

УДК 617.7-007.681-073.75

ВОЗМОЖНОСТИ ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ТОМОГРАФИИ В ДИАГНОСТИКЕ ГЛАУКОМЫ

¹Алтайский государственный медицинский университет, г. Барнаул²Новокузнецкий государственный институт усовершенствования врачей, г. НовокузнецкМакогон С.И.¹, Онищенко А.А.²

Рост заболеваемости глаукомой во всем мире свидетельствует об объективных трудностях, связанных как с диагностикой, так и с лечением. Введение оптической когерентной томографии в алгоритм диагностического обследования пациентов с глаукомой позволяет объективно оценить закономерности структурных и гемодинамических изменений. В статье рассматриваются возможности ОКТ и ОКТ-ангио с целью раннего выявления заболевания и динамического наблюдения за больными.

Ключевые слова: глаукома, ОКТ.

The increasing incidence of glaucoma worldwide shows objective difficulties in both diagnosis and treatment. The introduction of optical coherent tomography into the algorithm of diagnostic examination of patients with glaucoma allows to objectively assess patterns of structural and hemodynamic changes. The article discusses the opportunities of OCT and OCT-angiography for the purpose of early detection of the disease and dynamic observation of patients.

Keywords: glaucoma, OCT.

Первичная открытоугольная глаукома (ПОУГ) – актуальная проблема современной офтальмологии, поскольку является одной из причин необратимой потери зрительных функций у лиц пожилого и старческого возраста [1, 2]. По данным ВОЗ, к 2040 году число больных с глаукомой во всем мире увеличится до 111,8 млн (в 2013 году количество больных (в возрасте 40–80 лет) с глаукомой во всем мире оценивалось в 64,3 млн, в 2020 году – 76,0 млн) [3].

Первичная открытоугольная глаукома – многофакторное заболевание с недостаточно изученным патогенезом. На протяжении многих десятилетий проводится поиск наиболее информативного и точного метода исследования диска зрительного нерва, его кровотока [4, 5]. Появление новой неинвазивной технологии – оптической когерентной томографии (ОКТ) высокого разрешения – открыло новые перспективы в исследовании как структуры ДЗН, так и глазного кровотока при глаукоме.

Принцип метода ОКТ заключается в том, что световая волна направляется в ткани, где распространяется и отражается или рассеивается от внутренних слоев, которые имеют различные свойства. Получаемые томографические образы – это, по сути, зависимость интенсивности рассеянного или отраженного от структур внутри тканей сигнала от расстояния до них. Процесс построения изображений можно рассматривать следующим образом: на ткань направляется сигнал от источника, и последовательно измеряется интенсивность возвращающегося сигнала через определенные промежутки времени. Так как скорость распространения сигнала известна, то по этому показателю и време-

ни его прохождения определяется расстояние. Таким образом, получается одномерная томограмма (А-скан). Если последовательно смещаться по одной из осей (вертикальной, горизонтальной, косою) и повторять предыдущие измерения, то можно получить двухмерную томограмму. Если последовательно смещаться еще по одной оси, то можно получить набор таких срезов, или объемную томограмму [6].

ОКТ является надежным, информативным, чувствительным методом в диагностике многих заболеваний глазного дна, позволяет в реальном времени рассмотреть структуру ткани сетчатки и ее патологию с разрешением от 1 до 15 микрон, что намного выше, чем при других исследованиях (УЗИ, МРТ или КТ). Полученные изображения можно проанализировать, оценить количественно, сохранить в базе данных пациента и сравнить с последующими результатами, что позволяет получить объективную информацию для диагностики и мониторинга заболевания [7].

ОКТ визуализирует не только структуры сетчатой оболочки (макулярная зона, фовеа, диск зрительного нерва (ДЗН)), но и различные ее слои (фоторецепторы, слой ганглиозных клеток и др.) [8]. Проведенные исследования установили большую роль ОКТ в диагностике и мониторинге ряда макулярных заболеваний, включая отек макулы, макулярные отверстия, возрастную макулодистрофию, центральную серозную хориоретинопатию, эпиретинальные мембраны [9, 10, 11, 12, 13].

