

Х.П. Тахчиди¹, М.А. Грачева², А.А. Казакова^{1, 2},
А.В. Стрижебок¹, Н.Н. Васильева²

¹ Российский национальный исследовательский медицинский университет
имени Н.И. Пирогова, Москва, Российская Федерация

² Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН, Москва, Российская Федерация

Роль современных информационных технологий в реализации образовательных программ для детей с нормальным состоянием зрительных функций и с офтальмопатологией

На сегодняшний день в образовательном процессе привычные бумажные источники информации все больше уступают место электронным устройствам — смартфонам, планшетам, ридерам и мониторам компьютеров. Широкие возможности в использовании обучающих интерактивных программ, положительное влияние на когнитивные функции учащихся, повышение концентрации активного внимания на учебном материале, усиление мотивированности к обучению являются важными преимуществами электронных устройств. Особое значение современные электронные устройства имеют для слабовидящих учащихся, позволяя им получать образование, полностью соответствующее образованию учащихся, не имеющих ограничений по возможностям здоровья. В обзоре приведено описание существующих типов дисплеев, перечислены основные их характеристики, которые могут влиять на состояние зрительных функций и зрительную работоспособность. Приведены действующие на сегодняшний день санитарно-гигиенические требования к зрительной работе учащихся как с нормальным состоянием зрительных функций, так и с тяжелой офтальмопатологией, содержащие основные положения, но не учитывающие, однако, всего разнообразия используемых сейчас и появляющихся новых электронных устройств. В связи с этим подчеркивается перспективность исследований в области влияния современных технических средств на зрительную систему и разработки соответствующих рекомендаций к их использованию в организации образовательного процесса.

Ключевые слова: эргономика зрения, слабовидение, электронные учебники, инклюзивное образование.

(Для цитирования: Тахчиди Х.П., Грачева М.А., Казакова А.А., Стрижебок А.В., Васильева Н.Н. Роль современных информационных технологий в реализации образовательных программ для детей с нормальным состоянием зрительных функций и с офтальмопатологией. Вестник РАМН. 2020;75(2):XXX–XXX. doi: 10.15690/vramn1186)

H.P. Tahchidi¹, M.A. Gracheva², A.A. Kazakova^{1, 2}, A.V. Strizhebok¹, N.N. Vasil'eva²

¹ Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation

² Institute for Information Transmission Problems (Kharkevich Institute) Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

The Role of Modern Information Technologies in the Educational Programs for Children with Normal Visual Functions and with Ophthalmopathy

Today, in the educational process, the usual paper sources of information are increasingly giving way to electronic devices: smartphones, tablets, readers and computer monitors. Currently, in the field of cognitive activity continues active development in the field of cognitive science. Extensive opportunities in the use of interactive training programs, a positive impact on the cognitive functions of students, increasing the concentration of active attention on educational material, increasing motivation for learning are important advantages of electronic devices. Of particular importance are modern electronic devices for visually impaired students, allowing them to receive an education that is fully consistent with the education of students who do not have restrictions on health opportunities. The review describes the existing types of displays, lists their main characteristics that can affect the state of visual functions and visual performance. The current sanitary and hygienic requirements for the visual work of students with normal visual functions, and with severe ophthalmopathy, containing the basic provisions, but not taking into account, however, the diversity of currently used and emerging new electronic devices. In this regard, it emphasizes the prospects of research in the field of the impact of modern technology on the visual system and the development of appropriate recommendations for their use in the organization of the educational process.

Keywords: visual ergonomics, low vision, e-books, inclusive education.

(For citation: Tahchidi HP, Gracheva MA, Kazakova AA, Strizhebok AV, Vasil'eva NN. The Role of Modern Information Technologies in the Educational Programs for Children with Normal Visual Functions and with Ophthalmopathy. Annals of the Russian Academy of Medical Sciences. 2020;75(2):XXX–XXX. doi: 10.15690/vramn1186)

Введение

На современном этапе развития и совершенствования системы образования одним из актуальных направлений медицинских и педагогических исследований во всем мире является поиск путей оптимизации учебного процесса для достижения наибольшей эффективности обучения при условии выполнения мер, направленных на сохранение здоровья учащихся, в частности на сохранение зрительных функций.

Специфика влияния нагрузок на орган зрения в электронной среде недостаточно изучена, так как такой стремительный рост числа электронных средств не имел места в предыдущие периоды. В то же время известно, что электронные средства способствуют удержанию внимания учащихся на экране монитора, повышению зрительной концентрации, тем самым существенно увеличивая длительность работы органа зрения. В процессе внедрения электронных образовательных ресурсов в учреждениях образования важно уделить внимание проведению наблюдений и исследований, посвященных тому, как они могут влиять на изменение рефракции глаза, с целью обсуждения правил безопасного использования электронных устройств и нормирования контакта с электронными ресурсами. Важность рассмотрения данного круга вопросов возрастает в связи с расширением современных представлений о факторах риска развития близорукости у детей. Так, в современной теории патогенеза миопии интенсивная длительная работа на близком расстоянии (как с электронным, так и с бумажным источником информации) может быть одним из определяющих факторов развития и прогрессирования заболевания [1, 2]. При этом контроль за использованием электронных устройств снижает риск развития миопии более чем в два раза.

Информационные компьютерные технологии в последнее время стали одним из наиболее популярных средств обучения. Это связано не только с активным развитием данной отрасли, но и с высокой эффективностью применения электронных обучающих устройств в психолого-педагогическом сопровождении детей.

Новое направление в педагогике — когнитивное обучение — базируется на достижениях в области когнитивной психологии, включающей процессы получения информации о мире, ее хранения в памяти и влияния полученных знаний на внимание и поведение. Современные исследования в области когнитивного обучения направлены на изучение возможностей совершенствования когнитивной деятельности учащихся при использовании особых программ образования. При этом основная цель методов когнитивного обучения заключается в развитии всей совокупности интеллектуальных способностей и стратегий. Когнитивное обучение направлено на развитие внимания, памяти, восприятия, мыслительной способности и воли [3].

Большое значение когнитивное обучение имеет для успешного получения знаний детьми с ограниченными возможностями здоровья, например, слабовидящими. Для успешного обучения и воспитания слабовидящих детей необходимо учитывать глубину зрительных нарушений, особенности развития, офтальмогигиенические требования к условиям обучения, развивать функциональные возможности зрения, осязания, слуха [4]. В этой связи информационные инструменты и технологии открывают новые перспективы специальной поддержки и создания обходных путей помощи ребенку, стимулирования его когнитивного развития, формирования на-

выков взаимодействия с внешним миром, развития жизненной компетенции и социальной состоятельности [5].

Современные достижения в области разработки электронных развивающих и образовательных технологий открыли широкие возможности их применения при реализации образовательных программ для детей с нормальным состоянием зрительных функций и с офтальмопатологией. В то же время наряду с их бесспорными достоинствами в плане интерактивности, многовариантности, индивидуализированности процесса обучения, возможности непрерывного обновления информационного материала возникают вопросы обеспечения эргономических условий эффективного и безопасного применения средств, физиологичности дисплея для восприятия информации, функционального комфорта, возрастной доступности и соответствия психофизиологическим возможностям детей разного возраста, предупреждения негативных эффектов в зрительной системе при использовании электронных образовательных ресурсов.

