

Е.П. Андрусякова¹, Е.Э. Иойлева^{1,2}, А.Ю. Сафоненко², М.Р. Хабазова³, Т.В. Серегина²

**ОПТИЧЕСКАЯ КОГЕРЕНТНАЯ ТОМОГРАФИЯ –
АНГИОГРАФИЯ ПРИ РАССЕЯННОМ СКЛЕРОЗЕ**

¹ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова»
Минздрава России, г. Москва

²ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет
им. А.И. Евдокимова» Минздрава России, г. Москва

³ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет
им. И.М. Сеченова» Минздрава России, г. Москва

Рассеянный склероз (РС) – воспалительное заболевание с аутоиммунным компонентом, характеризующееся демиелинизацией и нейродегенерацией в центральной нервной системе. Во всём мире насчитывается примерно 2,5 млн. больных рассеянным склерозом. Частым симптомом данного заболевания является нарушение зрительных функций. Диагностика поражения зрительного анализатора позволяет на ранних стадиях поставить точный диагноз и назначить необходимую терапию. Оптическая когерентная томография с функцией ангиографии (ОКТ – А) является одним из методов визуализации сосудов в офтальмологии. В ходе исследования происходит визуализация слоёв сетчатки и микроциркуляторных изменений, которые могут стать маркерами нейродегенерации центральной нервной системы. В представленном обзоре литературы приведены данные об использовании оптической когерентной томографии с функцией ангиографии при РС.

Ключевые слова: рассеянный склероз, оптическая когерентная томография – ангиография, биомаркер, оптический неврит.

E.P. Andrusyakova, E.E. Ioyleva, A.Yu. Safonenko, M.R. Khabazova, T.V. Seregina

**OPTICAL COHERENCE TOMOGRAPHY –
ANGIOGRAPHY IN PATIENTS WITH MULTIPLE SCLEROSIS**

Multiple sclerosis (MS) is an inflammatory disease with an autoimmune component, which is characterized by demyelination and neurodegeneration in the central nervous system. There are approximately 2,5 million patients with multiple sclerosis worldwide. A frequent symptom of this disease is a violation of visual function. The diagnosis of the visual system allows us to prescribe the necessary treatment. Optical coherence tomography – angiography (OCT – A) is the method of vessels visualization in ophthalmology. It is based on the ability of the eye to focus light stimulus through the anterior segment to the posterior one. During the study the retinal layers are performed. Their changes can be used as markers of CNS neurodegeneration. The presented review of the literature provides data on the use of OCT – A.

Key words: multiple sclerosis, optical coherence tomography – angiography, biomarker, optical neuritis.

По мнению большинства исследователей нейродегенерация и демиелинизация при рассеянном склерозе (РС) возникают из-за аутоиммунного воспаления, что является основной причиной инвалидизации в будущем. Посмертные исследования показывают, что до 99% пациентов с РС имеют очаги демиелинизации в зрительных нервах [16,23]. По данным зарубежных и наших исследователей оптический неврит (ОН) является одним из начальных проявлений зрительных нарушений вследствие рассеянного склероза у 25% пациентов, а у 50% пациентов он выявляется со временем в течение развития заболевания [21]. Поскольку доступные методы лечения в основном направлены на аутоиммунные и воспалительные механизмы развития РС, стало необходимым введение чувствительных биомаркеров для мониторинга прогрессирования заболевания и эффективности проводимой терапии. Для этих целей с помощью ОКТ были разработаны диагностические критерии, характерные для РС [3,6].

Многочисленные исследования пациентов с РС методом ОКТ выявили истончение слоя нервных волокон перипапиллярной сет-

чатки (RNFL), комплекса ганглиозных клеток (GCC) макулярной сетчатки и внутреннего плексиформного слоя (GCIPL), что стало биомаркером нейродегенерации центральной нервной сетчатки при РС [8,9,20].

Оптическая когерентная томография с функцией ангиографии (ОКТ-А) базируется на алгоритме декорреляционной амплитудной ангиографии с разделением спектра (SSADA). Данная функция неинвазивно определяет движение крови в сосудах сетчатки и позволяет получать четкое представление о структуре и локализации сосудов при различной глазной патологии. С помощью ОКТ-А появилась возможность визуализировать поверхностное (SCP) и глубокое (DCP) сосудистые сплетения сетчатки, а также хориокапилляры без введения контрастных веществ. Это послужило основой для диагностики и изучения изменений в сосудистой сети макулярной и перипапиллярной сетчатки при РС [6].

