

DOI: <https://doi.org/10.57231/j.ao.2023.3.3.008>

УДК:617.7–617.73–617.731–735–001.31

ЗНАЧЕНИЕ ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ТОМОГРАФИИ В ДИАГНОСТИКЕ ПОВРЕЖДЕНИЙ СЕТЧАТКИ И ЗРИТЕЛЬНОГО НЕРВА

Билалов Э. Н.¹, Назирова С. Х.², Эгамбердиева С. М.³, Оралов Б. А.⁴, Абдувахабов Ф.⁵

¹ Доктор медицинских наук, профессор кафедры Офтальмологии, Ташкентская медицинская академия, dr.ben58@mail.ru, +99890–907–00–32, ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6614-3475>

² Кандидат медицинских наук, доцент кафедры Офтальмологии, Ташкентская медицинская академия, saodat.nazirova62@gmail.com, +99894–604–56–98, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4128-6864>

³ Ассистент кафедры Офтальмологии, Ташкентская медицинская академия, saida6387@gmail.com, +99890–351–91–61, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5095-0720>

⁴ PhD, ассистент кафедры Офтальмологии, Ташкентская медицинская академия, ohangaro@gmail.com, +99890–110–96–65, ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8548-5753>

⁵ Студент магистратуры кафедры Офтальмологии, Ташкентская медицинская академия, firdavs_4117@gmail.com, +99890–433–41–17, ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5603-8091>

Аннотация. Актуальность. Статья посвящена вопросу применения и возможностям оптической когерентной томографии (ОКТ) при закрытой травме глаза (ЗТГ) с целью объективной оценки состояния головки зрительного нерва (ГЗН) и перипапиллярного слоя нервных волокон сетчатки (СНВС) травмированного глаза. **Цель исследования.** Определение диагностических возможностей ОКТ у пациентов с закрытой контузионной травмой глаза (ЗТГ) и травматической оптической нейропатией (ТОН). **Материалы и методы.** В многопрофильной клинике Ташкентской медицинской академии в отделениях экстренной травматологии и нейрохирургии проведено исследование 30 пациентов, из них 20 мужчин, 10 женщин в возрасте от 20 до 45 лет с прозрачными оптическими средами в ранний период после травмы. Группу контроля составили 30 здоровых лиц аналогичного пола и возраста. **Результаты исследования.** ОКТ позволяет определять толщину СНВС и степень повреждения волокон в сетчатке и зрительном нерве вследствие травматического процесса на самом раннем этапе после полученной травмы, когда другие традиционные офтальмологические исследования оказываются малоинформативными. В результате проведенного исследования установлено значительное повышение макулярного объема, размера ГЗН и толщины перипапиллярных волокон СНВС у пациентов с ЗТГ по сравнению с группой контроля, что подтверждено данными оптической когерентной томографии. **Результаты и заключение.** Наше исследование показало, что ОКТ может быть использована для объективной оценки и диагностики повреждений сетчатки и зрительного нерва при ЗТГ.

Ключевые слова: оптическая когерентная томография, закрытая травма глаза, зрительный нерв, травматическая оптическая нейропатия, слой нервных волокон сетчатки, макула.

Для цитирования:

Билалов Э. Н., Назирова С. Х., Эгамбердиева С. М., Оралов Б. А., Абдувахабов Ф. Значение оптической когерентной томографии в диагностике повреждений сетчатки и зрительного нерва. Передовая офтальмология. 2023; 3(3):40-45

KO'RUV NERVI VA TO'R PARDA JAROHATLARIDA OPTIK KOGERENT TOMOGRAFIYANING DIAGNOSTIK AHAMIYATI

Bilalov E. N.¹, Nazirova S. X.², Egamberdieva S. M.³, Oralov B. A.⁴, Abduvaxabov F.⁵

¹ Tibbiyot fanlari doktori, Oftalmologiya kafedrası professori, Toshkent tibbiyot akademiyasi, dr.ben58@mail.ru, +99890–907–00–32, ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6614-3475>

² Tibbiyot fanlari nomzodi, Oftalmologiya kafedrası dotsenti, Toshkent tibbiyot akademiyasi, saodat.nazirova62@gmail.com, +99894–604–56–98, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4128-6864>

³ Oftalmologiya kafedrası assistenti, Toshkent tibbiyot akademiyasi, saida6387@gmail.com, +99890–351–91–61, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5095-0720>

⁴ PhD, Oftalmologiya kafedrası assistenti, Toshkent tibbiyot akademiyasi, ohangaro@gmail.com, +99890–110–96–65, ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8548-5753>

⁵ Oftalmologiya kafedrası magistratura talabasi, Toshkent tibbiyot akademiyasi, firdavs_4117@gmail.com, +99890–433–41–17, ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5603-8091>

