характеризовался снижением артериального притока, повышением тонуса мозговых артерий крупного и среднего калибра в лобных и затылочных областях головного мозга (рису 3 Б). Необходимо отметить, что у испытуемых этой группы отмечалось достоверное возрастание ДАД, ЧСС и снижение УО крови, что указывает на значительные изменения со стороны центральной гемодинамики. Мы полагаем, что выявленное повышение тонического напряжения цере-

бральных артерий является проявлением действия нейрогенного механизма регуляции мозгового кровообращения, направленного на поддержание постоянства мозгового кровотока при существенных изменениях параметров центральной гемодинамики [26]. Выявленные изменения указывают на напряженный характер адаптации мозгового кровообращения к умственной нагрузке.



*Рис. 4. Количество младших школьников (в %) с напряжением адаптации при выполнении умственной нагрузки на разных электронных носителях*

Наименьшая частота встречаемости детей 8-9 лет (20 %) с напряжением адаптации (рис. 4) отмечена при выполнении теста на бумаге и чаще встречается при работе на электронных устройствах (28,0-32,6 % учащихся). Несомненно, что бумажный вариант более привычен для детей, т.к. в начальной школе цифровые технологии ещё недостаточно включены в учебный процесс. У большинства детей (67,4-80 %) отмечается благоприятный вариант адаптации, что свидетельствует об опыте использования электронных устройств дома и, возможно, небольшой продолжительностью выполнения тестового задания.

## **ВЫВОДЫ**

1. Установлено, что значение показателя КЧСМ после выполнения когнитивного задания на ЭУ снижается по сравнению исходным состоянием, что свидетельствует об утомлении зрительного анализатора. Напряжение зрительного анализатора при работе на ЭУ статистически значимо больше, чем на бумаге при одинаковой эффективности работы на обоих электронных устройствах.

2. Выявлено два типа реакции: первая – повышение активности эндокринной системы, вторая – понижение. У детей со II типом реакции на умственную нагрузку реакция кортизола при работе на ЭУ статистически значимо больше, чем на традиционном бумажном носителе.

3. У большинства детей после 15-минутного восстановительного периода происходило снижение уровня кортизола (I тип восстановления), а у 32-36 % испытуемых, наоборот, концентрация гормона повышалась (II тип восстановления),

что свидетельствует о напряжении эндокринной системы, в большей степени выраженном после выполнения теста на ЭУ по сравнению с бумагой.

4. Выявлено 2 типа реакции ВНС на выполнение когнитивного теста на ЭУ и бумаге: 1 тип реакции – повышение симпатической активности ВНС и снижение парасимпатической активности и 2 тип- снижение симпатической активности и повышение парасимпатической активности ВНС.

5. У детей со 2 типом реакции отмечена более высокая исходная активности симпатического звена ВНС и существенное снижение кардиореспираторной синхронизации (на 50 %). Адаптация вегетативной нервной системы при выполнении теста на ЭУ в данном случае носит неблагоприятный характер. При выполнении когнитивного теста на бумаге у детей со 2 типом реакции происходят менее значимые изменения вегетативной нервной активности. Коэффициент кардиореспираторной синхронизации снижается лишь на 20-25 %

6. Результаты индивидуального анализа позволили выявить у детей 9 лет два варианта реакции системы кровообращения на умственную нагрузку. В зависимости от направленности и выраженности изменений диастолического артериального давления дети были разделены на 2 группы. В 1 группу вошли дети, у которых ДАД существенно не изменялось, вторую группу составили дети со значительным увеличением ДАД

7. Выявлено два варианта срочной адаптации мозгового кровообращения детей 8-9 лет к умственной нагрузке. Первый вариант отмечается у большинства испытуемых (67,4 - 80,0 %) и характеризуется снижением тонуса мозговых артерий малого калибра в лобных и затылочных областях головного мозга. При втором варианте реакции (28,0-32,6 % испытуемых) отмечается снижение артериального притока и повышение тонуса крупных и средних мозговых артерий в лобных и затылочных областях головного мозга.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александрова И.Э. Гигиенические принципы и технология обеспечения безопасных для здоровья школьников условий обучения в цифровой образовательной среде // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. – 2018. – № 3. – С. 23-33.

URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37232056>

2. Баркова В.Л. Общепсихологический анализ нарушений внимания у подростков // Электронный научно-образовательный Вестник «Здоровье и образование в XXI веке» – 2016. – Т. 19, № 1. – С. 48-54.

3. Безобразова В.Н. Краткосрочная адаптация мозгового кровообращения к умственной нагрузке у детей 7-8 лет // Новые исследования. – 2011. – №2. – С. 90-95.

4. Дашиева Д.А. Психофизиологические показатели девушек в зависимости от влияния электромагнитного излучения техногенного происхождения // Мат. конф. Состояние здоровье: медицинские, психолого-педагогические и социальные аспекты. Чита, 23-29 апреля. – 2018. – С. 67-74.

URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35563984>

5. Демидов В.А., Мальцев Д. Н., Мавлиев Ф.А. Влияние повышенной двигательной активности на кардиогемодинамическую устойчивость подростков в условиях напряжённой информационной нагрузки // Физиология человека. – 2008. – Т. 34, №4. – С. 133-140

6. Димитриев Д.А., Саперова Е.В. Вариабельность сердечного ритма и артериальное давление при ментальном стрессе // Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова. – 2015. – Т. 101, № 1. – С. 98–107.

URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=22831763>

7. Ермакова И.В., Догадкина С.Б., Рублева Л.В., Кмить Г.В., Безобразова В.Н., Шарапов А.Н. Особенности адаптации сердечно-сосудистой системы, автономной нервной регуляции сердечного ритма и эндокринной системы к нагрузкам разного характера у школьников 10-15 лет // Science for Education Today. – 2019. – Т. 9, № 5. – С. 176-204.

DOI: <https://doi.org/10.15293/2658-6762.1905.11>

8. Зиненко Е.С. Срочная адаптация сердечно-сосудистой системы детей 5-7 лет к умственной нагрузке/ А.Н. Шарапов, В.Н. Безобразова, Е.С. Зиненко, Г.В. Кмить // Физиология человека. – 2010. – Т. 36, № 3. – С. 74-81

9. Зиненко Е.С. Срочная адаптация центральной гемодинамики и кровообращения головного мозга детей дошкольного возраста к умственной нагрузке: автореф. дис. ... канд.биол.наук. – М., 2010. – 19 с.

10. Кожемов А.А., Коноплева А.Н. Повышение эффективности психофизического развития учащихся 1-8 классов на уроках физической культуры в условиях применения игры питербаскет // Физическая культура, спорт – наука и практика. – 2014. – № 2. – С. 30-33.

URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21819479>

11. Крысюк О.Н. Возрастные, типологические и индивидуальные особенности биоэлектрической активности миокарда и автономной нервной регуляции сердечного ритма у детей 7-11 лет: Дисс. ... канд. биол. наук. – 2007. – 194 с.

12. Макаров Л.М. с соавт. Нормативные показатели ЭКГ у детей: Методические рекомендации. – Медпрактика. – М.: Москва, 2018. – 20 с.

13. Мереченкова И.В., Догадина С.В., Чернышева Г.А. Профилактика утомления обучающихся в школе // Здоровье и образование в XXI веке. – 2014. – Т. 16, № 4. – С. 202-205.

URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22600149>

14. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения. –Иваново: Иван. Гос. Мед. академия, 2002.–290 с

15. Морозова Л.В., Новикова Ю.В. Особенности чтения текста с бумажных и электронных носителей // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные науки. – 2013. – № 1. – С. 81-88.

URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18960260>

16. Мурашко В.В, Струтынский А.В. Электрокардиография. – МЕДпресс, 2019. – 360 с.

17. Оруджова О.Н. Оптимальный размер стимула прибора для определения критической частоты слияния мельканий // Научное обозрение. Технические науки. – 2018. – № 1. – С. 16-21.

URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32717027>



18. Разумникова О.М., Лапина Е.Ю., Вольф Н.В. Особенности структуры внимания у детей младшего школьного возраста в норме и при СДВГ // Бюллетень СО РАМН. – 2007. – Т. 125, № 3. – С. 18-24.

URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9587848>

19. Рублева Л.В. Развитие основных функций миокарда детей 7-15 лет, проживающих в различных экологических условиях: Дисс. ... канд. биол. наук. – М., 1999.–188 с.

20. Сидоренко Г.И., Фролов А., В., Воробьев А. П. Психоэмоциональные тесты и перспективы их применения в кардиологии // Кардиология. – 2004.– № 6.– С. 59-64

21. Степанова М.И., Александрова И.Э., Сазанюк З.И., Лапонова Е.Д., Лашнева И.П., Шумкова Т.В., Березина Н.О. Гигиенические проблемы использования электронных средств обучения в начальной школе Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия Медицина. Фармация. – 2014. – Т. 195, № 24-1. – С. 98-102.

URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23499376>

22. Тимерханов Р.И., Ахмадеев Р.Р., Кошелев Д.И., Еникеев Д.А. Показатели хроматической критической частоты слияния мельканий при кратковременной компьютерной зрительной нагрузке различного характера // Медицинский вестник Башкортостана. – 2014. – Т. 9, № 5. – С. 92-95.

URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22567677>

23. Шварков, С.Б. Синдром вегетативной дистонии у детей и подростков: автореф. дис.... докт. мед. наук / С.Б. Шварков. – М., 1993.– 70 с.

24. Atchley R., Ellingson R., Klee D., Memmott T., Oken B. A cognitive stressor for event-related potential studies: The Portland Arithmetic Stress Task // Stress. –2017. – V. 20. № 3. – P. 277-284.

DOI: <https://doi.org/10.1080/10253890.2017.1335300>

25. Cheetham-Blake T.J., Turner-Cobb J.M., Family H.E., Turner J.E. Resilience characteristics and prior life stress determine anticipatory response to acute social stress in children aged 7-11 years // Br. J. Health. Psychol. – 2019. – V. 24, № 2. – P. 282-297.

DOI: <https://doi.org/10.1111/bjhp.12353>

26. Edvinsson L., Perivascular Neurotransmitter Regulation of Cerebral Blood Flow / in Primer on Cerebrovascular Diseases (Second Edition),2017 <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803058-5.00013-8>

27. Gunnar M.R. Wewerka S. Frenn K., Long J.D., Griggs C. Developmental changes in hypothalamus-pituitary-adrenal activity over the transition to adolescence: normative changes and associations with puberty // Development and Psychopathology. – 2009. – V. 21, № 1. – P. 69-85. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0954579409000054>

28. Hjortskov N., Rissen D., Blangsted A.K. The effect of mental stress on heart rate variability and blood pressure during computer work// Eur. J. Appl. Physiol. – 2004. – V. 92, № 1-2. – P. 8

29. Karalar H., Sidekli S. How do second grade students in primary schools use and perceive tablets? // Universal Journal of Educational Research. – 2017. – V. 5, № 6. – P. 965-971.

DOI: <https://doi.org/10.13189/ujer.2017.050609>

30. Krumsvik R.J., Berrum E., Jones L.Ø. Everyday Digital Schooling – implementing tablets in Norwegian primary school. Examining outcome measures in the first cohort // *Nordic Journal of digital literacy*. – 2018. – V. 3, № 3. – P. 152-178.  
DOI: <https://doi.org/10.18261/issn.1891-943x-2018-03-03>
31. Major L., Haßler B., Hennessy S. Tablet use in schools: impact, affordances and considerations // In book: *Handbook on Digital Learning for K-12 Schools*. Chapter: 8. Editors: Ann Marcus-Quinn, Triona Hourigan. – 2017. – P. 115-128.  
DOI: [10.1007/978-3-319-33808-8\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-319-33808-8_8)
32. Monaco A., Cattaneo R., Ortu E., Constantinescu M. V., Pietropaoli D. Sensory trigeminal ULF-TENS stimulation reduces HRV response to experimentally induced arithmetic stress: A randomized clinical trial // *Physiology and Behavior*. – 2017. – V. 173. – P. 209–215.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2017.02.014>
33. Montano N., Ruscone T.G., Porta A. et al. Power spectrum analysis of heart rate variability to assess the changes in sympathovagal balance during graded orthostatic tilt // *Circulation*. – 1994– Vol. 90, N 4. – P. 1826-1831
34. Mygind L., Stevenson M.P., Leibst L.S., Konvalinka I., Bentsen P. Stress response and cognitive performance modulation in classroom versus natural environments: a quasi-experimental pilot study with children // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. – 2018. – V. 15, № 6. – E 1098.  
DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.02327>
35. Sánchez-Pérez N., Castillo A., López-López J.A., Pina V., Puga J.L., Campoy G., Conzález-Salinas C., Fuentes L.J. Computer-based training in math and working memory improves cognitive skills and academic achievement in primary school children: behavioral results // *Front. Psychol.* – 2018. – V. 8. P. 2327.
36. Trico D., Fanfani A., Varocchi F., Bernini G. Endocrine and haemodynamic stress responses to an arithmetic cognitive challenge // *Neuro Endocrinology Letters*. - 2017. – V. 38, № 3. – P. 182-186.  
URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28759186>
37. Wang X., Liu B., Xie L., Yu X., Li M., Zhang J. Cerebral and neural regulation of cardiovascular activity during mental stress // *Biomed. Eng. Online*. – 2016. V. 15 (Suppl 2). – P. 160.  
DOI: <https://doi.org/10.1186/s12938-016-0255-1>
38. Wass S.V. How orchids concentrate? The relationship between physiological stress reactivity and cognitive performance during infancy and early childhood // *Neurosci. Biobehav. Rev.* – 2018. – V. 90. – P. 34-39.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2018.03.029>
39. Yuenyongchaiwat K. Cardiovascular response to mental stress tests and the prediction of blood pressure // *Indian J. Med.* – 2017. – V. 39. № 4. – P. 413-417.  
DOI: <https://doi.org/10.4103/0253-7176.211744>

## REFERENCES

1. Aleksandrova I.E`. Gigienicheskie principy` i texnologiya obespecheniya bezopasny`x dlya zdorov`ya shkol`nikov uslovij obucheniya v cifrovoj obrazovatel`noj

srede // Voprosy` shkol`noj i universitetskoj mediciny` i zdorov`ya. – 2018. – № 3. – S. 23-33.

URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28307725>

2. Barkova V.L. Obshhepsixologicheskij analiz narusheniĭ vnimaniya u podrostkov // E`lektronnyĭ nauchno-obrazovatel`nyĭ Vestnik «Zdorov`e i obrazovanie v XXI veke» – 2016. – T. 19, № 1. – S. 48-54.

3. Bezobrazova V.N. Kratkosrochnaya adaptaciya mozgovogo krovoobrashheniya k umstvennoj nagruzke u detej 7-8 let // Novy`e issledovaniya. – 2011. – №2. – S. 90-95.

4. Dashieva D.A. Psixofiziologicheskie pokazateli devushek v zavisimosti ot vliyaniya e`lektromagnitnogo izlucheniya texnogennoĭ proisxozhdeniya // Mat. konf. Sostoyanie zdorov`e: medicinskie, psixologo-pedagogicheskie i social`ny`e aspekty`. Chita, 23-29 aprelya. – 2018. – S. 67-74.

URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35563984>

5. Demidov V.A., Mal`cev D. N., Mavliev F.A. Vliyanie pov`shennoj dvigatel`noj aktivnosti na kardiogemodinamicheskuyu ustojchivost` podrostkov v usloviyax napryazhyonnoj informacionnoj nagruzki//Fiziologiya cheloveka. – 2008.– T. 34, №4.– S. 133-140

6. Dimitriev D.A., Saperova E.V. Variabel`nost` serdechnoĭ ritma i artel`noe davlenie pri mental`nom stresse // Rossiĭskij fiziologicheskij zhurnal im. I. M. Sechenova. – 2015. – T. 101, № 1. – S. 98–107. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=22831763>

7. Ermakova I.V., Dogadkina S.B., Rubleva L.V., Kmit` G.V., Bezobrazova V.N., Sharapov A.N. Osobennosti adaptacii serdechno-sosudistoj sistemy`, avtonomnoj nervnoj regulyacii serdechnoĭ ritma i e`ndokrinnoj sistemy` k nagruzkam raznogo karaktera u shkol`nikov 10-15 let // Science for Education Today. – 2019. – T. 9, № 5. – S. 176-204.

8. Zinenko E.S. Srochnaya adaptaciya serdechno-sosudistoj sistemy` detej 5-7 let k umstvennoj nagruzke/ A.N. Sharapov, V.N. Bezobrazova, E.S. Zinenko, G.V. Kmit` // Fiziologiya cheloveka. – 2010. – T. 36, № 3. – S. 74-81

9. Zinenko E.S. Srochnaya adaptaciya central`noj gemodinamiki i krovoobrashheniya golovnoĭ mozga detej doshkol`nogo vozrasta k umstvennoj nagruzke: avtoref. Dis. ... .kand. biol. nauk. – M., 2010. – 19 s.

10. Kozhemov A.A., Konopleva A.N. Povy`shenie e`ffektivnosti psixofizicheskogo razvitiya uchashhixsya 1-8 klassov na urokax fizicheskoy kul`tury` v usloviyax primeneniya igry` piterbasket // Fizicheskaya kul`tura, sport – nauka i praktika. – 2014. № 2. – S. 30-33.