Установлено, что плотность капилляров макулярной и перипапиллярной сетчатки была значительно ниже у пациентов с ОН в анамнезе на фоне РС (РС+ОН) по отношению к группе контроля [21,24]. В исследованиях некото-

рых авторов обнаружено снижение плотности капилляров поверхностного и глубокого сосудистых сплетений сетчатки в макулярной области у пациентов с РС+ОН и у пациентов с РС без истории ОН (РС-ОН) в анамнезе в сравнении и контролем [14,17]. Было установлено, что плотность сосудов перипапиллярной сетчатки коррелировала с толщиной перипапиллярного RNFL, внутренним плексиформным слоем (GCIP), общим объемом макулы, внутренним ядерным слоем и по шкале расширенной оценки степени повышенной инвалидизации (EDSS) у пациентов с РС [17].

По мнению зарубежных ученых этиология, лежащая в основе снижения кровотока и плотности сосудов сетчатки у пациентов с РС, остается неясной. На основании полученных результатов установлено, что воспаление приводит к потере нейронов во внутренней сетчатке (GCC). Уменьшение количества нейронов является причиной снижения метаболической потребности, вследствие чего снижается кровоснабжение сосудов SCP, которое через анастомозы снабжает DCP [14,24]. Полученные данные иностранных ученых не согласуются с данными наших исследований [4,6].

Зарубежные учёные предположили, что воспаление вызывает незначительные изменения сосудистой функции, включая эндотелиопатию, что приводит к снижению перфузии и повреждению нейронов как головного мозга, так и сетчатки глаза [19], хотя этот патологический механизм развития РС еще не доказан.

При исследовании микроциркуляторного русла головного мозга у пациентов с РС выявили гипоперфузию в нормальных сером и белом веществах [13,18]. Перекрестное исследование 17 пациентов с помощью мультимодальной визуализации сетчатки (флуоресцентной ангиографии) при рецидивирующем ремитирующем РС (RRMS) выявило снижение скорости кровотока в артериолах и венолах сетчатки у пациентов с РС по сравнению с контролем [15]. Также установлено, что при РС повышаются индуцируемые сосудистые факторы, приводящие к гипоксии в областях нейродегенерации [25].

Большинство исследователей пришли к выводу, что ОКТ-А позволяет обнаруживать изменения в структуре и функции сосудистой сети сетчатки, которые могут быть качествен-

но и количественно проанализированы [2,4]. Стоит отметить, что индивидуальные анатомические особенности, такие как различия в интенсивности кровотока, связанные с реологией крови и положением сосудов, могут вызывать вариабельность полученных данных исследуемых субъектов, особенно качественных и количественных показателей [10-12,22].

В исследованиях, проведенных в ФГАУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» (г. Москва), была отмечена важность обследования макулярной зоны и перипапиллярной части зрительного нерва у пациентов с РС методами ОКТ и ОКТ-А [6,7]. Необходимо учитывать не только среднюю толщину комплекса ганглиозных клеток сетчатки, потерю общего макулярного объема и истончение перипапиллярного RNFL, но и микроциркуляторные изменения в SCP и DCP сосудистых сплетениях макулярной сетчатки, а также изменения в ретинальных перипапиллярных капиллярах (RPC). Полученные данные в комплексе являются информативными критериями для оценки архитектоники сетчатки при РС, что позволит своевременно назначить необходимую терапию [4]. С ОКТ – А возможна визуализация микрососудистых изменений, скрытых или не обнаруженных при других методах офтальмологического обследования [1].

Растёт интерес среди ученых, занимающихся пациентами с неврологическими расстройствами (включая цереброваскулярные заболевания), к изучению микроциркуляторных изменений сетчатки методом ОКТ-А, что способствует более глубокому пониманию механизмов неврологических заболеваний [5]. Установлено, что кровоток или плотность капилляров сетчатки изменяются при РС, болезни Альцгеймера, оптическом неврите и передней ишемической нейропатии зрительного нерва (NAION) в различных секторах сосудов сетчатки. Эти исследования указывают на роль сосудистых изменений в патогенезе развития заболеваний неврологического характера, при этом остается неясным, в какой степени эти отклонения влияют на прогрессирование заболевания и влияют ли вообще.

Таким образом, ОКТ-А может помочь в понимании механизмов возникновения заболевания и разработке новых терапевтических стратегий.

Сведения об авторах статьи:

Андрусюкова Елена Петровна – врач-офтальмолог, очный аспирант отдела офтальмоонкологии и радиологии ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России. Адрес: г. Москва, Бескудниковский бульвар, 59А. Тел./факс: 8(499)488-85-24. E-mail: andr@proandro.ru. ORCID: 0000-0003-1190-2811.

Иойлева Елена Эдуардовна – д.м.н., профессор, главный научный сотрудник отдела терапевтической офтальмологии ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России. Адрес: г. Москва, Бескудниковский бульвар, 59А. Тел./факс: 8(499)488-85-24. E-mail: nauka@mntk.ru. ORCID: 0000-0001-5943-2463.

