

Кучма В.Р.^{1,2}, Саньков С.В.¹, Барсукова Н.К.²

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ШРИФТОВОГО ОФОРМЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ТЕКСТОВ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫХ НА НОУТБУКЕ

¹ФГАУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский университет), 119991, Москва;

²ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 105064, Москва

Введение. В настоящее время в связи с масштабным внедрением электронно-образовательного ресурса в учебный процесс особенно актуальным представляется поиск оптимальных характеристик предъявления информации на экранах с учётом специфики электронного носителя и возрастных физиологических особенностей зрительной системы пользователей.

Целью исследования явилась физиолого-гигиеническая оценка влияния шрифтового оформления электронных текстов, предъявляемых на ноутбуке, на психофизиологическое состояние детей 10–11-х классов.

Материал и методы. Проведено психофизиологическое тестирование 43 школьников 10–11-х классов без патологии органов зрения на программно-аппаратном комплексе «НС-Психотест», включающее метод критической частоты слияния световых мельканий для оценки состояния центрального звена зрительного анализатора и исследование реакции на движущийся объект для определения степени сбалансированности нервных процессов. Изучалось влияние чтения алогичных текстов, набранных школьной гарнитурой, при размере шрифта 14, 12 и 10 пунктов, и объёме единовременного прочтения в 200, 400 и 600 знаков. Для предъявления информации использовался ноутбук Lenovo IdeaPad 720S-15.

Результаты. Установлено, что у школьников 10–11-х классов отмечалось исходное утомление зрительного анализатора и нервной системы в целом. У мальчиков определялись более хорошие показатели КЧСМ, чем у девочек. Большинство старшеклассников имели сбалансированный вариант процессов торможения и возбуждения. Показано, что способы предъявления информации электронных учебных текстов могут влиять на психофизиологическое состояние школьников и нести риски здоровью обучающихся. Гигиенически рациональное оформление электронных учебных текстов способствует оптимизации психофункционального состояния организма учащихся.

Заключение. Полученные результаты позволяют обосновать гигиенические требования к параметрам шрифтового оформления текстов электронных учебных изданий третьей ступени образования.

Ключевые слова: гигиена учебной деятельности; здоровье старшеклассников; шрифтовое оформление; электронные учебные тексты; ноутбук; психофизиологическое тестирование; гигиенические требования.

Для цитирования: Кучма В.Р., Саньков С.В., Барсукова Н.К. Гигиеническая оценка шрифтового оформления электронных текстов, предъявляемых на ноутбуке. Гигиена и санитария. 2019; 98(12): 1402-1407. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-12-1401-1407>

Для корреспонденции: Кучма Владислав Ремирович, член-корреспондент РАН, доктор мед. наук, профессор, директор НИИ гигиены детей и подростков ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» Минздрава России, 105064, Москва. E-mail: kuchmavr@nczd.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Участие авторов: концепция и дизайн исследования – Кучма В.Р., Саньков С.В., Барсукова Н.К.; сбор и обработка материала – Саньков С.В.; статистическая обработка – Саньков С.В.; написание текста – Саньков С.В.; редактирование – Кучма В.Р., Барсукова Н.К.; утверждение окончательного варианта статьи – Кучма В.Р.; ответственность за целостность всех частей статьи – Кучма В.Р., Барсукова Н.К.

Поступила 23.10.2019

Принята к печати 17.11.19

Опубликована: декабрь 2019

Kuchma V.R.^{1,2}, Sankov S.V.¹, Barsukova N.K.²

HYGIENIC EVALUATION OF THE FONT DESIGN OF ELECTRONIC TEXTS PRESENTED ON A LAPTOP

Introduction. Currently, in connection with the large-scale introduction of the electronic educational resource in the educational process, it is especially relevant to search for optimal characteristics of presenting information on screens, taking into account the specifics of the electronic devices and age-related physiological features of the users' visual system.

The aim of the study was a physiological hygienic assessment of the impact of the font design of e-texts, presented on a laptop, on the psychophysiological state of students in grades 10–11.

Material and methods. Psychophysiological testing of 43 schoolchildren in grades 10–11 without pathology of the vision organ was carried out on the NS-Psychotest complex, including the method of critical flicker fusion frequency to assess the state of the central part of the visual analyzer and the response to a moving object to determine the degree of the balance in nervous processes. The influence of reading illogical texts typed by a school headset was studied with a font size of 14, 12 and 10 points and a one-time reading of 200, 400 and 600 characters. Laptop Lenovo IdeaPad 720S-15 was used for the presentation of information.

Results. High-grade schoolchildren were established to have the initial fatigue both of the visual analyzer and the nervous system as a whole. Boys showed better indices of the critical flicker fusion frequency than girls. Most schoolchildren had a balanced type of the inhibition and excitement processes. Methods of presenting information in electronic textbooks were shown to affect the psychophysiological state of high schoolchildren and may carry risks to their health. The hygienically rational design of electronic educational texts promotes the optimization of the psychofunctional state of the high schoolchildren's body.

Conclusion. The obtained results allow substantiating hygienic requirements for the font design of e-learning publications at the third stage of education.

Keywords: hygiene of educational activities; high schoolchildren's health; type design; e-learning texts; laptop; psychophysiological testing; hygiene requirements.