11. Kry`syuk O.N. Vozrastny`e, tipologicheskie i individual`ny`e osobennosti bioe`lektricheskoy aktivnosti miokarda i avtonomnoj nervnoj regulyacii serdechnoĭ ritma u detej 7-11 let.: Diss. ... .kand biol. nauk. – 2007. – 194 s.

12. Makarov L.M. s soavt. Normativny`e pokazateli E`KG u detej: Metodicheskie rekomendacii. – Medpraktika – M, Moskva, 2018. – 20 s.

13. Merechenkova I.V., Dogadina S.V., Cherny`sheva G.A. Profilaktika utomleniya obuchayushhixsya v shkole // Zdorov`e i obrazovanie v XXI veke. – 2014. – T. 16, № 4. – C. 202-205.

URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22600149>

14. Mixajlov V.M. Variabel`nost` ritma serdca: opy`t prakticheskogo primeneniya. –Ivanovo: Ivan. Gos. Med. akademiya, 2002.–290 s
15. Morozova L.V., Novikova Yu.V. Osobennosti chteniya teksta s bumazhny`x i e`lektronny`x nositelej // Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal`nogo universiteta. Seriya: Estestvenny`e nauki. – 2013. – № 1. – S. 81-88.  
URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18960260>
16. Murashko V.V, Struty`nskij A.V. E`lektrokardiografiya. – MEDpress, 2019. – 360 s.
17. Orudzhova O.N. Optimal`ny`j razmer stimula pribora dlya opredeleniya kriticheskoy chastoty` sliyaniya mel`kanij // Nauchnoe obozrenie. Texnicheskie nauki. – 2018. – № 1. – S. 16-21.
18. Razumnikova O.M., Lapina E.Yu., Vol`f N.V. Osobennosti struktury` vnimaniya u detej mladshego shkol`nogo vozrasta v norme i pri SDVG // Byulleten` SO RAMN. – 2007. – T. 125, № 3. – S. 18-24.  
URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9587848>
19. Rubleva L.V. Razvitie osnovny`x funkcij miokarda detej 7-15 let, prozhivayushhix v razlichny`x e`kologicheskix usloviyax: Diss. .... kand. biol. nauk. – M., 1999. – 188 s.
20. Sidorenko G.I., Frolov A., V., Vorob`yov A. P. Psixoe`mocional`ny`e testy` i perspektivy` ix primeneniya v kardiologii// Kardiologiya. – 2004. – № 6. – S. 59-64.
21. Stepanova M.I., Aleksandrova I.E`., Sazanyuk Z.I., Laponova E.D., Lashneva I.P., Shumkova T.V., Berezina N.O. Gigienicheskie problemy` ispol`zovaniya e`lektronny`x sredstv obucheniya v nachal`noj shkole Nauchny`e vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Medicina. Farmaciya. – 2014. – T. 195, № 24-1. – S. 98-102.  
URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23499376>
22. Timerxanov R.I., Axmadeev R.R., Koshelev D.I., Enikeev D.A. Pokazateli xromaticheskoy kriticheskoy chastoty` sliyaniya mel`kanij pri kratkovremennoj komp`yuternoj zritel`noj nagruzke razlichnogo xaraktera // Medicinskij vestnik Bashkortostana. – 2014. – T. 9, № 5. – S. 92-95.  
URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22567677>
23. Shvarkov, S.B. Sindrom vegetativnoj distonii u detej i podrostkov: avtoref. dis.. ... dokt. med. nauk / S.B. Shvarkov. – M., 1993.– 70 s.

# ВОЗРАСТНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

## ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ДЕТЕЙ 6-7 ЛЕТ И ЭНЕРГОВЕГЕТАТИВНЫЕ РЕАКЦИИ ИХ ОРГАНИЗМА НА СТАНДАРТНУЮ ФИЗИЧЕСКУЮ НАГРУЗКУ

Р.М. Васильева<sup>1</sup>, В.Д. Сонькин,  
Н.И. Орлова, Т.С. Пронина  
ФГБНУ «Институт возрастной физиологии РАО», Москва

На базе детских садов г. Реутова (Московская область) было проведено углубленное лабораторное исследование физического и функционального развития детей 6-7 лет, а также энерговегетативных реакций их организма на стандартную физическую нагрузку.

Функциональное развитие детей 6-7 лет оценивали с помощью теста 10 приседаний с последующим анализом динамики восстановления ЧСС и расчетом показателя ИНПД, характеризующего физиологическую стоимость выполненной работы. Показано, что в условиях покоя у девочек несколько выше диастолическое давление, а пульсовое АД меньше, чем у мальчиков, что свидетельствует о более высоком тоне кровеносных сосудов у девочек. Других различий в функциональных показателях обнаружено не было. У девочек, в отличие от мальчиков, были выявлены достоверные корреляционные связи между показателями физического развития и пульсовым долгом, а также показателем ИНПД. Это свидетельствует о том, что особенности физического развития в большей степени влияют на функциональное развитие девочек, чем мальчиков.

У девочек отмечали более высокий пульс и меньшую скорость восстановления ЧСС после работы, а также более высокий пульсовой «долг», рассчитанный за 5 мин. релаксации. Можно утверждать, что реакция организма девочек на одинаковую нагрузку выражена несколько сильнее, чем у мальчиков.

**Ключевые слова:** функциональное развитие; дети дошкольного возраста; артериальное давление; частота сердечных сокращений; энерговегетативные реакции.

**Functional development of 6-7-year-old children and energy-vegetative reactions of their organism to standard physical load.** The paper presents the in-depth laboratory study of 6-7-year-old children attending kindergartens in the city of Reutov (Moscow region). The study concerned the physical and functional development of children, as well as energy-vegetative reactions of their body to standard physical activity.

The functional development of children was assessed using the test of 10 squats, followed by the analysis of the dynamics of heart rate recovery and the pulse "debt" growth, characterizing the physiological cost of the activity. It was shown that at rest, girls have slightly higher diastolic pressure and lower pulse pressure than in boys, which indicates a higher tone of blood vessels in girls. No other differences in functional indicators were found. In girls, unlike boys, there was found significant correlation between the indicators of physical development and pulse "debt", as

---

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

*well as the indicator of pulse "debt" growth rate. This suggests that the features of physical development to a greater extent affect the functional development of girls than boys.*

*Girls demonstrated a higher heart rate and slower heart rate recovery after the exercise, as well as higher pulse "debt" within 5 minutes of restitution. It can be argued that the reaction of girls to the same load is slightly stronger than that of the boys.*

**Keywords:** *functional development; preschool children; blood pressure; heart rate; energy vegetative reactions.*

По данным многих исследований, в настоящее время наблюдается устойчивый негативный тренд роста общей заболеваемости детей во всех возрастно-половых группах с тенденцией к увеличению функциональных нарушений и хронических болезней костно-мышечной системы, системы кровообращения и т.д. [4]. Также беспокоит увеличение во всем мире количества детей с избыточным весом и ожирением [9], даже у маленьких детей [7].

В то же время появляются данные о том, что физическая активность детей и уровень физической подготовки школьников снижается последние тридцать лет. Снижение демонстрируют и некоторые двигательные навыки дошкольников [8; 13].

Для старших возрастных групп доказано положительное влияние двигательной активности на состояние здоровья. Для детей в возрасте до 7 лет эта зависимость еще нуждается в доказательствах и количественных обоснованиях. Между тем, адекватная физическая активность может играть определенную роль в профилактике метаболических и моторных нарушений развития ребенка [10, 11] начиная с дошкольного возраста [6; 12; 14].

Поэтому в настоящее время особое значение придается физическому воспитанию дошкольников с целью укрепления их здоровья. Надежные рекомендации по организации двигательной активности для дошкольников должны строиться на основе знаний возрастных и индивидуальных морфофункциональных и энерговегетативных особенностей организма детей такого возраста. Проведенный анализ литературы показывает недостаток необходимой информации для выработки таких рекомендаций.

В связи с этим, по заданию Минпросвещения России и Института возрастной физиологии РАО в 2019 г. нами было проведено углубленное исследование функционального развития детей 6-7 лет и энерговегетативных реакций их организма на стандартную физическую нагрузку.

**Целью настоящего лабораторного экспериментального исследования** было оценить функциональное развитие современных детей 6-7 лет и изучить энерговегетативные реакции их организма на стандартную физическую нагрузку (10 приседаний).

## **ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

На базе трех детских садов г. Реутова (Московская область) с большой наполняемостью групп было проведено углубленное лабораторное исследование физического и функционального развития детей 6-7 лет, а также энерговегетативных реакций их организма на стандартную физическую нагрузку. Обследование

проходило в тех же детских садах и на тех же детей, которые участвовали и в популяционном исследовании по региону «Московская область».

В обследовании приняли участие 111 детей, из них 51 мальчик и 60 девочек.

Персонал детских садов и родители были проинформированы о целях и задачах обследования, при этом родители давали добровольные согласия на участие в них своих детей.

В ходе исследования измеряли параметры физического развития (рост, вес, ИМТ). Для характеристики функционального развития оценивалась частота сердечных сокращений (ЧСС) в покое, а также величины систолического и диастолического артериального давления (АД).

Также была изучена реакция организма на предъявляемую физическую нагрузку (10 приседаний). Проводилось измерение пульса до нагрузки и в течение 5 минут восстановления, что давало возможность охарактеризовать индивидуальную резистентность ребенка к физической нагрузке.

Полученные результаты были сопоставлены по гендерному признаку, что позволило выявить ряд различий между мальчиками и девочками по ряду показателей. Расчет относительных показателей и статистический анализ были проведены с применением средств MS EXCEL.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В таблице 1 представлены средние данные по каждому измеренному и рассчитанному показателю, а также приведено число обследованных мальчиков и девочек.

В результате проведенного анализа, половые различия у мальчиков и девочек по длине и по массе тела не выявлены (табл. 1).

Нами также анализировался индекс массы тела Кеттле (ИМТ), который рассчитывался по формуле  $ИМТ (кг/м^2) = \text{масса тела (кг)} / \text{длина тела}^2 (м^2)$ . Этот индекс позволяет выявить детей с нормальной и избыточной массой тела. Оказалось, по этому показателю гендерные различия также отсутствуют.

Таблица 1

*Показатели физического и функционального развития у детей 6–7 лет*

Показатели	Мальчики (n=51)		Девочки (n=60)		t-критерий при p=0,05
	М	±m	М	±m	
Рост стоя (см)	123,45	0,73	121,62	0,63	1,90
Вес (кг)	25,32	0,66	23,95	0,48	1,68
ИМТ кг/кв.м	16,52	0,30	16,13	0,23	1,05
АД систол. (n=18)	85,06	1,19	83,29	1,09	1,09
АД диаст. (n=18)	55,89	1,58	60,24	1,45	2,02
АД пульсовое (n=18)	29,2	1,7	23,1	1,8	2,5
ЧСС (уд/мин) Покой	90,80	1,04	90,58	0,88	0,16

Кроме того, оценивали ряд функциональных показателей – частоту сердечных сокращений (ЧСС) в покое, а также систолическое, диастолическое и пульсо-

вое артериальное давление. При этом измерение АД было проведено только у части детей. В обследованной группе находилось по 18 мальчиков и девочек (n=18).

Гендерных различий у мальчиков и девочек по частоте сердечных сокращений в покое выявлено не было (табл. 1). Систолическое АД в условиях покоя не различалось у мальчиков и девочек, однако диастолическое АД было несколько выше у девочек ( $p>0,05$ ), что свидетельствует о более высоком у них тоне сосудов. При расчете пульсового АД оно оказалось достоверно больше у мальчиков, чем у девочек ( $p <0,05$ ). Вероятно, это отражает возрастные особенности морфофункционального развития сердечно-сосудистой системы (ССС) мальчиков и девочек в этом возрасте. Таким образом, уже в 6-летнем возрасте выявлены гендерные различия такого важнейшего показателя функционального состояния организма человека, как сосудистый тонус, проявляющийся в величинах диастолического и пульсового давления. Вероятно, это необходимо учитывать при оценке реакции ССС на разнообразные функциональные пробы.

Таблица 2

*Изменение ЧСС и величина ИНПД у мальчиков и девочек 6-7 лет при выполнении физической нагрузки.*

Показатели	Мальчики (n=51)		Девочки (n=60)		t-критерий при $p=0,05$
	М	$\pm m$	М	$\pm m$	
Время выполнения ФН (сек)	11,47	0,21	11,82	0,23	1,12
ЧСС (уд/мин) – Покой	90,80	1,04	90,58	0,88	0,16
ЧСС – сразу п/ФН	119,82	1,38	122,90	1,27	1,64
ЧСС 1м. п/ФН	100,94	1,39	102,97	1,05	1,16
ЧСС 2м. п/ФН	93,88	1,36	95,30	1,26	0,76
ЧСС 3м.п/ФН	93,12	1,39	93,40	1,01	0,16
ЧСС 4м. п/ФН	92,69	1,28	92,70	0,97	0,01
ЧСС 5м. п/ФН	91,27	1,19	90,70	0,84	0,39
Долг 6 мин.	46,90	3,09	54,47	2,54	1,89
ИНПД 6 мин.	4,15	0,28	4,66	0,22	1,43
Долг 5 мин.	46,43	2,85	54,35	2,33	<b>2,15</b>
ИНПД 5 мин.	4,12	0,26	4,66	0,20	1,64

При углубленном исследовании для оценки функциональных возможностей ребенка при выполнении стандартной физической нагрузки (10 приседаний) были использованы показатели, основанные на измерении частоты пульса в восстановительном периоде. Был рассчитан накопившийся в результате работы пульсовой долг (ПД) за 5 и за 6 мин. восстановительного периода.

Оказалось, что ПД был статистически значимо выше у девочек, чем у мальчиков при подсчете его за 5 мин. восстановительного периода ( $p <0,05$ ). Это произошло вследствие того, что у девочек наблюдали более высокий, хотя и не достоверный, по сравнению с мальчиками, подъем ЧСС после работы ( $p>0,05$ ). Более высокие значения ЧСС отмечались также у девочек по сравнению с мальчиками до конца третьей минуты периода реституции (см. табл. 2, рис. 1).



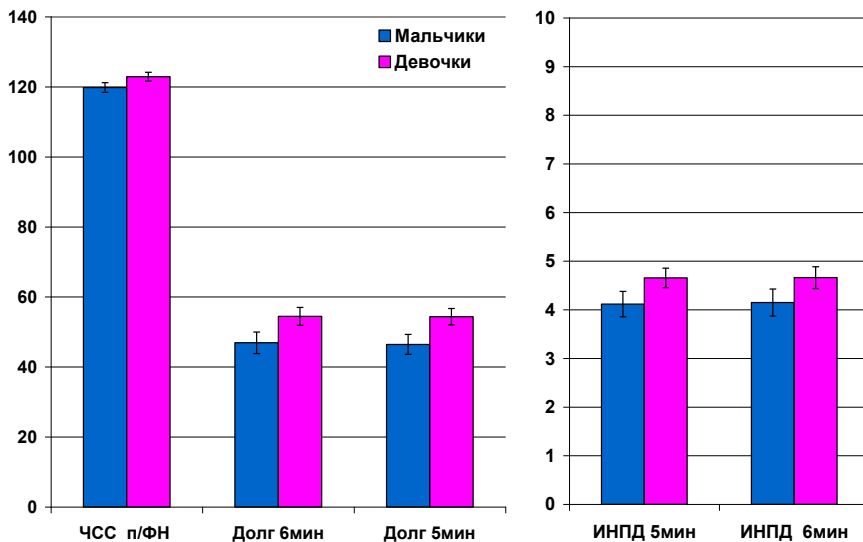


Рис. 1. Пульсометрические показатели теста «приседания».

Исходя из значений ПД, была рассчитана величина индекса накопления пульсового долга (ИНПД) [3, 5], которую определяли по формуле:

$$\text{ИНПД} = \frac{f_1 + f_2 + f_3 + f_4 + f_5 - 5f_0}{t_{\text{уд}}}, \text{ где}$$

$f_1 - 5$  – частота пульса на 1-5 минутах восстановления после выполнения нагрузки, уд/мин;

$f_0$  – пульс в покое, уд/мин.;

$t_{\text{уд}}$  – время удержания заданной нагрузки, сек.

ИНПД используется в качестве показателя, позволяющего измерять физиологическое напряжение организма при выполнении физической работы и охарактеризовать физиологическую «стоимость», которую «платит» при этом организм ребенка [2, 3]. Под физиологической «ценой» понимается добавочная работа, которую вынуждены выполнять системы организма для компенсации затрат на восстановление организменного, тканевого и клеточного гомеостаза [2]. Величина ИНПД может быть использована для оценки функциональных возможностей организма при выполнении дозированной нагрузки анаэробного и смешанного характера. В этом случае ее можно трактовать как показатель работоспособности, учитывая, что при одинаковой мощности нагрузки работоспособность тем выше, чем ниже величина ИНПД.

Величина ИНПД хорошо отражает напряжение функциональных систем организма при выполнении физических упражнений.