Изменения в диске зрительного нерва являются маркером глаукомы. SD-ОКТ способна обеспечить топографические измерения ДЗН, в том числе его площади, площади и объема

нейроретинального ободка, а также площади и объема экскавации (рисунок 1). В ряде исследований доказано, что данные измерений ОКТ

сопоставимы с другими методами исследования диска зрительного нерва [14, 15].

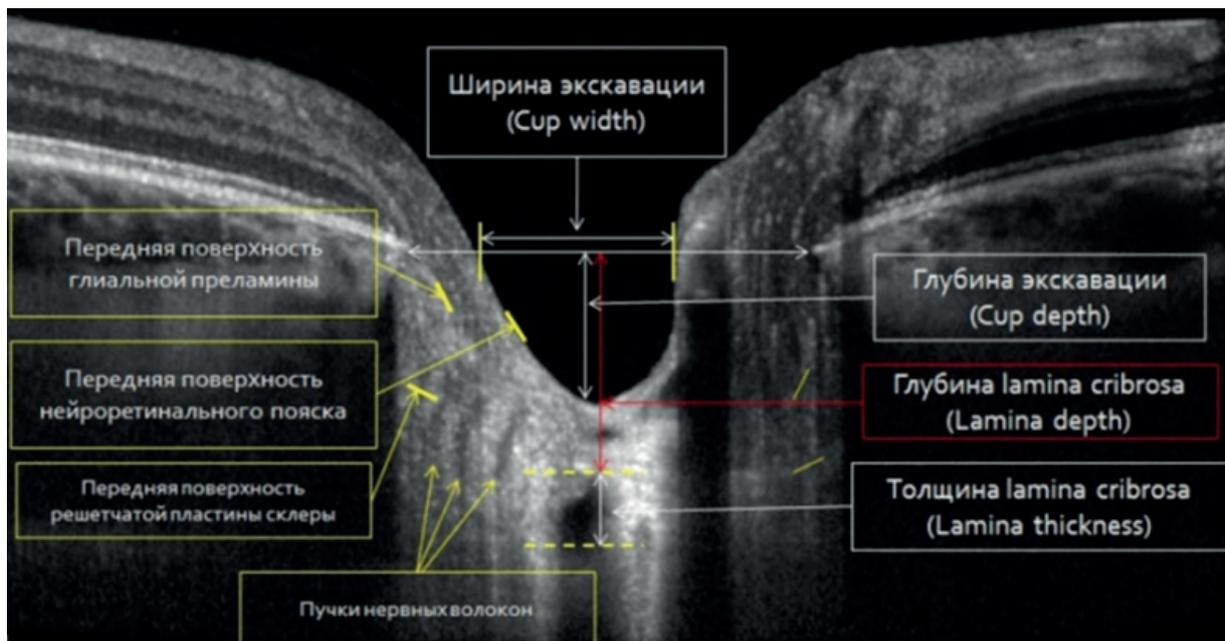


Рисунок 1 – Параметры диска зрительного нерва.

ДЗН состоит из аксонов ганглиозных клеток сетчатки, кровеносных сосудов, нервной и соединительной ткани. Точная клиническая идентификация границ ДЗН является главным моментом при количественной оценке соотношения диаметров экскавации и его размеров. Ориентиром для определения края диска является прерывание слоев фоторецепторов, пигментного эпителия и хориокапилляров. При этом пигментный эпителий сетчатки и хориокапилляры визуализируются как оптически плотный слой, эллипсоидная зона фоторецепторов определяется как тонкая, гиперрефлективная структура спереди от пигментного эпителия и хориоидеи, наружный и внутренний плексиформные слои определяются как умеренно рефлективные, в то время как наружный и внутренний ядерные слои – гипорефлективные.

