

10. Chhablani J, Bartsch DU, Cheng L, et al. Segmental reproducibility of retinal blood flow velocity measurements using retinal function imager. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2013;251(12):2665–2670. (In English) DOI:10.1007/s00417-013-2360-1.
11. de Carlo TE, Romano A, Waheed NK, et al. A review of optical coherence tomography angiography (OCTA). *Int J Retin Vit*. 2015;1,5. (In English) DOI:10.1186/s40942-015-0005-8.
12. de Castro-Abeger AH, de Carlo TE, Duker JS, Bauman CR. Optical Coherence Tomography Angiography Compared to Fluorescein Angiography in Branch Retinal Artery Occlusion. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina*. 2015;46(10):1052–1054. (In English) DOI: 10.3928/23258160-20151027-12
13. Doche E, Lecocq A, Maarouf A, et al. Hypoperfusion of the thalamus is associated with disability in relapsing remitting multiple sclerosis. *J Neuroradiol*. 2017;44(2):158–164. (In English) DOI: 10.1016/j.neurad.2016.10.001.
14. Feucht N, Maier M, Lepennetier G, et al. Optical coherence tomography angiography indicates associations of the retinal vascular network and disease activity in multiple sclerosis. *Mult Scler*. 2019;25(2):224–234. (In English) DOI: 10.1177/1352458517750009
15. Jiang H, Delgado S, Tan J, et al. Impaired retinal microcirculation in multiple sclerosis. *Mult Scler*. 2016;22(14):1812–1820. (In English) DOI:10.1177/1352458516631035.
16. Ikuta F, Zimmerman HM. Distribution of plaques in seventy autopsy cases of multiple sclerosis in the United States. *Neurology*. 1976;26(6 Pt 2):26–28. (In English) DOI: 10.1212/WNL.26.6_Part_2.26.
17. Lanzillo R, Cennamo G, Criscuolo C, et al. Optical coherence tomography angiography retinal vascular network assessment in multiple sclerosis. *Mult Scler*. 2018;24(13):1706–1714. (In English) DOI:10.1177/1352458517729463.
18. Narayana PA, Zhou Y, Hasan KM, Datta S, Sun X, Wolinsky JS. Hypoperfusion and T1-hypointense lesions in white matter in multiple sclerosis. *Mult Scler*. 2014;20(3):365–373. (In English) DOI:10.1177/1352458513495936.
19. Plumb J, McQuaid S, Mirakhor M, Kirk J. Abnormal endothelial tight junctions in active lesions and normal-appearing white matter in multiple sclerosis. *Brain Pathol*. 2002;12(2):154–169. (In English) DOI:10.1111/j.1750-3639.2002.tb00430.x.
20. Saidha S, Al-Louzi O, Ratchford JN, et al. Optical coherence tomography reflects brain atrophy in multiple sclerosis: A four-year study. *Ann Neurol*. 2015;78(5):801–813. (In English) DOI: 10.1002/ana.24487
21. Spain RI, Liu L, Zhang X, et al. Optical coherence tomography angiography enhances the detection of optic nerve damage in multiple sclerosis. *Br J Ophthalmol*. 2018;102(4):520–524. (In English) DOI: 10.1136/bjophthalmol-2017-310477
22. Teussink MM, Breukink MB, van Grinsven MJ, et al. OCT Angiography Compared to Fluorescein and Indocyanine Green Angiography in Chronic Central Serous Chorioretinopathy. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2015;56(9):5229–5237. (In English) DOI: 10.1167/iov.15-17140
23. Toussaint D, Périot O, Verstaep A, Bervoets S. Clinicopathological study of the visual pathways, eyes, and cerebral hemispheres in 32 cases of disseminated sclerosis. *J Clin Neuroophthalmol*. 1983;3(3):211–220. (In English)
24. Wang X, Jia Y, Spain R, et al. Optical coherence tomography angiography of optic nerve head and parafovea in multiple sclerosis. *Br J Ophthalmol*. 2014;98(10):1368–1373. (In English) DOI:10.1136/bjophthalmol-2013-304547.
25. Zeis T, Graumann U, Reynolds R, Schaeren-Wiemers N. Normal-appearing white matter in multiple sclerosis is in a subtle balance between inflammation and neuroprotection. *Brain*. 2008;131(Pt 1):288–303. (In English) DOI: 10.1093/brain/awn291

