



ОБЗОРЫ ЛИТЕРАТУРЫ LITERATURE REVIEW

Обзор

УДК 616-079:617.7-007.681

DOI: <https://doi.org/10.25276/2410-1257-2022-4-54-58>

Диагностические возможности оптической когерентной томографии при глаукоме

С.Ю. Тоцкова, Е.М. Гарипова, С.Г. Гумерова

Уфимский НИИ глазных болезней ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России, Уфа

РЕФЕРАТ

Выявление глаукомы на ранней стадии остается одной из наиболее актуальных проблем современной офтальмологии в связи с лидирующей позицией ее среди причин необратимой слепоты не только в России, но и в мире. Несмотря на имеющиеся в настоящее время возможности современного диагностического оборудования, вопрос выявления глаукомы на ранней препериметрической стадии остается открытым. Поэтому представляется актуальным поиск и изучение наиболее информативных методов диагностики данной офтальмопатологии.

В обзоре литературы приводятся данные о диагностических возможностях метода оптической когерентной томографии (ОСТ), в том числе с функцией ангиографии при глаукоме, позволяющего регистрировать объективные структурные и сосудистые изменения сетчатки и зрительного нерва. Спектральная оптическая когерентная томография, особенно с функцией ангиографии, обладает высокой чувствительностью и применяется не только для диагностики, но и для мониторинга глаукомы. Морфометрические параметры характеристики комплекса ганглиозных клеток сетчатки и перипапиллярного слоя нервных волокон сетчатки обладают высокой информативностью. Изучение плотности перипапиллярного сосудистого русла, диска зрительного нерва и макулярной области могут быть использованы в качестве предикторов развития и прогрессирования глаукомы, что открывает перспективы в ранней ее диагностике.

Ключевые слова: глаукома, оптическая когерентная томография, оптическая когерентная томография с функцией ангиографии, комплекс ганглиозных клеток сетчатки, перипапиллярный слой нервных волокон сетчатки

Для цитирования: Тоцкова С.Ю., Гарипова Е.М., Гумерова С.Г. Диагностические возможности оптической когерентной томографии при глаукоме (обзор литературы). Точка зрения. Восток – Запад. 2022;4: 54–58.

doi: 10.25276/2410-1257-2022-4-54-58

Автор, ответственный за переписку: Светлана Юрьевна Тоцкова, tots86sdim@mail.ru

Review

Diagnostic capabilities of optical coherence tomography in glaucoma

S.Yu. Totskova, E.M. Garipova, S.G. Gumerova

Ufa Eye Research Institute, Ufa

ABSTRACT

The detection of glaucoma at an early stage remains one of the most urgent problems of modern ophthalmology due to its leading position among the causes of irreversible blindness not only in Russia but also in the world. Despite the currently available capabilities of modern diagnostic equipment, the issue of detecting glaucoma at an early preperimetric stage remains open. Therefore, it seems relevant to search and study the most informative methods for diagnosing this ophthalmopathy. This review of domestic and foreign literature provides data on the diagnostic capabilities of the method for glaucoma, which allows recording objective structural and vascular changes in the retina and optic nerve. We are talking about optical coherence tomography (OCT), including with the function of angiography, which has become widespread both in Russia and abroad. Spectral optical coherence tomography, especially with the function of angiography, has a high sensitivity, not only in terms of diagnosis, but also in the monitoring of glaucoma. Morphometric parameters that are highly informative are the characteristics of the complex of retinal ganglion cells and the peripapillary layer of retinal nerve fibers. The study of the density of the peripapillary vascular bed, the optic disc and the macular area opens up prospects for the early diagnosis of glaucoma and can be used as predictors of the development and progression of glaucoma.