Аннотасија. Dolzarbliги. Maqolada kўruv nervi (GN) va shikastlangan ko'zning to'r pardasi nerv tolalarining peripapillyar qatlami (SNVS) holatini ob'ektiv baholash uchun ko'zning yopiq shikastlanishi (ZTH) uchun optik kogerent tomografiyadan (OKT) foydalanish va imkoniyatlari masalasiga bag'ishlangan. **Tadqiqotning maqsadi.** Yopiq kontuziya ko'z shikastlanishi (TSH) va travmatik optik neyropatiya (TON) bo'lgan bemorlarda OKT diagnostik imkoniyatlarini aniqlash. **Materiallar va uslublar.** Toshkent tibbiyot akademiyasi ko'p tarmoqli klinikasida shoshilinch travmatologiya va neyroxirurgiya bo'limlarida

30 nafar bemor, 20 nafar erkak, 10 nafar ayol 20 yoshdan 45 yoshgacha bo'lgan jarohatlardan keyingi dastlabki davrda shaffof optik muhit bilan o'rganildi. Nazorat guruhi bir xil jins va yoshdagi 30 nafar sog'lom odamdan iborat edi. **Natija va xulosa.** OKT sizga RNFL qalinligini va shikastlanishdan keyingi dastlabki bosqichda travmatik jarayon tufayli to'r pardasi va optik asabdagi tolalarning shikastlanish darajasini aniqlash imkonini beradi, boshqa an'anaviy oftalmologik tekshiruvlar kam ma'lumot bera oladi.

Kalit so'zlari: optik kogerent tomografiya; ko'zning yopiq shikastlanishi; ko'ruv nervi; travmatik optik neyropatiya; to'r parda nerv tolalar qatlami; makula.

Iqtibos uchun:

Bilalov E. N., Nazirova S. X., Egamberdieva S. M., Oralov B. A., Abduvaxabov F. Ko'ruv nervi va to'r parda jarohatlarida optik kogerent tomografiyaning diagnostik ahamiyati. Ilg'or oftalmologiya. 2023; 3(3):40-45

THE SIGNIFICANCE OF OPTICAL COHERENCE TOMOGRAPHY IN THE DIAGNOSTICS OF DAMAGES OF THE RETINA AND OPTIC NERVE

Bilalov E. N.¹, Nazirova S.Kh.², Egamberdieva S. M.³, Oralov B. A.⁴, Abduvakhabov F.⁵

¹ DSc, Professor of the Department of Ophthalmology, Tashkent Medical Academy, dr.ben58@mail.ru, +99890-907-00-32, ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6614-3475>

² PhD, Associated professor Department of Ophthalmology, Tashkent Medical Academy, saodat.nazirova62@gmail.com, +99894-604-56-98, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4128-6864>

³ Assistant of the Department of Ophthalmology, Tashkent Medical Academy, saida6387@gmail.com, +99890-351-91-61, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5095-0720>

⁴ PhD, Assistant of the Department of Ophthalmology, Tashkent Medical Academy, ohangaro@gmail.com, +99890-110-96-65, ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8548-5753>

⁵ Masters student of the Department of Ophthalmology, Tashkent Medical Academy, firdavs_4117@gmail.com, +99890-433-41-17, ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5603-8091>

Annotation. Relevance. The article is devoted to the application and possibilities of optical coherence tomography (OCT) in closed eye injury (CTG) in order to objectively assess the condition of the optic nerve head (GZN) and the peripapillary layer of retinal nerve fibers (SNVS) of the injured eye. **The purpose of the study.** Determination of the diagnostic capabilities of OCT of patients with closed contusion injury of the eye (CTG) and traumatic optical neuropathy (TONE). **Materials and methods.** In the multi-profile clinic of the Tashkent Medical Academy in the departments of emergency traumatology and neurosurgery, there was a study of 30 patients, out of which 20 were men, 10 women aged 20 to 45 years with transparent optical media in the early period after injury. The control group consisted of 30 healthy individuals of the same sex and age. **Results.** OCT makes it possible to determine the thickness of RNFL and the degree of damage to the fibers in the retina and optic nerve due to the traumatic process at the earliest stage after the injury, while other traditional ophthalmological examinations turn out to be of little information. As a result of the study, a significant increase in macular volume, ONH size, and thickness of SINS peripapillary fibers was found in patients with MTG compared with the control group, which was confirmed by optical coherence tomography data. **Conclusion:** our study showed that OCT can be used for an objective assessment and diagnosis of retinal and optic nerve damage in ZTG.

Keywords: optical coherence tomography, closed eye injury, optic nerve, traumatic optical neuropathy, retinal nerve fiber layer, macula.

For citation:

Bilalov E. N., Nazirova S.Kh., Egamberdieva S. M., Oralov B. A., Abduvakhabov F. The significance of optical coherence tomography in the diagnostics of damages of the retina and optic nerve. Advanced ophthalmology. 2023;3(3):40-45

Актуальность. Повреждения органа зрения являются одной из основных причин слепоты и потери глаза как органа. Закрытая травма глаза (ЗТГ) представляет собой повреждение органа зрения, характеризующееся наличием интраокулярных и (или) роговично-склеральных повреждений без сквозной перфорации фиброзной оболочки глаза [1, 2].