Таким образом, становится очевидной важность поиска путей создания оптимальных условий обучения на основе информационных технологий детей не только с нормальным состоянием зрительных функций, но и с офтальмопатологией различной степени тяжести как важного фактора реализации их особых образовательных потребностей.

Общие преимущества использования современных технических средств в обучении

Использование информационных и коммуникационных технологий в образовательном учреждении направлено, прежде всего, на повышение качества и эффективности образовательной деятельности. Даже на начальных этапах образования, в частности при обучении чтению, в настоящее время предлагается более широко использовать обучающие компьютерные программы и мобильные устройства — планшеты, электронные книги и т.д. Огромное значение навыка чтения в современной жизни побуждает многих исследователей искать наиболее эффективные подходы к созданию программ, помогающих ребенку научиться читать и анализировать прочитанное [6].

Мультимедийность, многовариантность, возможность непрерывного обновления информационного материала, интерактивная система взаимодействия и обеспечение эмоционального комфорта являются тем преимуществом, благодаря которому электронные ресурсы стали широко применяться в организации образовательного процесса. В то же время специфика взаимодействия с компьютером и другими электронными устройствами отличается от традиционных форм, предполагает формирование особой функциональной системы и требует дополнительной мобилизации функциональных возможностей организма детей и подростков.

В связи с этим актуальными являются вопросы влияния компьютерных технологий на развитие детей и функциональное состояние их организма, а также выявление преимуществ использования современных технических средств в обучении.

В работах показано, что современные информационные технологии обладают необходимым потенциалом, обеспечивающим психофизиологическое развитие ребенка. Так, работа за компьютером предполагает одновременный анализ полимодальной информации, что

в свою очередь способствует тренировке зрительных функций, развитию более координированных моторных действий, зрительно-моторной координации, удержанию в памяти значимых стимулов. У детей, использующих технические средства, были выявлены более высокие показатели внимания, активного зрительного восприятия, мышления [7].

Исследование психофизиологической структуры интеллекта, зрительного и зрительно-пространственного гнозиса подростков с разным опытом работы за компьютером показало, что на отдельные компоненты когнитивного развития влияет возраст начала взаимодействия с компьютером. Установлено, что ранний опыт работы за компьютером (ранее 8 лет) формирует определенную стратегию когнитивной деятельности и оказывает стимулирующее влияние на показатели когнитивного развития. У подростков 15–16 лет, которые начали работу за компьютером ранее 8 лет, значимо более высокие показатели выполнения математических и вербальных заданий по сравнению с подростками, которые начали взаимодействие с компьютером после 10 лет. Начало работы за компьютером в 9–10 лет оказывает стимулирующее влияние на формирование зрительно-пространственного гнозиса и зрительной памяти детей, что может быть связано с созреванием к этому возрасту механизмов регуляции мозга и контроля деятельности [8].

В рамках анализируемого вопроса имеются также публикации, в которых отмечается отсутствие позитивного влияния компьютера на когнитивное развитие детей [9, 10].

Существование полярных позиций и анализ проведенных исследований дает основание утверждать, что при оценке влияния современных технических средств на функциональное состояние и развитие детей не всегда учитывались продолжительность взаимодействия ребенка с компьютером, суммарное время, потраченное на компьютер, наличие динамических пауз. В случае четкого регламентирования данного вида деятельности, соответствия процедур санитарно-гигиеническим требованиям и правилам изучаемые показатели находились в пределах возрастных норм.

Некоторые авторы отмечают, что вместе с технологическими достижениями последнего десятилетия изменилось и поведение при чтении: одним из примеров является широкое использование мобильных устройств для обучения. Переход от печатных учебных материалов к электронным книгам оказывает влияние на различные аспекты образовательной практики, и многие исследователи отмечают преимущества использования электронных книг в обучающем процессе [11–13].

Исследователи, занимающиеся проблемами чтения у детей, считают, что в усвоении этого навыка важное значение имеет поведение ребенка во время чтения. В связи с этим была разработана система записи поведения ребенка в процессе чтения и оценивающая беглость чтения, встроенная в электронную книгу. Авторы предлагают более широко использовать электронные учебники в процессе обучения чтению, а также подчеркивают, что электронные книги имеют некоторые функции, которые бумажные учебники не могут предложить, и которые можно эффективно использовать в обучении (включая фотографирование, запись видео или возможность добавления ссылок и комментариев [12, 14–16].

Исследования влияния эмоций на процесс обучения указывают, что негативные эмоции отрицательно коррелируют с внутренней мотивацией и эффективностью

обучения, тогда как положительные эмоции могут обнаружить положительную корреляцию. Следовательно, можно предположить наличие связи между эмоциями и поведением студентов в процессе чтения, и эти аспекты нужно учитывать при разработке обучающих технологий [17, 18].

В образовании мотивация рассматривается как один из важнейших факторов, ведущих к успеху в учебе. Исследователи и практики активно разрабатывают способы мотивировать учащихся, и одним из таких методов является *геймификация* — использование в неигровых контекстах элементов дизайна из игр, таких как значки и рейтинги. При этом исследователи отмечают, что мотивация является неоднородным понятием, состоящим из различных мотивационных типов, и дизайн обучающих программ должен их максимально учитывать. Кроме того, подчеркивается индивидуальная природа мотиваций, в связи с чем большое значение имеют личностные характеристики учащихся [19–21].

В недавнем исследовании была показана эффективность разработанных для электронных книг программ, содержащих в доступной для младших школьников форме информацию об экстремальных ситуациях и обучающих правильно действовать в различных обстоятельствах [22]. В другой работе, посвященной изучению эффективности использования электронных учебников у школьников, были показаны преимущества технологии дополненной реальности в изучении энтомологии. Использование множества фотографий и игровых элементов повышало интерес детей к изучаемой теме и дополнительно мотивировало их к дальнейшему изучению предмета [23].

Преимущества использования современных технических средств в обучении слабовидящих

Наряду с общими преимуществами электронных устройств в образовательном процессе особенно перспективными представляются их возможности в осуществлении инклюзивного образования детей с ограниченными возможностями здоровья, в частности детей с офтальмопатологией различной степени тяжести. К настоящему времени во всем мире около 19 млн детей имеют различные нарушения зрения, из них примерно 7 млн относятся к слабовидящим, а 1,4 млн детей являются необратимо слепыми. Всемирная организация здравоохранения определила и выделила в качестве приоритетной задачи предоставление детям с пониженным зрением специальных вспомогательных устройств и обучение их использованию [24, 25].

Современные мультимедийные учебники и пособия представляют собой обучающую среду, выполняющую не только информационную, обучающую, контролирующую, но и коррекционно-педагогическую функцию. В настоящее время стало очевидным, что решение вопросов, связанных с реализацией дифференциального подхода в комплексном медико-психолого-педагогическом сопровождении детей с нарушениями зрения, построением индивидуальных программ обучения, использованием специфических методов, приемов и средств обучения, невозможно без применения электронных технических средств.