Keywords: glaucoma, optical coherence tomography, optical coherence tomography with angiography function, retinal ganglion cell complex, peripapillary layer of retinal nerve fibers

For quoting: S.Yu. Totskova, E.M. Garipova, S.G. Gumerova. Diagnostic capabilities of optical coherence tomography in glaucoma (literature review). Point of view. East – West. 2022;4: 54–58. doi: 10.25276/2410-1257-2022-4-54-58

Corresponding author: Svetlana Yu. Totskova, tots86sdim@mail.ru

АКТУАЛЬНОСТЬ

На протяжении многих столетий и по сегодняшний день глаукома является одной из главных причин слепоты и слабовидения в развитых странах. По данным Всемирной организации здравоохранения, число больных глаукомой в мире варьирует от 60,5 до 105 млн человек, причем данные статистики свидетельствуют о неуклонном росте распространенности глаукомы среди населения. К 2040 году прогнозируемое число пациентов с глаукомой в мире достигнет 111,8 млн [1].

Согласно данным литературы, от момента манифестации до появления первых клинических признаков в среднем проходит 5–7 лет, часто глаукома выявляется на запущенных стадиях, что значительно снижает эффективность лечения. Выявление глаукомы на ранней стадии остается одной из наиболее актуальных тем современной офтальмологии. Поскольку, чем раньше диагностирована глаукома, тем больше возможности у офтальмолога сохранить пациенту зрительные функции и стабилизировать течение глаукомного процесса [2].

По мере эволюции знаний о механизмах развития глаукомы происходило переосмысление диагностических подходов. До 80-х гг. XX века главным диагностическим методом являлось измерение внутриглазного давления. С конца 80-х до середины 90-х гг. ведущим методом диагностики глаукомы, наряду с тонометрией, являлась стандартная автоматизированная периметрия, позднее — компьютерная статическая периметрия. Однако многолетние наблюдения показали: прежде чем появляются первые статистически значимые отклонения в поле зрения, в среднем погибают уже до 25–35 % ганглиозных клеток сетчатки. Поэтому многие пациенты с перепериметрической глаукомой (ППГ) в течение многих лет ошибочно остаются в группе «подозрение на глаукому» [3].

Выявление структурных и микрососудистых изменений макулярной области сетчатки, диска зрительного нерва (ДЗН) и перипапиллярного слоя нервных волокон сетчатки (СНВС) имеют первостепенное значение для ранней диагностики глаукомы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Был проведен анализ данных литературных источников с использованием базы данных PubMed, Researchgate.net, ScienceDirect.com, научная электронная библиотека eLIBRARY.RU по применению оптической когерентной томографии в качестве метода диагностики глаукомы. Глубина поиска составила 10 лет. В поиск были включены: оригинальные исследования, популяционные исследования, научные публикации, обзоры литературы.

РЕЗУЛЬТАТЫ

За последние десятилетия развиваются и совершенствуются высокотехнологичные прижизненные методы исследования при патологии ДЗН. Наибольшее распространение среди методов, позволяющих регистрировать объективные структурные изменения зрительного нерва, получили: конфокальная лазерная сканирующая офтальмоскопия (НРТ) и оптическая когерентная томография (ОСТ), в том числе с функцией ангиографии. Каждая из диагностических технологий имеет свои преимущества и недостатки.

Согласно наблюдениям, использование метода спектральной оптической когерентной томографии (СОКТ) для оценки параметров ДЗН и СНВС обеспечивает высокую повторяемость результатов и их существенно меньшую вариабельность, особенно в отношении средней толщины СНВС по сравнению с исследованием методом НРТ.

В большинстве опубликованных работ, сравнивающих чувствительность и специфичность обоих методов в диагностике начальной глаукомы, предпочтение отдается методу ОКТ [4]. Также одним из достоинств ОКТ является возможность исследования пациентов при аномалиях рефракции, помутнении оптических сред, а также при узком зрачке.

Благодаря возможности получать высококачественные изображения ДЗН, СНВС и макулярной области, а также высокой воспроизводимости результатов, спектральная оптическая когерентная томография в наши дни завоевывает лидирующее положение в диагностике и мониторинге глаукомы.

Большинство современных томографов позволяют анализировать изображения ДЗН и макулы в рамках глаукомного протокола, в состав которого входит оценка количественных параметров ДЗН, толщины перипапиллярного слоя нервных волокон и комплекса ганглиозных клеток макулярной области сетчатки (ГКС).

К характерным структурным изменениям ДЗН, по данным ОКТ, при глаукоме относят патологическое истончение комплекса ГКС, перипапиллярную атрофию и дефекты СНВС, истончение нейроретинального пояса, глаукомную экскавацию ДЗН.