УДК 617.726

© Коллектив авторов, 2020

Р.Р. Ахмадеев¹, Т.Р. Мухамедеев^{2,3}, Э.Ф. Шайхутдинова²,
А.Р. Хусниyarova², Л.Р. Идрисова², М.Ф. Тимербулатова²
**МИКРОФЛУКТУАЦИИ АККОМОДАЦИИ
КАК НЕЙРООФТАЛЬМОЛОГИЧЕСКИЙ ПОКАЗАТЕЛЬ АСТЕНОПИИ
ПРИ ПОЛЬЗОВАНИИ ДЕВАЙСАМИ**

¹ФГБУ «Всероссийский центр глазной и пластической хирургии» Минздрава России, г. Уфа

²ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет»

Минздрава России, г. Уфа

³ЗАО «Оптимедсервис», г. Уфа

Одной из актуальных проблем современной офтальмологии является компьютерный зрительный синдром (КЗС), в формировании которого ключевую роль играет нарушение аккомодации. Несмотря на большое количество исследований аккомодации у пользователей компьютерными технологиями, ряд вопросов по аккомодационной астенопии остаются открытыми. В частности, недостаточно полно изучены механизмы нервной регуляции структур глаза при КЗС. Использование современных аппаратно-программных средств в изучении механизмов формирования КЗС позволит выявить важные патогенетические механизмы его развития. Одним из таких методов являются регистрация и анализ микрофлуктуаций аккомодации (МФА). В статье представлен анализ данных литературы по регистрации МФА при использовании компьютерных технологий. Показано, что дальнейшее исследование зрительных функций у пользователей информационными технологиями с регистрацией микрофлуктуаций аккомодации является актуальным и перспективным нейроофтальмологическим и офтальмоэргонимическим направлением.

Ключевые слова: микрофлуктуации, компьютерный зрительный синдром, астенопия, аккомодация.

R.R. Akhmadeev, T.R. Mukhamadeev, E.F. Shaykhutdinova,
A.R. Khusniyarova, L.R. Idrisova, M.F. Timerbulatova
**MICROFLUCTUATIONS OF ACCOMODATION
AS A NEUROOPHTHALMOLOGICAL INDICATOR OF ASTHENIOPIA
WHEN USING DEVICES**

One of the actual problems of modern ophthalmology is computer vision syndrome (CVS), in the formation of which a key role is played by a violation of accommodation. Despite a large number of studies of accommodation among users of computer technologies, a number of questions on accommodation asthenopia remain open. In particular, the mechanisms of the nervous regulation of

eye structures in computer vision syndrome have not been fully studied. The use of modern hardware and software in the study of the mechanisms of the formation of CVS will allow us to identify important pathogenic mechanisms of its development. One of these methods is the registration and analysis of the microfluctuations of accommodation (MFA). The article presents an analysis of literature data on the registration of MFAs using computer technologies. It is shown that further study of the visual functions of users of information technology with the registration of microfluctuations of accommodation is a relevant and promising neuroophthalmological and ophthalmic ergonomic direction.

Key words: accommodative microfluctuation, computer vision syndrome, asthenopia, accommodation.

Одним из наиболее изученных компонентов компьютерного зрительного синдрома (КЗС) является аккомодативная астиопия у пользователей компьютерными технологиями. Достаточно полные и углубленные знания об аккомодативной астиопии во многом стали возможными благодаря тому, что исследования механизмов аккомодации при пользовании девайсами базируются на громадном количестве фундаментальных физиологических данных и клинических наблюдений, как в норме, так и при патологии [6,9,15,17].

Интенсивное исследование аккомодационных механизмов КЗС определилось тотальным распространением компьютерных технологий и началось примерно с 80-х годов прошлого века. Так, Hedman L.R., Briem V. (1984) одними из первых показали взаимосвязь между кратковременным нарушением фокусировки глаза и интенсивностью работы на компьютерной технике [17]. В то же время Shahnava H., Hedman L.R. (1984) обнаружили изменения аккомодации в связи с яркостью экрана монитора и контрастностью изображения на нем [28]. Изменения скорости аккомодации при работе на видеодисплейных терминалах (ВДТ) были показаны Mourant et al. (1981) и Kurimato et al. (1983) [21,24]. Не имея возможности полностью рассмотреть все публикации того времени по аккомодационным изменениям у пользователей ВДТ, мы отметили, что результаты масштабных исследований воздействия ВДТ на физическое и психическое здоровье человека в целом и на его зрительные функции в особенности обобщены и опубликованы в отчете ВОЗ (1989) [32].