For citation: Kuchma V.R., Sankov S.V., Barsukova N.K. Hygienic evaluation of the font design of electronic texts presented on a laptop. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2019; 98(12): 1402-1407. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-12-1402-1407>

For correspondence: Vladislav R. Kuchma, MD, Ph.D., DSci., Professor, head of the Research Institute of hygiene and health care of children and adolescents of the National Medical Research Center of Children's Health, Moscow, 105064, Russian Federation. E-mail: kuchmavr@nczd.ru

Information about authors: Kuchma V.R., <https://orcid.org/0000-0002-1410-5546>

Sankov S.V., <https://orcid.org/0000-0003-1293-9819>; Barsukova N.K., <https://orcid.org/0000-0001-8716-4806>

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgment. The study had no sponsorship.

Contribution: Concept and design of the study – Kuchma V.R., Sankov S.V., Barsukova N.K.; Collection and processing of material – Sankov S.V.; Statistical processing – Sankov S.V.; Writing text – Sankov S.V.; Editing – Kuchma V.R., Barsukova N.K.; Approval of the final version of the article – Kuchma V.R.; Responsibility for the integrity of all parts of the article – Kuchma V.R., Barsukova N.K.

Received: October 23, 2019

Accepted: November 17, 2019

Published: December 2019

Введение

В процессе школьного онтогенеза отмечается значительное увеличение количества учащихся с функциональными отклонениями и хронической патологией [1]. В структуре школьно-обусловленных заболеваний отмечается неблагоприятная тенденция в распространённости нарушений зрения в динамике обучения. Так, частота функциональных расстройств – спазма аккомодации и миопии слабой степени – возрастает к старшим классам почти вдвое; хроническая патология зрения – миопия средней и высокой степени – увеличивается более чем в 13 раз [2]. Эта проблема становится наиболее актуальной в настоящее время, когда в школах осуществляется масштабное внедрение электронно-образовательного контента в учебный процесс [3], обязательное освоение которого в соответствии с новыми Федеральными государственными общеобразовательными стандартами предусмотрено уже с первых дней обучения ребёнка в школе [4]. Использование электронных экранов при обучении значительно повышает нагрузку на зрение учащихся [5, 6]. Установлено, что зрительное утомление, развивающееся при чтении с экранов электронных устройств, существенно выше по сравнению с чтением с листа при одинаковых объёмах зрительной работы [7]. Увеличение зрительной сложности восприятия и понимания информации с электронных устройств обусловлено пульсацией, светимостью и бликованием экранов [8–10]. Шрифты, предназначенные для печатных изданий, могут деформироваться в начертании в связи с тем, что дисплеи имеют более низкое разрешение [11, 12]. Поэтому усвоение учебного материала с электронных устройств требует неоднократного его прочтения, а увеличение продолжительности чтения приводит к повышению зрительной нагрузки и развитию утомления [13]. Рынок электронно-образовательных материалов развивается стихийно, информация на электронных устройствах предъявляется подросткам без учёта специфики экрана электронного носителя и возрастных физиологических особенностей зрительной системы пользователей. Гигиеническая экспертиза современных электронных учебных изданий в системе общего образования показала, что шрифтовое оформление текстов электронных учебников в основном не соответствует требованиям, установленным СанПиН 2.4.7.1166-02 [14]. Новые электронно-образовательные контенты, характеризующиеся различным шрифтовым дизайном, могут неблагоприятно влиять на здоровье обучающихся [15]. Известно, что оптимальное шрифтовое оформление учебной информации не только снижает зрительное и общее утомление детей, но и на 30% повышает у них запоминание и усвоение материала [16]. В связи с тем, что нагрузка на зрительный анализатор определяется размером объекта различения и продолжительностью наблюдения за предметом [17], представляется актуальным гигиеническое обоснование прежде всего оптимального размера шрифта и объёма текстовых блоков единовременного прочтения, используемых в электронных

учебных изданиях. Поиск оптимальных характеристик предъявления информации на экранах требует учёта технических характеристик электронных носителей информации. Одним из мобильных устройств отображения электронных учебников может стать ноутбук, отличающийся небольшими размерами, весом и автономным режимом работы.

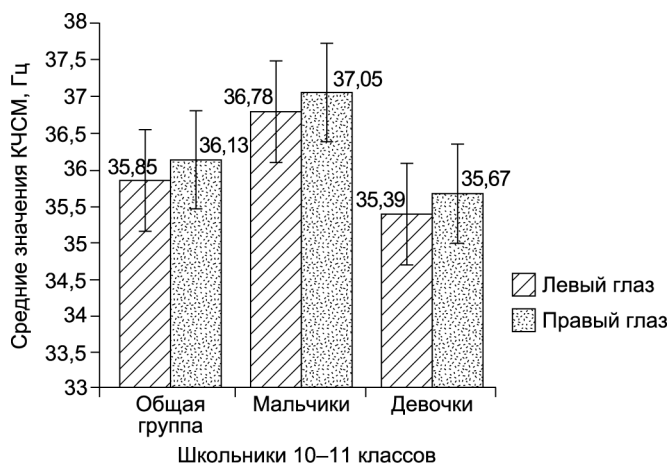
Цель исследования – физиолого-гигиеническая оценка влияния шрифтового оформления электронных текстов, предъявляемых на ноутбуке, на психофизиологическое состояние школьников 10–11-х классов.