Показатель комплекса ГКС в макулярной зоне является ранним критерием структурного повреждения и прогрессирования глаукомы. При сравнении толщины ГКС и перипапиллярного СНВС авторы пришли к выводу, что для раннего выявления глаукомы последний показатель является менее ценным, так как более 30 % ГКС расположены в области макулы [5].

Во многих исследованиях сообщалось, что ранние повреждения перипапиллярного СНВС в нижнем и верхнем квадрантах часто связаны с начальными изменениями слоя ГКС, находящимися по большей части в нижнем

височном и верхнем височном секторах макулы [6, 7].

Х. Zhang et al. [8] отмечают, что информативность оценки СНВС снижается при прогрессировании глаукомы, а оценка ГКС остается чувствительным детектором продвижения глаукомы от ранних до поздних стадий.

В свою очередь, истончение слоя СНВС перипапиллярной сетчатки рассматривают как предиктор потери зрительных функций [9]. Особо чувствительной к глаукомному поражению и его прогрессированию является истончение СНВС в нижней гемисфере. А в мониторинге глаукомы наиболее информативны параметры слоя нервных волокон сетчатки, а именно секторальные изменения толщины СНВС в ниже-темпоральном и верхне-темпоральном отделах [10].

Необходимо отметить, что на достоверность метода ОКТ негативно влияют крайние значения аномалии рефракции (длина глаз), поскольку программный пакет современных томографов не содержит выборки пациентов с данной патологией [11].

Внедрение в клиническую практику оптической когерентной томографии с функцией ангиографии (ОКТА) на качественно новом уровне позволило получить информацию, дополняющую структурные данные без применения контрастных веществ, открыло перспективы в понимании связи микроциркуляторных и структурных повреждений при глаукоме.

В основе метода ОКТА лежит измерение колебаний амплитуды отраженного сигнала между последовательными поперечными срезами, это позволяет провести оценку кровотока в просвете сосуда, выявить изменение нейроархитектоники и ангиоархитектоники сетчатки и диска зрительного нерва. Возможность сегментации изображения в программном обеспечении оборудования позволяет исследователям оценить сосудистую сеть не только в целом в сетчатке, но и отдельно в разных ее анатомических слоях [12].

Особый интерес представляет использование метода ОКТА у пациентов с нормотензивной глаукомой, так как в основе ее патогенеза, возможно, лежит васкулярная дисфункция и нарушение питания ДЗН.

В ряде работ показано, что ОКТ-ангиография выявляет заболевание в препериметрическую стадию [3], а определяемые изменения лучше коррелируют с функциональными, чем с морфометрическими параметрами, такими как толщина СНВС и ГКС [4].

Значительное количество исследований посвящено изучению ретинальной микроциркуляции при глаукоме, таких как плотность капиллярной сети и индекс кровотока ДЗН, плотность капиллярной сети перипапиллярной сетчатки, плотность капиллярной сети в макулярной области [13–15].

Многие авторы описывают снижение кровотока, диаметра капилляров и уменьшение сосудистой плотности в глазах с глаукомой по сравнению со здоровыми пациентами. Анализируя полученные результаты, выявлено пропорциональное увеличение количества сосудистых

изменений с усилением тяжести глаукомного процесса. Результаты некоторых исследований доказывают временное и пространственное соответствие между снижением сосудистой плотности, появлением участков выпадения капилляров и скотом, а также участков истончения в слое нервных волокон сетчатки [14–16].

А. Yarmohammadi et al. провели крупное исследование (на 261 глазу) и сравнили перипапиллярный кровоток в здоровых глазах, глазах с подозрением на глаукому и глазах с выявленной глаукомой с учетом возраста обследуемых. Результаты показали достоверное снижение плотности кровотока в глазах с глаукомой, в отличие от плотности кровотока в глазах пациентов других исследуемых групп [16].

Х. Wang et al. в своем исследовании описывают выявленный значительно более низкий индекс кровотока ДЗН, а также наличие достоверной корреляции со значением среднего отклонения поля зрения, перипапиллярной толщиной СНВС и толщиной комплекса ганглиозных клеток сетчатки в макулярной области [17].

