



Павлюченко О.В.¹ ✉, Малиновский Г.Ф.², Сиденко Н.Н.³, Кардаш О.Н.³

¹ 2-я центральная районная клиническая поликлиника Фрунзенского района г. Минска, Минск, Беларусь

² Институт повышения квалификации и переподготовки кадров здравоохранения Белорусского государственного медицинского университета, Минск, Беларусь

³ 10-я городская клиническая больница, Минск, Беларусь

Возможные ошибки при проведении ОКТ-диагностики первичной открытоугольной глаукомы

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: Павлюченко О.В. – существенный вклад в замысел и дизайн исследования, сбор данных, анализ и интерпретацию данных, подготовка статьи; Малиновский Г.Ф. – критический пересмотр в части значимого интеллектуального содержания и одобрение; Сиденко Н.Н. – редактирование части статьи; Кардаш О.Н. – финальное редактирование.

Подана: 19.02.2025

Принята: 24.02.2025

Контакты: oke08@yandex.ru

Резюме

Цель. Проанализировать и обобщить наработанные данные о возможных ошибках при проведении ОКТ-диагностики первичной открытоугольной глаукомы с учетом клинической характеристики глаукомного процесса.

Материалы и методы. В исследование были включены 48 лиц, что составило 94 глаза, средний возраст – 51,00 (47,00; 56,00) года.

В зависимости от наличия или отсутствия глаукомы все пациенты были поделены на две группы: 1 и 0.

Группа 1 – 32 пациента с начальной стадией глаукомы (63 глаза), средний возраст – 53,00 (48,00; 56,00) года, 8 мужчин и 24 женщины. Все пациенты имели подтверждение диагноза в глаукомном кабинете городского офтальмологического консультативно-диагностического центра УЗ «3-я ГКБ им. Е.В. Клумова» г. Минска.

Группа 0 – 16 здоровых лиц (31 глаз), средний возраст – 49,00 (46,00; 56,00) года, 3 мужчин и 13 женщин.

Исследование проводилось на спектральном оптическом когерентном томографе Optopol-REVO 80 (SN: 1551451/T).

Результаты. Превалирующее большинство полученных ОКТ-показателей у пациентов с глаукомой находилось в зеленой зоне, что при первичном осмотре можно было расценить как норму. Однако сравнение исследуемых показателей с таковыми же в группе здоровых лиц выявило статистически значимые различия (по объему экскавации, толщине слоя нервных волокон в среднем и нижнем сегменте, всем показателям толщины комплекса «NFL + GCL + IPL»). Это доказывает необходимость более детального изучения вопроса с целью избежания диагностических ошибок.

Выводы. 1. Несмотря на кажущуюся простоту выполнения ОКТ-диагностики при первичной открытоугольной глаукоме, важно строго выполнять технологию



исследования, помнить о возможных индивидуальных особенностях анатомии диска зрительного нерва и сетчатки, знание которых позволяет избежать ошибок при использовании данного метода, что повышает уровень ранней диагностики глаукомы и качество жизни пациентов. 2. Будущее метода ОКТ-диагностики связано с интеграцией в искусственный интеллект, разработкой специального программного обеспечения для быстрого объективного анализа результатов исследований, что открывает значительные возможности в диагностике и лечении глаукомы.

Ключевые слова: глаукома, ОКТ, диагностика глаукомы, диск зрительного нерва

Aksana V. Pauliuchenka¹ ✉, Ryhor F. Malinouski², Natalya N. Sidenko³, Olga N. Kardash³

¹ Central District Clinical Polyclinic of Frunzensky District of Minsk, Minsk, Belarus

² Institute for Advanced Training and Retraining of Healthcare Personnel of the Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

³ 10th City Clinical Hospital, Minsk, Belarus

Possible Errors in OCT Diagnostics of Primary Open-Angle Glaucoma

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: Pauliuchenka A. – significant contribution to the concept and design of the study, data collection, data analysis and interpretation, preparation of the article; Malinouski R. – critical revision for significant intellectual content and approval; Sidenko N. – editing of part of the article; Kardash O. – final editing.