Важную роль в диагностике и мониторинге глаукомы играет определение толщины слоя нервных волокон сетчатки в перипапиллярной зоне (рисунок 2). При оценке толщины СНВС учитывают ее среднее значение вокруг ДЗН, а также измеренную по квадрантам толщину (в верхнем, нижнем, височном и назальном) или по узким секторам [16, 17, 18].

По данным литературы, параметрами с наивысшей диагностической достоверностью оказались средняя толщина перипапиллярного СНВС и толщина в нижнем и верхнем квадрантах [18, 19]. Это согласуется с другими исследованиями, демонстрирующими, что верхние и нижние участки зрительного нерва чаще все-

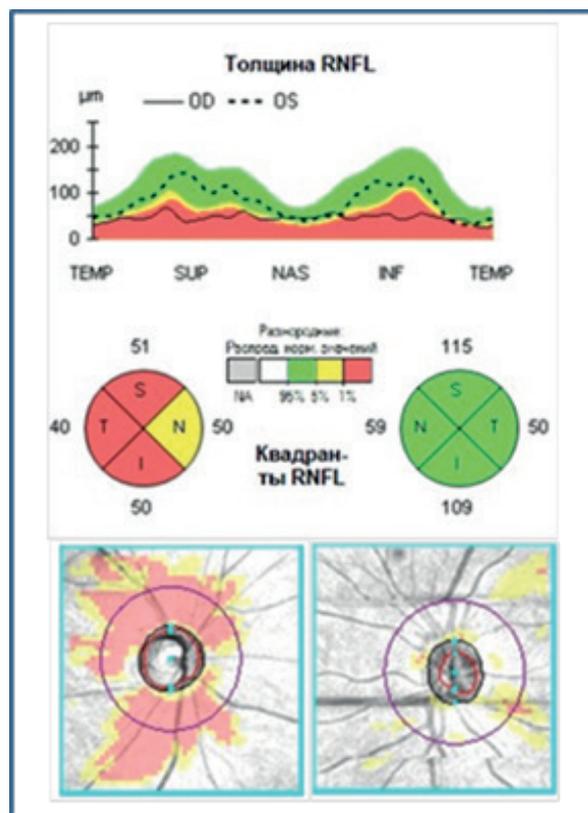


Рисунок 2 – Оценка толщины слоя нервных волокон сетчатки.

СНВС актуален для визуализации развития дефектов СНВС при прогрессировании глаукомы.

Еще одним маркером развития и прогрессирования глаукомы является толщина ганглиозного ретинального комплекса. Спектральная

ОКТ (SD-OCT) позволяет количественно оценить как всю толщину макулы, так и толщину отдельных слоев, играющих важную роль при глаукоме (рисунок 3) (так называемый комплекс ганглиозных клеток сетчатки) [27]. Cho J. и соавт.

сообщили об имеющейся корреляции между средней световой чувствительностью поля зрения, ганглиозным слоем сетчатки и толщиной СНВС в глаукомных глазах [28].