Н. Xu et al., изучая динамику макулярного кровотока при глаукоме, продемонстрировали уменьшение макулярной сосудистой плотности при глаукоме, особенно выраженную при наличии дефектов в центральном поле зрения [18].

Недавние наблюдения группы отечественных ученых выявили взаимосвязь между плотностью капиллярной сети и показателями электрофизиологических исследований, обладающие наибольшей чувствительностью к ранней дисфункции ганглиозных клеток сетчатки [19].

Г. Holl [20] представил результаты наблюдения за 68-летней больной с ПОУГ на правом глазу и ППГ на левом глазу, которая на протяжении 20 лет получала гипотензивную терапию. В ходе динамического наблюдения за пациенткой было отмечено повышение ВГД, появление характерных для ПОУГ изменений в поле зрения, а также прогрессирующее снижение плотности перипапиллярных сосудов. Одновременное истончение СНВС, ГКС и уменьшение плотности сосудов вокруг ДЗН позволяют предположить, что изучение плотности перипапиллярного сосудистого русла может помочь в ранней диагностике глаукомы.

Данные литературы иллюстрируют возможность и необходимость использования данных ОКТА, таких как: относительная плотность поверхностного сосудистого сплетения в макулярной области, ДЗН и перипапиллярной сетчатки в качестве предикторов развития и прогрессирования глаукомы. Авторы даже высказали предположение, что снижение индекса кровотока и плотности сосудов ДЗН может служить прогностическим критерием истончения ганглиозных клеток сетчатки [21, 22].

Все еще остается неясным вопрос: являются ли нарушения в гемоперфузии ДЗН причиной или следствием глаукомного поражения? Вполне возможно, что при-

менение такого метода, как ОКТА, в мониторинге больных с глаукомой в ближайшем будущем позволит ответить на этот вопрос.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на возможности современного диагностического оборудования, выявление глаукомы на препериметрической стадии остается актуальным вопросом в офтальмологии. Спектральная оптическая когерентная томография, особенно с функцией ангиографии, обладает высокой чувствительностью, как в отношении диагностики, так и мониторинга глаукомы. Морфометрическими параметрами, обладающими высокой информативностью обладают характеристики комплекса ганглиозных клеток сетчатки и перипапиллярного слоя нервных волокон сетчатки.

Изучение плотности перипапиллярного сосудистого русла, ДЗН и макулярной области, которые могут быть использованы в качестве предикторов развития и прогрессирования глаукомы, открывает перспективы в ранней диагностике глаукомы.

