

ОРИГИНАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ. ОФТАЛЬМОЛОГИЯ
ORIGINAL ARTICLE. OPHTHALMOLOGY

DOI: 10.22363/2313-0245-2019-23-2-178-186

**КРИТИЧЕСКАЯ ЧАСТОТА СЛИЯНИЯ МЕЛЬКАНИЙ
И ЗРИТЕЛЬНЫЕ ВЫЗВАННЫЕ ПОТЕНЦИАЛЫ
ПРИ КОМПЬЮТЕРНОЙ НАГРУЗКЕ**

**Р.Р. Ахмадеев¹, И.Ф. Тимербулатов^{1,2}, Д.И. Кошелев³,
Е.М. Евтушенко^{1,2}, М.Ф. Тимербулатова^{1,2}**

¹ГАУЗ Республиканский клинический центр психотерапии МЗ РБ, Уфа, Россия

²Кафедра психотерапии с курсом ИДПО,
Башкирский государственный медицинский университет, Уфа, Россия

³ФГБУ «Всероссийский центр глазной и пластической хирургии»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Уфа, Россия

Актуальность разработки и совершенствования методов исследования функционального состояния пользователей компьютерными технологиями нарастает параллельно с ростом их негативного воздействия на основные мишени — зрительную и нервно-психическую функции. Поэтому целью исследования стало изучение процессов восприятия ритмических световых стимулов и вызванной электрической активности зрительной коры в ходе компьютерной нагрузки. Исследование было проведено с участием клинически здоровых студентов ($n = 182$), у которых определены критическая частота слияния мельканий и зарегистрированы ритмические корковые вызванные зрительные потенциалы в ходе компьютерной зрительной нагрузки. Для оценки характера и продолжительности использования студентами компьютера, а также определения наличия и выраженности компьютерной зависимости было проведено анкетирование. Выявлены различные типы восприятия световых мельканий и изменений реакции усвоения ритма под воздействием компьютерной нагрузки. Данные обсуждены с учетом ритмических процессов головного мозга. Сделан вывод об ослабленном, стабильном и усиленном типах реагирования нейронных механизмов на компьютерные зрительные нагрузки.

Ключевые слова: критическая частота слияния мельканий, реакция усвоения ритма, компьютерная нагрузка

Ответственный за переписку: Евтушенко Елена Михайловна — ассистент кафедры психотерапии с курсом ИДПО ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России, заместитель главного врача ГАУЗ Республиканский клинический психотерапевтический центр Минздрава Республики Башкортостан. 450080, ул. Менделеева, 136/5 г. Уфа, Россия
E-mail: evtushenko_67@inbox.ru

Для цитирования: Ахмадеев Р.Р., Тимербулатов И.Ф., Кошелев Д.И., Евтушенко Е.М., Тимербулатова М.Ф. Критическая частота слияния мельканий и зрительные вызванные потенциалы при компьютерной нагрузке // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Медицина. 2019. Т. 23. No 2. С. 178—186. DOI: 10.22363/2313-0245-2019-23-2-178-186.

For citation: Akhmadeev R.R., Timerbulatov I.F., Koshelev D.I., Evtushenko E.M., Timerbulatova M.F. (2019). Critical Frequency of Flicker Merging and Visual Potentials under Computer Load. *RUDN Journal of Medicine*, 23 (2), 178—186. DOI: 10.22363/2313-0245-2019-23-2-178-186.

Актуальность углубленного изучения нейро- и психофизиологических механизмов воздействия компьютерных технологий на нервно-психическое состояние пользователей обусловлена как научной, так и практической составляющими. Научная значимость проблемы определяется слабым знанием процессов влияния современных информационных технологий как на нервно-психические функции в целом, так и на отдельные ее компоненты. Практическое значение диктуется беспрецедентным масштабом и взрывообразной скоростью распространения цифровых технологий, что вызвало практически параллельный рост и усугубление таких состояний, как депрессия, тревожность, аффективные расстройства, синдром пользователя компьютером, всевозможные виды интернет-аддиктивного поведения и компьютерной зависимости.

Использование современных программно-аппаратных комплексов возродили интерес к применению фундаментальных нейрофизиологических данных непосредственно в клинической практике. Наиболее показательным примером этого служит возможность исследовать такие явления, как восприятие, внимание, память и высшие когнитивные функции мозга с помощью нейрофизиологических методов [1—5].