В дальнейшем, с прогрессирующим распространением цифровых технологий параллельно возрастало и количество исследований компьютерной астиопии. Поворотным пунктом неблагоприятного воздействия цифровых технологий явилось не только массовое распространение компьютеров, но и переход со стационарных устройств к мобильным девайсам. Результаты исследований зрительных функций при пользовании девайсами приведены в публикациях Park M. et al. (2014), Ha N. et al. (2014), Hue J.E., Rosenfield M., Saá G. (2014) [4,13,19]. Kwon K. et al. (2016) показали снижение объема аккомодации на 0,80 диоптрий (Д) после просмотра смартфона уже в

течение 30 минут, в дальнейшем при более длительном пользовании девайсами негативные последствия для зрения могут быть гораздо более серьезными [22].

Особый интерес представляют сравнительные данные о более существенных изменениях аккомодации при чтении со смартфонов относительно чтения печатных текстов на бумаге при одинаковом расстоянии от глаз. В публикациях различных авторов об изменениях аккомодации находится довольно много несогласующихся, а порой и противоречивых результатов. Например по Park M. et al. (2014), как при бинокулярном, так и монокулярном исследовании аккомодации после 30-минутного чтения книги или просмотра фильма на смартфоне значимых изменений обнаружено не было [4]. Эти данные не согласуются с результатами Golebiowski B. et al. (2018), согласно которым 60-минутный просмотр смартфона приводит к сокращению «гибкости» аккомодации (количество максимальных циклов аккомодация/деаккомодация, которое человек способен сделать за 1 минуту) с 11,5 до 8,75 цикла в минуту [12].

Анализ публикаций по КЗС в целом подтверждает изменения аккомодации при пользовании компьютерами и девайсами. В то же время имеется довольно много противоречивых результатов и мнений относительно характера и выраженности аккомодационных изменений у пользователей цифровыми технологиями. Эти различия и противоречия могут быть обусловлены целым рядом технических, методических и даже концептуальных причин.

При исследовании причин и механизмов развития КЗС важно учитывать особенности пользования девайсами и их отличие от стационарных компьютеров и ноутбуков. В частности, смартфоны и планшеты используются в различных видах деятельности для решения многих задач, что требует от пользователя девайсом быстрой установки аккомодации для фокусировки на экране, а затем ослабления аккомодации для восприятия удаленных изображений. При работе на стационарном компьютере происходит более длительная фиксация аккомодации на ближнем расстоянии.

В подавляющем большинстве публикаций причины и механизмы развития аккомо-

дационной астенопии рассматриваются преимущественно в парадигме классической физиологической оптики, восходящей ещё к работам Г. Гельмгольца [18]. Но существует также иная точка зрения, согласно которой по теории двойной иннервации аккомодационного аппарата состояние покоя аккомодации определяется преимущественно нервно-мышечными механизмами. Такое состояние покоя представляет собой тоническое равновесие между симпатическими и парасимпатическими влияниями на цилиарную мышцу [23,26]. При отсутствии зрительного стимула для аккомодации, рефракционная сила аккомодации определяется темновым фокусом. Усиление парасимпатических влияний вызывает увеличение преломляющей способности глаза, а повышение симпатической активности, соответственно, приводит к уменьшению преломляющей способности, причем оба типа воздействий являются физиологически активными процессами. В этой парадигме зрительное аккомодационное утомление можно рассматривать как снижение объема аккомодации в обоих направлениях относительно этого тонического равновесного состояния [1]. Таким образом, аккомодационная астенопия определяется не только удалением ближней точки, но и приближением дальней точки ясного видения, т.е. обе эти точки сдвигаются в сторону темнового фокуса [1]. Вместе с тем имеются данные о том, что аккомодационный аппарат в точке темнового фокуса достаточно устойчив к воздействиям [25].

Отметим, что при изучении факторов формирования КЗС важно учитывать влияние когнитивных и стрессовых факторов на аккомодацию [9]. Эти влияния также находят достаточно корректную нейроофтальмологическую трактовку с парадигмой двойной иннервации внутриглазных структур, нейромышечной гипотезой регуляции аккомодации и тоническим равновесием симпатико-парасимпатической иннервации внутриглазных структур в состоянии темнового фокуса.