Рассчитанный по результатам наших исследований показатель ИНПД, характеризующий физиологическую стоимость выполненной физической нагрузки, по абсолютной величине у мальчиков и девочек не различался ( $p>0,05$ ). При этом оказалось, что как у мальчиков, так и у девочек значения ИНПД в группе различались в несколько раз, а коэффициент вариации в обеих группах превышал 33 %.

Мы сочли необходимым детальнее посмотреть, как распределяются дети в каждой из групп по уровню ИНПД.

Таблица 3

Частота распределения величины ИНПД

Девочки n=60		Мальчики n=51	
ИНПД (6 мин.)	Частота	ИНПД (6 мин.)	Частота
1	1	1	1
2,4	5	2,29	10
3,8	9	3,57	7
5,1	20	4,86	15
6,5	18	6,14	11
7,9	5	7,43	4
9,3	1	8,71	2
	1		1

В качестве критерия для оценки значений ИНПД использовали величину  $M \pm 0,67\sigma$ , которую принято считать границами средней величины [1].

Рассчитывали среднеарифметические значения показателя ИНПД для всей выборки. Отличие величины индивидуального значения показателя на  $\pm 0,67\sigma$  от среднего (M) позволило оценить развитие функциональных возможностей ребенка. Если индивидуальная величина показателя ИНПД не выходит за пределы  $M \pm 0,67\sigma$ , напряжение функциональных систем организма оценивали как среднее; если индивидуальное значение было меньше или больше  $M \pm 0,67\sigma$ , то уровень функционального напряжения организма оценивали, соответственно, как низкое или высокое.

Были также построены гистограммы частоты распределения величины ИНПД у мальчиков и девочек, которые представлены на рис. 2 (см. также табл. 3).

При анализе всех полученных данных было выявлено, что, как по критерию  $M \pm 0,67\sigma$ , так по частоте распределения ИНПД, испытуемых можно разделить на три группы по уровню физиологической «стоимости» работы.

Из табл. 3 и графика распределения величин ИНПД видно, что дети с самыми высокими значениями ИНПД как среди мальчиков, так и среди девочек встречаются одинаково часто (примерно в 13 % случаев в каждой из групп). Еще раз отметим, что высокий уровень ИНПД говорит о высокой физиологической «стоимости» выполненной работы.

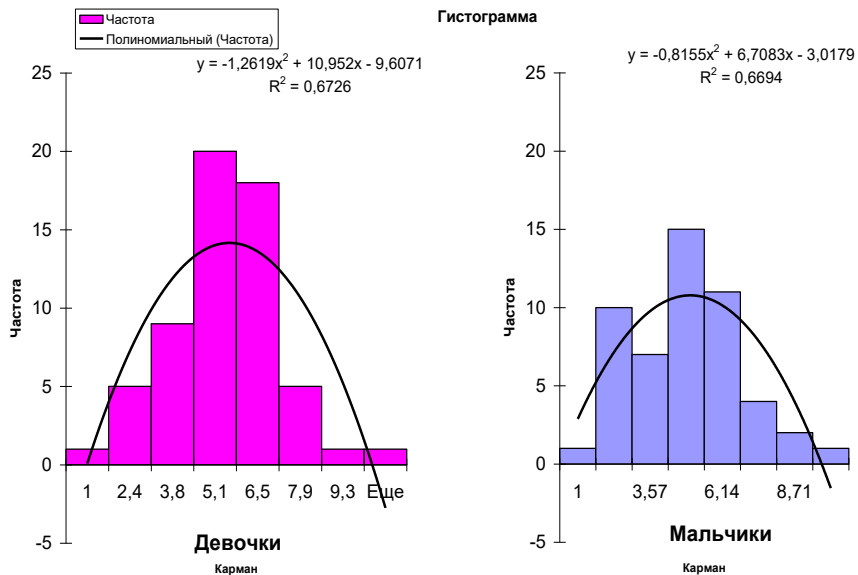


Рис. 2. Гистограмма частоты распределения величины ИНПД у девочек и мальчиков 6-7 лет.

Средние значения ИНПД у девочек встречались чаще, чем у мальчиков: в 63,3 % случаях от всей выборки у девочек и 51,0 % случаях от всей выборки у мальчиков. Эти дети испытывали средний уровень напряжения функциональных систем организма при выполнении предъявленного теста.

В то же время среди мальчиков чаще по сравнению с девочками встречались дети, у которых зарегистрирован низкий ИНПД (35,3 % случаев у мальчиков и 25,0 % – у девочек). Это дети с низкой «стоимостью» работы, которые накопили самый низкий долг и легче других перенесли нагрузку и испытывали меньшее напряжение при работе.

В процессе исследования также оценивались взаимосвязи физического и функционального развития детей. Для этого анализировались корреляционные связи между показателями физического развития детей, а также между различными зарегистрированными и рассчитанными показателями, характеризующими функциональное развитие детей (табл. 4).

В результате анализа достоверных связей между весом, ростом, содержанием жира и ЧСС покоя, ЧСС после нагрузки, ПД, ИНПД у мальчиков выявлено не было.

Между тем, у девочек выявлена слабая, но достоверная корреляционная связь между показателями физического развития (вес, рост, содержание жира) и пульсовым долгом, а также показателями физического развития и ИНПД.

Таблица 4

*Корреляционная матрица (значения коэффициентов корреляции) антропометрических и функциональных показателей у детей 6–7 лет.*

	Мальчики n=51					
	Вес (кг)	ИМТ кг/кв.м	Рост стоя (см)	Жир в кг	ЧСС Покой	ЧСС сразу п/ФН
ЧСС Покой	0,13	0,20	-0,02	0,07		
ЧСС сразу п/ФН	-0,06	0,07	-0,21	-0,21	<b>0,45</b>	
Долг 6 мин.	0,00	0,00	0,01	-0,05	-0,04	<b>0,53</b>
ИНПД 6 мин.	-0,06	-0,05	0,01	-0,12	-0,05	<b>0,55</b>
	Девочки n=60					
	Вес (кг)	ИМТ кг/кв.м	Рост стоя (см)	Жир в кг	ЧСС Покой	ЧСС сразу п/ФН
ЧСС Покой	-0,08	0,03	-0,21	-0,15		
ЧСС сразу п/ФН	0,19	0,14	0,14	0,05	<b>0,35</b>	
Долг 6 мин.	<b>0,29</b>	0,18	<b>0,28</b>	<b>0,27</b>	<b>-0,28</b>	<b>0,50</b>
ИНПД 6 мин.	<b>0,26</b>	0,12	<b>0,31</b>	<b>0,26</b>	<b>-0,29</b>	<b>0,46</b>

*Примечание: жирным шрифтом выделены достоверные значения r*

По-видимому, это свидетельствует о том, что особенности физического развития в большей степени влияют на функциональное развитие девочек, чем у мальчиков.

Как и можно было ожидать, как у мальчиков, так и у девочек, выявлена достоверная корреляционная связь средней силы между ЧСС покоя и ЧСС, зарегистрированной сразу после нагрузки.

Величина пульсового долга после работы зависит от значений ЧСС, зарегистрированных сразу после работы. Она также определяется скоростью восстановления ЧСС. Обнаружено, что пульсовый долг и ЧСС после работы связаны между собой достоверной корреляционной связью средней силы как у мальчиков, так и у девочек. В такой же зависимости между собой находятся ИНПД и ЧСС после работы.

Гендерные различия проявились в том, что у девочек, в отличие от мальчиков, обнаружилась слабая отрицательная, но достоверная связь между ЧСС покоя и пульсовым долгом, а также между ЧСС покоя и ИНПД.

Таким образом, было обнаружено, что у девочек на величину ПД может влиять большее количество факторов (из числа проанализированных нами), чем у мальчиков.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, нами не выявлены гендерные различия у детей 6-7 лет по таким показателям физического развития, как длина, масса тела и индекс массы тела Кеттле (ИМТ).

Функциональные показатели ЧСС и систолическое АД у мальчиков и девочек в этом возрасте также различались мало. Однако диастолическое АД было не-

сколько выше, а пульсовое АД меньше у девочек, чем у мальчиков, что свидетельствует о более высоком тоне кровеносных сосудов у девочек. Это выявляет уже в 6-летнем возрасте гендерные различия такого важнейшего показателя функционального состояния организма человека как сосудистый тонус.

Обнаружено также, что на величину пульсового «долга» у девочек может влиять большее количество факторов (из числа проанализированных нами), чем у мальчиков. Это свидетельствует о том, что особенности физического развития в большей степени сказываются на функциональном развитии девочек, чем мальчиков.

Физиологическая «стоимость» стандартной физической нагрузки, оцененная по ИНПД в этом возрасте, была примерно одинаковой у мальчиков и девочек. Однако у девочек наблюдали более высокие значения ЧСС по сравнению с мальчиками после окончания нагрузки. Также у девочек отмечали более медленное восстановление ЧСС и более высокий пульсовой «долг», рассчитанный за 5 мин. после работы. Поэтому реакцию организма девочек на одинаковую с мальчиками нагрузку можно считать более выраженной, если оценивать ее по совокупности рассмотренных показателей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зайцева В.В., Сонькин В.Д., Изаак С.И. Индивидуальный подход в физическом воспитании и его реализация на основе компьютерных технологий: Учеб. пособ. для студентов, магистрантов и аспирантов РГАФК. – М., 1998. – 84.

2. Корниенко, И.А. Энергетическая и физиологическая «стоимость» мышечной работы детей 7 – 17 лет / Корниенко И.А., Сонькин В.Д. // Физиология человека. – 1991. – Т.17, № 5. – С. 130-141.

3. Король, В.М. Частота сокращений сердца у подростков разного уровня полового созревания в реституционном периоде после работы до отказа / Король В.М., Сонькин В.Д., Ратушная Л.И. // Теория и практика физ. культуры. – 1985. – № 8. – С. 27.

4. Кучма В.Р., Сухарева Л.М., Рапопорт И.К., Шубочкина Е.И., Скоблина Н.А., Милушкина О.Ю. Популяционное здоровье детского населения, риски здоровью и санитарно-эпидемиологическое благополучие обучающихся: проблемы, пути решения, технологии деятельности. ФГАУ «Научный центр здоровья детей» Минздрава России, 119991, Москва . Оригинальная статья коллектив авторов, 2017 Удк 613.955:614.7doi:  
URL: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-10-990-995>

5. Сонькин В.Д., Тамбовцева Р.В. Развитие мышечной энергетики и работоспособности онтогенезе. М., 2011. – 368 с.

6. Butte NF, Puyau MR, Wilson TA, Liu Y, Wong WW, Adolph AL, et al. Role of physical activity and sleep duration in growth and body composition of preschool-aged children. *Obesity*. 2016; 24(6):1328–35.

7. Cattaneo A, Monasta L, Stamatakis E, Lioret S, Castetbon K, Frenken F, Manios Y, Moschonis G, Savva S, Zaborskis A, et al: Overweight and obesity in infants and pre-school children in the European Union: a review of existing data. *Obes Rev* 2010, 11(5):389-398.

8. Dollman J, Norton K, Norton L: Evidence for secular trends in children's physical activity behaviour. *Br J Sports Med* 2005, 39(12):892-897.
9. Kelly T, Yang W, Chen CS, Reynolds K, He J: Global burden of obesity in 2005 and projections to 2030. *Int J Obes (Lond)* 2008, 32(9):1431-1437. doi: 10.1038/ijo.2008.102. Epub 2008 Jul 8.
10. Larson J.N., Brusseau T.A., Chase B., Heinemann A., Hannon J.C. Youth Physical Activity and Enjoyment during Semi-Structured versus Unstructured School Recess // *Open Journal of Preventive Medicine*. – Vol.4. – No.8, August 18, 2014. – P. 631-639.
11. Martínez-Andrés, M., García-López, Ú., Gutiérrez-Zornoza, M. et al. Barriers, facilitators and preferences for the physical activity of school children. Rationale and methods of a mixed study. Published: 14 September 2012 *BMC Public Health*. Volume 12, Article number: 785 (2012). doi:10.1186/1471-2458-12-785.
12. Metallinos-Katsaras ES, Freedson PS, Fulton JE, Sherry B: The association between an objective measure of physical activity and weight status in preschoolers. *Obesity (Silver Spring)* 2007, 15(3):686-694.
13. Roth K, Ruf K, Obinger M, Mauer S, Ahnert J, Schneider W, Graf C, Hebestreit H: Is there a secular decline in motor skills in preschool children? *Scand J Med Sci Sports* 2010, 20(4):670-678.
14. Timmons BW, LeBlanc AG, Carson V, Connor Gorber S, Dillman C, Janssen I, et al. Systematic review of physical activity and health in the early years (aged 0–4 years). *Appl Physiol Nutr Metab*. 2012;37(4):773–92.

## REFERENCES

1. Zajceva V.V., Son`kin V.D., Izaak S.I. Individual`ny`j podxod v fizicheskom vospitanii i ego realizaciya na osnove komp`yuterny`x texnologij: Ucheb. posob. dlya studentov, magistrantov i aspirantov RGAFK. – M., 1998. – 84.
2. Kornienko, I.A. E`nergeticheskaya i fiziologicheskaya «stoimost`» my`shechnoj raboty` detej 7 – 17 let / Kornienko I.A., Son`kin V.D. // *Fiziologiya cheloveka*. – 1991. – T.17, № 5. – S. 130-141.
3. Korol`, V.M. Chastota sokrashenij serdca u podrostkov raznogo urovnya polovogo sozrevaniya v restitucionnom periode posle raboty` do otkaza / Korol` V.M., Son`kin V.D., Ratushnaya L.I. // *Teoriya i praktika fiz. kul`tury`*. – 1985. – № 8. – S. 27.
4. Kuchma V.R., Suxareva L.M., Rapoport I.K., Shubochkina E.I., Skoblina N.A., Milushkina O.Yu. Populyacionnoe zdorov`e detskogo naseleniya, riski zdorov`yu i sanitarno-e`pidemiologicheskoe blagopoluchie obuchayushhixsya: problemy`, puti resheniya, texnologii deyatel`nosti. FGau «Nauchny`j centr zdorov`ya detej» Minzdrava Rossii, 119991, Moskva . Original`naya stat`ya kolektiv avtorov, 2017 Udk 613.955:614.7doi: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-10-990-995>
5. Son`kin V.D., Tambovceva R.V. Razvitie my`shechnoj e`nergetiki i rabotosposobnosti ontogeneze. M., 2011. – 368 s.

## СОСТОЯНИЕ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ КРОВИ У ЮНОШЕЙ ПРИ ТАБАКОКУРЕНИИ И ПОСЛЕ ОТКАЗА ОТ НЕГО

О.А. Гурова<sup>1</sup>

Российский университет дружбы народов, Москва

*Состояние микроциркуляции крови в конъюнктиве глазного яблока и коже кисти у юношей 17-20 лет изучалось после выкуривания ими сигареты и через неделю после отказа от курения. Использовались методы биомикроскопии и лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ). После выкуривания сигареты наблюдается сужение микрососудов и замедление кровотока. Кратковременный отказ от курения табака способствует улучшению состояния микроциркуляции крови в тканях. Наблюдается улучшение перфузии тканей кровью вследствие открытия дополнительных капилляров, ускорения кровотока и увеличения потребления кислорода тканями.*

**Ключевые слова:** микроциркуляция крови, курение табака, юноши, лазерная доплеровская флоуметрия.

**Blood microcirculation in young men when smoking and after giving up smoking.** *The paper presents the study of blood microcirculation in conjunctiva and hand skin in young men aged 17-20 y.o. after smoking a cigarette and after a week of not smoking. Biomicroscopy and laser Doppler flowmetry (LDF) techniques were used. After smoking a cigarette, micro-vessels narrowed and the blood flow slowed down. Giving up tobacco smoking for a short period of time contributes to better tissue blood microcirculation. Blood perfusion improves because additional capillaries open up, blood flow accelerates, and tissue oxygen consumption increases.*

**Keywords:** blood microcirculation, tobacco smoking, young men, laser Doppler flowmetry.

Курение табака – один из главных факторов, ухудшающих здоровье человека [1; 6-9]. В настоящее время строгие правила, ограничивающие курение в общественных местах, способствуют отказу от курения людей разного возраста.

Микрососуды осуществляют транспорт биологических жидкостей в тканях и транскапиллярный обмен, поэтому любые неблагоприятные изменения в системе микроциркуляции крови влияют на гомеостаз и функционирование тканей и органов [2; 3]. Содержащийся в табачном дыме никотин вызывает сужение артерий и приводит к кислородному голоданию тканей [1; 6; 8]. Длительное употребление табака ведет к стойкому уменьшению кровенаполнения органов и снижению интенсивности кровотока в них. В микроциркуляторном русле происходит существенное замедление кровотока, наблюдается внутрисосудистая агрегация эритроцитов, появляются такие феномены как клубочки и микроаневризмы, капиллярная перфузия нарушается [7; 8].

**Цель исследования** - изучить влияние выкуривания сигареты на состояние микроциркуляции крови у курильщиков юношеского возраста, а также изменения в микрососудах при отказе от курения.

---

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

## ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании приняли участие 15 практически здоровых юношей в возрасте от 17 до 20 лет. Стаж курения у испытуемых составлял от 3 до 7 лет. При первом исследовании состояние микроциркуляции крови изучалось до и после выкуривания испытуемым сигареты. Затем испытуемые отказывались от курения на одну неделю, по окончании которой у них снова провели исследование всех показателей.