Тем не менее, сведения о нейро- и психофизиологических эффектах воздействия компьютерной нагрузки на пользователей носят неполный, поверхностный, а зачастую и противоречивый характер [6—8].

Таким образом, учитывая колоссальный объем знаний о физиологических и патологических процессах в нейронных сетях на микро-, мезо- и макроскопическом организационном уровнях, а также парадигмы об осцилляторной активности мозга в механизмах восприятия, внимания,

памяти и других психических процессов, представляется актуальным исследовать реакцию корковых отделов зрительного анализатора на компьютерную нагрузку [9—15].

С учетом вышеизложенного **целью** настоящей работы стало изучение процессов восприятия ритмических световых стимулов и вызванной электрической активности зрительной коры в ходе компьютерной нагрузки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие клинически здоровые студенты 18—22 лет — пользователи компьютером. Всего в работе было проведено 412 психофизиологических измерений (табл. 1) у 182 испытуемых (79 мужчин и 103 женщины). В соответствии с этическими принципами проведения медицинских исследований Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (WMA Declaration of Helsinki — Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects, 2013) все обследуемые были ознакомлены с целями, задачами и методами исследования и у них было получено соответствующее информированное согласие на участие в этом исследовании. Исследование также было одобрено комиссией по вопросам этики Ученого Совета Института дополнительного профессионального образования ФГБОУ ВО «Башкирский Государственный медицинский университет» МЗ РФ, протокол № 9 от 22.12.2016.

Для получения информации о характере, стаже, ежедневной продолжительности пользования компьютером, а также о возможных проблемах со здоровьем при использовании информационными технологиями на предварительном этапе исследования проводилось анкетирование.

Таблица 1 / Table 1

**Обобщенные данные о количестве обследованных и измерений /
Generalized data on the number of surveyed and measurements**

Метод / Method	Количество испытуемых / Number of subjects	Количество измерений / Number of measurements
Реакция усвоения ритма / Reproduction of light rhythm (steady-state VEP)	12	48
Определение КЧСМ / Determination of the critical frequency of light flickering fusion	182	364

Регистрация вызванной ритмической электрической активности головного мозга (реакции усвоения ритма — РУР) была осуществлена в стандартных лабораторных условиях на 4-канальном электронейромиографе «Нейро-МВП-4» («Нейрософт» Россия) с соответствующим программным обеспечением. Электроды устанавливали по международной системе 10—20 на точки Oz (активный электрод), Cz (референтный) и Fpz (заземляющий); межэлектродное сопротивление не превышало 5 кОм. Ритмическая световая стимуляция осуществлялась с частотой 30 Гц светодиодными очками при длительности красного стимула 5 мс.

У каждого обследуемого регистрацию РУР проводили по строго унифицированной методике, при этом выполняли 4 записи: до компьютерной зрительной нагрузки (КЗН) (исходное состояние) и через 15, 30 и 45 минут от ее начала. На каждом этапе регистрации производилось усреднение 140—150 ответов.

Определение КЧСМ проводилось по общепринятой методике в унифицированных лабораторных условиях специальной компьютерной приставкой. В ходе обследования пациенту предъявлялись ритмические красные световые стимулы фиксированной (яркость — 2,1 кд/м²) интенсивности, частота которых плавно возрастала в пределах от 3 до 70 Гц. При определенной частоте колебаний исследуемый воспринимал стимул без импульсов (субъективное слияние), что и фиксировалось как критическая частота слияния световых мельканий [16].

В качестве компьютерной зрительной нагрузки (КЗН) был составлен набор из наиболее

типичных для студентов вариантов использования компьютера — работа с текстовым редактором, выполнение презентации, компьютерные игры.

В ходе статистической обработки полученного материала использовали непараметрический критерий Манна—Уитни для оценки различий в уровне КЧСМ и критерий Вилкоксона для оценки значимости наблюдаемых изменений [17].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Критическая частота слияния мельканий. КЧСМ для правого и левого глаз во всех фазах эксперимента статистически значимых различий не имели, поэтому, как это и принято в психофизиологических исследованиях, усредненные данные по обоим глазам объединены в один массив. Как следует из таблицы 2, в исходном состоянии исследованные показатели соответствовали «клинической норме» [16], согласно которым КЧСМ в среднем в норме находится в пределах 40—43 Гц.