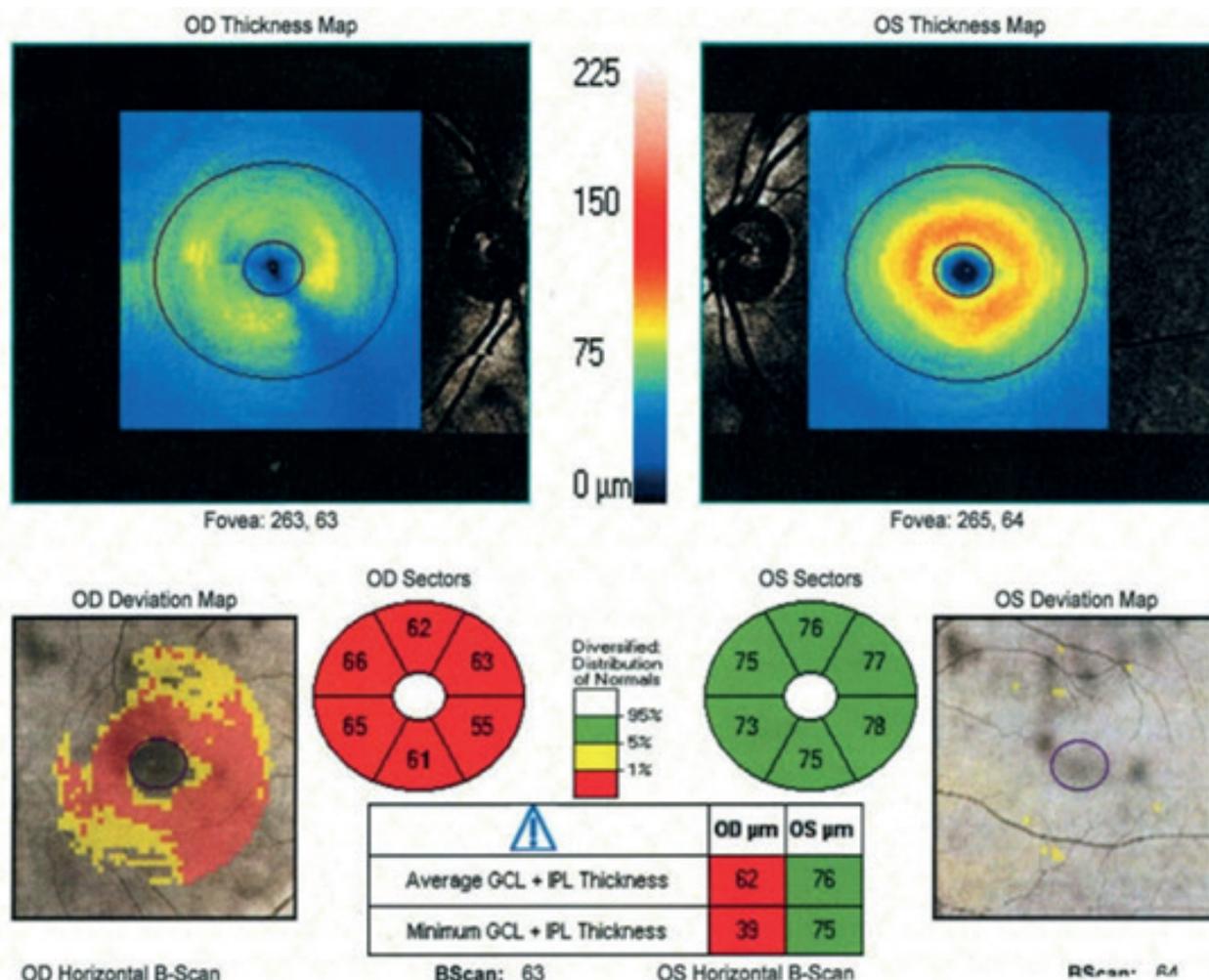


Рисунок 3 – Оценка ганглиозного слоя сетчатки.

ОКТ в режиме ангиографии (ОКТ-А) позволяет визуализировать мельчайшие сосуды, вплоть до капилляров в различных областях сетчатки и на разной глубине. В отличие от флуоресцентной ангиографии, метод ОКТ-А позволяет исследовать не только поверхностные сплетения сетчатки, но и глубокий плексус без применения контрастных средств (рисунки 4, 5) [29, 30, 31].

Выполнив ОКТ-агиографию больным с начальной, развитой и далекозашедшей стадиями глаукомы и сравнив их со здоровыми лицами, Wang X. и соавт. показали снижение у больных ПОУТ индекса кровотока и плотности сосудов микроциркуляторного русла в ДЗН [32]. Авторы обнаружили высокую корреляцию измеренных методом ОКТ-А параметров с периметрическими индексами и толщиной ганглиозного комплекса сетчатки. При этом было показано, что последний является независимым предик-

тором снижения плотности микроциркуляторного русла в ДЗН.