В решение основных проблем охраны зрения детей, коррекции функциональных зрительных расстройств и развития зрительного восприятия определяющий вклад

вносят компьютерные технологии. Возможности современных компьютерных устройств ввода-вывода информации приближаются к функциональным возможностям сенсорного и моторного аппарата человека, а организация активного сенсорно-моторного взаимодействия человека с виртуальной реальностью, анализирующей особенности его зрительной системы и адаптирующей к ним, может помочь автоматизировать процессы тестирования и значительно повысить информативность диагностических методов. Использование компьютерных программ в офтальмологической и тифлопедагогической (от греч. *typhlos* — *слепой*) практике как самостоятельно, так и в комплексе с другими методами демонстрирует хороший положительный результат. Опыт применения сотрудниками Института проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН таких программ, как «Клинок», «ЧИБИС», «Цветок», в работе с детьми, имеющими функциональные зрительные нарушения, показал, что данные модули позволяют существенно увеличить эффективность лечения и коррекционной работы, сделать результат более стойким [26, 27]. Это связано с широкой вариативностью пространственно-временных параметров изображений путем создания условий для селективной стимуляции разных зрительных механизмов и индивидуальной оптимизации воздействия. Для детей наиболее существенно то, что большинство интерактивных компьютерных программ позволяет превратить процесс коррекции в игру. Компьютерные тренировки и упражнения, с одной стороны, достаточно жестко регламентируют действия ребенка, дисциплинируя его и побуждая к оптимизации ориентировочно-поисковой деятельности, с другой — позволяют индивидуально регулировать параметры процедур в соответствии с особенностями ребенка, гарантируя ему успех, повышая уверенность в собственных силах и создавая стимул для дальнейших занятий. Это способствует тренировке не только зрительных функций, но и внимания, умственных способностей, памяти, эмоционально-волевых качеств.

С тех пор как планшеты, компьютеры и электронные книги стали широко доступными они все больше включаются в школьное обучение и все чаще находят применение у слабовидящих учащихся, позволяя увеличивать любой текст и изображение без дополнительных оптических устройств и улучшая показатели скорости, точности и понимания текста [28–31]. В исследовании, посвященном возможностям iPad в качестве средства помощи слабовидящим, было обнаружено, что его использование повышает уровень коммуникативности и дает чувство большей уверенности и независимости [29]. Использование увеличительных устройств или книг с крупным шрифтом многими слабовидящими воспринимается негативно, так как это открытая демонстрация их зрительного нарушения. Электронные устройства с аналогичными функциями помогают слабовидящим чувствовать себя не оторванными от социума, а, наоборот, включенными в него, потому что iPad или электронная книга сами по себе не ассоциируются с ограниченными возможностями здоровья, при этом устройство может увеличивать скорость чтения и уменьшать число ошибок [29, 31, 32].

Несмотря на то, что оптические приборы могут помочь детям со слабовидением в процессе обучения, существуют также проблемы и ограничения в связи с трудностями в использовании (особенно пациентами с узким полем зрения и с нецентральной фиксацией), давлением со стороны сверстников, страхом выделиться и отсутствием пользы для выполнения поставленных задач.

Учитывая это, некоторые устройства могут никогда не использоваться, а некоторые — использоваться не в полной мере [33].

Отмечается, что при тестировании испытуемых без выраженных зрительных нарушений скорость чтения с бумажного источника выше, чем при использовании iPad [23]. При сравнении эффективности чтения с бумаги и с электронной книги у слабовидящих показана обратная зависимость [31]. При этом число ошибок было меньше при использовании электронного ресурса, чем при чтении с бумаги. Авторы подчеркивают, что при использовании устройства для чтения испытуемые могли индивидуально контролировать параметры текста — размер, шрифт, цвет, полярность (что важно для детей с повышенной светочувствительностью) и другие, что является большим преимуществом для адаптации детей с разным уровнем зрительных способностей — не только слабовидящих, но и с небольшими зрительными аномалиями.

В связи с растущей популярностью современных электронных технических средств в реабилитации слабовидящих в настоящее время идет активный поиск путей оптимизации возможностей устройств для обучения детей с серьезными зрительными нарушениями. Широко используются функции анализаторов речи (голосовые команды), аудиокниги, возможности настройки контраста и величины изображения и т.д. При этом выбор электронного устройства зависит от характера нарушения. Так, например, для пациентов, желающих читать визуально, важным будет большой размер экрана, который показывает больше текста; для пациента, использующего в большей степени звуковую обратную связь, более удобными будут устройства, которые занимают меньше места; а для пациентов с нарушениями контрастной чувствительности наиболее значимыми будут возможности настройки контраста изображения. Необходимо также учитывать цели пациента, требования к обучению, что будет способствовать успешному использованию конкретного устройства. Например, при чтении электронной книги пациенты могут только увеличить текст и изменять стиль шрифта на экране. Планшеты являются более универсальными устройствами, чем электронные книги, но более дорогостоящими. Необходимы дополнительные исследования, чтобы определить, какие функции электронных устройств наиболее значимы для обучения детей с офтальмопатологией, принимая во внимание их центральную остроту зрения, поле зрения и состояние контрастной чувствительности [34].

Компьютерный зрительный синдром

Несмотря на преимущества современных технологий в процессе образования, нужно учитывать и негативное влияние их использования без соблюдения определенных гигиенических требований. Набор симптомов, возникновение которых принято ассоциировать с негативным влиянием использования дисплеев при зрительной работе, объединяют под термином — компьютерный зрительный синдром. Компьютерный зрительный синдром — это ухудшение зрения, вызванное излишним проведенным за компьютером временем, стойкие астенопические явления, головные боли, снижение остроты зрения, боль в глазах, ощущение инородного тела [35, 36]. Компьютерный зрительный синдром признан актуальной проблемой во всем мире, хотя основные причины и физиологические механизмы его возникновения

до сих пор не выяснены. Симптомы синдрома принято делить на четыре группы [37]:

- 1) зрительные (visual);
- 2) экстраокулярные (externalocular);
- 3) интраокулярные (internalocular);
- 4) скелетно-мышечные (musculoskeletal).

К зрительным симптомам относят двоение, нечеткое изображение, трудности с фокусировкой; к экстраокулярным — сухой глаз, раздражение глаз, жжение; к интраокулярным — боль в глазах, напряжение; к скелетно-мышечным — напряжение и боль в шее, спине, кистях и плечах.

По данным разных авторов, от 65 до 70% взрослых пользователей персонального компьютера имеют симптомы компьютерного зрительного синдрома. Признаки стойкого зрительного утомления отмечаются также у младших школьников при длительной продолжительности компьютерных занятий [35, 38].

В исследовании, проведенном при участии студентов, утверждается, что активное внедрение компьютерных технологий в учебный процесс создает для обучающегося ряд проблем офтальмоэргонимического характера, связанных со спецификой изображения на дисплее. Так, у молодых людей 18–24 лет, работающих более 2,5 ч в день с электронными учебниками, в 65% случаев развиваются симптомы компьютерного зрительного синдрома независимо от типа электронного учебника, у 65% молодых людей уже имеются его признаки [39].

Основные факторы, влияющие на возникновение компьютерного зрительного синдрома, делят на средовые и внутренние. К факторам среды относят плохое освещение, неудачное положение дисплея и расстояние при работе с устройством, слишком маленький размер шрифта; к внутренним факторам принято относить состояние зрения пациента: отсутствие оптимальной коррекции аметропии, нарушения движений глаз, нарушения аккомодации и вергенции, трудности с фокусировкой объектов, качество слезной пленки. При этом компьютерный зрительный синдром может быть обусловлен как одним, так и несколькими факторами [37].