Состояние микроциркуляции крови изучалось с помощью методов биомикроскопии конъюнктивы глазного яблока (КГЯ) на фотошелевой лампе («Карл Цейсс», Германия) [3] и лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) в коже 4-го пальца кисти на аппарате «ЛАКК-ОП» (НПП «Лазма», Москва) [4,5]. ЛАКК-ОП позволяет использовать ЛДФ в сочетании с оптической тканевой оксиметрией (ОТО) и пульсоксиметрией. Методом ЛДФ определяли величину перфузии тканей кровью, а также мощность отдельных гармонических составляющих колебаний кровотока, что позволяет получить информацию о соотношении различных механизмов в регуляции микроциркуляции. Методом ОТО оценивалась сатурация крови кислородом в микроциркуляторном русле и относительный объем фракции эритроцитов в области исследования. С помощью пульсоксиметрии определяли насыщение кислородом артериальной крови. Запись ЛДФ-грамм производили в течение 5 мин в состоянии покоя сидя; при исследовании микроциркуляции проводили дыхательную пробу для определения резерва капиллярного кровотока (РКК). У всех испытуемых до и после выкуривания сигареты измеряли артериальное давление. Полученные результаты обработаны методами вариационной статистики.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

После выкуривания сигареты у испытуемых наблюдается повышение артериального давления: систолического с  $121 \pm 1$  до  $140 \pm 2$  мм рт.ст., диастолического с  $82 \pm 1$  до  $98 \pm 3$  мм рт.ст. Частота сердечных сокращений меняется с 74 до 77 ударов в минуту.

Состояние микроциркуляторного русла КГЯ у обследованных юношей до курения характеризовалось быстрым гомогенным током крови по микрососудам, нормальными артериоло-венулярными отношениями диаметров микрососудов, высокой плотностью капилляров, отсутствием агрегатов эритроцитов. После выкуривания сигареты в течение первых 5 минут в КГЯ отмечается достоверное сужение микрососудов артериолярного звена и ослабление капиллярного кровотока. Скорость кровотока снижается, появляется его зернистость, а в посткапиллярных венулах в ряде случаев наблюдаются агрегаты эритроцитов. Изменения нарастают к 10 мин после окончания курения, затем ослабевают, но остаются заметны и через 15 мин.

Морфометрический анализ показал, что на 5 мин после курения достоверно ( $p \leq 0,05$ ) на 10-13 % сужается просвет прекапиллярных артериол и капилляров, диаметр которых остается уменьшенным и через 15 минут. Просвет сосудов посткапиллярно-венулярного звена после выкуривания сигареты уменьшается в



среднем на 5-7 %. Это приводит к снижению артериоло-веноулярного коэффициента на 13 %. Агрегаты эритроцитов в посткапиллярах и венулах КГЯ на 5-й минуте после выкуривания сигареты встречаются в 35,8 % случаев, на 15-й минуте – в 28,6 % наблюдений. Описанные изменения свидетельствуют об ухудшении кровоснабжения КГЯ в результате курения. Поскольку изменения в микроциркуляторном русле КГЯ носят системный характер [2], можно говорить о неблагоприятном влиянии курения на микроциркуляцию в других тканях организма.

По данным ЛДФ, в состоянии микроциркуляции крови в коже кисти после курения наблюдается уменьшение уровня перфузии: показатель микроциркуляции (ПМ) снижается с  $17,7 \pm 2,4$  до  $13,7 \pm 2,9$  пф.ед. (на 23 %). Наблюдается возрастание активности таких механизмов регуляции микрокровотока, как нейрогенного симпатического (показатель Ан/СКО) - с  $0,37 \pm 0,04$  до  $0,58 \pm 0,05$  (на 57 %), эндотелиального (показатель Аэ/СКО) – с  $0,30 \pm 0,05$  до  $0,39 \pm 0,05$  усл.ед (на 30 %). В целом напряженность функционирования регуляторных систем, характеризуемая коэффициентом вариации микрокровотока  $K_v$ , увеличивается после курения в 2 раза: с  $10,2 \pm 2,9$  до  $20,9 \pm 4,8$  %.

Таким образом, выкуривание сигареты приводит к снижению притока крови в микроциркуляторное русло кожи и КГЯ вследствие активизации симпатического контура регуляции микроциркуляции.

Через неделю после отказа от курения у испытуемых наблюдалось снижение артериального давления: систолического на 5 %, диастолического - на 6 %. ЧСС не изменилась.

В состоянии микроциркуляции крови в КГЯ после отказа от курения даже в течение одной недели наблюдается тенденция к увеличению плотности функционирующих капилляров и усилению гомогенности кровотока. Агрегаты эритроцитов в посткапиллярах и венулах КГЯ встречаются у обследованных юношей менее чем в 10 % случаев.

По данным ЛДФ, также заметно усиление интенсивности кровотока: уровень перфузии тканей кровью (ПМ) увеличивается на 18 %. Резерв капиллярного кровотока (РКК) возрастает с  $110 \pm 26$  до  $130 \pm 7$  %, что свидетельствует об открытии дополнительных капилляров в результате уменьшения тонуса приносящих артериол. Усиление микроциркуляции приводит к увеличению индекса удельного потребления кислорода в ткани (I) на 37 %. Анализ амплитудно-частотного спектра ЛДФ-грамм свидетельствует, что активность механизмов регуляции микрокровотока несколько снижается: величина показателя Ан/СКО - на 22 %, Аэ/СКО – на 14 %.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования свидетельствуют, что даже кратковременный отказ от курения табака способствует улучшению состояния микроциркуляции крови в тканях, что происходит, в первую очередь, за счет ослабления симпатических влияний на сердце и сосуды. На уровне микрососудов наблюдается улучшение перфузии тканей кровью вследствие открытия дополнительных капилляров, ускорения кровотока и увеличения потребления кислорода тканями.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гурова О.А. Влияние табакокурения на состояние микроциркуляции крови у юношей // XXIV Международная научно-практическая конференция по проблемам физического воспитания учащихся «Человек, здоровье, физическая культура и спорт в изменяющемся мире». – Коломна: МГОСГИ, 2014. – С. 42-45.
2. Козлов В.И. Развитие системы микроциркуляции. М.: РУДН, 2012. 314 с.
3. Козлов В.И. Капилляроскопия в медицинской практике. – М.: Практическая медицина, 2015. – 232 с.
4. Козлов В.И., Азизов Г.А., Гурова О.А., Литвин Ф.Б. Лазерная доплеровская флоуметрия в оценке состояния и расстройств микроциркуляции крови. – М.: ГНЦ лазерной медицины, 2012. – 32 с.
5. Крупаткин А.И., Сидоров В.В. Функциональная диагностика состояния микроциркуляторно-тканевых систем. Колебания, информация, нелинейность. Руководство для врачей. – М.: Либроком, 2014. – 498 с.
6. Курение и его воздействие на организм человека (подростково-юношеский возраст). – Ташкент: Фан, 1991. – 92 с.
7. Погосова Н.В., Аушева А.К., Курсаков А.А., Суворов С.В., Полярус М.А. Контроль факторов риска развития сердечно-сосудистых заболеваний: консультирование по отказу от курения // Кардиология. – 2014. – Т.54, № 12. – С. 80-85.
8. Попова Г.А. Влияние курения на физическое развитие, состояние вегетативной и сердечно-сосудистой систем у юношей: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Киров, 2009. – 24 с.
9. Ткаченко Г.Б. Обоснование необходимости присоединения России к Рамочной конвенции по борьбе против табака // Профилактика заболеваний и укрепление здоровья. – 2006. – № 2. – С 30-31.

## REFERENCES

1. Gurova O.A. Vliyaniye tabakokureniya na sostoyaniye mikrocirkulyacii krovi u yunoshej (Influence of tobacco smoking on the state of blood microcirculation in young men) // XXIV Mezhdunaradnoya nauchno-prakticheskaya konferenciya po problemam fizicheskogo vospitaniya uchashchihsya «Chelovek, zdorov'e, fizicheskaya kul'tura i sport v izmenyayushchemsya mire». – Kolomna: MGOSGI, 2014. – S. 42-45.
2. Kozlov V.I. Razvitiye sistemy mikrocirkulyacii (Development of microcirculation system). – M.: RUDN, 2012. – 314 s.
3. Kozlov V.I. Kapillyaroskopiya v medicinskoj praktike (Capillary in medical practice). – M.: Prakticheskaya medicina, 2015. –232 s.
4. Kozlov V.I., Azizov G.A., Gurova O.A., Litvin F.B. Lazernaya dopplerovskaya floumetriya v ocenke sostoyaniya i rasstrojstv mikrocirkulyacii krovi (Laser Doppler floumetry in assessing the condition and disorders of blood microcirculation). – M.: GNC lazernoj mediciny, 2012. – 32 s.
5. Krupatkin A.I., Sidorov V.V. Funkcional'naya diagnostika sostoyaniya mikrocirkulyatorno-tkanevykh sistem. Kolebaniya, informaciya, nelinejnost'. Rukovodstvo dlya vrachej (Functional diagnostics of the state of microcirculatory tissue systems.

Fluctuations, information, nonlinearity. The management for doctors). – M.: Librokom, 2014. – 498 s.

6. Kurenje i ego vozdejstvie na organizm cheloveka (podrostkovo-yunosheskij vozrast) (Smoking and its effect on the human body (adolescent and youth age)). – Tashkent: Fan, 1991. – 92 s.

7. Pogosova N.V., Ausheva A.K., Kursakov A.A., Suvorov S.V., Polyarus M.A. Kontrol' faktorov riska razvitiya serdechno-sosudistyh zabojevanij: konsul'tirovanie po otkazu ot kureniya (Control of risk factors for the development of cardiovascular diseases: counselling on smoking refusal) // Kardiologiya (Cardiology). – 2014. – T.54, № 12. – S. 80-85.

8. Popova G.A. Vliyanie kureniya na fizicheskoe razvitie, sostoyanie vegetativnoj i serdechno-sosudistoj sistem u yunoshej (Influence of smoking on physical development, state of vegetative and cardiovascular systems in young men): Avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. – Kirov, 2009. – 24 s.

9. Tkachenko G.B. Obosnovanie neobhodimosti prisoedineniya Rossii k Ramochnoj konvencii po bor'be protiv tabaka (Rationale for Russia 's Accession to the Framework Convention on Tobacco Control) // Profilaktika zabojevanij i ukreplenie zdorov'ya (Disease Prevention and Health Promotion). – 2006. – №2. – S. 30-31.

# ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА ПОДРОСТКОВ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ УМСТВЕННОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

Г.А. Сугрובה<sup>\*1</sup>. Ю.Н. Комкова<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup> ФГБОУ ВО Пензенский государственный университет

<sup>\*\*</sup> ФГБНУ «Институт возрастной физиологии РАО», Москва

В статье представлены результаты исследований особенностей динамики функционального состояния (ФС) организма учащихся 8-11-х классов в процессе их учебной деятельности. Оценка ФС организма подростков осуществлялась по показателям умственной работоспособности с помощью буквенной таблицы Анфимова. Проведен анализ объема и качества выполнения корректурной пробы, индивидуальной оценки работы, а также продуктивности выполнения (Q) задания. ФС оценивалось по индивидуальным сдвигам в состоянии нервной системы.

Установлены разнонаправленные изменения показателей умственной работоспособности и функционального состояния организма у мальчиков и девочек в зависимости от класса обучения в течение учебного дня.

Анализ динамики функционального состояния организма у девочек подросткового возраста выявил наиболее выраженные неблагоприятные изменения у восьмиклассниц. Девочки этого класса обучения демонстрировали низкую продуктивность выполнения теста как в начале ( $Q=6,7\pm 0,3$ ), так и в конце учебного дня ( $Q=5,7\pm 0,4$ ), по сравнению с девочками старших классов ( $Q=7,5\pm 0,3$  и  $6,1\pm 0,3$  соответственно).

Динамика изменения функционального состояния мальчиков в течение учебного дня отличалась от девочек по продуктивности выполнения корректурной пробы. Точность выполнения работы отличалась в сторону преобладания ошибок у восьмиклассников, как в начале, так и в конце учебного дня ( $p<0,05$ ). К концу учебного дня выраженное утомление наблюдалось у 71,79 % мальчиков 9 класса обучения.

**Ключевые слова:** подростки, функциональное состояние организма, умственная работоспособность, класс обучения.

**Dynamics of the functional state of the organism of adolescents depending on the mental performance.** The article presents the research results of the functional state (FS) dynamics in 8-11-grade students during their studies. The assessment of the FS of the body was carried out with the help of Anfimov letter table that measures mental performance. The analysis included the volume and quality of test, individual assessment of the work, as well as the quality of the performance (Q) of the task. FS was assessed according to the individual shifts in the state of the nervous system.

Multidirectional changes of mental performance and the functional state of the body in boys and girls during the school day were established depending on the grade.

The analysis of the body FS dynamics in adolescent girls revealed the most pronounced negative changes in eighth graders. The girls in this group demonstrated low test productivity at the beginning ( $Q = 6.7 \pm 0.3$ ) and at the end of the school day ( $Q =$

---

Контакты: <sup>1</sup> Сугрובה Г.А. – E-mail: <sugrobovaga@mail.ru>

5.7 ± 0.4), compared with the high-school girls ( $Q = 7.5 \pm 0.3$  and  $6.1 \pm 0.3$ , respectively).

*The dynamics of changes in the functional state of boys during the school day differed from girls in productivity. Eight graders made more errors both at the beginning and at the end of the school day ( $p < 0.05$ ). By the end of the school day, severe fatigue was observed in 71.79 % of boys in grade 9.*

**Keywords:** adolescents, functional state, mental performance, training class.

Вопросы сохранения умственной работоспособности и поддержания её на высоком уровне актуальны и в настоящее время в связи с реформой школьного образования. Одна из самых сложных проблем – достижение оптимального соответствия объема и сложности учебной информации функциональным возможностям школьников. Перегрузка учебного процесса многими дисциплинами и в связи с этим малоподвижный образ жизни являются главными причинами снижения функциональных ресурсов и нарушения механизмов адаптации ещё несформировавшегося организма обучающихся. Эти проблемы усиливаются у подростков на фоне нейрогуморальных изменений, сопровождающих период полового созревания.

Для современной школы характерно увеличение объёма изучаемой информации, ее усложнение. Параллельно с этим идёт процесс компьютеризации обучения, который требует большей концентрации внимания, большей активации зрительного восприятия. Для получения оптимального результата в любой деятельности на уровне организма образуются функциональные системы, эффективность которых будет определяться не только конечным результатом, но и балансом функционального напряжения организма и последующим его восстановлением. Высокие требования, предъявляемые к результату образования, приводят к включению всё большего числа систем и подсистем, что увеличивает энергозатраты и снижает восстановительные ресурсы ещё растущего организма. Умственная работоспособность – это наиболее информативный и естественный показатель, по которому можно объективно судить об эффективности учебной деятельности. Её уровень определяется скоростью или функциональной подвижностью нервных процессов, соответствующей мотивацией, развитием специальных знаний, умений и навыков [1; 2; 3; 9]. Существенное влияние на показатели умственной работоспособности оказывают и внешние факторы, такие как условия и режим труда и отдыха. Умственная работоспособность изменяется с возрастом: достигая оптимального уровня к 9-10 годам, она дестабилизируется в период полового созревания под влиянием гормональных изменений [1; 8; 11; 12; 14]. Согласно многочисленным данным, наблюдаются различия между мальчиками и девочками в эффективности учебной деятельности, в том числе за счёт более ранних сроков созревания ЦНС у девочек [13].

Динамика умственной работоспособности связана с динамикой ФС организма: так по индивидуальным сдвигам в состоянии нервной системы можно оценить индивидуальные психофизиологические затраты на выполнение заданий. Значительное влияние на формирование функционального состояния человека оказывает адекватность выполняемой деятельности [6; 14], а также наличных или потен-

циальных возможностей индивида выполнять целесообразную деятельность на заданном уровне эффективности в течение определенного времени.

В различных исследованиях было показано, что при увеличении продолжительности или усложнении любой деятельности (физической, или интеллектуальной) развивается напряжение различных систем организма, его утомление [8; 10; 12; 14]. Одной из основных задач изучения адаптации детей и подростков к обучению является исследование динамики умственной работоспособности, отражающей степень развивающегося утомления, и предупреждение переутомления.

Поэтому проведение исследований по проблеме снижения функциональных возможностей у подростков в учебной деятельности представляет не только теоретический интерес, но и большую практическую значимость.

Цель настоящего исследования заключалась в определении особенностей функционального состояния организма подростков, обучающихся в 8-11 классах, через показатели умственной работоспособности и их динамику

Для её реализации необходимо было решить следующие задачи:

- проведение экспериментального исследования показателей умственной работоспособности обучающихся 8-11 классов в течение учебного дня;
- изучение особенностей умственной работоспособности подростков;
- анализ индивидуальных сдвигов в состоянии нервной системы.

Полученные данные могут стать критериями общей нагрузки учащихся, рациональности учебных занятий, в которых осуществляется педагогический поиск более совершенных форм и методов учебной работы, что особенно важно для школы. Это позволит внести коррективы в нормирование учебной нагрузки, более рационально организовать обучение, а также весь режим дня и недели, что будет способствовать повышению работоспособности и сохранению здоровья учащихся.