Важную роль ОКТ-А в диагностике глаукомы выявили Rao H. и соавт. [33]. Сравнив больных с глаукомой, эти авторы установили, что значимость плотности сосудов в ниже-височных отделах перипапиллярной сетчатки сопоставима с толщиной СНВС в диагностике заболевания, причем чувствительность данного параметра ОКТ-А возрастала по мере повышения тяжести глаукомы.

Важную роль в снижении плотности капиллярной сети именно в ниже-височном секторе перипапиллярной сетчатки подчеркивали многие авторы [34, 35], объясняя это тем, что именно в этих отделах чаще всего встречаются локальные дефекты в решетчатой мембране склеры. По мнению авторов, подобные дефекты создают условия для атрофии нервной ткани и формирования дефекта в микроциркуляторном русле.

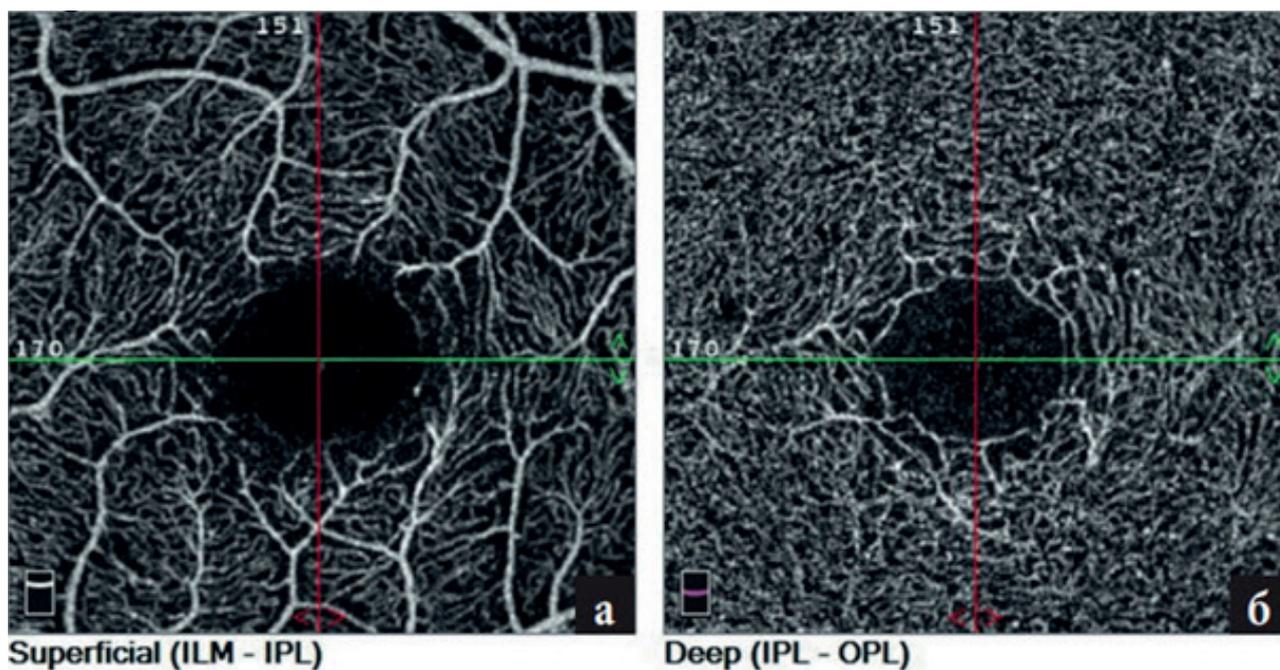


Рисунок 4 – ОКТ-ангиография макулярной области (а – поверхностное, б – глубокое сосудистое сплетение).