Материал и методы

Работа была выполнена методом естественного гигиенического эксперимента на базе общеобразовательной организации г. Москвы с участием 43 школьников 10–11-х классов по единой методике полифункционального психофизиологического тестирования на программно-аппаратном комплексе «НС-Психотест», разработанном компанией «Нейрософт» (г. Иваново) [18]. В исследовании участвовали учащиеся без патологии органов зрения. В учебных помещениях, где проводились исследования, были измерены уровни освещённости на рабочих местах с помощью люксметра «ТКА-ПКМ» и уровни электромагнитных излучений с помощью приборов «ВЕ-метр-АТ-003» и «ПЗ-33». Время исследований было выбрано с учётом динамики работоспособности школьников – измерения КЧСМ и РДО проводились во вторник, среду и четверг в период с 9.30 по 12.00.

Психофизиологическое тестирование осуществлялось непосредственно до и после моделирования чтения с экрана ноутбука. В качестве зрительной нагрузки предлагались тексты с отсутствием логических связей между словами, лексически соответствующие возрасту. Чтение алогичного текста вызывает максимальное напряжение зрительного анализатора, так как подросток останавливает своё внимание на каждом слове. Чтение вслух позволяло контролировать качество воспроизведения. Изучалось влияние чтения текстов, набранных школьной гарнитурой, при различном размере шрифта (14, 12 и 10) и различном объёме знаков (200, 400, 600). Увеличение интерлиньяжа составляло 3 пункта, длина строки – не менее 50 мм. Параметры шрифтового оформления экспериментальных текстов были подобраны в соответствии с требованиями санитарных правил и норм к учебным изданиям¹. Для чтения использовался жидкокристаллический экран ноутбука Lenovo IdeaPad 720S-15 с операционной системой Microsoft Windows 7, с диагональю 15,6 дюймов, размером экрана 1920 × 1080 и весом 1,9 кг. Зрительное расстояние составляло 60 см.

¹ Гигиенические требования к изданиям учебным для общего и начального профессионального образования: СанПиН 2.4.7.1166-02. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы Минздрава России [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_42836/. Дата обращения 23.02.2019.



Гендерные различия фоновых средних значений КЧСМ.

Для изучения функционального состояния коркового отдела зрительного анализатора до и после зрительной нагрузки был использован метод оценки критической частоты слияния световых мельканий (КЧСМ). Данная методика характеризует психоэмоциональное напряжение, являющееся в свою очередь фактором психофизиологической дезадаптации, и отражает утомление зрительного анализатора школьника и его нервной системы [19]. Запись КЧСМ до и после чтения каждого текста проводилась в один день, в один день изучалось влияние только одного текста. Общее количество наблюдений составило 9288. Для комплексной оценки психофизиологических функций организма учащихся была выбрана методика, позволяющая определить сбалансированность процессов торможения и возбуждения по степени их проявления, – оценка реакции на движущийся объект (РДО). Общее количество наблюдений составило 774. Запись РДО до и после чтения каждого текста проводилась в один день, в один день изучалось влияние только одного текста. Регистрация КЧСМ и РДО проводилась в разные дни.

Математический и статистический анализ результатов исследования проводился с применением стандартного пакета прикладных программ Microsoft Excel 2010 для Windows. В статистическую обработку результатов входил анализ характера распределения признаков на нормальность и их числовых характеристик (средней арифметической (M), среднего квадратического отклонения (s), средней ошибки средней арифметической (m)). Достоверность различий количественных переменных анализировали с помощью критерия Стьюдента, качественных

переменных – используя критерий Пирсона χ^2 и точный критерий Фишера. Различия считались достоверными при величине уровня значимости $p < 0,05$. Проведение исследований у детей было утверждено локальным этическим комитетом Сеченовского университета. У всех школьников было получено индивидуальное информированное согласие на участие в исследовании.

Результаты

Оценка световой среды в учебных кабинетах, где проводилось психофизиологическое тестирование, показала, что на всех рабочих поверхностях уровни освещенности соответствовали требованиям санитарных правил и составляли $798,2 \pm 10,99$ лк². Уровни электромагнитных полей не превышали предельно допустимые значения².

Фоновые значения КЧСМ у исследуемой группы школьников 10–11-х классов находились в пределах нижней границы нормы детей этого возраста (35–41 Гц) и составляли в среднем $35,98 \pm 0,697$ Гц, что указывает на наличие у них исходно сниженных показателей функционального состояния зрительного анализатора и нервной системы, выявляемые и авторами других работ [20]. Сравнительный анализ фоновых показателей средних значений КЧСМ по правому и левому глазу обследуемых показал, что они достоверно не различаются ($36,13 \pm 0,696$ и $35,85 \pm 0,674$ Гц соответственно), следовательно, сенсорная асимметрия у старшеклассников отсутствует. Анализ гендерных различий выявил у мальчиков исходно более хорошие показатели КЧСМ, чем у девочек (см. рисунок).

Одним из индикаторов уравновешенности нервных процессов в ЦНС является РДО, по анализу результатов которой было установлено, что большинство учащихся исследуемой группы 10–11-х классов (в среднем $65,2 \pm 3,56\%$) исходно имели сбалансированный вариант процессов торможения и возбуждения. Количество детей с низким показателем энтропии составляло в среднем около 10,03%.

Физиолого-гигиеническая оценка влияния шрифтового оформления (размер шрифта и объема текстовых блоков) проводилась после чтения алогичных текстов, предъявляемых на ноутбуке. Чтение, являясь сложным психофизиологическим процессом, включает в себя не только технику чтения, но и по-

² Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий: СанПиН 2.2.1.1.1278-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы Минздрава России [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_42836/. Дата обращения 23.02.2019.

³ Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах: СанПиН 2.2.4.3359-16 (утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 21.06.2016 г. № 81). Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы Минздрава России [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_203183/. Дата обращения 23.02.2019.

Таблица 1

Средние значения КЧСМ учащихся 10–11-х классов до и после функциональной зрительной нагрузки на ноутбуке

Параметр оформления		Средние значения КЧСМ, Гц ($M \pm m$)			
размер шрифта, пункт	объем текста, количество знаков	исходный уровень		после нагрузки	
		левый глаз	правый глаз	левый глаз	правый глаз
14	200	$35,92 \pm 0,664$	$36,11 \pm 0,678$	$36,12 \pm 0,672$	$35,79 \pm 0,679$
	400	$36,05 \pm 0,69$	$36,28 \pm 0,663$	$\uparrow 36,67 \pm 0,704$	$\uparrow 37,0 \pm 0,857$
	600	$36,05 \pm 0,703$	$36,31 \pm 0,696$	$\uparrow 36,79 \pm 0,754$	$\uparrow 37,55 \pm 0,799$
12	200	$35,96 \pm 0,687$	$36,28 \pm 0,71$	$36,29 \pm 0,767$	$36,38 \pm 0,731$
	400	$35,94 \pm 0,678$	$36,27 \pm 0,674$	$\uparrow 36,56 \pm 0,653$	$\uparrow 37,12 \pm 0,731$
	600	$35,69 \pm 0,728$	$36,07 \pm 0,705$	$35,17 \pm 0,83$	$\downarrow 35,25 \pm 0,919$
10	200	$35,66 \pm 0,725$	$35,899 \pm 0,717$	$35,96 \pm 0,702$	$36,09 \pm 0,798$
	400	$35,65 \pm 0,68$	$35,95 \pm 0,675$	$\downarrow 35,0 \pm 0,701$	$\downarrow 34,51 \pm 0,838$
	600	$35,71 \pm 0,766$	$35,97 \pm 0,707$	$\downarrow 33,64 \pm 0,784^*$	$\downarrow 33,69 \pm 0,648^*$

Примечание. Здесь и в табл. 2 и 3: * – различия достоверны в сравнении с фоном, $p < 0,05$; $\uparrow$ – тенденция к снижению/увеличению в сравнении с фоном.

Таблица 2

Гендерные различия средних значений КЧСМ учащихся старших классов до и после функциональной зрительной нагрузки на ноутбуке

Параметр оформления		Средние значения КЧСМ, Гц ($M \pm m$)			
размер шрифта, пункт	объём текста, количество знаков	исходный уровень		после нагрузки	
		левый глаз	правый глаз	левый глаз	правый глаз
Девочки					
14	200	35,45 ± 0,854	35,66 ± 0,864	35,57 ± 0,829	35,28 ± 0,84
	400	35,64 ± 0,866	35,84 ± 0,823	↑36,39 ± 0,931	↑36,77 ± 1,054
	600	35,54 ± 0,89	35,81 ± 0,894	↑36,46 ± 1,003	↑37,29 ± 1,119
12	200	35,47 ± 0,885	35,76 ± 0,908	35,78 ± 1,019	35,87 ± 0,947
	400	35,5 ± 0,893	35,83 ± 0,865	↑36,16 ± 0,85	↑36,76 ± 0,894
	600	35,22 ± 0,924	35,61 ± 0,898	↓34,55 ± 1,043	↓34,57 ± 1,202
10	200	35,25 ± 0,945	35,49 ± 0,918	35,68 ± 0,914	35,62 ± 0,974
	400	35,23 ± 0,909	35,47 ± 0,875	↓34,44 ± 0,921	↓33,61 ± 0,978*
	600	35,29 ± 0,998	35,57 ± 0,93	↓33,02 ± 0,951*	↓33,24 ± 0,856*
Мальчики					
14	200	36,88 ± 0,953	37,06 ± 1,023	37,25 ± 1,096	36,83 ± 1,08
	400	36,89 ± 1,146	37,19 ± 1,097	↑37,25 ± 1,075	↑37,46 ± 1,65
	600	37,11 ± 1,043	37,36 ± 0,982	↑37,48 ± 1,1	↑38,1 ± 0,944
12	200	36,99 ± 0,955	37,16 ± 1,083	37,36 ± 0,965	37,42 ± 1,024
	400	36,86 ± 0,911	37,18 ± 1,01	↑37,39 ± 0,949	↑37,86 ± 1,348
	600	36,68 ± 1,13	37,04 ± 1,08	36,48 ± 1,238	↓36,64 ± 1,187
10	200	36,5 ± 1,08	36,75 ± 1,132	36,52 ± 1,132	37,05 ± 1,352
	400	36,51 ± 0,875	36,93 ± 0,932	↓36,17 ± 0,814	↓36,37 ± 1,161
	600	36,56 ± 1,155	36,797 ± 1,011	↓34,92 ± 1,274	↓34,63 ± 0,818*

нимание текста. Предъявление учащимся алогичных текстов устраняет из процесса чтения «понимание текста», разрушая при этом сложившийся стереотип чтения. Особенно значимо это проявляется у старшеклассников, для которых характерны высокие навыки чтения. Было показано, что чтение текстов с разным размером шрифта и разного объёма единовременного прочтения имело разную физиологическую стоимость (табл. 1). Так, при работе с небольшими по объёму тестами (200 знаков) независимо от размера шрифта достоверных изменений значений КЧСМ не происходило.