Submitted: 19.02.2025

Accepted: 24.02.2025

Contacts: oke08@yandex.ru

Abstract

Purpose. To analyze and summarize the data obtained taking into account the clinical characteristics of the glaucoma process on possible errors in OCT diagnostics of primary open-angle glaucoma.

Materials and methods. The study included 48 individuals, which amounted to 94 eyes, with an average age of 51.00 (47.00; 56.00) years.

Depending on the presence or absence of glaucoma, all patients were divided into two groups: 1 and 0.

Group 1 included 32 patients with the initial stage of glaucoma (63 eyes), an average age of 53.00 (48.00; 56.00) years, 8 men and 24 women. All patients had a confirmation of the diagnosis in the glaucoma department of the city ophthalmology consultative and diagnostic center of the State Health Institution "3rd City Clinical Hospital named after E.V. Klumov" in Minsk.

Group 0 included 16 healthy individuals (31 eyes), average age 49.00 (46.00; 56.00) years, 3 men and 13 women.

The study was conducted on a spectral optical coherence tomograph Optopol-REVO 80 (SN: 1551451/T).

Results. The overwhelming majority of the obtained OCT indices in patients with glaucoma were in the green zone, which could be considered normal during the initial

examination. However, a comparison of the studied indices with those in the group of healthy individuals revealed statistically significant differences (in excavation volume, nerve fiber layer thickness in the middle and lower segments, all indices of the thickness of the "NFL + GCL + IPL" complex). This proves the need for a more detailed study of the issue in order to avoid diagnostic errors.

Conclusions. 1. Despite the apparent simplicity of performing OCT diagnostics for primary open-angle glaucoma, it is important to strictly follow the research technology, remember possible individual features of the anatomy of the optic nerve and retina, knowledge of which allows you to avoid errors when using this method, which increases the level of early diagnosis of glaucoma and the quality of life of patients. 2. The future of the OCT diagnostic method is associated with integration into artificial intelligence, the development of special software for rapid objective analysis of research results, which opens up significant opportunities in the diagnosis and treatment of glaucoma.

Keywords: glaucoma, OCT, glaucoma diagnostics, optic nerve head

■ ВВЕДЕНИЕ

Глаукома является хроническим непрерывно прогрессирующим заболеванием, которое при поздней диагностике и отсутствии адекватного лечения быстро приводит к слепоте. Именно поэтому важно обнаружить заболевание на ранней стадии, чтобы как можно раньше принять меры по нормализации внутриглазного давления с целью сохранения зрительных функций. Одним из основных методов ранней диагностики глаукоматозного повреждения является оптическая когерентная томография (ОКТ) сетчатки и диска зрительного нерва (ДЗН) [1, 2]. Именно с помощью этого метода можно на ранних этапах заподозрить наличие заболевания и впоследствии отслеживать динамику прогрессирования. Поэтому важно знать о возможных ошибках и погрешностях при проведении ОКТ сетчатки и зрительного нерва, чтобы избежать гипердиагностики или не пропустить важные изменения, характерные для глаукомного процесса. Этому вопросу посвящена данная статья.

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проанализировать и обобщить наработанные данные о возможных ошибках при проведении ОКТ-диагностики первичной открытоугольной глаукомы с учетом клинической характеристики глаукомного процесса.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследование были включены 48 лиц, что составило 94 глаза, средний возраст – 51,00 (47,00; 56,00) года.

Для данных, подчиняющихся закону нормального распределения, использовалась запись, где $\bar{x} \pm 1,96 \cdot SE$, Me50 [LQ25; UQ75] ДИ 95%. Обработка статистических данных выполнена при помощи программы Statistica 8.0, Statistica Soft Inc (USA), Ser № 31415926535897. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез принимался равным $p < 0,05$.

Исследование проводилось на спектральном оптическом когерентном томографе Optopol-REVO 80 (SN: 1551451/T).



■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В зависимости от наличия или отсутствия глаукомы все пациенты были поделены на две группы: 1 и 0.