После 30-минутной компьютерной зрительной нагрузки произошло статистически значимое снижение хроматической КЧСМ ($p < 0,001$), хотя показатели при этом оставались близкими к клинической норме (табл. 2).

Для более детального анализа особенностей воздействия компьютерных нагрузок на КЧСМ весь массив данных был распределен по типу реакции на три группы: устойчивую, сниженную и повышенную. Отклонения в обе стороны более чем на 2 Гц принимали соответственно как повышение или снижение показателя, менее 2 Гц — как стабильный ответ.

Table 2 / Таблица 2

Показатели КЧСМ у пользователей ПК до и после 30-минутной смешанной компьютерной зрительной нагрузки Гц (M ± Sd) / Critical frequency of light flicker fusion in computer users before and 30 minutes after mixed computer load Hz (M ± Sd)

До / Before	После / After
40,3 ± 3,4	37,7 ± 3,9*

Примечание: M — средняя арифметическая, Sd — стандартное отклонение; * статистически значимое снижение КЧСМ ($p < 0,001$).

Notation: M — arithmetic mean, Sd — standard deviation; * — statistically significant change ($p < 0,001$).

**Распределение данных по типу реакции на компьютерную зрительную нагрузку /
Distribution of data by type of reaction to computer visual load**

Тип нагрузки / динамика КЧСМ Type of load / Dynamics of changes in the critical frequency of light flickering fusion	Увеличение / Increase	Стабильно / Stably	Снижение / Reduction
Компьютерная зрительная нагрузка / Computer visual load	7,2%	47,8%	45,0%

Распределение данных по типу реакции исследованных хроматических стимулов на зрительную нагрузку представлено в табл. 3. Как следует из этих данных, у наибольшего количества испытуемых отмечалась стабильная частота слияния мельканий. Очевидно, что примерно у половины испытуемых 30-минутная компьютерная нагрузка не вызывает функциональных изменений в центральных отделах зрительной системы и является для них вполне допустимой. Интересно, что у сопоставимого числа испытуемых наблюдалось снижение КЧСМ, что указывает на функциональные изменения и появление признаков центрального утомления. Особый интерес представляет группа, демонстрирующая повышение частоты слияния мельканий в процессе компьютерной нагрузки. Такая парадоксальная реакция может быть связана с усилением процессов возбуждения в зрительных центрах мозга и обеспечивает переход мозга в более активное «оптимальное» состояние.

Ранее было показано, что снижение КЧСМ на красный стимул происходило уже после 15-минутного пользования компьютером [18]. Эти сведения согласуются с нашими результатами по длительности компьютерной нагрузки. Индивидуальный характер снижения КЧСМ после работы на компьютере показан в работах [18, 19], авторы сообщают о сниженных значениях КЧСМ у пользователей компьютером со слабовыраженными астеническими жалобами по сравнению с контрольной группой. Это указывает на отклонение от физиологического оптимума, возникающее при компьютерной астении и сопровождающееся снижением КЧСМ.

Для понимания нейронных механизмов слияния световых мельканий важную роль сыграли исследования [20], в которых было проведена совместная регистрация связанных с событием МРТ и определение КЧСМ. При восприятии зрительной информации, не требующей четкого временного разрешения, наибольшая активация обнаруживалась в лобном и теменном отделах. Напротив, при предъявлении мельканий наибольшая активность преобладала в экстрастриарной затылочной области. Согласно авторам функции высокоуровневых корковых зон важны для восприятия временных зрительных событий. При этом для восприятия дискретности стимулов важную роль играют тормозные процессы, разделяющие следующие друг за другом фазы возбуждения в этих структурах.

Эти данные указывают на то, что у наших наблюдаемых различия в восприятии КЧСМ при компьютерных зрительных нагрузках могут быть обусловлены различной активностью процессов нейронального торможения, локализующихся в экстрастриарной коре. В частности, у лиц со снижением КЧСМ происходит активация тормозных механизмов, при стабильной частоте слияния мельканий нейронные механизмы уравновешены. В наиболее общем плане это вполне соответствует парадигме центрального торможения, которое, с одной стороны, играет ключевую роль в обработке зрительных сигналов, и с другой стороны — обеспечивает защиту корковых нейронов от перевозбуждения.