## **ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Исследование проводилось в образовательном учреждении г. Пензы. В исследовании приняли участие 194 школьника (104 мальчика, 90 девочек) 8-11 классов.

Все дети, согласно данным медицинских карт, относились к I-II группам здоровья. Исследование проводили с письменного разрешения родителей в первой половине дня (с 9 до 13 часов), в период наиболее успешной когнитивной деятельности.

Изучение работоспособности проводилось в условиях естественного эксперимента путем дозированных заданий с помощью корректурных бланков В.Я. Анфимова.

Оценка функционального состояния детей проводилась перед первым уроком, после третьего и после шестого. Данные, полученные перед первым уроком, принимались за исходные.

Перед выполнением задания детям предъявлялась следующая инструкция: «Внимательно просматривая все буквы в каждой строке слева на право, зачеркнуть среди них две буквы (например, букву А и Е)». Задание было записано на доске. Опрашивались дети, как они поняли задание. После этого давалась команда

«Начали работу» и засекалось время. Время выполнения задания составляло 2 минуты. По команде «Закончили» испытуемые приостанавливали работу. На том месте, где ученик заканчивал работу, он должен был сделать отметку.

Оценка работоспособности включала анализ следующих показателей: объем и качество выполнения корректурных проб; индивидуальная оценка выполнения работы, степень утомления.

**Объём и качество работы** оценивались по количественным (число просмотренных знаков при фиксированном временном отрезке) и качественным показателям (число относительных ошибок (в пересчёте на 100 знаков)). По числу ошибок в пересчете на постоянный объем работы определяли продуктивность выполнения заданий.

По всем исходным данным вычислялась средняя арифметическая ( $X$ ) и среднее квадратичное отклонение ( $\pm s$ ) для количества прослеженных знаков (количественный показатель) и количества ошибок на 100 прослеженных знаков (качественный показатель). Величина  $X \pm s$  для каждого показателя условно принималась за «норму» в данный момент времени. Оценка выполнения корректурного теста включала анализ скорости и точности ее выполнения (Табл. 1).

Высокие показатели выполнения корректурной пробы свидетельствовали о высокой продуктивности, и указывали на высокий уровень работоспособности.

Удовлетворительная работа – низкая продуктивность и низкий уровень работоспособности. Неудовлетворительная работа – низкая продуктивность и низкий уровень работоспособности.

Таблица 1

Оценка скорости и точности выполнения корректурной пробы

<b>ТОЧНОСТЬ</b> <b>СКОРОСТЬ</b>	<b>ХОРОШАЯ</b> (количество ошибок $< x - \sigma$ )	<b>СРЕДНЯЯ</b> (количество ошибок в пределах $< x \pm \sigma$ )	<b>ПЛОХАЯ</b> (количество ошибок $> x + \sigma$ )
<b>ХОРОШАЯ</b> (кол-во знаков $> X + \sigma$ )	11	12	13
<b>СРЕДНЯЯ</b> (кол-во знаков в пределах $X \pm \sigma$ )	21	22	23
<b>ПЛОХАЯ</b> (кол-во знаков $< X - \sigma$ )	31	32	33

При оценке состояния коллектива учитывалось процентное распределение работ по их качеству при комплексной оценке и, кроме того, определяется коэффициент преобладания «П».

$$П = \frac{\text{количество отличных и хороших работ}}{\text{количество неудовлетворительных и плохих работ}}$$

Для оценки динамики функционального состояния центральной нервной системы учащихся определялась **индивидуальная оценка выполнения работы и**

**степень утомления**, которая включала изменения скорости и точности выполнения работы от 1-го урока к 3-му, от 3-го к последнему (Табл. 2). Для этого используется схема оценки индивидуальных сдвигов, где каждому сочетанию изменений скорости и точности присваивается определенный номер сдвига. В схеме «+» означает увеличение, «-» – уменьшение, «0» – отсутствие изменений. При этом функциональное состояние считалось *без изменений*, если количество просмотренных знаков и допущенных ошибок оставалось прежним. *Врабатывание* характеризовалось увеличением скорости и точности работы. Уменьшение количества ошибок и снижение скорости или увеличение этих показателей свидетельствовало о *первых признаках утомления*. Если количество просмотренных знаков уменьшалось, а количество ошибок возрастало, то речь шла о *выраженном утомлении*.

Таблица 2

Схема оценки индивидуальных сдвигов при выполнении корректурных проб

№ сдвига	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Изменение кол-ва прослеженных знаков	0	0	+	+	-	+	-	0	-
Изменение кол-ва ошибок на 100 знаков	0	-	0	-	-	+	0	+	+
Функциональное состояние	Без изменения	Врабатывание			Первые признаки утомления				Выраженное утомление

Благоприятный сдвиг

За отсутствие изменений условно принимается изменение количества прослеженных знаков в пределах  $\pm 5\%$  от большего значения и изменение количества ошибок в пределах  $\pm 0,5\%$  на 100 прослеженных знаков.

При оценке умственной работоспособности учитывают показатель продуктивности «Q», который включает качественные и количественные параметры выполнения задания [9].

Расчет коэффициента продуктивности «Q» проводится по формуле:

$$Q = c^2 / c+d, \text{ где}$$

c – количество просмотренных строк,

d – количество ошибок (ошибки в этом случае не стандартизируются). Каждая пропущенная строка исключается из общего числа просмотренных строк, но считается за одну допущенную ошибку и прибавляется к общему числу ошибок.



Статистический анализ включал вычисления следующих параметров: среднего арифметического ( $M$ ), ошибки среднего ( $\pm m$ ), среднего квадратического отклонения ( $\delta$ ). Достоверность различий между группами определяли с помощью  $t$ -критерия Стьюдента и критерия  $\chi^2$ . Значимыми считались отличия при  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

### Объем, качество и продуктивность выполнения корректурного теста

Объем, качество и продуктивность выполнения теста у мальчиков и девочек представлены в табл. 3 и 4.

Как видно из табл. 3, скорость выполнения задания у девочек вне зависимости от класса обучения к 3-му уроку возрастает ( $p < 0,05$ ), а к концу учебного дня наблюдается утомление, что мы наблюдали по снижению данного количественного показателя ( $p < 0,05$ ). Анализ точности выполнения теста выявил самые низкие показатели у девочек 8-го класса обучения ( $p < 0,05$ ), как в начале, так и в конце учебного дня.

На основе полученных показателей точности и скорости выполнения корректурной пробы, мы рассчитали коэффициент продуктивности ( $Q$ ).

Анализ данных, полученных в результате эксперимента, показал, что  $Q$  выполнения задания в начале урока у девочек 10-11 классов заметно превышал этот показатель, по сравнению с остальными группами девочек. В середине учебного дня значение коэффициента продуктивности у учащихся 8-9-х классов снизилось, и по-прежнему оставалось ниже, чем у девочек 10-11 классов. При этом у детей старшей группы (10-11 класс) анализируемый показатель увеличивался, по сравнению с исходным, а в конце учебного дня снижался, но по-прежнему оставался выше, чем у учащихся 8-9 классов.

Таблица 3

Динамика показателей выполнения корректурных проб девочками

Показатели класс	N	$X_{cp.}$			$x_{cp.}$			$Q_{cp.}$		
		До уро- ков	3 урок	После уроков	До уроков	3 урок	После уроков	До уроков	3 урок	После уроков
8-е классы	23	359,8±	387,7±	370,4±	0,99±	1,46±	1,8±	6,7±	6,5±	5,7±
		15,6	17,2	18,7	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4
9-е классы	39	348±	367,1±	353,4±	0,64±	1,04±	1,57±	7,1±	7±	5,9±
		16,3	13,6	12,2	0,1	0,2	0,2	0,4	0,3	0,3
10-11 классы	28	361,1±	391,3±	362,6±	0,61±	0,8±	1,3±	7,5±	7,6±	6,1±
		9,4	9,2	13,5	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3

Примечание:  $X_{cp.}$  – показатель средней точности выполнения,  $x_{cp.}$  – показатель средней ошибки выполнения,  $Q_{cp.}$  – показатель средней продуктивности.

Таблица 4

## Динамика показателей выполнения корректурных проб мальчиками

Показатели класс	N	X <sub>ср.</sub>			x <sub>ср.</sub>			Q <sub>ср.</sub>		
		До уроков	3 урок	После уроков	До уроков	3 урок	После уроков	До уроков	3 урок	После уроков
8-е классы	30	367,7 ±12,8	398,1 ±12,6	401,5 ±11,4	0,91± 0,2	1,2± 0,2	1,5± 0,2	7± 0,3	7± 0,3	6,8± 0,3
9-е классы	39	370,9 ±15,7	382,6 ±11,7	367,6 ±13,1	0,61± 0,1	0,64± 0,1	1,17± 0,1	7,8± 0,4	7,8± 0,3	6,4± 0,3
10-11 классы	35	322,7 ±7,7	353,9 ±11,3	359,9 ±19,6	0,79± 0,1	1,06± 0,1	1,4± 0,2	6,4± 0,3	6,4± 0,3	6,2± 0,5

Аналогичный анализ исследуемых показателей выполнения корректурного теста проведен у мальчиков. Как видно из табл.4, скорость выполнения работы в начале учебного дня была значимо выше ( $p < 0,05$ ) у учащихся 8-х и 9-х классов (соответственно  $X_{ср.} = 367,7 \pm 12,8$ ;  $X_{ср.} = 370,9 \pm 15,7$ ), по сравнению со старшеклассниками ( $X_{ср.} = 322,7 \pm 7,7$ ).

Точность выполнения работы отличалась в сторону преобладания ошибок у восьмиклассников, как в начале ( $x_{ср.} = 0,91 \pm 0,2$ ), так и в конце учебного дня ( $x_{ср.} = 1,48 \pm 0,2$ ) ( $p < 0,05$ ).

К концу учебного дня у учащихся 9-х классов темп незначительно снизился ( $X_{ср.} = 367,6 \pm 13,1$ ), по сравнению с мальчиками 8-х и старших классов. У них темп возрос: 8 классы ( $X_{ср.} = 401,5 \pm 11,4$ ), 10-11 классы ( $X_{ср.} = 359,9 \pm 19,6$ ) (табл. 4).

Продуктивность выполнения теста также имела свои особенности у подростков в зависимости от класса обучения. Так, у мальчиков 9-х классов исходные показатели продуктивности существенно превышают аналогичный показатель продуктивности, который демонстрируют мальчики 8, 10-11 классов. После проведения эксперимента в середине учебного дня наблюдается незначительное увеличение коэффициента у всех мальчиков. В конце учебного дня продуктивность значительно снижается во всех группах, но у учащихся 9-х классов это снижение наиболее заметно. Это можно объяснить тем, что в начале и в середине учебного дня коэффициент Q был значительно выше, чем у других учащихся (мальчиков) (Табл.4).

### Индивидуальная оценка выполнения корректурного теста и степень утомления

Результаты комплексной оценки выполнения задания показывают положительную динамику функционального состояния центральной нервной системы (ЦНС) у девочек. Как видно из рис.1, в середине учебного дня, число восьмиклассниц, у которых наблюдался благоприятный сдвиг ЦНС (т.е., вошедших в фазу вработывания), составляло 21,43 %. В 9 классе количество таких детей было зарегистрировано значительно больше, а у старшеклассниц этот показатель выше, чем у учащихся 8 класса, но ниже, чем в 9 классе – 26,09 % .

В конце учебного дня у девочек вне зависимости от класса обучения наблюдалось преобладание тех, у кого проявлялось выраженное утомление. (Рис.1).

Исходя из динамики функционального состояния, отображенной на рисунке 1, наиболее выраженные негативные изменения отмечаются среди восьмиклассниц. Несмотря на то, что к середине учебного дня доля восьмиклассниц с выраженными признаками утомления значительно ниже, чем в других классах, после уроков среди девочек 8-х классов увеличивается доля тех, у кого наблюдается вторая стадия утомления ( $\chi^2=10,84$ ;  $p=0,001$ ).

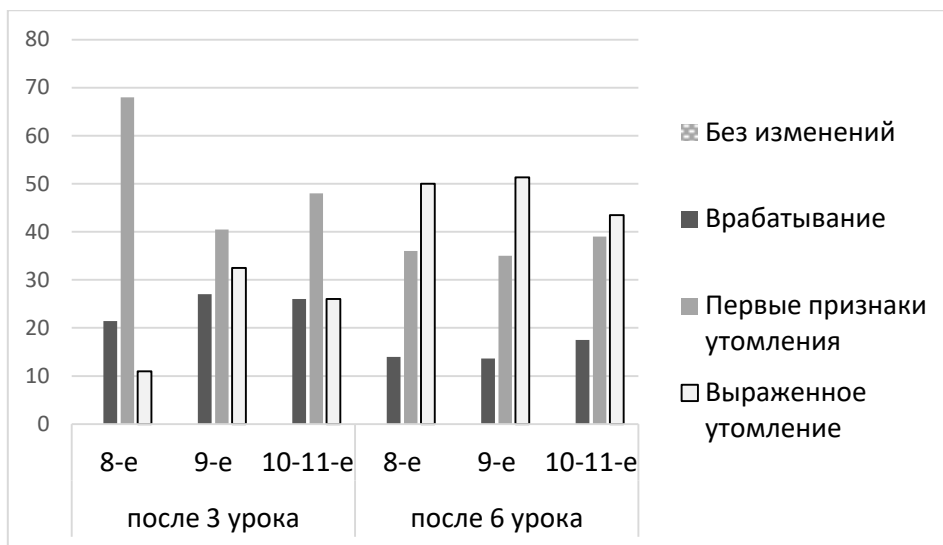


Рис. 1. Распределение учащихся (девочек) по изменению функционального состояния от начала к концу учебного дня.

Результаты комплексной оценки анализируемых показателей у мальчиков показали благоприятный сдвиг в середине учебного дня у 28,57 % восьмиклассников и 26,67 % старшекласников, что сравнительно больше, чем у их сверстниц ( $\chi^2=10,84$ ;  $p=0,001$ ). Среди учащихся 9-х классов оказалось наибольшее количество подростков с благоприятным сдвигом – 43,59 % ( $\chi^2=6,82$ ;  $p=0,009$ ).

Важно отметить, что к концу учебного дня наблюдалось выраженное утомление у большинства мальчиков 9-х классов – 71,79 %, тогда как у восьмиклассников только у 31,43 % подростков, а у старшекласников – 36,67 % (Рис. 2).

Ухудшение показателей работоспособности у мальчиков в 9-х подтверждается снижением коэффициента преобладания отличных и хороших работ над плохими и неудовлетворительными к концу учебного дня – «П» (рис. 3). Можно было бы предположить, что на таких результатах сказалось снижение мотивации у подростков, но анализ изменения ФС к концу учебного дня выявил значимое увеличение числа мальчиков в состоянии выраженного утомления (Рис. 1).

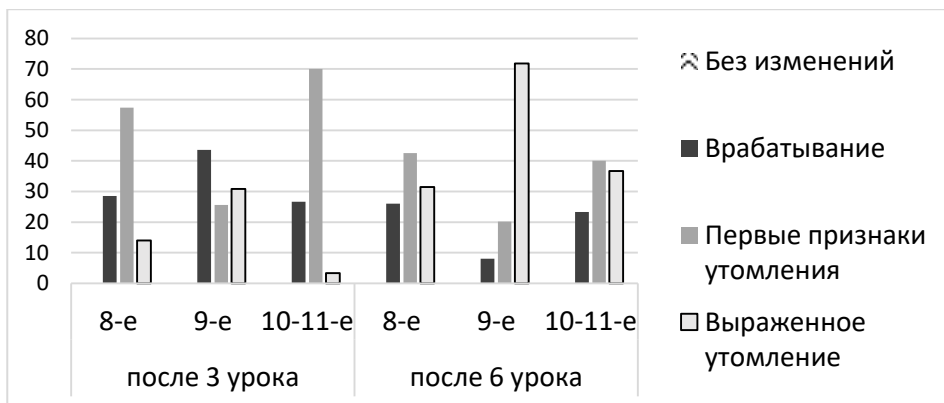


Рис. 2. Распределение учащихся (мальчиков) по изменению функционального состояния от начала к концу учебного дня.

Стоит отметить очень низкое значение коэффициента преобладания в начале учебного дня у восьмиклассниц, что скорее всего связано с преобладающим количеством работ, выполненных на «удовлетворительно».

К концу учебного дня коэффициент преобладания в 8-х классах значительно увеличивается ( $\Pi=1,4$ ), что свидетельствует о повышении работоспособности в данной группе. В старших классах количество отличных и хороших работ, напротив, уменьшается (рис. 3).