Группа 1 – 32 пациента с начальной стадией глаукомы (63 глаза), средний возраст – 53,00 (48,00; 56,00) года, 8 мужчин и 24 женщины. Все пациенты имели подтверждение диагноза в глаукомном кабинете городского офтальмологического консультативно-диагностического центра УЗ «3-я ГКБ им. Е.В. Клумова» г. Минска.

Группа 0 – 16 здоровых лиц (31 глаз), средний возраст – 49,00 (46,00; 56,00) года, 3 мужчин и 13 женщин.

Статистически значимой разницы между группами по возрасту обнаружено не было на уровне $U=763,0$; $p=0,08$.

Для данного исследования брались показатели структурной ОКТ:

- общая площадь диска зрительного нерва (disc area);
- объем экскавации (cup volume);
- общее соотношение экскавации к ДЗН (C/D);
- вертикальное соотношение экскавации к ДЗН (C/D v);
- горизонтальное соотношение экскавации к ДЗН (C/D h);
- средняя толщина слоя нервных волокон (СНВ, NFL);
- толщина слоя нервных волокон в верхнем сегменте;
- толщина слоя нервных волокон в нижнем сегменте;
- средняя толщина комплекса «СНВ + слой ганглиозных клеток сетчатки (ГКС) + внутренний плексиформный слой (ВПС)» («NFL + GCL + IPL»);
- толщина «NFL + GCL + IPL» в верхнем сегменте;
- толщина «NFL + GCL + IPL» в нижнем сегменте;
- минимальная толщина «NFL + GCL + IPL».

Группы не отличались между собой по общей площади диска зрительного нерва на уровне $U=956,0$; $p=0,87$. Она составила 2,21 [2,02; 2,71] мм² в группе 1 и 2,3 [2,05; 2,65] мм² в группе 0.

Несмотря на одинаковый возраст обследуемых лиц, одинаковую общую площадь ДЗН, отмечались различия между группами пациентов с глаукомой и здоровыми лицами по следующим показателям:

- по объему экскавации на уровне $U=601,0$; $p=0,008$; он составил 0,14 [0,06; 0,32] мм³ в группе 1 и 0,07 [0,02; 0,15] мм³ в группе 0;
- по общему соотношению экскавации к ДЗН на уровне $U=631,5$; $p=0,009$; что составило 0,32 [0,23; 0,46] в группе 1 и 0,23 [0,12; 0,35] в группе 0;
- по общей толщине слоя нервных волокон на уровне $U=676,5$; $p=0,02$; что составило 123,00 [114,00; 131,00] мкм в группе 1 и 129,00 [122,00; 138,00] мкм в группе 0;
- по толщине слоя нервных волокон в нижнем сегменте на уровне $U=601,5$; $p=0,003$; она составила 143,00 [129,00; 156,00] мкм в группе 1 и 154,00 [112,00; 120,00] мкм в группе 0;
- по средней толщине комплекса «NFL + GCL + IPL» на уровне $U=338,5$; $p<0,005$; которая составила 93,00 [86,00; 111,00] мкм в группе 1 и 115,00 [112,00; 120,00] мкм в группе 0;
- по толщине комплекса «NFL + GCL + IPL» в верхнем сегменте на уровне $U=373,0$; $p<0,005$; она составила 93,00 [86,00; 112,00] мкм в группе 1 и 114,00 [111,00; 119,00] мкм в группе 0;

- по средней толщине комплекса «NFL + GCL + IPL» в нижнем сегменте на уровне $U=294,5$; $p<0,005$; она составила 93,00 [86,00; 110,00] μm в группе 1 и 115,00 [113,00; 121,00] μm в группе 0;
- по минимальной толщине комплекса «NFL + GCL + IPL» на уровне $U=272,5$; $p<0,005$; она составила 51,00 [44,00; 63,00] μm в группе 1 и 71,00 [65,00; 78,00] μm в группе 0.