Особый интерес представляют случаи повышения КЧСМ (7,2% испытуемых), поскольку именно такой процент соответствует интернет-

аддиктивному поведению. Возможно, что именно у этой категории людей пользование компьютером является своего рода компьютерной стимуляцией, вызывающей активацию ритмических процессов в головном мозге, сопровождающейся чувством эйфории, характерной для компьютерной аддикции. Нам вполне очевидно, что это может быть лишь предположением и служить рабочей гипотезой, требующей специальной тщательной проверки.

Для уточнения особенностей нейронных механизмов различий в КЧСМ при КЗН была проведена регистрация вызванных зрительных потенциалов.

Реакция усвоения ритма при пользовании компьютером. В исходном состоянии, а также во всех фазах эксперимента вызванная ритмическая электрическая активность головного мозга у всех наших испытуемых не имела каких-либо патологических отклонений и носила выраженный индивидуальный характер.

Примеры записей РУР в исходном состоянии и при компьютерной зрительной нагрузке различной продолжительности представлены на рис. 1. При анализе амплитудно-временных характеристик РУР выявляются три типа реакции. При первом типе (рис. 1, А) снижение амплитуды ритм ЗВП происходит уже на 15-й минуте компьютерной зрительной нагрузки, которое непрерывно продолжается до 45-й минуты записи до минимальных значений. В соответствии с классическими представлениями о высшей нервной деятельности можно сказать, что это слабый тип ВНД. Для второго (сильного подвижного) типа РУР характерны в целом достаточно стабильные показатели амплитуды от начала до окончания регистрации с некоторыми «провалами» в средние сроки регистрации. И, наконец, третий тип отличается стабильной ритмической электрической активностью мозга, в отдельных случаях при предъявлении компьютерной зрительной нагрузки даже прослеживается тенденция к росту амплитуды РУР. Этот тип реагирования вполне соответствует сильному устойчивому типу ВНД.

Колебательные процессы в нейронных сетях находятся под совокупным воздействием как внешних (пространственная и временная суммация), так и внутренних свойств нейронных сетей (уровень мембранных потенциалов отдельных нейронов, преобладание тормозных или возбуждающих синаптических потенциалов и т.д.) [1; 3; 11; 12]. Кроме того, перцептивные зрительные процессы имеют очень строгую пространственно-временную организацию, и отдельные параметры изображения могут кодироваться и анализироваться нейронными сетями, объединенными соответствующими осцилляциями. Эти сведения о ритмических процессах при зрительном восприятии и обработке зрительной информации дают возможность для трактовки рассмотренных выше результатов на нейрофизиологическом уровне. В частности, снижение амплитуды РУР при предъявлении компьютерной зрительной нагрузки мы объясняем усилением тормозных процессов в нейронных сетях зрительной системы. В этой связи уместно вспомнить хорошо известный факт латерального торможения в подчеркивании зрительного контраста. Поэтому вполне возможно, что те же механизмы нейронного торможения, которые обеспечивают функции контрастной чувствительности, при развитии компьютерного зрительного утомления начинают играть охранительную роль.

Таким образом, результаты как определения критической частоты слияния мельканий, так и регистрации ритмических корковых вызванных потенциалов при предъявлении компьютерной зрительной нагрузки практически полностью совпадают и обнаруживают ослабленный, повышенный и стабильный типы реагирования. Имеющиеся на сегодняшний день знания о ритмических явлениях в зрительной системе и их роли в зрительном восприятии позволяют говорить о вовлечении в развитие компьютерного зрительного синдрома высших корковых отделов зрительного анализатора с усилением тормозных процессов.