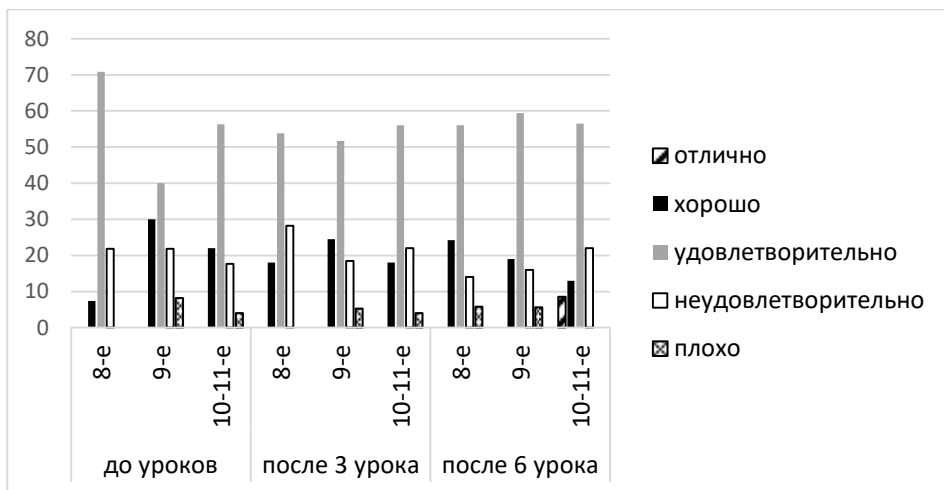


Рис. 3. Динамика комплексной оценки выполнения корректурных проб (у девочек), %

У мальчиков наблюдается подобная динамика улучшения показателей работоспособности у учащихся 8-х классов и противоположная – в 9-х и старших классах (рис. 4).

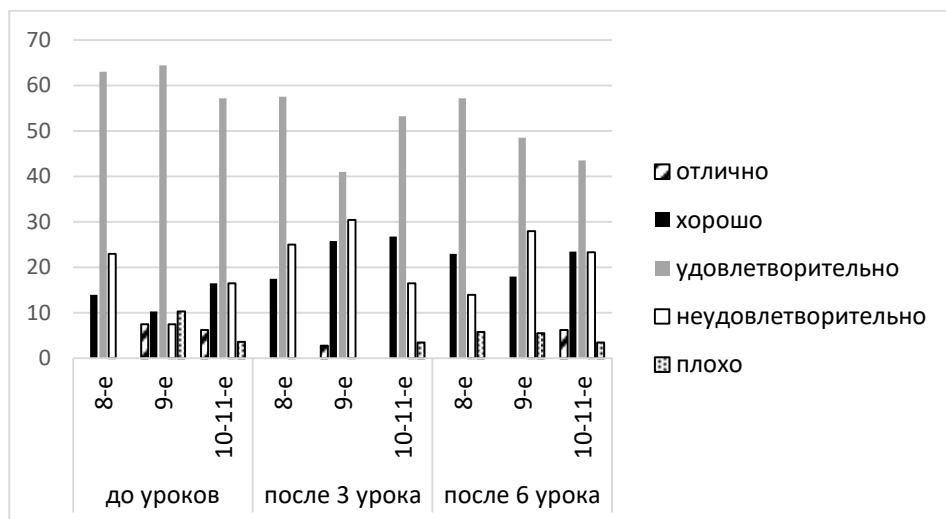


Рис. 4. Динамика комплексной оценки выполнения корректурных проб (у мальчиков), %

В начале учебного дня в 8-х классах величина коэффициента П ( $P=0,63$ ), что значительно ниже, чем в старших классах ( $P=1$  и  $P=1,17$ ; соответственно в 9 и 10 классах). К концу учебного дня коэффициент преобладания в 8-х классах значительно увеличивается ( $P=1,14$ ), а в 9-х уменьшается ( $P=0,54$ ).

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Как показали проведенные нами исследования, продуктивность выполнения корректурного теста у мальчиков и девочек в зависимости от класса обучения имеет свои особенности.

Анализ данных, полученных в результате эксперимента, показал, что продуктивность ( $Q$ ) выполнения задания в начале - и после учебного дня выше у девочек, обучающихся в 10-11 классе. Самая низкая точность выполнения теста отмечена у девочек 8-го класса обучения ( $p < 0,05$ ), как в начале, так и в конце учебного дня. Индивидуальная оценка выполнения корректурного теста и степень утомления после уроков выявила увеличение доли девочек со второй стадией утомления в 8-классе ( $\chi^2=10,84$ ;  $p=0,001$ ).

Хорошо известно, что утомление возникает под влиянием работы, в результате которой возбудимость и лабильность нервных клеток снижается, что приводит к развитию торможения. Падение работоспособности выражается в рассогласова-

нии количественных показателей: объем работы оказывается высоким, а точность – низкой, что мы и наблюдаем у девочек 8 класса обучения.

Динамика изменения функционального состояния мальчиков в течение учебного дня отличалась от девочек по продуктивности выполнения корректурной пробы.

Так, скорость выполнения работы в начале учебного дня была значимо выше у учащихся 8-х и 9-х классов, по сравнению со старшеклассниками ( $p < 0,05$ ). Однако точность выполнения работы отличалась в сторону преобладания ошибок у восьмиклассников, как в начале, так и в конце учебного дня ( $p < 0,05$ ).

Несмотря на то, что среди учащихся 9-х классов при выполнении буквенного теста оказалось наибольшее количество подростков с благоприятным сдвигом – 43,59 % ( $\chi^2 = 6,82$ ;  $p = 0,009$ ), к концу учебного дня у большинства мальчиков этого класса наблюдалось выраженное утомление у большинства мальчиков 9-х классов – 71,79 %.

Такая динамика изменений ФС может быть связана с фазами текущей работоспособности, которые можно в целом охарактеризовать как изменения ответа организма на требования, предъявляемые характером деятельности. Эти изменения формируются под влиянием ЦНС, в основном в результате повышения уровня функционирования лимбико-ретикулярной системы и эндокринной системы, что ведет к повышению текущей работоспособности благодаря повышению интенсивности деятельности всех звеньев функциональной системы. По мере снижения функциональных резервов развивается утомление, являющееся системой сдерживания от чрезмерных затрат [1; 2; 3].

Ранее проведенные исследования показали более выраженное напряжение функциональных резервов их организма у девочек 9-го класса обучения, по сравнению с мальчиками [8]. Значительное понижение показателей умственной работоспособности наблюдалось у школьников 11–13 лет и 14–15 лет [11], что по мнению авторов, отражает функциональное состояние организма подростков, обусловленное гормональной перестройкой, характерной для названного возраста. В 11–13 лет в организме большинства девочек и части мальчиков, в 14–15 лет организме большинства мальчиков происходят значительные гормональные изменения, которые обуславливают перестройку в функционировании других систем органов. Изучение ФС мальчиков 13-14 лет при осуществлении умственной деятельности в режиме оптимального и максимального темпа работы показало, что информационные нагрузки вызывают у них повышение уровня неспецифической активации ЦНС и возрастание напряжения регуляторных систем [14].

Таким образом, активные метаболические и эндокринные перестройки в пубертатный период оказывают влияние на особенности познавательного развития, а также на успешность обучения [4; 15; 16]. На фоне прогрессивных изменений в развитии мозговых систем в период полового созревания детей и подростков, происходят изменения функционального состояния центрального регуляторного звена эндокринной системы - гипоталамо-гипофизарного комплекса, что приводит к существенным сдвигам баланса корково-подкоркового взаимодействия [9].

Полученные нами разнонаправленные динамики ФС у мальчиков и девочек подросткового возраста в течение учебного дня при выполнении буквенного теста могут быть обусловлены особенностями функционального состояния регулятор-

ных систем мозга, которое во многом определяются сроками и темпами полового созревания. В ранних исследованиях Фарбер Д.А. [13] отмечалась разнонаправленная динамика ЭЭГ показателей подростков разных половых групп в период 11-12 к 14-15 годам, что объяснялось разным темпом полового развития (опережающим созреванием у девочек) и соответственно неодинаковой представленностью в возрастных группах мальчиков и девочек стадий полового созревания.

В другом исследовании [7] результаты структурного анализа ЭЭГ детей и подростков выявили нелинейность изменений электрической активности головного мозга в период полового созревания, что обусловлено сочетанием возрастных, половых и индивидуальных особенностей развития.

Таким образом, исследование ФС организма у мальчиков и девочек 8-11 классов обучения при выполнении буквенного теста показало разнонаправленную динамику изменений, которая, связана с возрастными, обусловленными нейроэндокринными изменениями в подростковый период, и индивидуальными особенностями.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование функционального состояния организма у детей и подростков в зависимости от класса обучения в течение учебного дня показало разнонаправленную динамику у мальчиков и девочек.

У девочек наиболее благоприятные изменения функционального состояния организма наблюдались в старших классах. Так старшеклассницы демонстрировали увеличение продуктивности выполнения теста к концу учебного дня ( $Q=6,1; 7,5$  соответственно), что свидетельствует об оптимальной динамике умственной работоспособности по сравнению с девочками 8 класса обучения, у которых работа с корректурными пробами проходила на фоне снижения уровня ФС.

Динамика изменения умственной работоспособности мальчиков в течение учебного дня отличалась от таковой у девочек по продуктивности выполнения корректурной пробы. Точность выполнения работы отличалась в сторону преобладания ошибок у восьмиклассников, как в начале, так и в конце учебного дня ( $p<0,05$ ). К концу учебного дня резким ухудшением ФС выделялись мальчики 9 класса обучения: выраженное утомление наблюдалось у 71,79 %.

Таким образом, у подростков с одинаковым уровнем работоспособности при выполнении одного и того же задания могут быть разной степени выраженности психофизиологические траты. Поскольку в школе ребенок проводит 70 % времени бодрствования в течение многих лет обучения, важным для всех участников образовательного процесса является создание условий для оптимальной работоспособности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антропова М.В. Работоспособность учащихся и ее динамика в процессе учебной и трудовой деятельности. – М.: Просвещение, 1967. – 251 с.
2. Антропова М.В. Гигиена детей и подростков. – М.: Медицина, 1982. – С. 70-85.

3. Антропова М.В., Кузнецова Л.М., Параничева Т.М. Умственная работоспособность и ее особенности в связи с половым созреванием у школьников 11–13 лет // Физиология человека. – 2006. – Т. 32. – № 1. – С. 37–44.
4. Булатова О. В. Особенности физического развития, эндокринного, психофизиологического и ЭЭГ статуса девочек-подростков, находящихся на разных стадиях полового созревания: автореф. дис. ... к.б.н. – 2009. – 19 с.
5. Гигиена труда: учеб. / под ред. Н.Ф. Измерова, В.Ф. Кириллова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 592 с.
6. Давиденко, Д.Н. Психофизиологические основы функциональных состояний / Д.Н. Давиденко, В.И. Григорьев. – СПб., 2005. – 242 с.
7. Комкова Ю.Н. Электрическая активность головного мозга у детей и подростков на разных стадиях полового созревания // Новые исследования. – 2018. – №1. (54). – С. 4-26.
8. Поленова М.А. Особенности динамики функционального состояния организма учащихся 5–9-х классов в процессе обучения // Вопросы школьной и университетской медицины. – 2013. – № 3. – С. 49-53.
9. Развитие мозга и формирование познавательной деятельности ребенка / ред. Д.А. Фарбер, М.М. Безруких. – М.: МПСИ; Воронеж: МОДЭК, 2009. – 432 с.
10. Режим дня, работоспособность и состояние здоровья школьников (при обучении по новым программам) / под ред. М.В. Антроповой. – М.: Педагогика, 1974. – С. 31-91.
11. Ставцева В.В. Динамика умственной работоспособности учащихся 4-11 классов на уроках в течение учебного дня и недели // Научные ведомости. Серия Естественные науки. – 2012. – № 3 (122). Выпуск 18. – С. 166-173.
12. Суворова А.В., Чернякина Т.С., Якубова И.Ш., Блинова Л.Т. Сравнительный анализ динамики умственной работоспособности старшеклассников в условиях интенсивной учебной деятельности // Профилактическая и клиническая медицина. – 2012. – № 2(43). – С. 91-95.
13. Физиология подростка /Под ред. Д.А. Фарбер. М.Педагогика,1988-208с.
14. Чернова М.Б., Криволапчук И.А. Функциональное состояние мальчиков 13-14 лет при информационной нагрузке в зависимости от стадий полового созревания // Новые исследования. – 2011. – №2. (27). – С. 44-56.
15. Blakemore S J. Development of the social brain in adolescence.// J R Soc Med. – 2012. – V.105(3). – P. 111–116.
16. Blakemore S.J., Burnett S., Dahl R.E. The role of puberty in the developing adolescent brain // Hum.BrainMapp. – 2010. – V.31(6). – P. 926-933.

## REFERENCES

1. Antropova M.V. Rabotosposobnost` uchashhixsya i ee dinamika v processe uchebnoj i trudovoj deyatel`nosti. – М.: Prosveshhenie, 1967. – 251 s.
2. Antropova M.V. Gigiena detej i podrostkov. – М.: Medicina, 1982. – S. 70-85.
3. Antropova M.V., Kuzneczova L.M., Paranicheva T.M. Umstvennaya rabotosposobnost` i ee osobennosti v svyazi s polovym`m sozrevaniem u shkol`nikov 11–13 let // Fiziologiya cheloveka. – 2006. – Т. 32. – № 1. – S. 37–44.



4. Bulatova O. V. Osobennosti fizicheskogo razvitiya, e`ndokrinnogo, psixofiziologicheskogo i E`E`G statusa devochek-podrostkov, naxodyashixsya na razny`x stadiyax polovogo sozrevaniya: avtoref. dis. ... k.b.n. – 2009. – 19 s.
5. Gigena truda: ucheb. [pod red. N.F. Izmerova, V.F. Kirillova]. – M.: GE`OTAR-Media, 2010. – 592 c.
6. Davidenko, D.N. Psixofiziologicheskie osnovy` funkcional`ny`x sostoyanij /D.N. Davidenko, V.I. Grigor`ev. – Spb., 2005. – 242 s.
7. Komkova Yu.N. E`lektricheskaya aktivnost` golovnogo mozga u detej i podrostkov na razny`x stadiyax polovogo sozrevaniya // Novy`e issledovaniya. – 2018. – №1. (54). – S. 4-26.
8. Polenova M.A. Osobennosti dinamiki funkcional`nogo sostoyaniya organizma uchashixsya 5–9-x klassov v processe obucheniya // Voprosy` shkol`noj i universitetskoy mediciny`. – 2013. – № 3. – S. 49-53.
9. Razvitie mozga i formirovanie poznavatel'noj deyatel'nosti rebenka / red. D.A. Farber, M.M. Bezrukih. – Moskva : MPSI ; Voronezh : MODEK, 2009. – 432 s.
10. Rezhim dnya, rabotosposobnost` i sostoyanie zdorov`ya shkol`nikov (pri obuchenii po novy`m programmam) / pod red. M.V. Antropovoj. – M.: Pedagogika, 1974. – S. 31–91.
11. Stavceva V.V. Dinamika umstvennoj rabotosposobnosti uchashixsya 4-11 klassov na urokax v techenie uchebnogo dnya i nedeli // Nauchny`e vedomosti. Seriya Estestvenny`e nauki. – 2012. – № 3 (122). Vy`pusk 18. – S. 166-173.
12. Suvorova A.V., Chernyakina T.S., Yakubova I.Sh., Blinova L.T. Sravnitel`ny`j analiz dinamiki umstvennoj rabotosposobnosti starsheklassnikov v usloviyax intensivnoj uchebnoj deyatel'nosti // Profilakticheskaya i klinicheskaya medicina. – 2012. – № 2(43). S.91-95.
13. Fiziologiya podrostka / Pod red. D.A. Farber. – M.: Pedagogika, 1988. – 208 s.
14. Chernova M.B., Krivolapchuk I.A. Funkcional`noe sostoyanie mal`chikov 13-14 let pri informacionnoj nagruzke v zavisimosti ot stadij polovogo sozrevaniya // Novy`e issledovaniya. – 2011. – № 2 (27). – S. 44-56.

# РЕЖИМ ОБУЧЕНИЯ

## ОРГАНИЗАЦИЯ РЕЖИМА, УЧЕБНОЙ И ВНЕУЧЕБНОЙ НАГРУЗКИ ШКОЛЬНИКОВ В РАЗНЫХ РЕГИОНАХ РОССИИ

М.М. Безруких, Т.М. Параничева,  
О.Н. Адамовская<sup>1</sup>, Л.В. Макарова  
ФГБНУ «ИВФ РАО», Москва

Проведена оценка учебной, внеучебной и общей нагрузки, режима дня учащихся 2, 4, 5, 7, 10 классов в 6 регионах РФ: Калининградской, Московской, Новосибирской, Пензенской областях, Краснодарском и Хабаровском крае. Выявлено, что у 23,9 % учащихся отмечается превышение недельной учебной нагрузки на 2 и более часа. Продолжительность ночного сна учащихся в будние и выходные дни не соответствует возрастным нормативам, в зависимости от класса и региона от 58,3 до 95,6 % детей недосыпают ежедневно более 1 часа. Важным недостатком в режиме дня учащихся является значительное преобладание статических видов деятельности, в зависимости от класса и региона составляет от 8 ч 14 минут до 12 ч 30 мин в будние дни. Выявленное у значительной части детей (в зависимости от класса 77,4 % - 97 %) недостаточное время прогулок на свежем воздухе также свидетельствует о выраженном дефиците двигательной активности.