Преобладающее большинство полученных ОКТ-показателей у пациентов с глаукомой находилось в зеленой зоне (рис. 1), что при первичном осмотре можно было расценить как норму. Однако сравнение исследуемых показателей с таковыми же в группе здоровых лиц выявило статистически значимые различия (по объему экскавации, толщине СНВ в среднем и нижнем сегменте, всем показателям толщины комплекса «NFL + GCL + IPL»). Это доказывает необходимость более детального изучения вопроса с целью избежания диагностических ошибок.

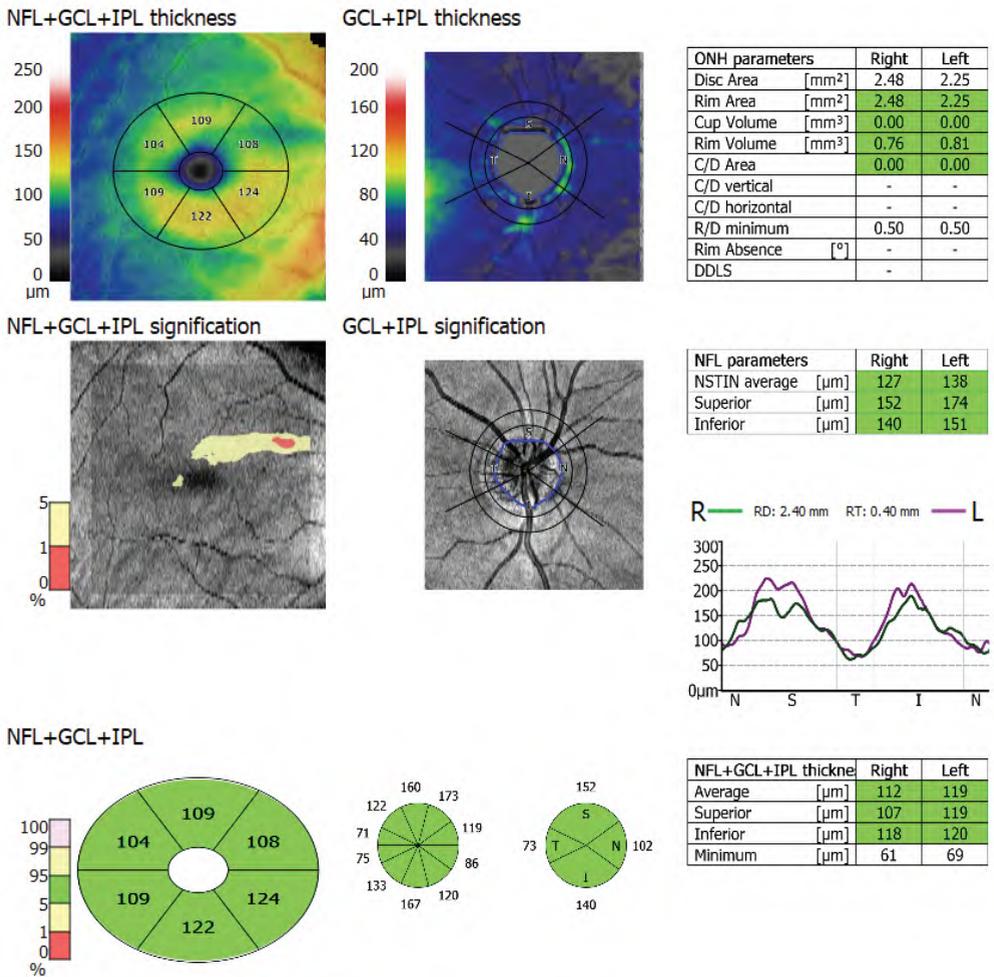


Рис. 1. Пример ОКТ пациента с начальной стадией глаукомы (правый глаз)
 Fig. 1. Example of OCT of a patient with early stage glaucoma (right eye)



При проведении ОКТ-диагностики изменений ДЗН важно учитывать следующие параметры:

- 1) размер ДЗН;
- 2) размеры и форму нейроретинального пояска (НРП);
- 3) особенности строения слоя нервных волокон сетчатки;
- 4) наличие друз, миелиновых волокон, кровоизлияний на ДЗН.