Из этих фундаментальных тезисов следует вполне определенный практический вывод —

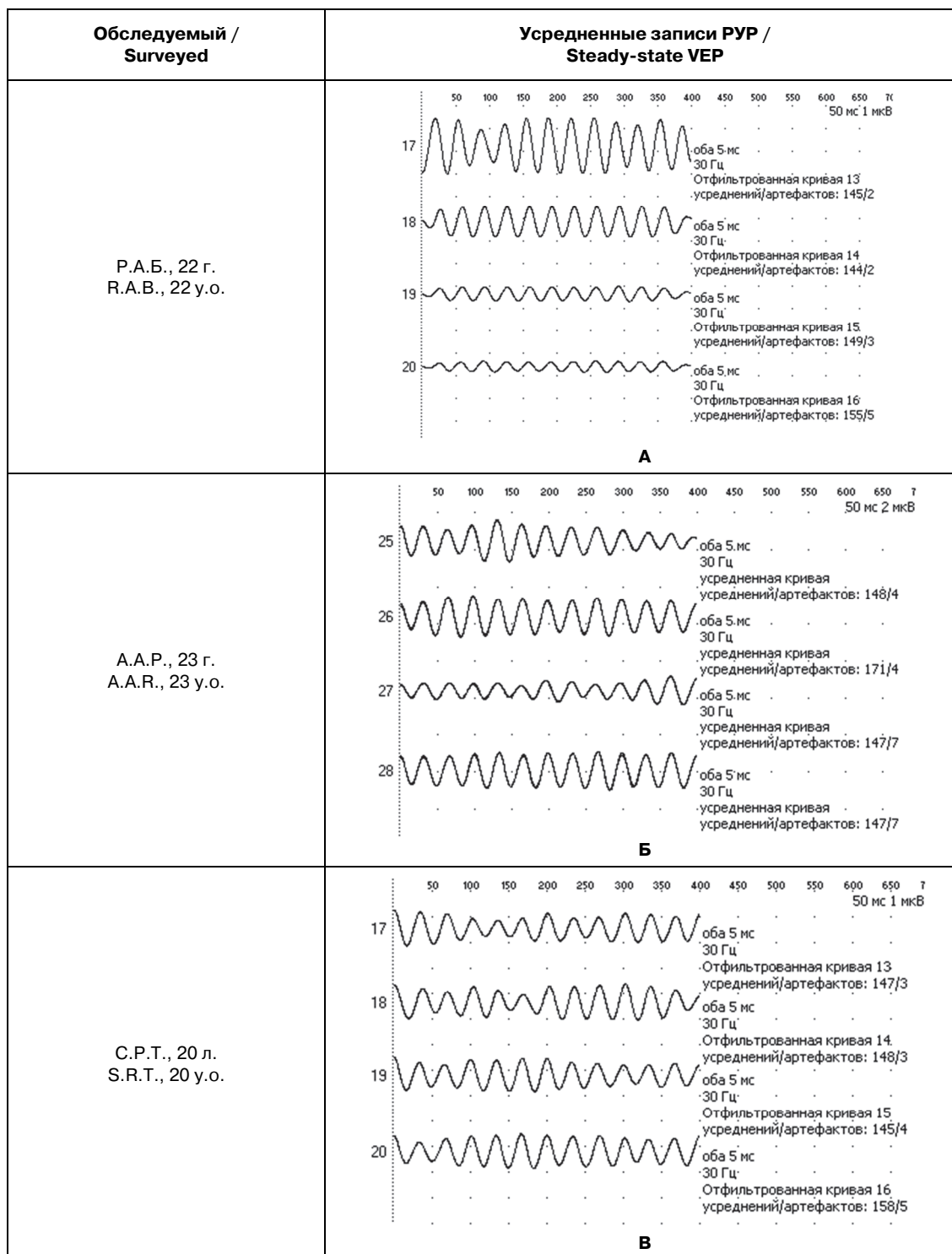


Рис. 1. Примеры усредненных записей РУР в разные фазы эксперимента:

На всех рисунках верхние кривые — исходные (до нагрузки), вторая сверху кривая — 15 мин., третья и четвертая кривые — соответственно 30 и 45 минуты компьютерной зрительной нагрузки

Fig. 1. Steady-state VEP:

Upper curve before the experiment, the second curve from the top 15 minutes after the beginning of the visual load, the third and fourth curves from the top 30 and 45 minutes after the beginning of the experiment, respectively