Сравнительный анализ показателей КЧСМ, регистрируемых после чтения текстов, набранных шрифтом в 14 пунктов, показал, что с увеличением объёма знаков текстового блока (от 200 до 600 знаков) отмечается тенденция к повышению средних значений КЧСМ как левого, так и правого глаза. Оценка КЧСМ в зависимости от пола (табл. 2) установила более чёткую тенденцию к улучшению психофизиологических функций у девочек, особенно по правому глазу, значения по которому достоверно увеличиваются после чтения текста объёмом 600 знаков.

Тенденция к увеличению показателей КЧСМ как левого, так и правого глаза регистрировалась и после чтения текста, набранного шрифтом в 12 пунктов, объёмом 400 знаков (см. табл. 1). При увеличении объёма текста, набранного этим размером шрифта, до 600 знаков достоверных изменений значений КЧСМ по общей группе учащихся не наблюдалось, однако отмечалось некоторое снижение (на уровне тенденции) показателя КЧСМ по правому глазу, обусловленное понижением этого значения преимущественно у девочек (см. табл. 2). Более чёткая тенденция к снижению значения КЧСМ по правому глазу обследованных отмечалась после чтения текста, набранного шрифтом в 10 пунктов, объёмом 400 знаков, при этом у девочек эти изменения КЧСМ становились достоверными. Чтение текста, набранного шрифтом в 10 пунктов, объёмом 600 знаков, вызывало существенное снижение значений КЧСМ как по правому, так и по левому глазам у исследуемой группы старшеклассников.

Результаты исследований РДО свидетельствуют об отсутствии существенного влияния чтения небольших по объёму (200 знаков) текстов, набранных шрифтом в 14, 12, и 10 пунктов, на сбалансированность нервных процессов учащихся обследуемой группы 10–11-х классов (табл. 3).

Таблица 3

Характеристика сбалансированности нервных процессов учащихся старших классов (по показателю РДО) до и после функциональной зрительной нагрузки на ноутбуке

Параметр оформления		Соотношение реакций опережения (О) и запаздывания (З), %			Количество детей с низким показателем энтропии %
размер шрифта, пункт	объём текста, количество знаков	преобладание силы		уравновешенность нервных процессов О = З	
		возбуждения О > З	торможения О < З		
Исходный уровень		29,1	4,1	66,8	9,3
14	200	30,4	3,8	65,8	11,6
Исходный уровень		31,3	3,9	64,8	6,9
14	400	↓20,1*	8,9	71,0	↑11,6
Исходный уровень		31,7	4,1	64,2	6,9
14	600	↓19,9*	9,2	70,9	↑13,9*
Исходный уровень		29,5	5,3	65,2	9,3
12	200	30,1	3,9	64,5	11,6
Исходный уровень		31,6	4,2	64,2	6,9
12	400	↓20,2*	9,1	70,7	↑13,9
Исходный уровень		29,3	3,8	66,9	11,6
12	600	26,7	↑10,9	62,4	↓6,9
Исходный уровень		29,5	5,3	65,2	11,6
10	200	29,1	4,1	66,8	9,3
Исходный уровень		30,4	3,8	65,8	13,9
10	400	26,8	↑12,9	60,3	↓9,3
Исходный уровень		31,7	3,9	64,4	13,9
10	600	27,1	↑13,4*	59,5	↓2,3*

Зрительная нагрузка в виде чтения с экрана ноутбука текстов, набранных шрифтом в 14 пунктов (объёмом 400 и 600 знаков) и в 12 пунктов (объёмом 400 знаков), приводила к уменьшению доли детей с преобладанием силы возбуждения ЦНС. Это нашло отражение в увеличении количества учащихся, имеющих низкую вероятность ошибки, то есть низкую энтропию. Физиологическая стоимость чтения тестов, набранных шрифтом в 12 пунктов, объёмом 600 знаков, и в 10 пунктов, объёмом 400 знаков, заключалась в некотором увеличении (на уровне тенденции) процента детей с преобладанием силы торможения ЦНС, что проявлялось в снижении количества учащихся, имеющих низкую вероятность ошибки. Достоверные же изменения этих показателей наблюдались после чтения текста, набранного шрифтом в 10 пунктов, объёмом 600 знаков, что свидетельствует о существенном повышении доли учащихся с неустойчивостью функционального состояния нервной системы с преобладанием торможения после данного вида зрительной нагрузки.

Обсуждение

Выявленные изменения фоновых значений КЧСМ у исследуемой группы школьников 10–11-х классов обусловлены значительным увеличением суточной зрительной нагрузки современных школьников, которая существенно повышается в старших классах за счёт интенсификации учебного процесса. Большое значение имеет и длительное использование электронных устройств, требующих постоянной концентрации зрения на близко расположенном и неподвижном экране. Чрезмерное увлечение компьютерными играми, длительное общение в социальных сетях и поиск информации в Интернете значительно увеличивают продолжительность работы зрительного анализатора в неблагоприятных условиях. Внедрение в жизнь школьников новейших телефонных, планшетных, компьютерных и других средств электронной техники в значительной степени сокращает время пребывания учащихся на свежем воздухе, продолжительность их ночного сна и двигательную активность. Комплексное воздействие всех неблагоприятных факторов приводит к перенапряжению зрительного анализатора и к развитию утомления (астенопии), что и проявляется в исходно равномерно сниженных показателях КЧСМ. На период третьей ступени образования приходится завершение формирования зрительной системы, которая характеризуется большей устойчивостью функциональных реакций на зрительную нагрузку, что обуславливает формирование у большинства старшеклассников сбалансированного варианта процессов торможения и возбуждения, выявленного при оценке РДО.