Размер ДЗН. Важно понимать, что картина глазного дна у каждого человека индивидуальна как, например, структура радужной оболочки или рисунок на кончиках пальцев. Чтобы обобщить данные по ДЗН и усреднить исследования в популяциях, диски зрительного нерва классифицируют в зависимости от размера [3, 4].

Классификация ДЗН по размеру:

1. Малый ДЗН $< 1,5 \text{ мм}^2$.
2. Средний ДЗН $1,5\text{--}2,5 \text{ мм}^2$.
3. Большой ДЗН $> 2,5 \text{ мм}^2$.
4. Экстремально большой ДЗН $> 4,09 \text{ мм}^2$.
5. Экстремально маленький ДЗН $< 1,29 \text{ мм}^2$.

Важно знать, что при маленьких размерах ДЗН риск пропустить первые глаукоматозные изменения выше, чем при средних, так как низкое соотношение экскавации к диску ошибочно может приниматься за норму. И наоборот, при больших ДЗН выше риск гипердиагностики глаукомы, так как имеет место большое значение соотношения экскавации к диску. При наличии ДЗН средних размеров, как правило, таких проблем не возникает.

Многие современные аппараты ОКТ позволяют вручную отрегулировать границы диска зрительного нерва для более точной диагностики.

Пациенты, у которых диски зрительного нерва больших размеров (более $2,5 \text{ мм}^2$), находятся в группе риска по развитию глаукомной оптиконейропатии. Следует помнить, что количество нервных волокон ДЗН у всех людей одинаково, но при больших размерах ДЗН их площадь перераспределения увеличивается, что приводит к уменьшению толщины СНВС.

Также важно правильно определить границы ДЗН при проведении ОКТ. На полученном изображении их определяют по расположению мембраны Бруха, что наглядно показано на рис. 2.

Размер и форма нейроретинального пояска (НРП). При визуальном осмотре и проведении ОКТ-исследования ДЗН и перипапиллярной сетчатки на предмет глаукоматозных изменений используют правило ISNT (Inferior – нижний, Superior – верхний, Nasalis – назальный, Temporalis – темпоральный). В глазах с начальными или умеренно выраженными глаукомными повреждениями потеря ткани НРП наблюдается преимущественно в нижне- и верхневисочных секторах ДЗН. При оценке НРП правило ISNT можно использовать только для стандартных ($1,5\text{--}2,5 \text{ мм}^2$) размеров ДЗН. Отклонение от этого правила (большие и маленькие ДЗН, «косой» выход ДЗН, рефракция в пределах от $-6,0$ до $+6,0$ диоптрии) подразумевает необходимость дальнейшего обследования пациента; не всегда истончение НРП означает наличие глаукомы [4, 5].

Особенности строения слоя нервных волокон сетчатки. В норме после 40 лет толщина слоя нервных волокон уменьшается ежегодно на 5 мкм [5]. Большинство современных приборов учитывают этот фактор и при анализе данных дают

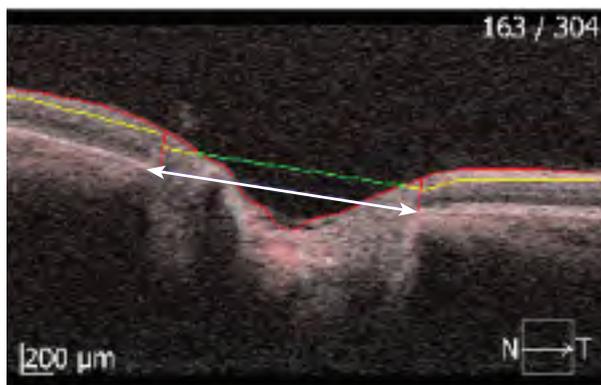


Рис. 2. Границы ДЗН на ОКТ (белая стрелка)
Fig. 2. Borders of the optic disc on OCT (white arrow)

усредненный ответ, согласно возрасту пациента. Установленный профиль СНВ сетчатки сравнивают с таковым в референтивной базе данных. Снижение амплитуды или фокальный дефект в профиле обычно свидетельствуют о глаукомных изменениях.