для углубленной оценки характера и выраженности утомления при пользовании компьютерными технологиями целесообразно включать методы регистрации и определения ритмических процессов в зрительном анализаторе, в частности реакцию усвоения ритма и хроматическую КЧСМ. Снижение амплитудно-частотных характеристик в зрительной системе при предъявлении компьютерной зрительной нагрузки служит достаточно надежным маркером развития утомления. Комбинация психометрических, психофизиологических и нейрофизиологических методовкратно увеличивает информативность и диагностическую ценность этих методов, что, в свою очередь, позволяет разработать индивидуальные психотерапевтические программы и алгоритмы профилактики, коррекции и реабилитации соответствующих состояний.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Basar E., Basar-Eroglu C., Karakas S., Schurman M.* Gamma, alpha, delta, and theta oscillations govern cognitive processes // *International Journal of Psychophysiology*. 2001. Vol. 39. P. 241—248.
2. EEG alpha and cortical inhibition in affective attention / *Uusberg A., [et al.]* // *International Journal of Psychophysiology*. 2013. Vol. 89, № 1. P. 26—36. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2013.04.020.
3. *Klimesch W.* Alpha-band oscillations, attention, and controlled access to stored information // *Trends in cognitive sciences*. 2012. Vol. 16, № 12. P. 606—617. doi: 10.1016/j.tics.2012.10.007.
4. *Rosell D.R., Siever L.J.* The neurobiology of aggression and violence // *CNS Spectrums / First View Article / May 2015*. P. 1—26.
5. *Staudigl T., Hanslmayr S.* Theta oscillations at encoding mediate the context-dependent nature of human episodic memory // *Current Biology*. 2013. Vol. 23, № 12. P. 1101—1106. doi: 10.1016/j.cub.2013.04.074.
6. *Яценко М.В., Кайгородова Н.З.* Индивидуальные особенности устойчивых и неустойчивых параметров ЭЭГ в контексте их взаимосвязи с показателями умственной работоспособности // *Психолог*. 2017. № 2. С. 9—18. DOI: 10.7256/2409-8701.2017.2.22372. URL: http://e-notabene.ru/psp/article_22372.html.
7. *Han D.H., Bolo N., Daniels M.A., Arenella L., Lyoo I.K., Renshaw P.F.* (2011). Brain activity and desire for Internet video game play. *Compr Psychiatry* 52(1):88—95.
8. *Rosenfield M.* Computer vision syndrome: a review of ocular causes and potential treatments // *Ophthalmic Physiol Opt*. 2011 Sep;31(5):502—15. doi: 10.1111/j.
9. *Миняева Н.Р., Медведев Д.С.* Высокочастотная осцилляторная активность мозга человека при восприятии фигур с субъективными контурами // *Инженерный вестник Дона*. № 4 (2014) В| ivdon.ni/m/magazine/archive/n4y2014/269.
10. *Bastiaansen Marcel C.M., Marieke van der Linden, Mariken ter Keurs, Ton Dijkstra and Peter Hagoort.* Theta Responses Are Involved in Lexical Semantic Retrieval during Language Processing // *Journal of Cognitive Neuroscience*. Vol. 17. Issue 3. March 2005. P. 530—541.
11. *Buzsaki G., Draguhn A.* (2004) Neuronal oscillations in cortical networks. *Science* 304:1926—1929.
12. *Carmel D., Lavie, N., Rees G.* Conscious awareness of flicker in humans involves frontal and parietal cortex. *Curr. Biol*. 2006;16:907—911.
13. *Duzel E., Neufang M., Heinze H.J.* (2005) The oscillatory dynamics of recognition memory and its relationship to event-related responses. *Cereb Cortex* 15:1992—2002.
14. *Hsieh L.-T., Ranganath C.* Frontal midline theta oscillations during working memory maintenance and episodic encoding and retrieval // *Neuroimage*. 2014. Vol. 85. P. 721—729. doi: 10.1016/j.neuroimage.2013.08.003.
15. Neuronal Mechanisms and Attentional Modulation of Corticothalamic Alpha Oscillations / *Bollimunta A., [et al.]* // *The Journal of Neuroscience*. 2011. Vol. 31, № 13. P. 4935—4943. doi: 10.1523/JNEUROSCI.5580-10.2011.
16. Мелькающий свет в диагностике и лечении патологических процессов зрительной системы человека / К.В. Голубцов, И.Г. Куман, Т.С. Хейло, Н.А. Шигина, В.Г. Трунов, Э.А.-И. Айду, Т.А. Быкова, П.Д. Софронов, А.А. Рябцева. Институт проблем передачи информации РАН. Москва, Россия, 2003.
17. *Сидоренко Е.В.* Методы математической обработки в психологии. СПб.: ООО «Речь», 2007.
18. *Ахмадеев Р.Р., Кошелев Д.И., Тимерханов Р.И., Еникеев Д.А.* Показатели хроматической КЧСМ при кратковременной компьютерной зрительной нагрузке различного характера // *Медицинский вестник Башкортостана*. 2014. № 5. С. 92—95.
19. *Халфина Р.Р.* Анализ психоэмоционального состояния пользователей персональными компьютерами при зрительном утомлении // *Современная психология: теория и практика: материалы V международной научно-практической конференции*. М., 2012. С. 137—142.
20. *Yi Jiang, Ke Zhou & Sheng He.* Human visual cortex responds to invisible chromatic flicker // *Nature Neuroscience* 10, 657—662 (2007) Published online: 1 April 2007. doi:10.1038/nn1879.