Актуальным вопросом является возможность предупреждения и преодоления симптомов компьютерного зрительного синдрома. Е. Ефимова и соавт. [39] исследовали возможность медикаментозной коррекции жалоб зрительного профиля с помощью препарата Мидримакс. Показано, что после инстилляций препарата у всех пациентов с компьютерным синдромом уменьшались частота и степень выраженности проявлений астенопии, повышались острота зрения и объем абсолютной аккомодации, отмечались объективное снижение напряжения аккомодации, а также положительная динамика основных параметров аккомодограммы [39].

Специалистами предлагаются следующие направления в предупреждении и устранении явлений компьютерного синдрома: оптимальная коррекция аметропии, коррекция гетерофории, тренировки фузии, контроль частоты морганий, тренировки аккомодации, использование увлажняющих глазных капель, правильный подбор комфортных контактных линз и правильная организация рабочего места. Соблюдение этих рекомендаций способствует созданию эргономичных условий зрительной работы. Однако при разработке рекомендаций по работе с электронными устройствами необходимо учитывать особенности каждого из существующих в настоящее время устройств.

Электронные устройства

Краткое описание существующих типов дисплеев

Современные устройства для чтения делятся на следующие типы:

- электронные ридеры (несветящиеся устройства, использующие технологию электронных чернил; в англоязычной литературе обычно упоминаются как E-ink, E-reader или electroforeticreader);
- смартфоны, планшеты (liquid crystal display — жидкокристаллические мониторы, LCD; Amoled — светящиеся дисплеи, используемые на близком — 30–40 см — расстоянии, как книга);
- мониторы компьютеров и ноутбуков (LCD, дисплеи на основе электронно-лучевой трубки и другие светящиеся дисплеи, используемые на расстоянии 50–70 см).

При анализе сравнительной литературы по зрительной нагрузке очень важно учитывать тип использованного в эксперименте дисплея, так как они значительно различаются по ключевым параметрам.

Считается, что основными факторами, влияющими на усталость при чтении с дисплеев, могут быть:

- светимость экрана;
- спектральный состав света дисплея;
- мерцание экрана (частота обновления);
- высота дисплея (чем выше расположен дисплей, тем больше площадь открытой поверхности глаза и, соответственно, тем интенсивнее испарение слезной пленки с поверхности).

Анализ публикаций по сравнению влияния типов дисплеев

Для оценки влияния типов дисплеев на зрительную систему используют различные методики, например, регистрацию электроэнцефалограммы; оценку критической частоты слияния мельканий, частоты морганий, удобочитаемости (эффективности чтения), а также субъективные анкетирования.

Критическая частота слияния мельканий — это показатель временной контрастной чувствительности, соответствующий частоте, при которой отдельные мелькания стимула сливаются и воспринимаются как постоянно светящийся стимул. Этот показатель часто используется для оценки зрительной усталости в отечественных и зарубежных работах.

В ряде работ, посвященных оценке показателя критической частоты слияния мельканий при работе с разными электронными устройствами, не было получено значимых различий [23, 40]. При этом показано достоверное снижение критической частоты слияния мельканий после продолжительного чтения как с электронного устройства (независимо от типа), так и с бумаги [40]. Однако в одной из работ все же было показано достоверно более выраженное снижение критической частоты слияния мельканий при чтении с LCD-дисплея, чем при чтении с бумаги [41]. Можно заключить, что напряженная зрительная работа с любым источником информации (в том числе и с обычными печатными) снижает показатель критической частоты слияния мельканий, однако для получения достоверных данных о различиях этого влияния между разными типами устройств и бумажными носителями требуются дополнительные исследования.

Для оценки утомления испытуемых при различных видах деятельности часто используется метод электроэнцефалографии. В недавней работе, посвященной сравне-

нию ридера, компьютерного дисплея и бумажного текста, авторы использовали интересную методику алогичного текста для того, чтобы испытуемые внимательнее вчитывались в текст (из-за отсутствия логических связей, читающий должен именно анализировать читаемое, а не предугадывать сюжет) [42]. Оценивали показатели электроэнцефалограммы, электрокардиограммы, электроокулограммы и самочувствие по субъективной шкале самочувствия до и после чтения текста объемом 4000 знаков. По результатам анализа электроэнцефалограммы авторы делают вывод о большей утомляемости испытуемых при чтении с ридера и монитора в сравнении с чтением с бумаги. При оценке электроокулограммы было показано большее число прогрессивных саккад (от фр. *saccade* — *рывок, толчок*) при чтении с листа, что, по гипотезе авторов, может объясняться привычкой к предварительному сканированию строки при чтении с бумаги. Результаты анализа электрокардиограммы не показывают достоверных закономерностей.

Для оценки зрительной работоспособности в настоящее время используется такой показатель, как *удобочитаемость* (в зарубежных публикациях — *readability*). Обычно под этим термином понимают производную зрительной работоспособности в задачах чтения: испытуемым даются для прочтения отрывки текста, учитывается скорость прочтения и/или число сделанных ошибок, в некоторых работах к этому добавляют регрессивные движения глаз (возвраты в начало уже прочитанной строки). Однако **важно**, что такие параметры очень сильно зависят от квалификации читателя, возраста читателя, объема текста, типа шрифта и т.д. [43].

Важной характеристикой работы зрительного анализатора при работе с электронными устройствами является частота морганий, которая может снижаться при напряженной зрительной работе, особенно при использовании устройств с задней подсветкой дисплея, что негативно сказывается на формировании слезной пленки и других процессах функционирования органа зрения [44, 45].

Показано, что частота морганий достоверно более низкая при использовании LCD-устройства (планшета) по сравнению с бумажным носителем и электронными чернилами, что согласуется с работами о снижении частоты морганий при работе с устройствами с задней подсветкой дисплея [40]. Некоторые авторы также считают, что работа с монитором компьютера снижает частоту морганий в сравнении с печатными источниками [46]. Однако, по мнению других авторов, в предыдущих исследованиях не всегда сравнивались одинаковые по напряженности (по когнитивной нагрузке) зрительные задачи (расслабленное чтение или внимательное чтение) [47]. Очевидно, что сама степень когнитивной нагрузки существенно сказывается на частоте морганий, что важно учитывать при постановке эксперимента и критическом анализе публикаций других авторов. В некоторых работах не было обнаружено достоверных различий по частоте морганий при чтении с компьютера и с бумаги, однако было показано, что при чтении с компьютера испытуемые достоверно чаще делали неполные моргания (не до конца закрывали веко), что может приводить к появлению симптомов компьютерного зрительного синдрома [47, 48].

Еще одним часто используемым и достаточно перспективным методом является анкетирование о субъективных ощущениях (например, шкала самочувствия) и субъективном предпочтении типа учебника [40, 42]. Так, например, по шкале субъективного предпочтения школьники (12–14 лет) предпочитали использовать ридер

с электронными чернилами, затем указывались печатный носитель и компьютер [42]. Взрослые испытуемые (средний возраст 27 лет) большее предпочтение отдавали печатному источнику, как и испытуемые-студенты [49].

По оценке субъективного зрительного утомления в работе P. Lin с соавт. не обнаружено различий при чтении с LCD, ридера (E-ink) и бумажного носителя [23]. Однако в другом исследовании был показан достоверно более высокий уровень зрительного утомления при использовании LCD-дисплея, а различий между E-ink и бумагой обнаружено не было [40]. Различия в результатах авторы статьи считают влиянием **различий** продолжительности чтения.