Известно, что глазодвигательные мышцы чувствительны к действию стрессовых факторов, поэтому при рассмотрении условий и механизмов формирования синдрома пользователей компьютером (СПК) этот аспект следует рассмотреть подробнее. Прежде всего подавляющее большинство офтальмологов влияние стрессовых факторов на зрительные функции практически не учитывают. Вместе с тем характер и степень влияния стресса на зрение может сильно различаться от незначительного дискомфорта в глазах до серьезного

ухудшения зрения, например при синдроме Стреффа [2].

На зрительные функции могут воздействовать самые различные стрессовые факторы и механизмы, но наиболее значимыми в развитии КЗС являются зрительная работа на близком расстоянии, продолжительная работа с компьютерами и девайсами, применение новейших информационных технологий. Общей и наиболее выраженной симптоматикой как при астенопии, так и при зрительных проявлениях стрессовых реакций являются расплывчатость изображения, головная боль, диплопия, изменения фории, вергентности и аккомодации с тенденцией к развитию эзофории, экзофории и уменьшением объема аккомодации. Сходство симптоматики зрительных нарушений при воздействии стрессовых факторов различной природы определенно обусловлено единством формирующих их причин, а именно дезинтеграцией механизмов регуляции аккомодационно-вергентной системы. Все многочисленные факторы, вызывающие или усугубляющие КЗС, можно объединить в две основные группы. К первой относятся все «глазные» факторы, связанные с вынужденным зрительным восприятием искусственного экранного двумерного изображения в течение длительного времени. Вторую группу составляют нейропсихологические факторы – необходимость обработки большого количества зрительной информации, концентрации внимания, избыток, недостаток или искажение поступающей информации, эмоциональные и другие когнитивные воздействия, опосредованные цифровыми технологиями. В итоге диссоциация между вергентностью и аккомодацией приводит к астенопии и недостаточной способности к дальнейшему продолжению зрительной работы. Сильное разобщение вергентно-аккомодационных функций вызывают 3D-технологии [29].

Таким образом, чрезмерные нагрузки, предъявляемые зрительной системе современными информационными технологиями, могут превысить физиологические возможности или функциональные резервы человека, что провоцирует развитие стресса, и процесс далее может идти по типу порочного круга. Впрочем, изменения аккомодации под воздействием стрессовых факторов различной этиологии, особенно эмоционального и информационного, применительно к пользователям информационными технологиями являются актуальной темой для отдельного рассмотрения и обсуждения.

В свете нейроофтальмологии КЗС интерес представляют микрофлуктуации аккомодации (МФА). Феномен колебаний среднего уровня аккомодации с амплитудой в несколько десятых диоптрий и частотой до нескольких герц, впервые обнаруженный G. Collins в 1937 году с помощью своего инфракрасного оптометра [8], должного внимания офтальмологов, оптометристов и физиологов не привлек (цит. по Charman W.N., Heron G. (1988) [5]. Более систематическое изучение микроколебаний или микрофлуктуаций аккомодации началось значительно позднее, в 50-е годы прошлого столетия. Первые достаточно подробные характеристики МФА – их величина, временные параметры, зависимость от диаметра зрачка – были установлены Campbell F.W., Robson J.G. и Westheimer G. (1959) [3].

Не проводя детального экскурса в историю исследований микро-флуктуаций аккомодации, отметим, что подробный анализ работ по этой тематике представлен в обзоре Charman W.N., Heron G. (1988) в основанном на анализе около 80 источников более чем за 30 лет. Основные выводы этого обзора заключаются в следующем: быстрые, с частотой около 2 Гц, колебания слишком малы по амплитуде и изменчивы, чтобы играть определенную роль в регуляции аккомодации. Вероятнее всего они возникают из-за биомеханических свойств хрусталика и его опорной системы и должны рассматриваться как «шум» в структуре МФА. Колебания аккомодации более низкой (до 0,5 Гц) частоты, возможно, имеют значение для поддержания стабильности аккомодации. Эти медленные компоненты МФА в определенной степени напоминают «аккомодационные саккады», хотя и генерируются с более длительными и более случайными интервалами относительно движений глаз [5].

Одним из важных выводов явилось то, что некоторые характеристики МФА могут отражать симптомы, связанные со зрительным утомлением (Denieul P., Corno F., 1986) [10].