© Ахмадеев Р.Р., Тимербулатов И.Ф., Кошелев Д.И., Евтушенко Е.М., Тимербулатова М.Ф., 2019
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Received 15.02.2019

Accepted 29.04.2019

CRITICAL FREQUENCY OF FLICKER MERGING AND VISUAL POTENTIALS UNDER COMPUTER LOAD

R.R. Akhmadeev¹, I.F. Timerbulatov^{1,2}, D.I. Koshelev³,
E.M. Evtushenko^{1,2}, M.F. Timerbulatova^{1,2}

¹State autonomic public health care institution Republican Clinical Center of Psychotherapy, Ufa, Russia

²Department of Psychotherapy Bashkir State Medical University, Ufa, Russia

³Federal state budgetary institution «Russian eye and plastic surgery center»
Russian Ministry of health, Ufa, Russia

Abstract. The urgency of the development and improvement of methods for studying the functional state of users of computer technology is growing in parallel with the growth of their negative impact on the main targets — visual and neuropsychic functions. Therefore, the aim of the study was to study the processes of perception of rhythmic light incentives and induced electrical activity of the visual cortex during a computer load. The study was conducted with the participation of clinically healthy students ($n = 182$), who determined the critical fusion frequency of flashes and recorded rhythmic cortical evoked visual potentials during a computer-assisted visual load. To assess the nature and duration of use of computer students, as well as determining the presence and severity of computer dependency, a survey was conducted. Various types of perception of light flashes and changes in the rhythm assimilation reaction under the influence of a computer load are revealed. The data are discussed taking into account the rhythmic processes of the brain. A conclusion is drawn about the weakened, stable and strengthened types of response of oscillatory neural mechanisms to computer visual loads.

Key words: critical flicker fusion frequency, rhythm assimilation reaction, computer load

Correspondence Author: Evtushenko Elena Mikhailovna — assistant of the Department of Psychotherapy FGBOU BSMU of the Ministry of Health of Russia, deputy chief physician of Republican Clinical Psychotherapeutic Center the Ministry of health of the Republic of Bashkortostan. 450000, Mendeleev street, 136 / 5. Ufa, Russia
E-mail: evtushenko_67@inbox.ru