Эргономические рекомендации для работы с электронными устройствами

Вопросы гигиенического нормирования и разработки здоровьесберегающих технологий взаимодействия ребенка с электронными устройствами находятся в числе приоритетных.

Изучение соматического и психофизиологического статуса современных детей и подростков указывает на наличие определенной тенденции к ухудшению состояния их здоровья, астенизации и невротизации по сравнению с исследованиями такого же контингента детей десятилетней давности [49]. Данную тенденцию нередко связывают не только с возрастающей интеллектуальной нагрузкой на детей, но и с активным использованием в быту и образовательной среде электронных мультимедийных средств и компьютерных игр.

Характер взаимодействия с компьютером или другими электронными устройствами отличается от традиционных учебных занятий и предполагает формирование особого динамического стереотипа и дополнительных мобилизации функциональных возможностей организма детей. Высокая пластичность нервной системы в детском возрасте, гетерохронное созревание различных сенсорных и моторных механизмов обеспечивают постепенное их вовлечение в функциональные системы, обеспечивающие освоение нового вида деятельности, связанного со взаимодействием с электронными ресурсами. В то же время нарушение границ выносливости к воздействию факторов у детей могут приводить к расстройству функционального характера и отклонениям в состоянии их здоровья. Например, в качестве причин развития миопии ученые все чаще называют влияние окружающей среды и образования на показатели рефракции и аккомодации. Показано, что продолжительность работы на близком расстоянии и интенсивность зрительной нагрузки, что часто имеет место при использовании компьютера или мобильных устройств, может быть одним из определяющих факторов риска развития миопии [1]. В исследованиях, указывающих на возникновение спазма аккомодации, зрительного утомления, раздражения глаз, снижение зрительных функций, появление головных болей, изменение продолжительности и качества сна у детей, подчеркивается корреляция этих функциональных нарушений с чтением в пониженных условиях освещения, снижением физической активности, продолжительностью и интенсивностью использования электронных устройств или другой зрительной работы вблизи, несоблюдением правил дозирования зрительной нагрузки в зависимости от возраста обучающихся. Однако это относится как к электронным, так и к бумажным носителям информации. Показано, что контроль поведенческих факторов развития миопии (время активного пребывания детей на свежем

воздухе, регламентирование длительности и интенсивности зрительной нагрузки вблизи, достаточное время сна, контроль за использованием цифровых технологий) снижает риск ее развития более чем в два раза [1].

Из рассмотренных сравнительных данных видно, что однозначных результатов, говорящих в пользу того или другого типа подачи текстовой информации, пока нет. В связи с активным развитием и совершенствованием различных средств просмотра и типов дисплеев, разумеется, необходимо продолжать работы по оценке их влияния на зрительную систему, как и работы по поиску наиболее чувствительных параметров для оценки такого влияния.

По мнению М. Безруких [7], работа на компьютере — это особый вид когнитивной деятельности, требующей вовлечения значительных, интеллектуальных и физических ресурсов организма. При оценке влияния электронных дисплеев на зрительную систему детей и подростков необходимо учитывать, что гетерохронный характер становления и развития физиологических механизмов в период интенсивного морфофункционального созревания организма обуславливает большую индивидуальную вариабельность функциональных показателей как организма в целом, так и зрительной системы в частности. Различные темпы созревания разных зрительных механизмов в условиях нормативного развития, а также недостаточная их зрелость или нарушения развития у слабовидящих детей в условиях зрительной сенсорной депривации определяют необходимость разработки целостной системы контроля за состоянием зрения детей в условиях информатизации непрерывного образования, а также педагогико-эргономических условий эффективного и безопасного применения средств, информационных и коммуникационных технологий в системе непрерывного образования.

В ходе комплексных исследований выделены показатели, необходимые для успешной работы детей на компьютере: функциональная подвижность нервной системы, точность кинестезического анализа, уровень напряжения аккомодационной системы глаза, уровень зрительной и умственной работоспособности, внимание и кратковременная память [50, 51].

Изучение влияния непрерывной 15-минутной работы на компьютере на функциональное состояние центральной нервной и сердечно-сосудистой системы, лабильность зрительной системы, умственную работоспособность у детей 7–10 лет продемонстрировало повышение устойчивости физиологических систем организма детей с увеличением их возраста к нагрузкам, связанным с работой на компьютере [50]. В возрастном интервале от 7 до 10 лет была установлена благоприятная динамика показателей зрительно-моторной реакции, КЧСМ, скорости реакции, снижение индекса напряжения со стороны сердечно-сосудистой системы, что свидетельствует о возрастании функциональных возможностей и повышении устойчивости к нагрузкам, связанным с работой на компьютере.

Оценка показателей аккомодационной функции глаза в динамике у детей 6 и 7 лет при работе на компьютере указывает на совершенствование функционирования зрительной системы у 7-летних детей по сравнению с 6-летними. Наряду с объемом аккомодации показательным критерием является критическая частота слияния мельканий. Причем характер динамики показателя критической частоты слияния мельканий в процессе работы на компьютере у детей 6 и 7 лет зависит от исход-

ного уровня: при величине исходного показателя ниже среднего по группе в процессе работы на компьютере он достоверно не изменяется, а при величине исходного в пределах средней величины и выше наблюдается его снижение от начала к концу работы, что свидетельствует о психофизиологическом напряжении и утомлении. Анализ гендерных различий указывает на то, что работа на компьютере требует неодинаковых нервно-эмоциональных затрат у девочек и мальчиков. Более выраженная реактивность организма на работу с компьютером выявлена у девочек 6 и 7 лет по сравнению с мальчиками того же возраста [50].

Исследование функционального состояния организма детей дошкольного возраста выявило их недостаточную готовность к взаимодействию с компьютером и наличие у части детей трудностей адаптации к этому виду деятельности, которые во многом обусловлены внешними причинами, в частности недостатками организации учебного процесса, несоблюдением гигиенических требований, неподходящей методикой обучения, недоучетом возрастных и психофизиологических возможностей детей данного возраста [51].

Таким образом, в организации учебно-воспитательной работы с детьми, активно осваивающими компьютерные технологии, большое значение имеет учет их индивидуальных возрастнo-половых особенностей адаптации к работе на компьютере, разработка режимов занятий в соответствии с уровнем их психофизиологического развития и работоспособности.

В ряде работ были исследованы вопросы обеспечения готовности дошкольников к работе с компьютером и преодоления трудностей их общения с информационными технологиями.

В исследовании Л. Леоновой [51] была показана эффективность активной подготовки дошкольников к началу работы с компьютером. Применение специальной методики активной функциональной подготовки дошкольников к занятиям на компьютере, включающей комплекс тренировок для целенаправленного развития значимых функций, оказало благоприятное воздействие на общую работоспособность детей на начальном этапе их общения с компьютером. Критериями эффективности показатели точности кинестезии руки, кратковременной памяти, зрительной работоспособности, утомления.

На сегодняшний день офтальмология, физиология и психофизиология зрения владеют широким набором методик тонкой оценки зрительных параметров. С точки зрения продолжительной работы с учебным пособием, перспективными могут быть оценка аккомодации, микрофлуктуаций аккомодации, оценка зрительной работоспособности, включающей зрительно-моторную реакцию, острота зрения как интегральный показатель работы зрительной системы и бинокулярная координация.