Авторы рассмотренной выше обзорной публикации Charman W.N. и Heron G. недавно выпустили новую обзорную статью, в которой обобщили результаты практически 80-летних исследований МФА [6]. В дополнение к предыдущему обзору отмечено, что к настоящему времени достаточно хорошо изучена зависимость характеристик МФА от условий наблюдения, но каково участие МФА в управлении аккомодацией до сих пор не ясно и требует дальнейших исследований. Аппаратно-программные комплексы, разработанные за период времени между этими двумя

обзорами, а также новые методы анализа значительно углубили и расширили возможности применения МФА в нейроофтальмологии и нейрофизиологии [13,15,16,20,27].

Применительно к исследованию зрительной системы пользователей компьютерными технологиями принципиально важным представляется вывод о том, что уровни аккомодационных реакций и их флуктуации зависят не только от особенностей зрительной задачи, но и от когнитивной нагрузки, которую она обеспечивает [7,18,30].

Целенаправленное исследование аккомодации и микрофлуктуаций аккомодации при работе на видеодисплейных терминалах (ВДТ) было выполнено Tanahashi M. et al. (1986) [31]. Показано достоверное снижение остроты зрения после одночасовой работы на ВДТ относительно предтестового уровня в доминирующем и менее значительное снижение остроты зрения в недоминирующем глазу. Диапазон пиковых частот до работы на ВДТ составил 1,25-1,60 Гц, после первого часа нагрузки – 1,00-1,25 Гц и после второго часа – 0,63-0,80 Гц. Таким образом, после работы на ВДТ произошел сдвиг МФА в низкочастотную область спектра. Примечательно, что более выраженные изменения зрительных функций при работе на ВДТ обнаружены в доминантном глазу. Важным итогом работы Tanahashi M. et al. (1986) явилось обнаружение более ранних сдвигов в МФА по сравнению с поступлением субъективных жалоб [31].

Подводя итог разбору публикаций по нейроофтальмологическим аспектам аккомодационной астенопии у пользователей девайсами, отметим основное. Прежде всего, несмотря на большое количество публикаций по аккомодационным компонентам компьютерного зрительного синдрома в этой области офтальмологии, остается много открытых вопросов, что в значительной степени связано с быстрым прогрессированием информационных технологий. В частности при пользовании стационарными компьютерами и мобильными устройствами на зрительную систему и в особенности на аккомодационный аппарат оказываются разные по степени воздействия. При оценке зрительных функций у пользователей компьютерами и девайсами важно учитывать нейроофтальмологические аспекты. Дальнейшее исследование зрительных функций у пользователей информационными технологиями с регистрацией микрофлуктуаций аккомодации является актуальным и перспективным нейроофтальмологическим и офтальмоэргонимическим направлением.

Сведения об авторах статьи:

Ахмадеев Рустэм Раисович – д.м.н., профессор, нейрофизиолог, зав. отделом медико-психологической реабилитации ФГБУ ВЦГиПХ Минздрава России. Адрес: 450075, г. Уфа, ул. Зорге, 67/1. E-mail: ahmadeevr@yandex.ru. ORCID: 0000-0002-0212-2162.

Мухаммадеев Тимур Рафаэльевич – д.м.н., профессор кафедры офтальмологии с курсом ИДПО ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России. Адрес: 450008, г. Уфа, ул. Ленина, 3. E-mail: photobgmu@gmail.com. ORCID: 0000-0003-3078-2464.

Шайхутдинова Элина Фаритовна – ординатор кафедры офтальмологии с курсом ИДПО ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России. Адрес: 450008, г. Уфа, ул. Ленина, 3. E-mail: tazievaelina14@mail.ru. ORCID: 0000-0002-0174-3637.

Хусниярова Алеся Ринатовна – ординатор кафедры офтальмологии с курсом ИДПО ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России. Адрес: 450008, г. Уфа, ул. Ленина, 3. E-mail: lisa-lesya27@yandex.ru. ORCID: 0000-0002-5259-9401.

Идрисова Лена Римовна – ординатор кафедры офтальмологии с курсом ИДПО ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России. Адрес: 450008, г. Уфа, ул. Ленина, 3. E-mail: idrosovalena1995@yandex.ru. ORCID: 0000-0002-7019-095X.

Тимербулатова Миляуша Фанильевна – ассистент кафедры психотерапии с курсом ИДПО ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России. Адрес: 450008, г. Уфа, ул. Ленина, 3. E-mail: iftdoc@mail.ru.