**Ключевые слова:** школьники, режим дня, организация.

**Organization of the daily regime, educational and extra curricular studies of schoolchildren in different regions of Russia.** The paper presents the assessment results of educational, extra-curricular, general work load, and the daily regime in the students of 2<sup>nd</sup>, 4<sup>th</sup>, 5<sup>th</sup>, 7<sup>th</sup>, and 10<sup>th</sup> grades in 6 regions of the Russian Federation: Kaliningrad, Moscow, Novosibirsk, Penza, Krasnodar and Khabarovsk. It was revealed that 23.9 % of students exceed weekly academic work load by 2 or more hours. The length of night sleep of students on weekdays and weekends does not meet age standards: depending on the grade and the region, from 58.3 to 95.6 % of children are having a lack of sleep of more than 1 hour. An important drawback in the student daily routine is the prevalence of static activities, which, depending on the grade and the region, makes from 8 h 14 minutes to 12 h 30 minutes on weekdays. It was also revealed that a significant part of children (depending on the grade 77.4 % - 97 %) spend insufficient time on walking outside, which also indicates clear deficit of motor activity.

**Keywords:** schoolchildren, organization of the daily regime. motor activity.

На протяжении более чем двух десятилетий наблюдаются стойкие тенденции ухудшения состояния здоровья детей и подростков России, что подтверждается не только данными официальной статистической отчетности, но и результатами выборочных научных исследований [2, 4, 5].

---

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

Охрана здоровья детей школьного возраста и обеспечение оптимального функционального состояния их организма без явлений перенапряжения нервной системы и переутомления прежде всего обусловлены правильной организацией учебного процесса и соблюдением норм учебной деятельности.

Высокая степень зависимости состояния здоровья учащихся от факторов внутришкольной среды и форм обучения особенно четко прослежена в гигиенических исследованиях последних лет, когда школьное обучение приобрело вариативный характер [1, 3]. Однако такие исследования разрозненны и охватывают лишь отдельные образовательные учреждения.

В связи с отсутствием современных результатов масштабных исследований по организации учебного процесса в школах России, большим сроком давности подобных популяционных исследований встает вопрос о необходимости проведения исследований учебной нагрузки, дневного и недельного режима учащихся в начальной, основной и старшей школе.

**Цель исследования:** дать гигиеническую оценку учебной, внеучебной и общей нагрузки, режиму дня учащихся 2,4,5,7,10 классов в 6 регионах РФ: Калининградской, Московской, Новосибирской, Пензенской областях, Краснодарском и Хабаровском крае.

## ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анкетирование, выкопировка медицинских карт, методы математической статистики.

Таблицы со статистическими сравнениями сделаны в программе SPSS Statistics 25. Сравнивались попарно группы испытуемых, разбивающие выборку и соответствующие столбцам таблиц. Для средней арифметической использовался критерий t Стьюдента для независимых выборок. Для процента (доли) использовался z-критерий сравнения доли для независимых выборок (этот критерий эквивалентен хи-квадрату критерия однородности для 2x2 подтаблички).

Для обоих критериев использовалась поправка Беньямина–Хохберга на множественность сравнений (т.к. сравниваемых групп иногда было более двух).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Учебные занятия в школах регламентируются учебным планом. Продолжительность учебной недели составляет от 5 дней (у 50,9 % учащихся) до 6 дней (49,1 % школьников). Анализ продолжительности учебной недели в разных классах показал, что частота встречаемости 6-дневной учебной недели увеличивается от 2 класса к 10 классу (таб. 1), что связано с увеличением аудиторной нагрузки в неделю (от 23,89 часа в неделю во 2 классе до 35,74 часа - в 10 классе).

Анализ продолжительности учебной недели в разных регионах показал, что 5-дневная учебная неделя чаще встречается в школах Калининградской, Московской областях и Краснодарском крае (71,9 - 90 % учащихся), а в Новосибирской, Пензенской областях и Хабаровском крае больше практикуется 6-дневная учебная неделя (64,0 - 89,7 % школьников).

Таблица 1

*Частота встречаемости в % пяти- и шестидневной учебной недели у учащихся 2,4,5,7,10 классов*

	2-й класс	4-й класс	5-й класс	7-й класс	10-й класс
5-дневная	79,2	78,0	41,0	29,6	16,7
6-дневная	20,8	22,0	59,0	70,4	83,3

Аудиторная недельная учебная нагрузка в целом по выборке в 76,1 % случаев соответствует гигиеническим требованиям, у 23,9 % учащихся отмечается превышение недельной учебной нагрузки на 2 и более часа. Частота встречаемости соответствия недельной нагрузки нормам СанПиН при 5 –дневной или 6-дневной неделе достоверно не отличается (табл.2).

Таблица 2

*Соответствие недельной аудиторной нагрузки гигиеническим нормативам при разной продолжительности учебной недели (в %)*

	5-дневная	6-дневная
соответствует недельному нормативу	75,1	80,5
превышение до 2 акад. часов в неделю	20,0	16,5
превышение до 5 акад. часов в неделю и более	3,9	3,0

Анализ недельной учебной нагрузки в разных регионах показал, что у большой части учащихся (41,5 %) Новосибирской области отмечается превышение аудиторной недельной нагрузки, из них у 27,7 % - нагрузка превышает на 2 часа, у 13,8 % школьников – на 5 и более часов (рис.1).

Превышение недельной учебной нагрузки наблюдается также у трети детей Московской, Калининградской области и Хабаровского края (34,5 %, 29 % и 31,7 % соответственно) (рис.1)

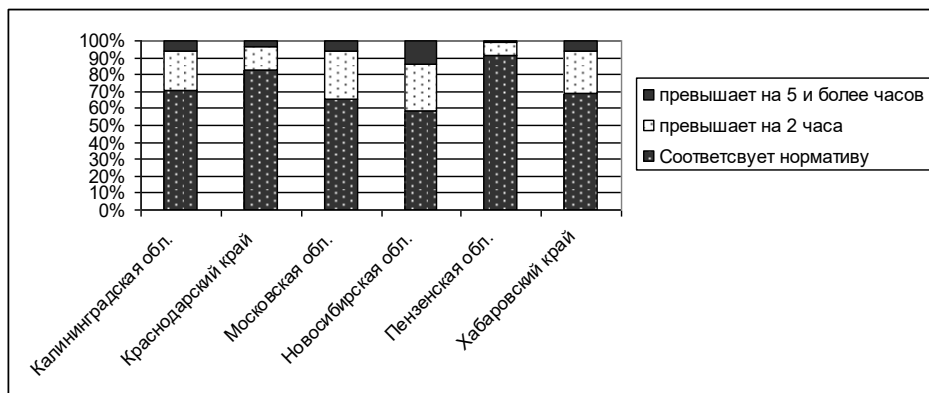


Рис. 1. Соответствие недельной аудиторной учебной нагрузки у учащихся в разных регионах РФ гигиеническим нормативам (в %).

Недельная учебная нагрузка по классам представлена в таб.3. Из таблицы видно, что превышение учебной недельной нагрузки до 2 часов в неделю чаще отмечается в 4-х классах (33,0 %), что, по нашему мнению, может быть связано с подготовкой к итоговой аттестации за весь курс начальной школы.

Таблица 3

Соответствие недельной аудиторной учебной нагрузки у учащихся 2,4,5,7,10 классов в разных регионах РФ гигиеническим нормативам (в %).

	2-й класс	4-й класс	5-й класс	7-й класс	10-й класс
соответствует недельному нормативу	70,9	62,7	85,5	84,5	78,7
превышение до 2 акад. часов в неделю	19,1	33,0	12,4	14,7	12,5
превышение на 5 акад. часов и более в неделю	10,1	4,3	2,1	0,7	8,5

Анализ недельной учебной нагрузки в 4 классе в разных регионах РФ выявил, что соответствие аудиторной нагрузки недельным нормам СанПиН отмечается чаще в Краснодарском крае (83,5 %) и Пензенской области (90,6 %), а в Калининградской, Московской, Новосибирской областях и Хабаровском крае у 40,0 - 59,2 % детей отмечается превышение недельной учебной нагрузки до 2 часов в неделю.

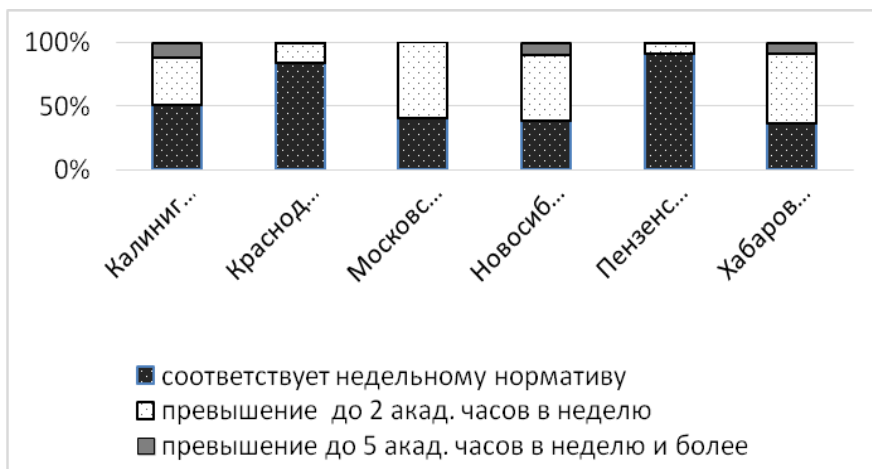


Рис. 2. Соответствие недельной аудиторной учебной нагрузки у учащихся 4-х классов в разных регионах РФ гигиеническим нормативам (в %)

**Дополнительные занятия (спекурсы, факультативы, проектная работа)** проводятся во второй половине дня. Отмечено, что у большинства учащихся 2-10 классов (97,3 %) количество дополнительных занятий в неделю не превышают максимального допустимого уровня (не более 10 часов в неделю) и соответствуют СанПиН 2.4.2.2821-10 "Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях". Тем не менее, в разных регионах РФ выявлено превышение гигиенических нормативов количества дополнительных школьных занятий на 2 и более часа в день: в Московской области и Краснодарском крае (в 4 % случаев) (рис. 3).

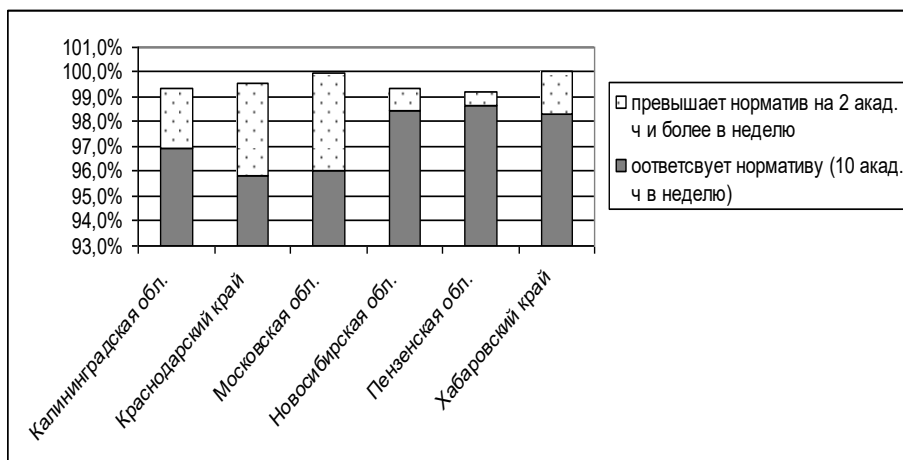


Рис. 3. Соответствие предельно допустимого недельного объема внеурочной деятельности у учащихся в разных регионах РФ гигиеническим нормативам (в %)

Домашние учебные занятия – важное звено самостоятельной работы в процессе обучения. Эта работа должна проводиться после обеда и достаточного отдыха и по времени совпадать с повышением интенсивности функциональной деятельности всех систем организма. Превышение соответствующего возрастным нормативам времени приготовления домашних заданий приводит не только к снижению внимания, скорости чтения, качества письменных работ, функциональным изменениям основных органов и систем, но и к сокращению времени прогулок, занятий спортом, сна.

Гигиенически допустима следующая продолжительность домашних заданий в 2-4 классах 1,5-2 часа, 5-8 классах – 2-2,5 часа, 9– 11-х классах – до 4 ч.

Увеличение продолжительности домашних учебных занятий может быть связано не только с объемом заданий, но и с интенсификацией учебного процесса, когда происходит – реальное уменьшение количества учебных часов при сохранении или увеличении объема учебного материала (скрытая интенсификация). Это также может объясняться отсутствием у школьников устойчивого навыка рациональной организации своей работы.

Но столь высокая интенсивность учебного труда не позволяет варьировать обучение, учесть индивидуальные особенности ребенка, оставить резерв для организации щадящего режима, необходимого для детей с отклонениями в состоянии здоровья и число таких детей за годы обучения неуклонно растет. Это и подтверждают наши исследования.

Целесообразно приготовление уроков начинать всегда в одни и те же часы. При этом должен быть сохранен школьный стереотип: через 35 – 45 мин занятий необходим короткий перерыв. При домашних занятиях свыше 2 ч необходим более длительный отдых на открытом воздухе, что способствует повышению работоспособности. Конкретные результаты представлены в табл. 4.

*Таблица 4*

*Средняя длительность выполнения домашних заданий по дням недели в часах (M±m)*

	<b>2-й</b>	<b>4-й</b>	<b>5-й</b>	<b>7-й</b>	<b>10-й</b>
<b>Пн</b>	1:47±0:01	1:49±0:01	1:49±0:01	1:54±0:01	1:58±0:02
<b>Вт</b>	1:44±0:01	1:47±0:01	1:49±0:01	1:53±0:01	2:00±0:02
<b>Ср</b>	1:48±0:01	1:50±0:01	1:52±0:01	1:53±0:01	2:02±0:02
<b>Чт</b>	1:40±0:01	1:44±0:01	1:48±0:01	1:50±0:01	2:04±0:02
<b>Пт</b>	1:15±0:01	1:21±0:01	1:36±0:01	1:47±0:02	1:49±0:02
<b>Сб</b>	0:38±0:01	0:48±0:01	1:05±0:01	1:18±0:02	1:19±0:02
<b>Вс</b>	1:02±0:01	1:00±0:01	1:13±0:01	1:29±0:02	1:38±0:02

В целом длительность выполнения домашнего задания соответствует гигиеническим нормативам и составляет в среднем 1 ч 44 мин в учебные дни и 1 ч 11 мин – в выходные дни.

Однако, индивидуальный анализ длительности выполнения домашних заданий показал, что на фоне общей картины у 13,8 % детей отмечается превышение

норматива длительности выполнения домашних заданий на 1 час и более (рис. 4), причем эти данные достоверно не отличаются в разных регионах. Это может быть обусловлено особенностями расписания, преподавательским составом, профилем класса и т.д., что требует дополнительного изучения.

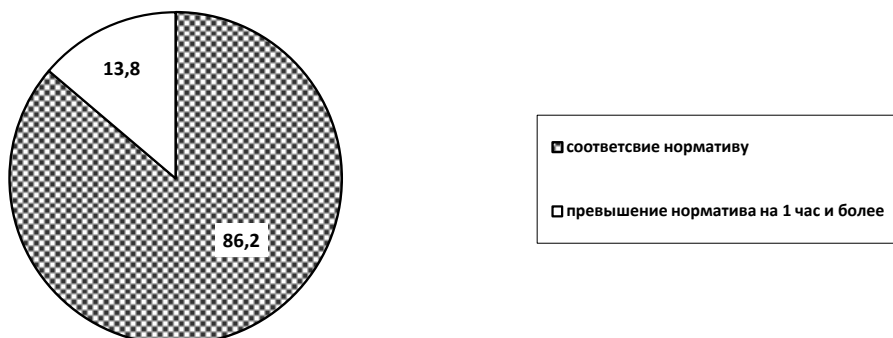


Рис. 4. Соответствие длительности выполнения домашнего задания гигиеническим нормативам (в %)

Таким образом, данные опроса (при условии достоверных ответов) показывают, что у большинства детей (86,2 %) время домашней учебной работы школьников укладывается в заданные нормами рамки.

Суммарная учебная нагрузка складывается из количества уроков, дополнительных занятий и выполнения домашней заданий (таб.5). Как видно из таблицы, суммарная учебная нагрузка в начальной школе высокая, и составляет в среднем 5 ч 34 мин в день во 2 классе, 5ч 42 мин – в 4 классе. Средняя суммарная учебная нагрузка в 10 классе составляет по будням дням в среднем 6 ч 45 мин, т.е. приближена к продолжительности рабочего дня взрослого человека.