В действующих на сегодняшний день санитарно-эпидемиологических требованиях к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях (СанПиН 2.4.2.2821-10, действующий с 01.09.2011) предусмотрены общие требования к условиям зрительной работы (требования к естественному и искусственному освещению, продолжительности зрительной нагрузки, учебникам и наглядному материалу), а также рекомендован комплекс упражнений для глаз, направленный на предупреждение развития зрительного утомления, улучшения кровообращения, восстановление аккомодации и тренировку наружных глазных мышц (приложение

№ 5 к СанПиН 2.4.2.2821-10). Кроме того, для создания оптимальных условий обучения детей с ограниченными возможностями здоровья в соответствии с приказом Министерства образования и науки РФ (№ 1598 от 19 декабря 2014) разработан Федеральный государственный образовательный стандарт начального общего образования обучающихся с ограниченными возможностями здоровья (в частности для детей со слабовидением), представляющий собой совокупность обязательных требований при реализации адаптированных основных общеобразовательных программ начального общего образования. Для слабовидящих детей, не имеющих задержки психического развития, предусмотрены варианты стандарта образовательной программы 4.1 и 4.2. Вариант 4.1 предполагает, что слабовидящий обучающийся получает образование, полностью соответствующее по итоговым достижениям к моменту завершения обучения образованию обучающихся, не имеющих ограничений по ~~возможностям~~ здоровья, в те же сроки обучения (1–4-е классы). Вариант 4.2 предполагает пролонгированные сроки обучения — пять лет (1–5-е классы).

При реализации как того, так и другого варианта стандарта обязательными являются организация и создание образовательной среды с учетом клинической картины офтальмопатологии обучающихся, состояния основных зрительных функций, индивидуального режима зрительных и физических нагрузок; использование приемов, обеспечивающих снятие зрительного напряжения, профилактику зрительного утомления; доступность учебной информации для зрительного восприятия слабовидящими обучающимися; соблюдение регламента зрительных нагрузок в соответствии с глубиной зрительных нарушений и клинических форм зрительных заболеваний; увеличение времени на выполнения практических работ, в том числе итоговых.

Наряду с общими санитарно-гигиеническими требованиями к зрительной работе учащихся необходимо учитывать, что часть факторов, ассоциированных с компьютерным зрительным синдромом, специфична именно для работы с компьютерными устройствами [52].

В научных изданиях по эргономике и зрению активно ведется дискуссия о выработке рекомендаций по работе с компьютерными мониторами и другими электронными устройствами. В основном они отталкиваются от факторов, ассоциированных с возникновением компьютерного зрительного синдрома, и акцентируют внимание на гигиене зрительной работы [35, 53–55].

В Российской Федерации на сегодняшний день действует национальный стандарт «Эргономические требования к работе с визуальными дисплеями, основанными на плоских панелях: ГОСТ Р 52324-2005 (ИСО 13406-2:2001). Данный стандарт предусматривает требования Международной организации по стандартизации (International Organization for Standardization, ISO, ИСО), разработанные в сотрудничестве с Международной электротехнической комиссией по всем вопросам стандартизации в области электротехники. Данный документ содержит требования к таким параметрам, как яркость дисплеев,

цветовая гамма, показатели временной нестабильности (мелькания), качество текста, размеры объектов, яркий баланс.

Соблюдение этих основных требований необходимо. Однако нужно учитывать, что при современном темпе научно-технического прогресса многие рекомендации, разработанные для электронных устройств несколько лет назад, теряют свою актуальность при появлении новых технических средств. Предлагаемые устройства имеют свои технические преимущества перед предыдущими моделями, что обуславливает необходимость пересмотра старых и разработки новых рекомендаций. В частности, на сегодняшний день ощущается недостаток подробных рекомендаций по работе с электронными книгами и подобными устройствами. Создавать их требуется на основе существующих наработок по эргономике зрительной работы, актуальных исследований воздействия данных устройств на зрительную систему и с учетом постоянного прогресса этой техники.

Заключение

~~Таким образом,~~ можно заключить, что по своему влиянию на зрительную систему современные устройства для чтения близки к бумажным книгам, но за счет их интерактивности и расширенных возможностей они более привлекательны и могут дольше удерживать сосредоточенное внимание пользователя. С точки зрения применения этих устройств для обучения и развития когнитивных функций, такая особенность является преимуществом: концентрация активного внимания на учебном материале однозначно повышает результативность обучения.

Существующие на сегодняшний день санитарно-гигиенические требования к зрительной работе учащихся как с нормальным состоянием зрительных функций, так и с тяжелой офтальмопатологией содержат основные положения, не учитывающие, однако, всего разнообразия используемых сейчас и появляющихся новых электронных устройств. В связи с этим представляются необходимыми продолжение исследований в области влияния современных технических средств на зрительную систему и разработка соответствующих рекомендаций к их использованию.

Дополнительная информация

Источник финансирования. Работа частично выполнена в рамках государственного задания ИППИ РАН (тема № 0061-2019-0004).

Конфликт интересов. Авторы статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов, о котором необходимо сообщить.

Участие авторов. Все авторы внесли существенный вклад в проведение поисково-аналитической работы и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию до публикации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тарутта Е.П., Проскурина О.В., Тарасова Н.А., Маркосян Г.А. Анализ факторов риска развития близорукости в дошкольном и раннем школьном возрасте // *Анализ риска здоровью*. — 2019. — №3. — С. 26–33. [Tarutta EP, Proskuri-

na OV, Tarasova NA, Markosyan GA. Analysis of risk factors that cause myopia in pre-school children and primary school students. *Health risk analysis*. 2019;(3):26–33. (In Russ).] doi: 10.21668/health.risk/2019.3.