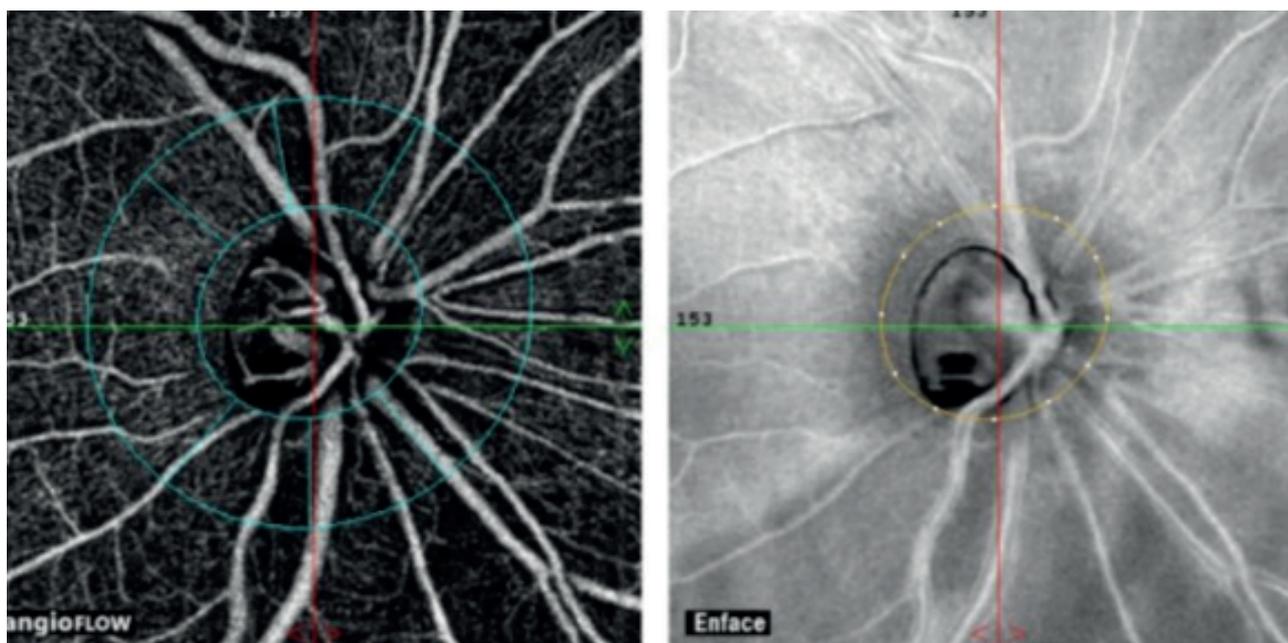


Рисунок 5 – ОКТ-ангиография диска зрительного нерва.

Заключение

Таким образом, появление спектральной оптической томографии, в том числе в режиме ангио, открывает новые перспективы в понимании патогенеза заболевания, раннем выявлении глаукомы и динамическом наблюдении с позиций морфофункциональных взаимоотношений, позволяет не только выявлять заболевание до появления первых дефектов в поле зрения, но и определять скорость его прогрессирования.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы:

1. Либман Е.С., Калеева Э.В., Рязанов Д.П. Комплексная характеристика инвалидности вследствие офтальмологии в Российской Федерации. *Российская офтальмология*. 2012; 5: 24-26.
2. Егоров Е.А., Астахов Ю.С., Еричев В.П. *Национальное руководство по глаукоме для практикующих врачей*. Москва: ГЭОТАР-Медиа; 2015:456.
3. Tham Y.C., Li X., Wong T.Y. et al. Global prevalence of glaucoma and projections of glaucoma burden through 2040: a systematic

review and meta-analysis. *Ophthalmology*. 2014; 121: 2081–90.