Сафоненко Александра Юрьевна – врач-офтальмолог ФГБОУ ВО «МГМСУ им. А.И. Евдокимова» Минздрава России. Адрес: г. Москва, ул. Делегатская, 20, стр. 1. E-mail: ia567@mail.ru. ORCID: 0000-0001-8048-4268.
Хабазова Маргарита Робертовна – студент ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России. Адрес: г. Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2. E-mail: gita.khabazova@mail.ru. ORCID: 0000-0002-7770-575X.
Сергина Татьяна Валерьевна – студент ФГБОУ ВО «МГМСУ им. А.И. Евдокимова» Минздрава России. Адрес: г. Москва, ул. Делегатская, 20, стр. 1. E-mail: tanyamagnolia@mail.ru.

ЛИТЕРАТУРА

1. Результаты семилетнего наблюдения атипичной формы рассеянного склероза, вариант Марбурга / Е.П. Андрусякова [и др.] // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2019. – Т. 15, № 2. – С. 414-418.
2. Микроциркуляция диска зрительного нерва при первичной открытоугольной глаукоме с нормальным и повышенным внутриглазным давлением / А. Ш. Загидуллина [и др.] // Катаральная и рефракционная хирургия. – 2016. – Т. 16, № 3. – С. 50-53.
3. Иойлева, Е.Э. Диагностические критерии атрофии зрительного нерва у пациентов с рассеянным склерозом, оцениваемые методом спектральной оптической когерентной томографии нового поколения / Е.Э. Иойлева, М.С. Кривошеева // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2019. – Т. 15, № 2. – С. 486-489.
4. Иойлева, Е.Э. Оптическая когерентная томография – ангиография в диагностике микроциркуляторных нарушений / Е.Э. Иойлева, М.С. Кривошеева, Е.П. Андрусякова // Российская детская офтальмология. – 2019. – № 4. – С. 24-28.
5. Иойлева, Е.Э. Особенности зрительных нарушений при тромбофилии Лейдена / Е.Э. Иойлева, А.В. Зиновьева // Офтальмология. – 2019. – Т. 16, № 4. – С. 487-493.
6. Иойлева, Е.Э. Параметры ОКТ – ангиографии макулярной зоны сетчатки и диска зрительного нерва у здоровых лиц молодого возраста / Е.Э. Иойлева, М.С. Кривошеева, Е.П. Андрусякова // Российская детская офтальмология. – 2019. – № 3. – С. 38-42.
7. Иойлева, Е.Э. Современные технологии в обследовании пациентов с атрофией зрительного нерва вследствие рассеянного склероза / Е.Э. Иойлева, М.С. Кривошеева, Е.Ю. Маркова // Офтальмология. – 2018. – Т. 15, № 2. – С. 246-253.
8. Сафоненко, А.Ю. Современные технологии визуализации в диагностике патологии зрительного нерва / А.Ю. Сафоненко, Е.Э. Иойлева // Практическая медицина. – 2018. – № 3 (114). – С. 156-160.
9. Рябцева, А.А. Роль исследования состояния хориоидеи по ОКТ-изображениям глазного дна в комплексной диагностике рассеянного склероза / А.А. Рябцева, О.М. Андрихина, Т.И. Якушина // Российская детская офтальмология. – 2019. – №3. – С. 43-48.
10. Segmental reproducibility of retinal blood flow velocity measurements using retinal function imager / J. Chhablani [et al.] // Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. – 2013. - Vol. 251 (12) - P. 2665–2670.
11. A review of optical coherence tomography angiography (OCTA) / T. E. de Carlo [et al.] // Int J Retina Vitreous. – 2015. – P. 1-5.
12. Optical Coherence Tomography Angiography Compared to Fluorescein Angiography in Branch Retinal Artery Occlusion / A. H. de Castro-Abeger [et al.] // Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina. – 2015. - Vol. 46, № 10. - P. 1052-1054.
13. Hypoperfusion of the thalamus is associated with disability in relapsing remitting multiple sclerosis / E. Doche [et al.] // J Neuroradiol. – 2017. - Vol. 44, № 2. – P. 158–164.
14. Optical coherence tomography angiography indicates associations of the retinal vascular network and disease activity in multiple sclerosis / N. Feucht [et al.] // Mult Scler. – 2018. – Vol. 25, № 2. – P. 224-234.
15. Impaired retinal microcirculation in multiple sclerosis / H. Jiang [et al.] // Mult Scler. – 2016. - Vol. 22, № 14. - P. 1812–1820.
16. Ikuta, F. Distribution of plaques in seventy autopsy cases of multiple sclerosis in the United States / F. Ikuta, H. M. Zimmerman // Neurology. – 1976. – Vol. 26 (6 PT 2) - P. 26–28.
17. Optical coherence tomography angiography retinal vascular network assessment in multiple sclerosis / R. Lanzillo [et al.] // Mult Scler. – 2018. - Vol. 24, № 13. - P. 1706-1714.
18. Hypoperfusion and T1-hypointense lesions in white matter in multiple sclerosis. Mult Scler. / P. A. Narayana [et al.] // – 2014. - Vol. 20, № 3. - P. 365–373.
19. Abnormal endothelial tight junctions in active lesions and normal-appearing white matter in multiple sclerosis / J. Plumb [et al.] // Brain Pathol. – 2002. - Vol. 12, № 2. - P. 154–169.
20. Optical coherence tomography reflects brain atrophy in multiple sclerosis: A four-year study / S. Saidha [et al.] // Ann Neurol. – 2015. - Vol. 78, № 5. - P. 801–813.
21. Optical coherence tomography angiography enhances the detection of optic nerve damage in multiple sclerosis / R. I. Spain [et al.] // Br J Ophthalmol. – 2018. – Vol. 102. - P. 520–524.
22. OCT Angiography Compared to Fluorescein and Indocyanine Green Angiography in Chronic Central Serous Chorioretinopathy / M. M. Teussink [et al.] // Invest Ophthalmol Vis Sci. – 2015. - Vol. 56, № 9. - P. 5229–5237.
23. Clinicopathological study of the visual pathways, eyes, and cerebral hemispheres in 32 cases of disseminated sclerosis / D. Toussaint [et al.] // J Clin Neuroophthalmol. – 1983. - Vol. 3, № 3. - P. 211–220.
24. Optical coherence tomography angiography of optic nerve head and parafovea in multiple sclerosis / X. Wang [et al.] // Br J Ophthalmol. – 2014. - Vol. 98, № 10. - P. 1368–1373.
25. Normal-appearing white matter in multiple sclerosis is in a subtle balance between inflammation and neuroprotection / T. Zeis [et al.] // Brain. – 2008. - Vol. 131 (Pt 1). - P. 288–303.