2. Saw SM, Katz J, Schein OD, et al. Epidemiology of myopia. *Epidemiol Rev.* 1996;18(2):175–187. doi: 10.1093/oxfordjournals.epirev.a017924.
3. Табаченко Т.С. Проблемы когнитивного обучения в педагогическом образовании // *Среднее специальное образование.* — 2007. — №2. — С. 2–4. [Tabachenko TS. Problemy kognitivnogo obucheniia v pedagogicheskom obrazovanii. *Srednee spetsial'noe obrazovanie.* 2007;(2):2–4. (In Russ).]
4. Денискина В.З. Особые образовательные потребности детей с нарушением зрения // *Дефектология.* — 2012. — №6. — С. 17–24. [Deniskina VZ. Special educational needs of visually impaired children. *Defektologiya.* 2012;(6):17–24. (In Russ).]
5. Кукушкина О.И., Гончарова Е.Л. Компьютерные развивающие и обучающие игры для детей с ограниченными возможностями здоровья — миссия и особенности // *Воспитание и обучение детей с нарушениями развития.* — 2016. — №8. — С. 16–18. [Kukushkina OI, Goncharova EL. Computer developing and teaching games for children with special educational needs — mission and peculiarities. *Vospitanie i obuchenie detei s narusheniami razvitiia.* 2016;(8):16–18. (In Russ).]
6. Jamshidifarsani H, Garbaya S, Lim T, et al. Technology-based reading intervention programs for elementary grades: an analytical review. *Computers Education.* 2019;128:427–451. doi: 10.1016/j.compedu.2018.10.003.
7. Безруких М.М., Комкова Ю.Н. Функциональное состояние организма детей 15–16 лет в зависимости от возраста начала работы за компьютером // *Новые исследования.* — 2012. — №3. — С. 22–31. [Bezrukikh MM, Komkova YuN. The functional state of children aged 15–16 years, depending on the age of the beginning of work at the computer. *Novye issledovaniia.* 2012;(3):22–31. (In Russ).]
8. Безруких М.М., Комкова Ю.Н. Особенности интеллектуального развития детей 15–16 лет с разным опытом работы за компьютером // *Экспериментальная психология.* — 2010. — Т.3. — №3. — С. 110–122. [Bezrukikh MM, Komkova YuN. Features of the intellectual development of 15–16 year old children with different PC work experience. *Ekspperimental'naia psikhologiya.* 2010;3(3):110–122. (In Russ).]
9. Dworak M, Schierl T, Bruns T, Strüder HK. Impact of singular excessive computer game and television exposure on sleep patterns and memory performance of school-aged children. *Pediatrics.* 2007;120(5):978–985. doi: 10.1542/peds.2007-0476.
10. Gentile DA. Pathological video — game use among youth 8 to 18: a national study. *Psychol Sci.* 2009;20(5):594–602. doi: 10.1111/j.1467-9280.2009.02340.x.
11. Lai JY, Chang CY. User attitudes toward dedicated e-book readers for reading: the effects of convenience, compatibility and media richness. *Online Inform Rev.* 2011;35(4):558–580. doi: 10.1108/14684521111161936.
12. Huang YM, Liang TH. A technique for tracking the reading rate to identify the e-book reading behaviors and comprehension outcomes of elementary school students. *Brit J Educat Technol.* 2015;46(4):864–876. doi: 10.1111/bjet.12182.
13. Yalman M. Preservice teachers views about e-book and their levels of use of e-books. *Proc Soc Behavi Sci.* 2015;176:255–262. doi: 10.1016/j.sbspro.2015.01.469.
14. Abbott M, Wills H, Miller A, Kaufman J. The relationship of error rate and comprehension in second and third grade oral reading fluency. *Read Psychol.* 2012;33(1–2). doi: 10.1080/02702711.2012.630613.
15. Darby A, Longmire-Avital B, Chenault J, Haglund M. Students motivation in academic service-learning over the course of the semester. *College Student J.* 2013;47(1):185–191.
16. Kim, YS, Park, CH, Wagner RK. Is oral/text reading fluency a «bridge» to reading comprehension? *Read Writ.* 2014;27(1):79–99. doi: 10.1007/s11145-013-9434-7.
17. Pekrun, R, Goetz T, Frenzel AC, et al. Measuring emotions in students' learning and performance: the Achievement Emotions Questionnaire (AEQ). *Contem Educati Psychol.* 2011;36(1):36–48. doi: 10.1016/j.cedpsych.2010.10.002.
18. Ainley M, Hidi S. Interest and enjoyment. In: International Handbook of Emotions in Education. Routledge Handbooks Online; 2014. Pp. 205–227. doi: 10.4324/9780203148211.ch11.
19. Pan Y, Gavain M. The continuity of college students' autonomous learning motivation and its predictors: a three-year longitudinal study. *Learning Individual Differences.* 2012;22(1):92–99. doi: 10.1016/j.lindif.2011.11.010.
20. Abramovich S, Schunn C, Higashi RM. Are badges useful in education? It depends upon the type of badge and expertise of learner. *Education Techn Res Dev.* 2013;61(2):217–232. doi: 10.1007/s11423-013-9289-2.
21. Buckley P, Doyle E. Individualising gamification: an investigation of the impact of learning styles and personality traits on the efficacy of gamification using a prediction market. *Computers Education.* 2017;106:43–55. doi: 10.1016/j.compedu.2016.11.009.
22. Tian FJ, Yu CW, Chen CN. Exploration of application for e-books in elementary school disaster prevention education. *Int J Org Inn.* 2018;10(4):54–69.
23. Lin PH, Su YN, Huang YM. Evaluating reading fluency behavior via reading rates of elementary school students reading e-books. *Computer Human Behavior.* 2019;100:258–265. doi: 10.1016/j.chb.2018.10.004.
24. Kong L, Fry M, Al-Samarraie M, et al. An update on progress and the changing epidemiology of causes of child. *J AAPOS.* 2012;16(6):501–507. doi: 10.1016/j.jaapos.2012.09.004
25. Ahmad FK. Use of assistive technology in inclusive education: making room for diverse learning needs. *Transcience.* 2015;(6):62–77.
26. Рожкова Г.И., Подугольникова Т.А., Лешкевич И.А., и др. Компьютерное лечение косоглазия и амблиопии с применением случайно-точечных стереограмм // *Вестник офтальмологии.* — 1998. — Т.114. — №4. — С. 28–32. [Rozhkova GI, Podugol'nikova TA, Leshkevich IA, et al. Komp'uternoe lechenie kosoglaziiia i ambliopii s primeneniem sluchaino-tochechnykh stereogramm. *Annals of ophthalmology.* 1998;114(4):28–32. (In Russ).]
27. Подугольникова Т.А., Рожкова Г.И. Зрительная работоспособность дошкольников и первоклассников с нормальным и нарушенным бинокулярным зрением. *Дефектология.* 2001. — №2. — С. 56–61. [Podugol'nikova TA, Rozhkova GI. Visual performance of preschool and first-graders with normal and impaired binocular vision. *Defektologiya.* 2001;(2):56–61. (In Russ).]
28. Barker L, Thomas R, Rubin G, Dahlmann-Noor A. Optical reading aids for children and young people with low vision. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015;(3):CD010987. doi: 10.1002/14651858.Cd010987.pub2.
29. Mednick Z, Jaidka A, Nesdole R, Bona M. Assessing the iPad as a tool for low-vision rehabilitation. *Can J Ophthalmol.* 2017;52(1):13–19. doi: 10.1016/j.jcjo.2016.05.015.
30. Gothwal VK, Thomas R, Crossland M, et al. Randomized trial of tablet computers for education and learning in children and young people with low vision. *Opt Vis Sci.* 2018;95(9):873–882. doi: 10.1097/OPX.0000000000001270.
31. McLaughlin R, Kamei-Hannan, C. Paper or digital text: which reading medium is best for students with visual impairments? *J Visual Impairment Blindness.* 2018;112(4):337–350. doi: 10.1177/0145482x1811200401.
32. Kelly M. Use of assistive technology by students with visual impairments: findings from a national survey. *J Visual Impairment Blindness.* 2009;103(8):470–480. doi: 10.1177/0145482x0910300805.
33. Alves CC, Monteiro GB, Rabello S, et al. Assistive technology applied to education of students with visual impairment. *Rev Salud Publica.* 2009;26(2):148–152. doi: 10.1590/s1020-49892009000800007.
34. Crossland MD, Silva RS, Macedo FF. Smartphone, tablet computer and e-reader use by people with vision impairment. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2014;34(5):552–557. doi: 10.1111/opo.12136.

