



Р.Р. Ахмадеев, Р.И. Тимерханов, Р.С. Мусалимова

ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗРИТЕЛЬНОГО УТОМЛЕНИЯ У СТУДЕНТОВ – ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ПК: 4. НЕЙРОСЕНСОРНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Ключевые слова: студенты, компьютер, зрительное утомление, нейросенсорные механизмы, зрительная система.

Аннотация: Определение порогов электрочувствительности, электролабильности, а также критической частоты слияния световых мельканий у студентов – пользователей персональными компьютерами выявило значимые изменения исследованных психофизиологических параметров зрительной системы после тридцатиминутной зрительной нагрузки, вызванной работой с монитором. Результаты обсуждаются с точки зрения функциональной организации зрительной системы, в частности – нейронных механизмов развития утомления.

Актуальность. Несмотря на то, что проблеме зрительного утомления у участников образовательного процесса посвящено достаточно большое количество публикаций, многие аспекты остаются малоисследованными. Анализ данных отечественной и зарубежной литературы показывает, что, в частности, недостаточно хорошо изучены нейросенсорные механизмы компьютерного зрительного синдрома (КЗС) – исходя из особенностей организации зрительного анализатора, именно фоторецепторы и нейроны различных уровней могут быть наиболее чувствительными к неблагоприятному воздействию ПК. С учетом этого положения нами предпринято исследование некоторых нейрофизиологических показателей функционального состояния зрительной системы в ходе утомления, вызванного работой на ПК.

Дизайн и методы исследования. В экспериментах приняли участие сорок четыре студента обоего пола (двадцать две девушки и двадцать два юноши) различных факультетов Башкирского государственного педагогического университета имени М. Акмуллы; средний возраст испытуемых составил $19,25 \pm 0,27$ лет. Для оценки нейросенсорных компонентов зрительного утомления регистрировались показатели критической частоты слияния световых мельканий (КЧСМ), порогов электрочувствительности (ПЭЧ) и электролабильности (ЭЛ) в унифицированных лабораторных условиях при мезопической освещенности (10–15 люксов) до и после зрительной нагрузки.

КЧСМ измеряли общепринятым методом с помощью светодиодного датчика-приставки, световые мелькания генерировались специализированной программой *FROG* версии 1.0. Испытуемым предъявлялись красные световые мелькания возрастающей частоты от 0 до 60 Гц отдельно для правого (OD) и левого (OS) глаза. В норме при малой частоте испытуемый воспринимает отдельные вспышки, с увеличением частоты – ощущение мерцания, а затем полного слияния.

Измерение ПЭЧ глаза проводилось с помощью электростимулятора «АйНУР-03» после предварительной пятиминутной темновой адаптации испытуемого. При этом подавался импульсный ток от 35 до 450 мкА (частота 2 Гц) на электрод с двумя изолированными полюсами, одна часть которого закреплялась на запястье испытуемого, а другая – прикладывалась к коже века с темпоральной стороны глаза (монокулярно). Длительность импульсов раздражающего тока – 10 мс. При определении ЭЛ значение пороговой силы тока увеличивалось в 2–4 раза (но не более 500 мкА). Испытуемому предъявлялись импульсы тока возрастающей частоты от 1 до 60 Гц отдельно для OD и OS глаза, и фиксировался момент, когда исследуемый переставал ощущать электрофосфен (ЭФ).

Все эксперименты были проведены в лабораторных условиях на базе ЦМикЗ БГПУ имени М. Акмуллы с соблюдением соответствующих требований в три этапа, по стандартной унифицированной методике. Первый этап – инструктаж обследуемых, их анкетирование и регистрация исходных психофизиологических показателей [10]. На втором этапе эксперимента давалась тридцатиминутная зрительная нагрузка (использовались компьютерные варианты теста Айзенка для измерения интеллекта и теста Люшера на цветовое восприятие) [1]. На третьем, заключительном, этапе, сразу после нагрузки, проводилась повторная регистрация исследуемых показателей.

Результаты и обсуждение. Обобщенные результаты исследования представлены в таблице (в ходе анализа данных была проведена выбраковка артефактов по критерию Фишера [4]).