REFERENCES

1. Ioileva E. E., Pismenskaya V. A. [et al.] Results of a seven-year follow-up of an atypical form of multiple sclerosis, Marburg variant. *Saratov Journal of Medical Scientific Research*. 2019;15(3):414-418. (In Russ)
2. Zagidullina A.Sh., Aznabaev B. M., Aleksandrov A. A. [et al.] Optic nerve head microcirculation in normal-tension and high-tension primary open-angle glaucoma. *Cataract and Refractive Surgery*. 2016;16(3):50-53. (In Russ)
3. Ioileva E. E., Krivosheeva M. S. Diagnostic criteria for optic nerve atrophy in patients with multiple sclerosis determined by next generation spectral optical coherence tomography. *Saratov Journal of Medical Scientific Research*. 2019;15(S2):486-489. (In Russ)
4. Ioileva E. E., Krivosheeva M. S., Andrusyakova E. P. Optical coherence tomography-angiography in the diagnosis of microcirculatory disorders. *Russian ophthalmology of children*. 2019;(4):24-28. (In Russ) DOI:10.25276/2307-6658-2019-4-24-28
5. Ioileva E. E., Zinov'eva A. V. Clinical Features of Visual Disturbances in Leiden Thrombophilia. *Ophthalmology*. 2019;16(4):487-493. (In Russ) DOI:10.18008/1816-5095-2019-4-487-493
6. Ioileva E. E., Krivosheeva M. S., Andrusyakova E. P. OCT-angiography parameters of the macular area of the retina and optic nerve in healthy young people. *Russian ophthalmology of children*. 2019;(3):38-42. (In Russ) DOI:10.25276/2307-6658-2019-3-38-42
7. Ioileva E. E., Krivosheeva M. S., Markova E. Yu. Modern Technologies in the Examination of Patients with Optic Nerve Atrophy Due to Multiple Sclerosis. *Ophthalmology*. 2018;15(S2):246-253. (In Russ) DOI:10.18008/1816-5095-2018-2S-246-253
8. Safonenko A. Yu., Ioileva E. E. Modern visualization technologies in diagnosing the optic nerve pathologies. *Practical Medicine*. 2018;3(114):156-159. (In Russ)
9. Ryabtseva A.A., Andriukhina O.M., Yakushina T.I. The role of investigation of choroidea status using optical coherence tomography images of the fundus in the combined diagnosis of multiple sclerosis. *Russian ophthalmology of children*. 2019;(3):43-48. (In Russ) DOI:10.25276/2307-6658-2019-3-43-48

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 Vitre*. 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: 10.3928/23258160-201511027-12
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, Périer O, Verstappen 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/awm291

УДК 617.726

© Коллектив авторов, 2020

Р.Р. Ахмадеев¹, Т.Р. Мухамедеев^{2,3}, Э.Ф. Шайхутдинова²,
А.Р. Хусниязова², 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 ASTHENOPIA
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