ЛИТЕРАТУРА

1. Accommodation fatigue and dark focus: The effects of accommodation-free visual work as assessed by two psychophysical methods / R.J. Miller [et al.] // Perception & Psychophysics. – 1983. – Volume 34, № 6. – P. 532-540.
2. Amster, O.D. When Stress Strains Vision. Review of Optometry. <https://www.reviewofoptometry.com/article/when-stress-strains-vision>. (July 2011).
3. Campbell, F.W. Correlation of accommodation between the two eyes / F.W. Campbell // J. Opt. Sc. Am. – 1960. – Vol. 50, №7. – P. 738-738.
4. Changes in accommodative function of young adults in their twenties following smartphone use / M. Park [et al.] // J Korean Ophthalmic Opt Soc. – 2014. – №19. – P. 253-260.
5. Charman, W.N. Fluctuations in accommodation: a review / W.N. Charman, G. Heron // Ophthalmic Physiol Opt. – 1988. – Vol. 8 № 2. – P. 153-164.
6. Charman, W.N. Microfluctuations in accommodation: an update on their characteristics and possible role / W.N. Charman, G. Heron // Ophthalmic Physiol Opt. – 2015. – Vol. 35, №5. – P. 476-99.
7. Ciuffreda, K.J. Effect of instruction set and higher level control on the accommodation response spatial frequency profile. / K.J. Ciuffreda, S.C. Hokoda // Ophthalmic Physiol Opt. – 1985. – №5. – P. 221-223.
8. Collins, G. The Electronic Refractometer / G. Collins // Br. J. Physiol. Opt. – 1937. – №1. – P. 30-42.
9. Davies, L.N. Cognition, ocular accommodation, and cardiovascular function in emmetropes and late-onset myopes / L.N. Davies, J.S. Wolffsohn, B. Gilmartin // Invest Ophthalmol Vis Sci. – 2005. – Vol. 46, №5. – P.1791-6.
10. Denieul, P. Accommodation et contraste / P. Denieul, F. Corno // L'optometrie. – 1986. – № 32. – P. 4-8.
11. Eadie, A.S. The use of coherence functions in the study of ocular mechanisms / A.S. Eadie, J.R. Pugh // Ophthalmic Physiol Opt. – 1995. – № 15. – P. 311-317.
12. Smartphone use and effects on tear film, blinking and binocular vision / B. Golebiowski [et al.] // Investigative Ophthalmology and Visual Science. – 2018. – Vol. 59, № 9. – P. 913.
13. Ha, N. Comparison of accommodative system according to the material and font size of near visual media / N. Ha, C.J. Kim // Korean Ophthalmic Opt Soc. – 2014. – Vol. 19. – P. 217-224.
14. Hampson, K.M. Multifactorial nature of ocular aberration dynamics of the human eye / K.M. Hampson, E.A.H. Mallen // Biomed Opt Express. – 2011. – № 2. – P. 464-477.
15. Hampson, K.M. Chaos in ocular aberration dynamics of the human eye / K.M. Hampson, E.A.H. Mallen // Biomed Opt Express. – 2012. – №3. – P. 863-877.
16. Harb, E. Characteristics of accommodative behavior during sustained reading in emmetropes and myopes / E. Harb, F. Thorn // Vision Res. – 2006. – №46. – P. 2581-2592.
17. Hedman, L.R. Short-term changes in eyestrain of VDU users as a function of age / L.R. Hedman, V. Briem // Human factors. – 1984. – №26. – P. 357-370.
18. Helmholtz, H.L.F. Handbuch der Physiologischen Optik, Bd 1-3, Hamburg – Lpz., 1909-1911.
19. Hue, J.E. Reading from electronic devices versus hardcopy text / J.E. Hue, M. Rosenfield // Work. – 2014. – Vol. 47, №3. – P. 303-307.
20. Iskander, D.R. Analyzing the dynamic wavefront aberrations in the human eye / D.R. Iskander, M.J. Collins // IEEE Trans Biomed Eng. – 2004. – № 51. – P. 1969-1980.
21. Kurimato, S. Influence of VDT work on eye accommodation / S. Kurimato // Journal of UOEH. – 1983. – № 5. – P. 101-110.
22. Kwon, K. The functional change of accommodation and convergence in the midforties by using smartphone / K. Kwon, H.J. Kim // J Korean Ophthalmic Opt Soc. – 2016. – № 21. – P. 127-135.
23. Leibowitz, H.W. Visual perception and stress. In G. Borg (Ed.), Physical work and effort / H.W. Leibowitz // New York: Pergamon. – 1976. – P. 25-37.
24. Maurant, R.R. Visual fatigue and cathode ray tube display terminals. / R.R. Maurant, R. Lakshmanan, R. Chantadisai // Human factors. – 1981. – № 23. – P. 520-540.
25. Miller, R.J. Mood changes and the dark focus of accommodation / R.J. Miller // Perception & Psychophysics. – 1978. – №24. – P. 437-443.
26. Miller, R.J. Induced stress, situationally - specific trait anxiety, and dark focus / R.J. Miller, R.C. LeBeau // Psychophysiology. – 1982. – №19. – P. 260-265.
27. Power spectrum analysis in the study of ocular mechanisms / J.R. Pugh [et al.] // Ophthalmic Physiol Opt. – 1987. – №7. – P. 321-324.
28. Shahnava, H. Visual accommodation changes in VDU-operators related to environmental lighting and screen quality. / H. Shahnava, L. Hedman // Ergonomics. – 1984. – Vol. 27, №10. – P. 1071-82.
29. Son, J.B. A study on visual fatigue and binocular visual function before and after watching VR image / J.B. Son, S.H. Lee, H.S. Leem // Korean Journal of Vision Science. – 2019. – Vol. 21, № 4. – P. 535-552.
30. Stark, L.R. Subject instructions and methods of target presentation in accommodation research / L.R. Stark, D.A. Atchison // Invest Ophthalmol Vis Sci. – 1994. – №35 – P. 528-537.
31. The Effect of VDT Work on the Fluctuations of Accommodation / M Tanahashi [et al.] // Industrial Health. — 1986. — Vol. 24, №4. — P. 173-89.
32. Visual display terminals and workers' health. WHO, №99, Geneva, 1989 150 p.