ЛИТЕРАТУРА / REFERECES

1. Балалин С.В., Фокин В.П. Медикаментозное лечение первичной открытоугольной глаукомы. Индивидуальный подход. РМЖ «Клиническая Офтальмология». 2019;19(1):43-48. [Balalin S.V., Fokin V.P. Medical treatment of primary open-angle glaucoma. Individual approach. RMJ «Clinical Ophthalmology». 2019;19(1):43-48 (in Rus)].
2. Казанфарова М.А., Алексеев И.Б., Линденбратен А.Л. и др. Современные подходы к повышению эффективности скрининга глаукомы в рамках системы диспансеризации. РМЖ «Клиническая Офтальмология». 2019;19(3):122-127. [Kazanfarova M.A., Alekseev I.B., Lindenbraten A.L. et al. Modern approaches to improving the efficiency of glaucoma screening within the framework of the clinical examination system. RMJ «Clinical Ophthalmology». 2019;19(3):122-127 (in Rus)].
3. Кириллова М.О., Зуева М.В., Цапенко И.В. и др. Электрофизиологические маркеры доклинической диагностики глаукомной оптической нейропатии. РОЖ 2021;14(1):35-41. [Kirillova M.O., Zueva M.V., Tsapenko I.V., et al. Electrophysiological markers of preclinical diagnosis of glaucomatous optic neuropathy ROJ 2021;14(1):35-41 (in Rus)].
4. Шпак А.А., Севостьянова М.К., Огородникова С.Н. и др. Оценка стереометрических параметров диска зрительного нерва и слоя нервных волокон сетчатки на приборе HRT III. Сообщение 4. Сравнение ошибки методов гейдельбергской ретинотомографии и спектральной оптической когерентной томографии при оценке параметров диска зрительного нерва. Глаукома. Журнал НИИ глазных болезней РАМН. 2013;4:11-20. [Shpak A.A., Sevostyanova M.K., Ogorodnikova S.N., et al. Evaluation of the stereometric parameters of the optic disc and retinal nerve fiber layer using the HRT III device. Message 4. Comparison of errors of Heidelberg retinotomography and spectral optical coherence tomography in assessing the parameters of the optic disc. Glaucoma. Journal of the Research Institute of Eye Diseases of the Russian Academy of Medical Sciences. 2013;4:11-20 (in Rus)].
5. Daga F.B., Gracitelli C.P.B., Diniz-Filho A., et al. Is vision-related quality of life impaired in patients with preperimetric glaucoma? Br. J. Ophthalmol. 2019;103(7):955-959.
6. Kim K.E., Park K.H., Yoo B.W., et al. Topographic localization of macular retinal ganglion cell loss associated with localized peripapillary retinal nerve fiber layer defect. Invest. Ophthalmol. 2014;55:3501-3508.
7. Mwanza J.C., Budenz D.L., Godfrey D.G., et al. Diagnostic performance of optical coherence tomography ganglion cell – inner plexiform layer thickness measurements in early glaucoma. Ophthalmology 2014;121:849-854.
8. Zhang X., Dastiridou A., Francis B.A., et al. Comparison of glaucoma progression detection by Optical Coherence Tomography and visual field. Am. J. Ophthalmol. 2017;184:63-74.
9. Курышева Н.И., Паршунина О.А. Оптическая когерентная томография в диагностике глаукомной оптиконейропатии. Часть 1 Национальный журнал глаукома 2016;15(1):стр. 86-96 [Kuryшева N.I., Parshunina O.A., Optical coherence tomography in diagnostics glaucomatous optic neuropathy. Part 1 National Journal of Glaucoma 2016;15(1):86-96 (in Russian)].
10. Mammo Z., Heisler M., Balaratnasingam C., et al. Quantitative optical coherence tomography angiography of radial peripapillary capillaries in glaucoma, glaucoma suspect, and normal eyes. Am. J. Ophthalmol. 2016;170: 41-49.
11. Шпак А.А., Коробкова М.В., Баласанян В.О. Нормативные базы данных приборов для оптической когерентной томографии (обзор литературы). Офтальмохирургия. 2017;4:87-91 [Shpak A.A., Korobkova M.V., Balasanyan V.O. Regulatory databases of instruments for optical coherence tomography (literature review). Ophthalmosurgery 2017;4:87-91 (in Russian)].
12. Лумбросо Б., Хуанг Д., Чен Ч.Дж. и др. ОКТ-ангиография. Клинический атлас. 2017;171-177. [Lumbroso B., Huang D., Chen Ch.J., et al. OCT-angiography. Clinical atlas. 2017;171-177 (in Russian)].
13. Liu L, Jia Y, Takusagawa H, Morrison J, Huang D. Optical Coherence Tomography Angiography of the Peripapillary Retina in Glaucoma. JAMA Ophthalmol. 2015;133 (9):1045-1052.
14. Wang Y, Fawzi AA, Varma R et al. Pilot study of optical coherence tomography measurement of retinal blood flow in retinal and optic nerve diseases. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2015;52:840-845.
15. Курышева Н.И., Никитина А.Д. Оптическая когерентная томография и оптическая когерентная томография-ангиография в определении прогрессирования глаукомы. Точка зрения. Восток – Запад. 2021;1:26-31. [Kuryшева N.I., Nikitina A.D. Optical coherence tomography and optical coherence tomography-angiography in determining the progression of glaucoma. Point of view. East – West. 2021;1:6-31. (in Russian)].
16. Yarmohammadi A, Zangwill L.M., Diniz Filho A. et al. Optical Coherence Tomography Angiography Vessel Density in Healthy, Glaucoma Suspect, and Glaucoma Eyes. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2016;57:451-459.
17. Wang X., Jiang C., Ko T., 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.
18. Xu H., Yu J., Kong X., et al. Macular microvasculature alterations in patients with primary open angle glaucoma: A cross sectional study. Medicine (Baltimore). 2016;95:4341.
19. Курышева Н.И., Маслова Е.В., Зольникова И.В. и др. Сравнительное исследование структурных, функциональных и микроциркуляторных параметров в диагностике глаукомы. Национальный журнал глаукома 2019;18(4):15-34. [Kuryшева N.I., Maslova E.V., Zolnikova I.V., et al. Comparative study of structural, functional and microcirculatory parameters in the diagnosis of glaucoma. National Journal of Glaucoma 2019;18(4):15-34 (in Russian)].
20. Holló G. Progressive decrease of peripapillary angioflow vessel density during structural and visual field progression in early