Наличие друз, миелиновых волокон, кровоизлияний на ДЗН. Любые особенности ДЗН, врожденного или приобретенного характера (истончения, уплотнения), влияют на результат исследования и являются важными для диагностики. Наличие друз и миелиновых волокон может приводить к утолщению ДЗН с проминенцией в стекловидное тело, что затрудняет оценку экскавации. Кровоизлияния на ДЗН в норме практически не встречаются и, как правило, являются признаком нормотензионной глаукомы [5].

Ограничения в использовании метода ОКТ-диагностики. Метод оптической когерентной томографии является высокоинформативным при выявлении ранних изменений различных заболеваний на начальном уровне. Сложности в проведении данной диагностики возникают при нарушении прозрачности оптических сред, в том числе при выраженном синдроме «сухого глаза», высоких аномалиях рефракции, нистагме, мигании [6–9]. В педиатрической практике при первичной диагностике глаукомы также существуют трудности из-за недостаточной базы данных для сопоставления полученных результатов с референсными значениями и их правильной интерпретации.

■ ВЫВОДЫ

1. Несмотря на кажущуюся простоту выполнения ОКТ-диагностики при первичной открытоугольной глаукоме, важно строго выполнять технологию исследования, помнить о возможных индивидуальных особенностях анатомии диска зрительного нерва и сетчатки, знание которых позволяет избежать ошибок при использовании данного метода, что повышает уровень ранней диагностики глаукомы и качество жизни пациентов.



2. Будущее метода ОКТ-диагностики связано с интеграцией в искусственный интеллект, разработкой специального программного обеспечения для быстрого эффективного анализа результатов исследований, что открывает значительные возможности в диагностике и лечении глаукомы.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Simavli H. Diagnostic capability of peripapillary retinal thickness in glaucoma using 3D volume scans. *Am. J. of Ophthalmol.* 2015;159(3):545–556.
2. Hua Z. Role of Retinal Nerve Fiber Layer Thickness and Optic Disk Measurement by OCT on Early Diagnosis of Glaucoma. *Eye Sci.* 2015;30(1):7–12.
3. Available at: <https://eyepress.ru/chapter/otsenka-diska-zritel-nogo-nerva>
4. Kiselyova O., Bessmertry A., Filippova O., et al. Diagnosis, Treatment and Management of Patients with Primary Open-Angle Glaucoma. *Effective Pharmacotherapy.* 2019;15(33).
5. Volkov V. *Glaucoma at pseudo-normal pressure: manual for doctors.* M.: Medicine, 2001;350 p.
6. He X., Song W., Wang Y., Poiesi F., Yi J., Desai M., Xu Q., Yang K., Wan Y. Lightweight Retinal Layer Segmentation with Global Reasoning. *IEEE Trans Instrum Meas.* 2024;73:2520214. doi: 10.1109/TIM.2024.3400305. Epub 2024 May 21.
7. Sriwatana K., Puttanawarut C., Suwan Y., Achakulvisut T. Explainable Deep Learning for Glaucomatous Visual Field Prediction: Artifact Correction Enhances Transformer Models. *Transl Vis Sci Technol.* 2025;14(1):22. doi: 10.1167/tvst.14.1.22
8. Kim Y.W., Park K.H. How to diagnose glaucoma in myopic eyes by detecting structural changes? *Asia Pac J Ophthalmol (Phila).* 2025:100135. doi: 10.1016/j.apjo.2025.100135. Epub ahead of print.
9. Djulbegovic M.B., Bair H., Gonzalez D.J.T., Ishikawa H., Wollstein G., Schuman J.S. Artificial Intelligence for Optical Coherence Tomography in Glaucoma. *Transl Vis Sci Technol.* 2025;14(1):27. doi: 10.1167/tvst.14.1.27