Таблица 5

Суммарная учебная нагрузка по дням недели в часах ( $M \pm m$ )

	2-й	4-й	5-й	7-й	10-й
<b>Пн</b>	5:49±0:01	6:01±0:01	6:21±0:02	6:38±0:02	7:01±0:02
<b>Вт</b>	5:53±0:01	5:58±0:01	6:24±0:02	6:49±0:02	7:05±0:02
<b>Ср</b>	5:50±0:01	5:59±0:01	6:16±0:02	6:53±0:02	7:01±0:02
<b>Чт</b>	5:38±0:01	5:43±0:01	6:12±0:02	6:45±0:02	7:06±0:02
<b>Пт</b>	5:01±0:01	5:14±0:01	6:05±0:02	6:31±0:02	6:39±0:02
<b>Сб</b>	1:14±0:02	1:26±0:02	3:06±0:02	4:02±0:02	4:42±0:02
<b>Вс</b>	1:02±0:02	1:01±0:02	1:13±0:02	1:30±0:02	1:39±0:02

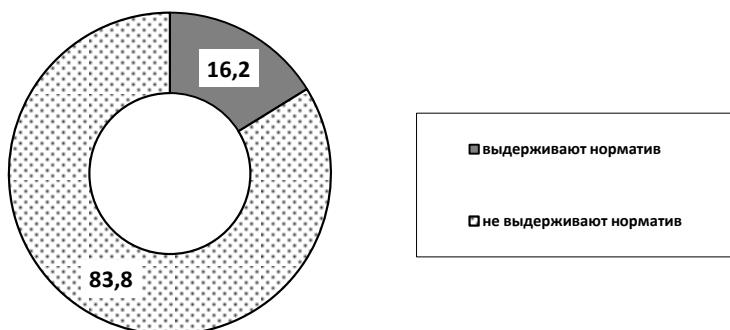
Физиологической основой, определяющей характер и продолжительность деятельности, является уровень работоспособности клеток коры головного мозга, поэтому так важно не превышать предел работоспособности центральной нервной системы, а также обеспечить полное функциональное восстановление ее после



работы. Степень морфофункциональной зрелости организма определяет содержание режима дня и длительность основных его элементов, среди которых выделяют сон и пребывание на открытом воздухе (прогулки).

Пребывание на открытом воздухе (прогулки) - наиболее эффективный вид отдыха, обусловленный повышенной оксигенацией крови, восполнением ультрафиолетовой недостаточности, позволяющий обеспечить закаливание организма и увеличение двигательной активности.

В современных условиях перегрузки школьников чаще всего нарушается именно этот компонент режима дня: сокращается время пребывания на открытом воздухе (рис. 5). Как видно из рисунка, выдерживают норматив по продолжительности прогулок незначительная часть учащихся, в среднем 16,2 % детей по всей выборке, остальная часть детей (83,8 %) проводят на свежем воздухе недостаточное количество времени.



*Рис. 5. Соответствие длительности пребывания на свежем воздухе (прогулок) гигиеническим нормативам (в %)*

Анализ продолжительности прогулки среди разных классов показал, что количество детей, соблюдающих режим пребывания на свежем воздухе особенно низок — среди учащихся начальной школы и составляет всего лишь 3-4 %. С возрастом, количество детей, пребывающих на открытом воздухе достаточное время, увеличивается к 10 классу и составляет 32,6 %. Необходимо отметить, что большая часть детей (в среднем 73,4 % по всей выборке) гуляют на 1 - 2 часа меньше возрастной нормы (рис. 6).

Сон является тем главным физиологическим механизмом, который обеспечивает восстановление работоспособности детского организма. Многолетними наблюдениями установлено, что минимальная продолжительность ночного сна для здоровых детей в возрасте 7—10 лет должна составить не менее 11 часов, 11—12 лет—10 часов, 13—16 лет — 9 часов, 17—18 лет — 8 часов.

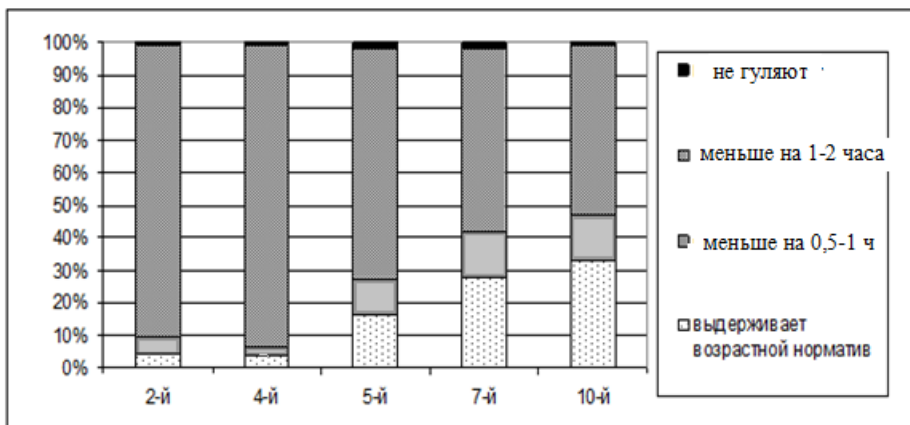


Рис. 6. Соответствие длительности пребывания на свежем воздухе (прогулок) у учащихся разных классов гигиеническим нормативам (в %).

Для детей гигиеническая организация сна имеет особенно большое значение. Спокойные занятия перед сном, регулярное выполнение перед сном правил личной гигиены, просторная, чистая, не слишком мягкая постель, хорошо проветренная перед сном комната, постоянное время для сна и отсутствие таких раздражителей, как освещение, разговоры и шум, обеспечивают детям спокойный, глубокий сон.

Таблица 6

Средняя продолжительность сна у учащихся разных классов в часах ( $M \pm m$ ).

	2-й	4-й	5-й	7-й	10-й
Учебные дни	9:30±0:00	9:11±0:01	8:48±0:00	8:39±0:01	8:00±0:01
Выходные дни	10:42±0:01	10:35±0:01	10:27±0:01	10:20±0:01	9:50±0:01

Данные исследования свидетельствуют о том, что практически у всех детей в учебные дни продолжительность сна не соответствует гигиеническим нормативам, в выходные дни ученики имеют более продолжительный сон и укладываются в возрастные нормативы (таб.6).

Более детальный анализ продолжительности сна в будние дни среди разных классов (рис.7) показал, что у значительной части детей 5 класса (95,6 %) отмечено недосыпание, причем 86,4 % пятиклассников недосыпают 2 и более часа. Аналогичное недосыпание отмечено у учеников 2,4,7 классов (58,3 %, 67,8 %, 67,5 % соответственно). К 10 классу достоверно увеличивается доля детей, соблюдающих гигиену сна и составляет 33,2 % детей, но это всего лишь треть детей.

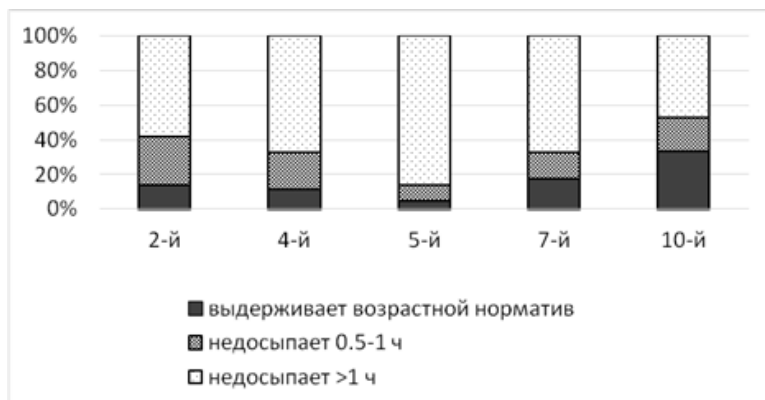


Рис. 7. Соответствие длительности сна в учебные дни у учащихся разных классов гигиеническим нормативам (в %)

Анализ продолжительности сна в будние дни в разных регионах показал, что только в Московской области треть детей (32,6 %) имеют достаточную продолжительность сна, в остальных регионах доля учащихся, соблюдающих гигиену сна значительно ниже и составляет 11,0-19,3 % (рис. 8).

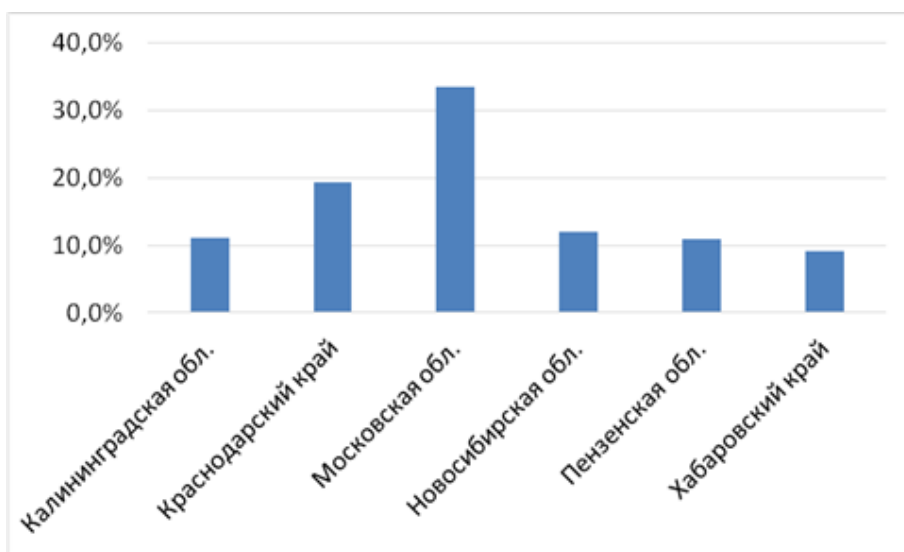


Рис. 8. Количество детей, имеющих нормальную продолжительность сна в учебные дни в разных регионах РФ (в %)

Таким образом, у большинства детей 2,4,5,7,10 классов во всех регионах отмечено недосыпание в будние дни, что приводит к снижению времени, необходимого для восстановления сил ученика. А это способствует тому, что утомление, возникающее в процессе учебной деятельности, переходит в переутомление и снижает адаптивные возможности учащихся.

Одной из важнейших естественных потребностей организма человека является двигательная активность, или движение. Оно формирует структуру и функции человеческого организма. Движение стимулирует обмен веществ и энергии в организме, улучшает деятельность сердца и дыхания, а также функции некоторых других органов, играющих важную роль в приспособлении человека к постоянно изменяющимся условиям внешней среды. Достаточная подвижность детей и подростков оказывает благоприятное воздействие на их головной мозг, способствуя развитию умственной деятельности. Особенно важно это в детско-подростковом возрасте, когда происходит активное физиологическое и психологическое развитие ребенка. Однако, в последние годы, в силу высокой учебной нагрузки в школе и дома и других причин, у большинства школьников отмечается дефицит двигательной активности в режиме дня.

Исследование показало, что общая статическая нагрузка, включающая занятия в школе, самоподготовку, внешкольные занятия музыкой, иностранными языками, чтение художественной литературы, просмотр телепередач и т.д., составляет в среднем 10 часов 19 мин в учебные дни и 6 ч 33 мин - в выходные.

Анализ продолжительности статической нагрузки у учащихся разных классов (таб.7) показал, что состояние относительной неподвижности преобладает в течение дня у всех детей и значительно увеличивается от 2 к 10 классу: в будние дни десятиклассники проводят до 12,5 часов без двигательной активности. Проведенная нами оценка ранговой структуры заболеваний показала, что от 2-го к 10-му классу число детей с патологией костно-мышечной системы увеличивается в 1,8 раз ( $p < 0,001$ ) (в зависимости от региона рост составляет 1,1 – 2,9 раз). Эта особенность прослеживается как по функциональным нарушениям, так и по хроническим заболеваниям. Не случайно данную группу заболеваний нередко еще называют «школьной», т.к. именно школьные факторы риска (большая статическая нагрузка, малая двигательная активность) вносят в развитие данных нарушений здоровья весьма весомый вклад.

*Таблица 7*

*Продолжительность статической нагрузки у учащихся разных классов в часах*

	2-й	4-й	5-й	7-й	10-й
Учебные дни	8:14±0:03	8:47±0:03	10:43±0:05	11:59±0:05	12:31±0:05
Выходные дни	4:49±0:04	5:20±0:04	6:39±0:06	8:04±0:07	8:27±0:07

Недостаточная двигательная активность, гиподинамия школьников особенно вредна для их растущего организма. Она приводит к так называемой гипотензии (ослабление или замедление движения), которая может вызвать ряд серьезных изменений в организме школьника, привести к снижению функциональной активности многих органов и систем.

Таким образом, у значительного процента школьников начальной, основной и старшей школы выявлено превышение недельной учебной нагрузки, сокращение

продолжительности ночного сна, недостаточное пребывание на свежем воздухе и низкая двигательная активность.

## ВЫВОДЫ

1. Выявлено, что у 23,9 % учащихся отмечается превышение недельной учебной нагрузки на 2 и более часа, причем несоответствие недельной учебной нагрузки нормам СанПиН чаще наблюдается в 4-х классах (Калининградская, Московская, Новосибирская области и Хабаровский край), что, по нашему мнению, связано с подготовкой к итоговой аттестации за весь курс начальной школы.

2. Превышение нормативов учебной нагрузки ведет к нарушениям внешкольного режима. Продолжительность ночного сна учащихся в будние и выходные дни не соответствует возрастным нормативам, в зависимости от класса и региона от 58,3 до 95,6 % детей недосыпают ежедневно более 1 часа. Это может служить подтверждением систематического «невысыпания», которое может приводить к ухудшению функционального состояния коры головного мозга, являться основой для формирования неврозов, вегетососудистых дистоний, снижать умственную и физическую работоспособность.

3. Важным недостатком в режиме дня учащихся является значительное преобладание статических видов деятельности, в зависимости от класса и региона составляет от 8 ч 14 минут до 12 ч 30 мин в будние дни. Известно, что недостаток движения ведет к снижению иммунитета и сопротивляемости организма к хроническим заболеваниям и инфекциям. В результате у детей появляются утомляемость, раздражительность, нарушается сон и ухудшается память.

4. Выявленное в ходе исследования недостаточное время прогулок на свежем воздухе (только 3-10,4 % учащихся 2-5 классов и 17,6-32,6 % 7-10 классов соблюдают режим пребывания на свежем воздухе) также свидетельствует о выраженном дефиците двигательной активности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антропова М.В. Учебная нагрузка остается доминирующим фактором риска для здоровья учащихся начальных классов / М.В. Антропова, Л.М. Кузнецова, Т.М. Параничева // Человек, здоровье, физическая культура и спорт в изменяющемся мире. – Коломна, 1998.

2. Баранов А.А. Стратегия «Здоровье и развитие подростков России» (гармонизация европейских и российских подходов к теории и практике охраны укрепления здоровья подростков) / Баранов А.А., Кучма В.Р., Намазова-Баранова Л.С., Сухарева Л.М., Рапопорт Л.М., Скоблина Н.А., Храмов П.И., Ильин А.Г., Яковлева Т.В., Байбарина Е.Н., Левитская А.А., Чумакова О.В., Антонова Е.В., Альбицкий В.Ю., Звездина И.В., Чубаровский В.В., Соколова Н.В., Седова А.С. – М.: Издательство «ПедиатрЪ»; 2014. – 112 с.;

3. Безруких М.М. Здоровьесберегающая школа / М.М. Безруких – М.: Московский социально-психологический центр, 2008. – 240 с.

4. Параничева Т.М., Макарова Л.В., Лукьянец Г.Н., Тюрина Е.В. и др. Учебная, внеучебная и общая нагрузка, режим дня старшеклассников при интеллекту-

альных нагрузках повышенной интенсивности и др. // Новые исследования. – 2016. – № 2. – С. 9-23.

5. Росстат: официальная статистика по заболеваемости детей в возрасте 0-14 лет по основным классам болезней, 2016.

## REFERENCES

1. Antropova M.V. Uchebnaya nagruzka ostaetsya dominiruyushhim faktorom riska dlya zdorov`ya uchashhixsya nachal`ny`x klassov / M.V. Antropova, L.M. Kuzneczova, T.M. Paranicheva // Chelovek, zdorov`e, fizicheskaya kul`tura i sport v izmenyayushhemsya mire. – Kolomna, 1998.

2. Baranov A.A. Strategiya «Zdorov`e i razvitie podrostkov Rossii» (garnonizaciya evropejskix i rossijskix podxodov k teorii i praktike ohrany` ukrepleniya zdorov`ya podrostkov) /Baranov A.A., Kuchma V.R., Namazova-Baranova L.S., Suxareva L.M., Rapoport L.M., Skoblina N.A., Xramczov P.I., Il`in A.G., Yakovleva T.V., Bajbarina E.N., Levitskaya A.A., Chumakova O.V., Antonova E.V., Al`biczkij V.Yu., Zvezdina I.V., Chubarovskij V.V., Sokolova N.V., Sedova A.S. – M.: Izdatel`stvo «Pediatr`»; 2014. – 112 s.;

3. Bezrukix M.M. Zdorov`esberegayushhaya shkola. / M.M. Bezrukix – M.: Moskovskij social`no-psixologicheskij centr, 2008. – 240 s.

4. Paranicheva T.M., Makarova L.V., Luk`yanecz G.N., Tyurina E.V. i dr. Uchebnaya, vneuchebnaya i obshhaya nagruzka, rezhim dnya starsheklassnikov pri intellektual`ny`x nagruzkax pov`shennoj intensivnosti i dr. // Novy`e issledovaniya. – 2016. – N2. – С. 9-23.

5. Rosstat: oficial`naya statistika po zaboлеваemosti detej v vozraste 0-14 let po osnovny`m klassam boleznej, 2016.

## К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

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

При направлении статьи в редакцию рекомендуется руководствоваться следующими правилами:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

*Статьи следует направлять по адресу:*

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

Номер подписан в печать 23.12.2019.  
Усл. п. л. 7. Тираж 500 экз.  
Отпечатано ИП Скороходов В.А.  
111401, г. Москва, ул. 3-я Владимирская, 11-18