4. Drexler W., Fujimoto J.G. State-of-the-art retinal optical coherence tomography. *Prog Retin Eye Res*. 2008; 45-88.

5. Flock S.T., Wilson B.C., Patterson M.S. Monte Carlo modeling of light propagation in highly scattering tissues. II. Comparison with measurements in phantoms. *IEEE Trans Biomed Eng*. 1989; 36:1169-1173.

6. Hee M.R., Puliafito C.A., Wong C., Duker J.S., Reichel E., Rutledge B., Schuman J.S., Swanson E.A., Fujimoto J.G. Quantitative assessment of macular edema with optical coherence tomography. *Arch Ophthalmol*. 1995; 8: 1019–1029.

7. Ламброзо Б., Рисполи М. ОКТ сетчатки. Метод анализа и интерпретации. Москва: Апрель; 2012: 83.

8. Hee M.R., Izatt J.A., Swanson E.A. et al. Optical coherence tomography of the human retina. *Arch Ophthalmol*. 1995; 325-332.

9. Puliafito C.A., Hee M.R., Lin C.P. et al. Imaging of macular diseases with optical coherence tomography. *Ophthalmology*. 1995; 217-229.

10. Wilkins J.R., Puliafito C.A., Hee M.R. et al. Characterization of epiretinal membranes using optical coherence tomography. *Ophthalmology*. 1996; 2142-2151.

11. Hee M.R., Bauman C.R., Puliafito C.A. et al. Optical coherence tomography of age-related macular degeneration and choroidal neovascularization. *Ophthalmology*. 1996; 1260-1270.

12. Hee M.R., Puliafito C.A., Wong C. et al. Optical coherence tomography of macular holes. *Ophthalmology*. 1995; 748-756.

13. Hee M.R., Puliafito C.A., Wong C. et al. Optical coherence tomography of central serous chorioretinopathy. *Am J Ophthalmol*. 1995; 65-74.

14. Bowd C., Zangwill L.M., Berry C.C. et al. Detecting early glaucoma by assessment of retinal nerve fiber layer thickness and visual function. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2001; 42(9):1993-2003.

15. Schuman J.S., Wollstein G., Farra T. et al. Comparison of optic nerve head measurements obtained by optical coherence tomography and confocal scanning laser ophthalmoscopy. *Am J Ophthalmol*. 2003; 135(4):504-512.

16. Kim J.S., Ishikawa H., Gabriele M.L. et al. Retinal nerve fiber layer thickness measurement comparability between time domain optical coherence tomography (OCT) and spectral domain OCT. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2010; 5: 896-902.

17. Park S.B., Sung K.R., Kang S.Y., Kim K.R., Kook M.S. Comparison of glaucoma diagnostic capabilities of cirrus HD and stratus optical coherence tomography. *Arch Ophthalmol*. 2009; 127:1603-1609.

18. Rao H.L., Zangwill L.M., Weinreb R.N., Sample P.A., Alencar L.M., Medeiros F.A.

Comparison of different spectral domain optical coherence tomography scanning areas for glaucoma diagnosis. *Ophthalmology*. 2010; 117:1692-1699.

19. Wang X., Li S., Fu J. et al. Comparative study of retinal nerve fibre layer measurement by RTVue OCT and GDx VCC. *Br J Ophthalmol*. 2011; 95: 509-513.

20. Pechauer A., Liu L., Gao S., Jian C., Huang D. Optical coherence tomography angiography of peripapillary retinal blood flow response to hyperoxia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2015; 56: 3287-3291.

21. Jonas J.B., Fernandez M.C., Sturmer J. Pattern of glaucomatous neuroretinal rim loss. *Ophthalmology*. 1993; 100:63-68.

22. Nilforushan N., Nassiri N., Moghimi S. et al. Structure-function relationships between spectral-domain OCT and standard achromatic perimetry. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2012; 53(6):2740-2748.