REFERENCES

1. Accommodation fatigue and dark focus: The effects of accommodation-free visual work as assessed by two psychophysical methods / R.J. Miller [et al.] // Perception & Psychophysics. – 1983. – Volume 34, № 6. – P. 532-540.

2. Amster, O.D. When Stress Strains Vision. Review of Optometry. <https://www.reviewofoptometry.com/article/when-stress-strains-vision>. (July 2011).
3. Campbell, F.W. Correlation of accommodation between the two eyes / F.W. Campbell // J. Opt. Sc. Am. – 1960. – Vol. 50, №7. – P. 738-738.
4. Changes in accommodative function of young adults in their twenties following smartphone use. / M. Park [et al.] // J Korean Ophthalmic Opt Soc. – 2014. – №19. – P. 253-260.
5. Charman, W.N. Fluctuations in accommodation: a review / W.N. Charman, G. Heron // Ophthalmic Physiol Opt. – 1988. – Vol. 8 № 2. – P. 153-164.
6. Charman, W.N. Microfluctuations in accommodation: an update on their characteristics and possible role. / W.N. Charman, G. Heron // Ophthalmic Physiol Opt. – 2015. – Vol. 35, №5. – P. 476-99.
7. Ciuffreda, K.J. Effect of instruction set and higher level control on the accommodation response spatial frequency profile / K.J. Ciuffreda, S.C. Hokoda // Ophthalmic Physiol Opt. – 1985. – №5. – P. 221-223.
8. Collins, G. The Electronic Refractometer / G. Collins // Br. J. Physiol. Opt. – 1937. – №1. – P. 30-42.
9. Davies, L.N. Cognition, ocular accommodation, and cardiovascular function in emmetropes and late-onset myopes / L.N. Davies, J.S. Wolffsohn, B. Gilmartin // Invest Ophthalmol Vis Sci. – 2005. – Vol. 46, №5. – P.1791-6.
10. Denieul, P. Accommodation et contraste / P. Denieul, F. Corno // L'optometrie. – 1986. – № 32. – P. 4-8.
11. Eadie, A.S. The use of coherence functions in the study of ocular mechanisms / A.S. Eadie, J.R. Pugh // Ophthalmic Physiol Opt. – 1995. – № 15. – P. 311-317.
12. Smartphone use and effects on tear film, blinking and binocular vision / B. Golebiowski [et al.] // Investigative Ophthalmology and Visual Science. – 2018. – Vol. 59, № 9. – P. 913.
13. Ha, N. Comparison of accommodative system according to the material and font size of near visual media / N. Ha, C.J. Kim // Korean Ophthalmic Opt Soc. – 2014. – Vol. 19. – P. 217-224.
14. Hampson, K.M. Multifactorial nature of ocular aberration dynamics of the human eye / K.M. Hampson, E.A.H. Mallen // Biomed Opt Express. – 2011. – № 2. – P. 464-477.
15. Hampson, K.M. Chaos in ocular aberration dynamics of the human eye / K.M. Hampson, E.A.H. Mallen // Biomed Opt Express. – 2012. – №3. – P. 863-877.
16. Harb, E. Characteristics of accommodative behavior during sustained reading in emmetropes and myopes / E. Harb, F. Thorn // Vision Res. – 2006. – №46. – P. 2581-2592.
17. Hedman, L.R. Short-term changes in eyestrain of VDU users as a function of age / L.R. Hedman, V. Briem // Human factors. – 1984. – №26. – P. 357-370.
18. Helmholtz, H.F. Handbuch der Physiologischen Optik, Bd 1-3, Hamburg – Lpz., 1909-1911.
19. Hue, J.E. Reading from electronic devices versus hardcopy text / J.E. Hue, M. Rosenfield // Work. – 2014. – Vol. 47, №3. – P. 303-307.