REFERENCES

1. Basar E., Basar-Eroglu C., Karakas S., Schurman M. Gamma, alpha, delta, and theta oscillations govern cognitive processes. *International Journal of Psychophysiology*. 2001. Vol. 39. P. 241—248.
2. Uusberg A., [et al.] EEG alpha and cortical inhibition in affective attention. *International Journal of Psychophysiology*. 2013. Vol. 89, № 1. P. 26—36. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2013.04.020.
3. Klimesch W. Alpha-band oscillations, attention, and controlled access to stored information. *Trends in cognitive sciences*. 2012. Vol. 16, № 12. P. 606—617. doi: 10.1016/j.tics.2012.10.007.
4. Rosell D.R. and Siever L. J., 2015. The neurobiology of aggression and violence. *CNS Spectrums / First View Article / May 2015*. P. 1—26.
5. Staudigl T., Hanslmayr S. Theta oscillations at encoding mediate the context-dependent nature of human episodic memory. *Current Biology*. 2013. Vol. 23, № 12. P. 1101—1106. doi: 10.1016/j.cub.2013.04.074.
6. Yatsenko M.V., Kaygorodova N.Z. Individual'nye osobennosti ustoychivyykh i neustoychivyykh parametrov EEG v kontekste ikh vzaimosvyazi s pokazatelyami umstvennoy rabotosposobnosti. *Psikholog*. 2017. № 2. S. 9—18. DOI: 10.7256/2409-8701.2017.2.22372. URL: http://e-notabene.ru/psp/article_22372.html.
7. Han D.H., Bolo N., Daniels M.A., Arenella L., Lyoo I.K., Renshaw P.F. (2011) Brain activity and desire for Internet video game play. *Compr Psychiatry* 52(1):88—95.
8. Rosenfield M. Computer vision syndrome: a review of ocular causes and potential treatments. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2011 Sep;31(5):502—15. doi: 10.1111/j.
9. Minyaeva N.R., Medvedev D.S. Vysokochastotnaya ostsillyatornaya aktivnost' mozga cheloveka pri vospriyatii figur c sub"ektivnymi konturami. *Inzhenernyy vestnik Dona*. № 4 (2014) V| ivdon.ni/m/magazine/archive/n4y2014/2697.
10. Bastiaansen Marcel C.M., Marieke van der Linden, Mariken ter Keurs, Ton Dijkstra and Peter Hagoort. Theta Responses Are Involved in Lexical Semantic Retrieval during Language Processing. *Journal of Cognitive Neuroscience*. Vol. 17. Issue 3. March 2005. P. 530—541.
11. Buzsaki G., Draguhn A. (2004) Neuronal oscillations in cortical networks. *Science* 304:1926—1929.

12. Carmel D., Lavie N., Rees G. Conscious awareness of flicker in humans involves frontal and parietal cortex. *Curr. Biol.* 2006;16:907—911.
13. Duzel E., Neufang M., Heinze H.J. (2005) The oscillatory dynamics of recognition memory and its relationship to event-related responses. *Cereb Cortex* 15:1992—2002.
14. Hsieh L.-T., Ranganath C. Frontal midline theta oscillations during working memory maintenance and episodic encoding and retrieval. *Neuroimage*. 2014. Vol. 85. P. 721—729. doi: 10.1016/j.neuroimage.2013.08.003.
15. Bollimunta A., [et al.] Neuronal Mechanisms and Attentional Modulation of Corticothalamic Alpha Oscillations. *The Journal of Neuroscience*. 2011. Vol. 31, № 13. P. 4935—4943; doi: 10.1523/JNEUROSCI.5580-10.2011.
16. Golubtsov K.V., Kuman I.G., Kheylo T.S., Shigina N.A., Trunov V.G., Aydu E.A.-I., Bykova T.A., Sofronov P.D., Ryabtseva A.A. *Mel'kayushchiy svet v diagnostike i lechenii patologicheskikh protsessov zritel'noy sistemy cheloveka*. Institut problem peredachi informatsii RAN, Moskva, Russia, 2003.
17. Sidorenko E.V. *Metody matematicheskoy obrabotki v psikhologii*. SPb.: OOO «Rech», 2007.
18. Akhmadeev R.R., Koshelev D.I., Timerkhanov R.I., Enikeev D.A. Pokazateli khromaticheskoy KChSM pri kratkovremennoy komp'yuternoy zritel'noy nagruzke razlichnogo kharaktera. *Meditsinskiy vestnik Bashkortostana*, 2014, № 5, S. 92—95.
19. Khalfina R.R. Analiz psikhoemotsional'nogo stoyaniya pol'zovateley personal'nymi komp'yuterami pri zritel'nom utomlenii. *Sovremennaya psikhologiya: teoriya i praktika: materialy V mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. M., 2012. S. 137—142.
20. Yi Jiang, Ke Zhou & Sheng He. Human visual cortex responds to invisible chromatic flicker. *Nature Neuroscience* 10, 657—662 (2007) Published online: 1 April 2007. doi: 10.1038/nn1879.



© Akhmadeev R.R., Timerbulatov I.F., Koshelev D.I., Evtushenko E.M., Timerbulatova M.F., 2019
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Поступила 15.02.2019
Принята 29.04.2019