23. Rao H.L., Zangwill L.M., Weinreb R.N., Leite M.T., Sample P.A., Medeiros F.A. Structure-function relationship in glaucoma using spectral-domain optical coherence tomography. *Arch Ophthalmol*. 2011; 129(7): 864-871.

24. Leite M.T., Rao H.L., Zangwill L.M., Weinreb R.N., Medeiros F.A. Comparison of the diagnostic accuracies of the Spectralis, Cirrus, and RTVue optical coherence tomography devices in glaucoma. *Ophthalmology*. 2011; 118:1334-1339.

25. Leung C.K., Lam S., Weinreb R.N. et al. Retinal nerve fiber layer imaging with spectral-domain optical coherence tomography: analysis of the retinal nerve fiber layer map for glaucoma detection. *Ophthalmology*. 2010; 117: 1684-1691.

26. Wollstein G., Schuman J.S., Price L.L. et al. Optical coherence tomography longitudinal evaluation of retinal nerve fiber layer thickness in glaucoma. *Arch Ophthalmol*. 2005; 123:464-470.

27. Huang J.Y., Pekmezci M., Mesiwala N., Kao A., Lin S. Diagnostic power of optic disc morphology, peripapillary retinal nerve fiber layer thickness, and macular inner retinal layer thickness in glaucoma diagnosis with fourier-domain optical coherence tomography. *J Glaucoma*. 2011; 20: 87-95.

28. Cho J.W., Sung K.R., Lee S. et al. Relationship between visual field sensitivity and macular ganglion cell complex thickness as measured by spectral-domain optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2010; 51:6401-6407.

29. Курышева Н.И., Апостолова А.С., Арджевнишвили Т.Д., Киселева Т.Н., Фомин А.В. Исследование морфологических изменений и регионарной гемодинамики при псевдоэкзофолиативной глаукоме. *Офтальмология*. 2014; 1: 38-44.

30. Savastano M., Lumbroso B., Rispoli M. In vivo characterization of retinal vascularization morphology using optical coherence tomography angiography. *Retina*. 2015; 35(11): 2196–2203.

31. Spaide R.F., Klancnik Jr. J.M., Cooney M.J. Retinal vascular layers imaged by fluorescein angiography and optical coherence tomography angiography. *JAMA Ophthalmol.* 2015; 133: 45-50.

32. Wang X. et al. Correlation between optic disc perfusion and glaucomatous severity in patients with open-angle glaucoma: an optical coherence tomography angiography study. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2015; 253:1557-1564.

33. Rao H.L. Diagnostic ability of peripapillary vessel density measurements of optical coherence tomography angiography in primary open-angle and angle-closure glaucoma. *Br J Ophthalmol.* 2016; 29: pii: bjophthalmol-2016-309377.

34. Курьшева Н.И. ОКТ-ангиография и ее роль в исследовании ретинальной микроциркуляции при глаукоме (часть вторая). *Российский офтальмологический журнал.* 2018; 11 (3): 95-100.

35. Suh M.H. et al. Optical Coherence Tomography Angiography Vessel Density in Glaucomatous Eyes with Focal Lamina Cribrosa Defects. *Ophthalmology.* 2016; 123(11): 302309-2317.

Контактные данные

Автор, ответственный за переписку: Макогон Светлана Ивановна, к.м.н., доцент кафедры оториноларингологии с курсом офтальмологии Алтайского государственного медицинского университета, г. Барнаул.

656002, г. Барнаул, пр. 9 мая, 7.

Тел.: (3852) 591304.

E-mail: vvk_msi@mail.ru

Информация об авторах

Онищенко Александр Леонидович, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой офтальмологии Новокузнецкого государственного института усовершенствования врачей, г. Новокузнецк.

654005, г. Новокузнецк, пр. Строителей, 5.

Тел.: (3843) 324566.

E-mail: oftkaф@yandex.ru