Таблица

Электрофизиологические показатели зрительной системы студентов до и после зрительной нагрузки ($M \pm m$)

Методы исследования	До предъявления нагрузки	После предъявления нагрузки	$p < 0.05$
КЧСМ (Гц)	38,37 $\pm$ 0,81 (OD) 37,98 $\pm$ 0,87 (OS)	37,37 $\pm$ 1,87 (OD) 34,29 $\pm$ 0,84 (OS)	0,003108 0,000085
ПЭЧ (мкА)	142,05 $\pm$ 9,53 (OD) 147,76 $\pm$ 8,85 (OS)	150,5 $\pm$ 6,97 (OD) 153,57 $\pm$ 7,48 (OS)	0,060212 0,235785
ЭЛ (Гц)	40,58 $\pm$ 1,08 (OD) 38,94 $\pm$ 1,38 (OS)	42,24 $\pm$ 0,37 (OD) 40,58 $\pm$ 0,63 (OS)	0,692552 0,305499

Примечание: М – средняя арифметическая, m – ошибка средней арифметической, p – значимость различий (по Вилкоксоу), OD – правый глаз, OS – левый глаз

Как следует из таблицы, показатели КЧСМ, полученные при обследовании студентов, соответствуют критериям клинической нормы, которая, по данным ряда авторов, составляет 40–55 Гц [5, 8], и свидетельствуют об удовлетворительном состоянии дистальных отделов сетчатки у испытуемых. После предъявления нагрузки произошло статистически значимое снижение КЧСМ, составившее 37,37 $\pm$ 1,87 (OD) и 34,29 $\pm$ 0,84 (OS) Гц. Следует подчеркнуть, что после тридцатиминутной зрительной нагрузки, несмотря на снижение КЧСМ, они оставались в пределах клинической нормы.

Полученные результаты снижения значений КЧСМ на основе выполненных исследований можно интерпретировать как снижение функциональной активности фоторецепторов и дистальных отделов сетчатки у пользователей ПК, что, безусловно, указывает на утомление зрительной системы [2, 6]. Более того, имеющиеся многочисленные данные о зависимости значения КЧСМ от степени утомления организма человека трактуются с точки зрения теории утомления: в частности, установлено, что в развитии утомления, вызванного физической или умственной работой, основная роль принадлежит центральной нервной системе [7].

Показатели электрочувствительности и электролабильности (табл.) у обследованных нами студентов также соответствовали клинической норме, которая по данным разных авторов составляет 35–80 мкА. После зрительной нагрузки обнаружена тенденция к росту изучаемых показателей. Необходимо особо отметить, что одновременный рост показателей и ПЭЧ и ЭЛ с нейрофизиологической точки зрения носит достаточно противоречивый характер и требует соответствующей трактовки.

Порог электрической чувствительности сетчатки – это минимальная сила тока, при которой человек воспринимает вспышку. Из источников, описывающих экспериментальные и клинические данные, известно, что ПЭЧ характеризует функциональное состояние внутренних слоев сетчатки, то есть слоя ее ганглиозных клеток, и коррелирует с общей площа-

дью патологических скотом [3]. При увеличении площади дефектов поля зрения для индукции феномена электрофосфена требуется более высокий ток. Пороговая сила тока, индуцирующая световые мелькания, зависит от частоты подаваемых импульсов тока. Если частоту стимуляции плавно увеличивать, то в какой-то момент человек перестает ощущать ЭФ – этот момент определяют как критическую частоту исчезновения мельканий ЭФ, которая является показателем функционального состояния “центрального” пучка зрительного нерва. В связи с этим, повышение показателя ПЭЧ глаза после зрительной нагрузки можно трактовать как снижение функциональной активности проксимальных отделов сетчатки, проводящих путей и зрительных центров, то есть как свидетельство тормозных явлений в зрительном анализаторе, или же снижение чувствительности.

Наблюдаемая в ходе экспериментов тенденция к повышению электролабильности говорит об улучшении электрической активности проводящих путей, что указывает на повышение чувствительности нейронов зрительного анализатора. При трактовке данного феномена необходимо учитывать следующее:

- исходя из современных представлений об организации зрительной системы, нейроны зрительного анализатора анатомически локализованы за сетчаткой, то есть воздействие неблагоприятных факторов пользования ПК приходится в основном на первичные звенья зрительной системы;

- по рекомендациям СанПиН оптимальное время непрерывной работы на ПК для студентов приближается к тридцати минутам, когда нейросенсорные механизмы зрительной системы находятся в состоянии повышенной работоспособности [9].