Исследование значений КЧСМ после чтения текстов, набранных шрифтом в 14 пунктов, показало, что с увеличением объёма знаков текстового блока отмечается тенденция к повышению средних значений КЧСМ, что свидетельствует о постепенном возникновении адаптированности глаз к экрану ноутбука. Чем больше количество знаков текста и продолжительность чтения, тем больше вероятность наступления периода вратывания, на протяжении которого быстро усиливается деятельность функциональных систем, обеспечивающая выполнение данной работы. За это время происходит настройка нервных и нейрогормональных механизмов управления вегетативными реакциями, постепенное формирование необходимого стереотипа выполнения зрительной нагрузки и увеличение подвижности нервных процессов в корковом отделе зрительного анализатора, что и объясняет более высокие цифры КЧСМ в сравнении с исходным уровнем после более продолжительного чтения текстов, набранных шрифтом оптимально подходящего размера. Более выраженные изменения значений КЧСМ по правому глазу, очевидно, связаны с положением этого глаза как ведущего. Тенденция к увеличению показателей КЧСМ, свидетельствующая о повышении подвижности нервных процессов в корковом отделе зрительного анализатора, регистрировалась и после чтения текста, набранного шрифтом в 12 пунктов, объёмом 400 знаков. Это соответствует полученным ранее данным о том, что гигиенически рациональное применение технических средств обучения способствует оптимизации функцио-

нального состояния организма детей. Вместе с тем длительное поддержание столь высокого уровня функционирования нервной системы сопряжено в подростковом возрасте с высоким психоэмоциональным напряжением, которое может привести к снижению адаптационных резервов и срыву компенсаторных механизмов.

Анализ динамики снижения показателей КЧСМ после чтения текстов, набранных шрифтом в 12 пунктов, объёмом 600 знаков, и в 10 пунктов, объёмом 400 знаков, позволяет предположить, что развитие зрительного утомления глаз подростков в большей степени связано с уменьшением размера шрифта, чем с увеличением продолжительности чтения. Сочетание же этих двух факторов при чтении текста, набранного шрифтом в 10 пунктов, объёмом 600 знаков, вызывало значимые ухудшения состояния коркового звена зрительного анализатора у обследуемой группы старшеклассников. Данная зрительная нагрузка приводила к повышению у них напряжения функциональных систем и развитию зрительного и психофизиологического утомления. Более выраженные изменения КЧСМ у девочек свидетельствует о том, что орган зрения девочек более чувствителен к воздействию зрительной нагрузки, особенно по ведущему глазу, который, в силу большего напряжения, реагирует первым появлением зрительного утомления, что подтверждается работами и других авторов [21]. Изображение на экране сильно отличается от естественных объектов, так как оно самосветящееся, а не отражённое, и имеет меньшую контрастность. Экранные символы состоят из дискретных точек – пикселей. Чётких границ эти точки не имеют, а потому знаки и линии гораздо менее контрастны, чем в книге. Всё это уменьшает точность аккомодационной фокусировки и приводит к формированию отставания аккомодации. Аккомодационная мышца не может постоянно удерживать фокус в нужном положении, и периодически он оказывается за экраном в определённой точке (точка покоя аккомодации). Таким образом, глаз постоянно осуществляет переключение от неё до точки фокуса на экране, что приводит к появлению усталости и развитию аккомодационных дисфункций при меньшей зрительной нагрузке, чем при чтении с бумажных носителей [22, 23].

Имеющиеся многочисленные данные о зависимости значения КЧСМ от степени утомления можно объяснить тем, что в развитии астинопии, вызванной зрительной нагрузкой, основная роль принадлежит центральной нервной системе. Утомление организма человека есть целостный процесс с центрально-корковым ведущим звеном, представляющим по биологической сущности корковую защитную реакцию, а по физиологическому механизму – снижение работоспособности прежде всего самих корковых клеток, что обусловлено их охранительным торможением [22]. Учитывая, что показатель КЧСМ определяется высшими отделами зрительного анализатора, так как центральным зрительным нейрон и зрительная кора являются самыми инертными звеньями зрительной системы, то при утомлении организма в связи со снижением работоспособности корковых клеток значение КЧСМ уменьшается [23].

Чтение небольших по объёму текстов не оказывало существенного влияния на сбалансированность нервных процессов учащихся обследуемой группы 10–11-х классов. Позитивные изменения показателей РДО отмечались после чтения с экрана ноутбука текстов, набранных шрифтом в 14 пунктов (объёмом 400 и 600 знаков) и в 12 пунктов (объёмом 400 знаков), и заключались в уменьшении доли детей с преобладанием силы возбуждения ЦНС. Активация учебной деятельности школьников сопровождалась концентрацией их внимания и большей их собранностью. Преобладание у обследованных силы торможения ЦНС после работы с текстами, набранными шрифтом в 12 пунктов, объёмом 600 знаков, в 10 пунктов, объёмом 400 и особенно 600 знаков, свидетельствует о кратковременном снижении работоспособности и когнитивной деятельности школьников после данного вида зрительной нагрузки. Таким образом, содействовать удобочитаемости электронных учебников возможно одновременно двумя путями: увеличением размера шрифта по сравнению с традиционными учебниками и ограничением объёмов текстов единовременного прочтения в пределах пороговых величин времени развития зрительного утомления школьников.