- primary open-angle glaucoma. *J. Glaucoma.* 2017;26 (7): 661–664.
21. Бакунина Н.А., Опенкова Е.Ю., Шапошникова И.В. и др. Препериметрическая глаукома. *РОЖ* 2021;14 (1):89-95. [Bakunina N.A., Openkova E.Yu., Shaposhnikova I.V., et al. Preperimetric glaucoma. *ROZH* 2021;14(1):89-95 (in Russian)].
22. Курышева Н.И., Шаталова Е.О. Значимость нарушений ретинальной микроциркуляции как предикторов прогрессирования глаукомной оптической нейропатии. *Точка зрения. Восток – Запад.* 2022;4 [Kuryshva N.I., Shatalova E.O. The significance of retinal microcirculation disorders as predictors of the progression of glaucomatous optic neuropathy. *Point of view. East – West.* 2022;4 (in Russian)].

Информация об авторах

Тоцкова Светлана Юрьевна — врач-офтальмолог отделения функциональной диагностики Уфимского НИИ глазных болезней БГМУ Минздрава России, tots86sdim@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2303-7327>;

Гарипова Елена Маратовна — врач-офтальмолог, заведующая отделением функциональной диагностики Уфимского НИИ глазных болезней ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России, egaripova74@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7067-3986>;

Гумерова Светлана Геннадьевна — врач-офтальмолог отделения функциональной диагностики Уфимского НИИ глазных болезней ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России, angelok-27.03.77@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0105-4564>.

About authors

Totskova Svetlana Yuryevna — ophthalmologist of the Department of Functional Diagnostics of the Ufa Research Institute of Eye Diseases of the BSMU of the Ministry of Health of Russia, tots86sdim@mail.ru , <https://orcid.org/0000-0003-2303-7327>;

Elena Maratovna Garipova — ophthalmologist, Head of the Department of Functional Diagnostics of the Ufa Research Institute of Eye

Diseases of the BSMU of the Ministry of Health of Russia, egaripova74@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7067-3986>;

Gumerova Svetlana Gennadievna — ophthalmologist of the Department of Functional Diagnostics of the Ufa Research Institute of Eye Diseases of the BSMU of the Ministry of Health of Russia, angelok-27.03.77@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0105-4564>.

Вклад авторов:

С.Ю. Тоцкова — сбор и обработка материала, написание текста, концепция и дизайн исследования;

Е.М. Гарипова — консультирование, редактирование, написание текста;

С.Г. Гумерова — сбор и обработка материала, редактирование.

Authors' contribution:

S.Y. Totskova — collection and processing of material, writing of text, concept and design of research;

E.M. Garipova — consulting, editing, writing of text;

S.G. Gumerova — collection and processing of material, editing.

Финансирование: авторы не получали конкретный грант на это исследование от какого-либо финансирующего агентства в государственном, коммерческом и некоммерческом секторах.

Конфликт интересов: отсутствует.

Financial transparency: authors have no financial interest in the submitted materials or methods.

Conflict of interest: none.

Поступила: 21.02.2022 г.

Переработана: 16.09.2022 г.

Принята к печати: 03.10.2022 г.

Originally received: 21.02.2022

Final revision: 16.09.2022

Accepted: 03.10.2022