35. Сайдашева Э.И. *Компьютерный зрительный синдром и школьная близорукость: современные подходы к профилактике и лечению*. Учебное пособие. — СПб.: СЗГМУ им. И.И. Мечникова, 2013. — 32 с. [Saidasheva EI. *Computer vision syndrome and school myopia: modern approaches to prevention and treatment*. Учебное пособие. Saint Petersburg: Severo-Zapadnyi gosudarstvennyi meditsinskii universitet im. I.I. Mechnikova; 2013. 32 p. (In Russ).]
36. Исакова Е.В. Работа с компьютером и компьютерный зрительный синдром // *Вятский медицинский вестник*. — 2011. — №3-4. — С. 32–35. [Isakova EV. Rabota s komp'yuterom i komp'yuternyi zritel'nyi sindrom. *Medical newsletter of Vyatka*. 2011;(3-4):32–35. (In Russ).]
37. Gowrisankaran S, Sheedy J E. Computer vision syndrome: a review. *Work*. 2015;52(2):303–314. doi: 10.3233/wor-152162.
38. Степанова М.И., Сазанюк З.И., Лапонова Е.Д., Лашнева И.П. Компьютерная занятость как фактор риска нарушения здоровья младших школьников // *Российский педиатрический журнал*. — 2013. — №3. — С. 43–47. [Stepanova MI, Sazanuk ZI, Laropova ED, Lashneva IP. Computer employment as a risk factor for health disorders in small school children. *Russian journal of pediatrics*. 2013;(3):43–47. (In Russ).]
39. Ефимова Е.Л., Бржеский В.В., Александрова А.С. Характеристика зрительных расстройств при использовании электронных учебников // *Российский офтальмологический журнал*. — 2015. — Т.8. — №2. — С. 27–33. [Efimova EL, Brjeskii VV, Aleksandrova AS. Visual disorders caused by using electronic textbooks and prospects of their correction (preliminary report). *Rossiiskii oftal'mologicheskii jurnal*. 2015;8(2):27–33. (In Russ).]
40. Benedetto S, Draai-Zrbib V, Pedrotti M, et al. E-readers and visual fatigue. *PLoS One*. 2013;8(12):e83676. doi: 10.1371/journal.pone.0083676.
41. Kang YY, Wang MJ, Lin R. Usability evaluation of e-books. *Displays*. 2009;30(2):49–52. doi: 10.1016/j.displa.2008.12.002.
42. Кучма В.Р., Текшева Л.М., Вятлева О.А., Курганский А.М. Физиолого-гигиеническая оценка восприятия информации с электронного устройства для чтения (ридера) // *Гигиена и санитария*. — 2013. — Т.92. — №1. — С. 22–26. [Kuchma VR, Teksheva LM, Viyatleva OA, Kurganskii AM. Physiological and hygienic assessment of perception of the information from electronic device for reading (reader). *Gigiena i sanitariia*. 2013;92(1):22–26. (In Russ).]
43. Текшева Л.М., Дадонова А.А. Современные подходы при разработке гигиенических требований к предъявлению учебной информации на экранах компьютеров // *Здоровье населения и среда обитания*. — 2007. — №2. — С. 38–41. [Teksheva LM, Dadonova AY. Sovremennye podkhody pri razrabotke gigienicheskikh trebovaniy k pred'yavleniiu uchebnoi informatsii na ekranakh komp'yutеров. *Zdorov'e naseleniia i sreda obitaniia*. 2007;(2):38–41. (In Russ).]
44. Tsubota K, Nakamori K. Dry eyes and video display terminals. *N Engl J Med*. 1993;328(8):584. doi: 10.1056/nejm199302253280817.
45. Rosenfield M. Computer vision syndrome: a review of ocular causes and potential treatments. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2011;31(5):502–515. doi: 10.1111/j.1475-1313.2011.00834.x.
46. Blehm C, Vishnu S, Khattak A, et al. Computer vision syndrome: a review. *Surv Ophthalmol*. 2005;50(3):253–262. doi: 10.1016/j.survophthal.2005.02.008.
47. Chu CA, Rosenfield M, Portello JK. Blink patterns: reading from a computer screen versus hard copy. *Optom Vis Sci*. 2014;91(3):297–302. doi: 10.1097/OPX.000000000000157.
48. Jansen ME, Begley CG, Himebaugh NH, Port NL. Effect of contact lens wear and a near task on tear film break-up. *Optom Vis Sci*. 2010;87(5):350–357. doi: 10.1097/oxp.0b013e3181d951df.
49. Woody WD, Daniel DB, Baker CA. E-books or textbooks: students prefer textbooks. *Computers Education*. 2010;55(3):945–948. doi: 10.1016/j.compedu.2010.04.005.
50. Макарова Л.В., Лукьянец Г.Н., Параничева Т.М., Тюрина Е.В. Влияние компьютерной нагрузки на состояние физиологических функций у детей 7–10 лет // *Физиология человека*. — 2017. — Т.43. — №2. — С. 66–73. [Makarova LV, Luk'yanets GN, Paranicheva TM, Turina EV. Effect of computer work on the state of physiological functions in children aged 7 to 10 years. *Human physiology*. 2017;43(2):177–183. (In Russ).] doi: 10.7868/S0131164617020126.
51. Леонова Л.А., Каралашвили Е.А., Макарова Л.В., Лукьянец Г.Н. Физиологические предпосылки успешного взаимодействия ребенка с компьютером // *Физиология человека*. — 2010. — Т.36. — №2. — С. 67–71. [Leonova LA, Karadashvili EA, Makarova LV, Luk'yanets GN. Physiological prerequisites for successful interaction between child and computer. *Human physiology*. 2010;36(2):179–183. (In Russ).]
52. Матюхин В.В., Шардакова Е.Г., Ямпольская Е.Г., Елизарова В.В. Обоснование физиолого-эргономических мероприятий по снижению развития зрительного утомления при работе с видеодисплейными терминалами // *Анализ риска здоровью*. — 2017. — №3. — С. 66–75. [Matuchin VV, Sharidakova EG, Yampol'skaya EG, Elizarova VV. Giving grounds for physiological-ergonomic activities aimed at reducing eye fatigue caused by work with visual display terminals. *Health risk analysis*. 2017;(3):66–75. (In Russ).] doi: 10.21668/health.risk/2017.3.08.
53. Kroemer AD, Kroemer KH. *Office ergonomics*. Ease and Efficiency at Work, Second Edition. Boca Raton, CRC Press; 2017. 300 p.
54. Turgut B. Ocular ergonomics for the computer vision syndrome. *Journal of Eye and Vision*. 2018;1(1-2):1–9.
55. Coles-Brennan C, Sulley A, Young G. Management of digital eye strain. *Clin Exp Optom*. 2019;102(1):18–29. doi: 10.1111/cxo.12798.

КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Такхиди Христо Перклович, д.м.н., профессор [Hristo P. Tahchidi, MD, PhD, Professor];
адрес: 117997, Москва, ул. Островитянова, д. 1 [address: 1, Ostrovityanova str., 117997 Moscow, Russia],
тел.: +7 (495) 434-33-44, e-mail: takhchidi_hp@rsmu.ru, SPIN-код: 7699-5089,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0621-5905>

Грачева Мария Александровна, к.б.н. [Maria A. Gracheva, PhD]; e-mail: mg.iitp@gmail.com, SPIN-код: 11689,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0196-148X>

Казакова Анна Алексеевна [Anna A. Kazakova]; e-mail: AnneKazakova@mail.ru, SPIN-код: 2648-5849,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5184-5316>

Стрижебок Алла Владимировна [Alla V. Strizhebok]; e-mail: astrizhebok@mail.ru, SPIN-код: 222,
ORCID: <https://orcid.org/>

Васильева Надежда Николаевна, д.б.н. [Nadezhda N. Vasileva, PhD]; e-mail: nvasilyeva@iitp.ru, SPIN-код: 6229-5381,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8919-3069>