Заключение

У современных подростков 10–11-х классов отмечаются исходно сниженные показатели функционального состояния зрительного анализатора и нервной системы в целом. Значения КЧСМ по правому и левому глазу обследуемых достоверно не различаются. У мальчиков определяются более высокие показатели КЧСМ, чем у девочек. Большинство старшеклассников исходно имеют сбалансированный вариант процессов торможения и возбуждения. Чтение с экрана ноутбука текстов объёмом 200 знаков, независимо от размера шрифта, не вызывало достоверных изменений функционального состояния зрительного анализатора и нервной системы школьников. Работа с текстами, набранными шрифтом в 14 пунктов, объёмом 400 и 600 знаков, и шрифтом в 12 пунктов, объёмом 400 знаков, осуществлялась при стабильном функционировании изучаемых систем организма учащихся и улучшении показателей психофункционального состояния старшеклассников. Изменения после чтения текстов, набранных шрифтом в 12 пунктов, объёмом 600 знаков, и шрифтом в 10 пунктов, объёмом 400 знаков, свидетельствовали о первых признаках утомления нервной системы, достоверное развитие которого наблюдалось после чтения текста, набранного шрифтом в 10 пунктов, объёмом 600 знаков. Орган зрения девочек более чувствителен к воздействию зрительной нагрузки. Полученные результаты позволяют обосновать гигиенические требования к параметрам шрифтового оформления текстов электронных учебных изданий третьей ступени образования: 1. Выявленные сниженные показатели функционального состояния зрительного анализатора и нервной системы у старшеклассников диктуют необходимость в здоровьесберегающих профилактических мероприятиях, обеспечивающих оптимальные условия для зрительной работы учащихся. 2. В электронных учебных текстах для учащихся старшей школы, предъявляемых на экране ноутбука, целесообразно использовать при объёме текста единовременного прочтения не более 200 знаков размер шрифта в 10, 12 и 14 пунктов, в текстах объёмом не более 400 знаков – размер шрифта в 12 и 14 пунктов, в текстах объёмом 600 знаков и более – размер шрифта не менее 14 пунктов.

Литература

(пп. 5–10, 12, 13, 15, 16, 19, 21–23 см. References)