В связи с этим, вероятная причина активации нейронов зрительного нерва – использование физиологических ресурсов для поддержания высокой работоспособности.

Таким образом, исходя из особенностей использованных нами методов, а также современных представлений об организации зрительной системы, можно полагать, что процессы зрительного утомления при предъявлении тридцатиминутной зрительной нагрузки пользователям ПК локализуются на уровне фоторецепторов и дистальных отделов сетчатки. Для уточнения нейронных механизмов зрительного утомления при работе на ПК необходимы работа на больших выборках и использование дополнительных методов (планируется в ближайшее время).

Выводы. В ходе исследования выявлено статистически значимое снижение значений КЧСМ после предъявления тридцатиминутной зрительной нагрузки на ПК, что свидетельствует об утомлении зрительной системы на уровне фоторецепторов и дистальных отделов сетчатки. Обнаружена тенденция к повышению значений ПЭЧ и ЭЛ после тридцатиминутной работы на ПК; наиболее вероятной причиной такой активации нейронов зрительного нерва является использование физиологических ресурсов для поддержания высокой работоспособности. Процессы зрительного утомления при предъявлении тридцатиминутной зрительной нагрузки пользователям ПК локализуется, прежде всего, на уровне фоторецепторов и дистальных отделов сетчатки. Поэтому для профилактики зрительного и психофизиологического переутомления после интенсивной тридцатиминутной работы на ПК необходим достаточно продолжительный и полноценный отдых зрительной системы.

1. Ахмадеев, Р.Р., Зубова, С.М., Нагаева, Р.Р., Тимерханов, Р.И. К проблеме моделирования зрительных нагрузок при исследовании компьютерного зрительного синдрома [Текст] / Р.Р. Ахмадеев, С.М. Зубова, Р.Р. Нагаева, Р.И. Тимерханов // Актуальные вопросы физиологии, психофизиологии, и психологии : сб. науч. ст. Всероссийской заочной научно-практической конференции. – Уфа : РИЦ БашИФК, 2010. – 133с.
2. Ахмадеев, Р.Р., Тимерханов, Р.Р. и др. Психофизиологические показатели зрительного утомления при пользовании ПК : сб. науч. трудов IV Российского общенационального офтальмологического форума. – М., 2011. – С. 40–43.
3. Богословский, А. И., Ковальчук Н.А. Электрический фосфен в офтальмологии [Текст] / А.И. Богословский, Н.А. Ковальчук // Клиническая электрофизиология зрительной системы. «Офтальмологическая электродиагностика» Научные труды НИИ глазных болезней им. Гельмгольца, 1980. – Вып.24. С. 150–166.
4. Гареев, Е.А. Краткий обзор базовых методов математико-статистической обработки медико-биологической информации [Текст] / Е.А. Гареев. – Уфа, 2009. – 132 с.

5. *Голубцов, К.В.* Мелькающий свет в диагностике и лечении патологических процессов зрительной системы человека [Текст] / К.В. Голубцов, И.Г. Куман, Т.С. Хейло, Н.А. Шигина, В.Г. Трунов, Т.А. Быкова, П.Д. Софронов, А.А. Рябцева // Информационные процессы. – 2003. – Т.3. – № 2. – С. 114–122.
6. *Матюхин, В.В.* Зрительное утомление у профессиональных пользователей видеотерминалов в зависимости от типа отображения информации [Текст] / В.В. Матюхин, Е.Г. Ямпольская, Э.Ф. Шардакова, В.В. Елизарова // Гигиена и санитария. – 2010. – №2. – С.57–60.
7. *Розенблат, В.В.* Проблемы утомления [Текст] / В.В. Розенблат. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Медицина, 1975. – 240 с.
8. *Шамшинова, А.М.* Функциональные исследования в офтальмологии [Текст] / А.М. Шамшинова, В.В. Волков. – М. : Медицина, 1998. – С.88.
9. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы [Текст]. СанПиН 2.2.2/2.4.1341-03. –М., 2003.
10. *Сорокин, Г.А.* Интегральная оценка субъективных симптомов для выявления хронического зрительного, двигательного и неспецифического перенапряжения работающих [Текст] / Г.А.Сорокин // Медицина труда и промышленная экология. – 1998. – №11. – С.15–19.