20. Iskander, D.R. Analyzing the dynamic wavefront aberrations in the human eye / D.R. Iskander, M.J. Collins // IEEE Trans Biomed Eng. – 2004. – № 51. – P. 1969-1980.
21. Kurimato, S. Influence of VDT work on eye accommodation / S. Kurimato // Journal of UOEH. – 1983. – № 5. – P. 101-110.
22. Kwon, K. The functional change of accommodation and convergence in the midforties by using smartphone / K. Kwon, H.J. Kim // J Korean Ophthalmic Opt Soc. – 2016. – № 21. – P. 127-135.
23. Leibowitz, H.W. Visual perception and stress. In G. Borg (Ed.), Physical work and effort / H.W. Leibowitz // New York: Pergamon. – 1976. – P. 25-37.
24. Maurant, R.R. Visual fatigue and cathode ray tube display terminals. / R.R. Maurant, R. Lakshmanan, R. Chantadisai // Human factors. – 1981. – № 23. – P. 520-540.
25. Miller, R.J. Mood changes and the dark focus of accommodation / R.J. Miller // Perception & Psychophysics. – 1978. – №24. – P. 437-443.
26. Miller, R.J. Induced stress, situationally - specific trait anxiety, and dark focus / R.J. Miller, R.C. LeBeau // Psychophysiology. – 1982. – №19. – P. 260-265.
27. Power spectrum analysis in the study of ocular mechanisms / J.R. Pugh [et al.] // Ophthalmic Physiol Opt. – 1987. – №7. – P. 321-324.
28. Shahnavaz, H. Visual accommodation changes in VDU-operators related to environmental lighting and screen quality / H. Shahnavaz, L. Hedman // Ergonomics. – 1984. – Vol. 27, №10. – P. 1071-82.
29. Son, J.B. A study on visual fatigue and binocular visual function before and after watching VR image / J.B. Son, S.H. Lee, H.S. Leem // Korean Journal of Vision Science. – 2019. – Vol. 21, № 4. – P. 535-552.
30. Stark, L.R. Subject instructions and methods of target presentation in accommodation research / L.R. Stark, D.A. Atchison // Invest Ophthalmol Vis Sci. – 1994. – №35 – P. 528-537.
31. The Effect of VDT Work on the Fluctuations of Accommodation / M Tanahashi [et al.] // Industrial Health. – 1986. – Vol. 24, №4. – P. 173-89.
32. Visual display terminals and workers' health. WHO, №99, Geneva, 1989 150 p.

УДК 617.741-004.1-053.1

© Н.В. Корсакова, Т.А. Белкова, 2020

Н.В. Корсакова^{1,2}, Т.А. Белкова¹ СОВРЕМЕННЫЕ СВЕДЕНИЯ О ГЕНЕТИЧЕСКОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ ВРОЖДЕННЫХ КАТАРАКТ

¹ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары

²ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова»

Минздрава России, г. Москва

С целью изучения современных сведений об особенностях генетического статуса пациентов с врожденной катарактой проанализированы современные научные российские и зарубежные публикации о генетическом полиморфизме врожденной катаракты. Выявлены новые концепции этиологии врожденной катаракты, которые могут быть внедрены в клиническую практику. Внедрение новых представлений об этиологии врожденной катаракты расширит возможности ее ранней диагностики и повысит эффективность проводимого лечения.

Ключевые слова: врожденная катаракта, гены, мутация, хрусталик.