- Богомолова Е.С., Кузмичев Ю.Г., Бадеева Т.В., Писарева А.Н., Ашина М.В., Ковальчук С.Н. Комплексная оценка состояния здоровья городских школьников по данным углублённых медицинских осмотров. *Медицинский альманах*. 2016; 2: 63–66.
- Сухарева Л.М., Намазова-Баранова Л.С., Рапопорт И.К. Заболеваемость московских школьников в динамике обучения с первого по девятый класс. *Российский педиатрический журнал*. 2013; 4: 48–53.
- Саньков С.В., Кучма В.Р. Гигиеническая оценка влияния на детей факторов современной электронной информационно-образовательной среды школ. *Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание*. 2019; 3 (3): 13–20.
- Кондаков А.М., Вавилова А.А., Григорьев С.Г., Гриншкун В.В., Дронов В.П., Кондакова М.Л. и соавт. Концепция совершенствования (модернизации) единой информационной образовательной среды, обеспечивающей реализацию национальных стратегий развития Российской Федерации. *Педагогика*. 2018; 4: 98–125.
- Андреев Ю.С., Верещагин В.Ю. Воспроизведение шрифтовой информации в устройствах на основе электронной бумаги. *Вестник МГУП имени Ивана Федорова*. 2015; 6: 25–30.
- Кучма В.Р., Саньков С.В., Барсукова Н.К. Гигиеническая характеристика шрифтового оформления текста электронных учебников. *Санитарный врач*. 2019; 6: 56–63.
- Кучма В.Р., Ефимова Н.В., Ткачук Е.А. Гигиеническая оценка напряжённости учебного труда обучающихся (методические рекомендации). Иркутск; 2014. 24 с.
- Волков А.С., Морозова Л.В. КЧСМ как метод психофизиологического исследования зрительного анализатора. *Международный студенческий научный вестник*. 2015; 2 (3): 310–2.
- Кучма В.Р., Сухарева Л.М., Надеждин Д.С., Сахаров В.Г. Сравнительный анализ психофизиологического развития подростков. *Российский педиатрический журнал*. 2015; 18 (2): 23–7.
- Bogomolova E.S., Kuzmichev Yu.G., Badeeva T.V., Pisareva A.N., Ashina M.V., Koval'chuk S.N. A comprehensive assessment of the urban schoolchildren's health status according to in-depth medical examinations. *Meditsinskiy al'manakh*. 2016; 2: 63–66. (in Russian)
- Sukhareva L.M., Namazova-Baranova L.S., Rapoport I.K. The Moscow schoolchildren's incidence in the dynamics of education from first to ninth grade. *Rossiyskiy pediatricheskiy zhurnal [Russian Pediatric Journal]*. 2013; 4: 48–53. (in Russian)
- Sankov S.V., Kuchma V.R. Hygienic assessment of the impact of the modern schools' electronic information-educational environment on children. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. Elektronnoe izdanie*. 2019; 3 (3): 13–20. (in Russian)
- Kondakov A.M., Vavilova A.A., Grigor'ev S.G., Grinshkun V.V., Dronov V.P., Kondakova M.L. et al. The concept of improvement (modernization) of a unified information educational environment ensuring the implementation of national development strategies of the Russian Federation. *Pedagogika*. 2018; 4: 98–125. (in Russian)
- Chang F.C., Chiu C.H., Chen P.H., Miao N.F., Chiang J.T., Chuang H.Y. Computer/Mobile Device Screen Time of Children and Their Eye Care Behavior: The Roles of Risk Perception and Parenting. *Cyberpsychol Behav Soc Netw*. 2018; 21 (3): 179–86. DOI: 10.1089/cyber.2017.0324. Epub 2018 Jan 2. PMID: 29293374.
- Woo E.H., White P., Lai C.W. Impact of information and communication technology on child health. *J Paediatr Child Health*. 2016; 52 (6): 590–4. DOI: 10.1111/jpc.13181. Review. PMID: 27333844.
- Jaiswal S., Asper L., Long J., Lee A., Harrison K., Golebiowski B. Ocular and visual discomfort associated with smartphones, tablets and computers: what we do and do not know. *Clin Exp Optom*. 2019; 102 (5): 463–77. DOI: 10.1111/cxo.12851. [Epub ahead of print] Review. PMID: 30663136.
- Porcar E., Pons A.M., Lorente A. Visual and ocular effects from the use of flat-panel displays. *Int J Ophthalmol*. 2016; 9 (6): 881–5. DOI: 10.18240/ijo.2016.06.16. eCollection 2016. PMID: 27366692.
- Vesely P., Hanák L., Beneš P. Digital Eye Strain in a Population of Young Subjects. *Cesk Slov Oftalmol*. 2019; 74 (4): 154–7. DOI: 10.31348/2018/1/5-4-2018. PMID: 30913891.
- Lin C.W., Yeh F.M., Wu B.W., Yang C.H. The effects of reflected glare and visual field lighting on computer vision syndrome. *Clin Exp Optom*. 2019; 102 (5): 513–20. DOI: 10.1111/cxo.12878. [Epub ahead of print] PMID: 30805993.
- Andreev Yu.S., Vereshchagin V.Yu. Reproduction of font information in electronic paper devices. *Vestnik MGUP imeni Ivana Fedorova*. 2015; 6: 25–30. (in Russian)
- Munshi S., Varghese A., Dhar-Munshi S. Computer vision syndrome-A common cause of unexplained visual symptoms in the modern era. *Int J Clin Pract*. 2017; 71 (7): 163–77. DOI: 10.1111/ijcp.12962. Epub 2017 Jun 8. Review. PMID: 28594459.
- Parihar J.K., Jain V.K., Chaturvedi P., Kaushik J., Jain G., Parihar A.K. Computer and visual display terminals (VDT) vision syndrome (CVDTs). *Med J Armed Forces India*. 2016; 72 (3): 270–6. DOI: 10.1016/j.mjafi.2016.03.016. Epub 2016 May 25. Review. PMID: 27546968.
- Kuchma V.R., Sankov S.V., Barsukova N.K. Health-based characteristics of typography in electronic textbooks. *Sanitarnyy vrach*. 2019; 6: 56–63. (in Russian)
- Halamish V., Nachman H., Katzir T. The Effect of Font Size on Children's Memory and Metamemory. *Front Psychol*. 2018; 9: 1577. DOI: 10.3389/fpsyg.2018.01577. eCollection 2018.
- Katzir T., Hershko S., Halamish V. The effect of font size on reading comprehension on second and fifth grade children: bigger is not always better. *PLoS One*. 2013; 8 (9): e74061. DOI: 10.1371/journal.pone.0074061. eCollection 2013.
- Kuchma V.R., Efimova N.V., Tkachuk E.A. Hygienic assessment of students' academic work intensity (methodical recommendations). [Gigienicheskaya ocenka napryazhennosti uchebnogo truda obuchajushchihhsja (metodicheskie rekomendacii)]. Irkutsk; 2014. 24 p. (in Russian)
- Volkov A.S., Morozova L.V. The critical flicker fusion frequency as a method of psychophysiological study of the visual analyzer. *Mezhdunarodnyy studencheskiy nauchnyy vestnik*. 2015; 2 (3): 310–2. (in Russian)
- Eisen-Enosh A., Farah N., Burgansky-Eliash Z., Polat U., Mandel Y. Evaluation of Critical Flicker-Fusion Frequency Measurement Methods for the Investigation of Visual Temporal Resolution. *Sci Rep*. 2017; 7 (1): 15621. DOI: 10.1038/s41598-017-15034-z. PMID: 29142231.
- Kuchma V.R., Sukhareva L.M., Nadezhdin D.S., Sakharov V.G. Comparative analysis of the psychophysiological development of adolescents. *Rossiyskiy pediatricheskiy zhurnal [Russian Pediatric Journal]*. 2015; 18 (2): 23–7. (in Russian)
- Skobolina N.A., Nadezhdin D.S. Features of psychomotor development in schoolchildren with excess body mass. In: *Mind the gap! Building bridges to better health for all young people EUSUHM 2017 The 19th EUSUHM Congress Youth Health Care in Europe*. 2017. 184 p.
- Sheppard A.L., Wolffsohn J.S. Digital eye strain: prevalence, measurement and amelioration. *BMJ Open Ophthalmol*. 2018; 3 (1): e000146. DOI: 10.1136/bmjophth-2018-000146. eCollection 2018. Review.
- Ahmed S.F., McDermott K.C., Burge W.K., Ahmed I.K., Varma D.K., Liao Y.J. et al. Visual function, digital behavior and the vision performance index. *Clin Ophthalmol*. 2018; 12: 2553–61. DOI: 10.2147/OPHT.S187131. eCollection 2018. Review.