Контузии глаза, являющиеся самым частым проявлением ЗТГ, занимают одно из первых мест в общей структуре травматических повреждений органа зрения. В последнее время отмечается увеличение числа больных с тяжёлыми контузи-

онными поражениями [3]. Частая встречаемость в основном у лиц молодого трудоспособного возраста и возможность развития осложнений, представляющих серьёзную угрозу для зрения, определяют медико-социальную значимость контузионных травм глаза. Анализ состояния проблемы показал, что среди бытовой травмы контузия занимает лидирующее место и является одной из основных причин, приводящих к инвалидности в 17,9–33% случаев [4]. Офтальмоскопическая визуализация ЗН при травмах затруднена и ограничивается его внутриглазной частью. В связи с этим на первый план выходят

инструментальные методы диагностики, позволяющие локализовать и оценить патогномичные морфофункциональные изменения при данной офтальмопатологии [5,6,7]. В последнее десятилетие были разработаны и внедрены в офтальмологическую практику новые технологии, которые обеспечивают количественную и качественную оценку морфофункциональных особенностей диска зрительного нерва (ДЗН), слоя нервных волокон сетчатки (СНВС), а также внутренних и наружных слоев центральной зоны сетчатки [8, 9].

В этой связи актуальным является поиск новых неинвазивных методов визуализации изменений головки зрительного нерва (ГЗН) и перипапиллярной сетчатки при травматических поражениях глаза. Одним из таких перспективных методов в диагностике и оценке состояния головки зрительного нерва (ГЗН) и перипапиллярного слоя нервных волокон сетчатки (СНВС) при развитии травматической оптической нейропатии (ТОН) является оптическая когерентная томография (ОКТ).

Цель исследования. Определение диагностических возможностей ОКТ у пациентов с закрытой контузионной травмой глаза (ЗТГ) и травматической оптической нейропатией (ТОН).

Материал и методы. В отделениях экстренной травматологии и нейрохирургии многопрофильной клиники Ташкентской медицинской академии было обследовано 30 пациентов с контузионной травмой глаза и прозрачными оптическими средами. Возраст этих пациентов составил $42,9 \pm 15,8$ лет. ОКТ обследования травмированного и парного здорового глаза проводили через $2,25 \pm 2,43$ дней после контузии глаза на оптическом когерентном томографе Huvitz (НОСТ- 1F/1, Южная Корея). Технические характеристики прибора: скорость 26000 А-сканов в секунду; для построения В-скана используется от 256 до 16384 А-сканов; продольное оптическое разрешение в ткани 5 мкм; поперечное разрешение изображения от 8 мкм; диаметр луча 15 мкм; глубина сканирования до 2,3 мм; сканирующий лазерный луч с длиной волны 840 нм. Использовалась версия программы 4.0. Проводили анализ ГЗН и СНВС при расчетном диаметре 3,45 мм вокруг центра диска.

Достоверность различий результатов измерений травмированного и парного здорового глаза оценивали по t-критерию Стьюдента (различия показателей достоверны при $p < 0,05$).

Критериями исключения больных из исследования являлось: наличие патологии глаза, влияющей на функции и структуру ЗН, наличие тяжелой сопутствующей соматической патологии (клинически значимая патология сердечно-сосудистой системы, дыхательной, желудочно-

кишечного тракта), возраст младше 18 лет. Группу контроля составили здоровые лица аналогичного пола и возраста, включавшие в себя 30 человек, из них 20 мужчин, 10 женщин в возрасте от 20 до 45 лет.

Группа пациентов и группа контроля были однородны по возрасту ($p > 0,05$).

Всем пациентам проводили комплексное нейроофтальмологическое обследование, включавшее в себя, наряду с традиционным офтальмологическим обследованием (визометрия, периметрия, офтальмоскопия), следующие методы: ОКТ, компьютерную периметрию центральных полей зрения (по программе Armaly, Humhprey 24/2), а также неврологический осмотр, магнитно-резонансную томографию (МРТ). ОКТ выполняли на приборе «Huvitz» (НОСТ- 1F/1, Южная Корея). Средняя толщина центральной ямки (мкм) и объем макулярной зоны (мм³) сетчатки были вычислены для каждого измерения в автоматическом режиме с использованием входящего в пакет программного обеспечения томографа исследовательского протокола «Retinal thickness / Volume Tabular». Использовали протокол сканирования для оценки макулярной области «линии раstra» (Raster Lines) и «RNFL thickness (3,4 mm)», согласно которому толщина СНВС определялась по окружности диаметром 3,4 мм, центрируемой оператором вручную относительно диска зрительного нерва. Результаты обрабатывали по протоколу анализа «RNFL thickness average». Оба протокола являются стандартными для оценки СНВС и позволяют проводить статистическое сравнение результатов с обширной нормативной базой данных. Использованный протокол анализа определяет большое число количественных показателей, характеризующих толщину СНВС в каждом из 12 секторов, 4 квадрантов и среднюю по всей окружности, а также ряд расчетных параметров. Статистические показатели существующей нормативной базы, которые введены для данного прибора, не являются стандартизованными. В связи с этим, для достоверности собственных нормативов была дополнительно обследована группа здоровых лиц, в которую включили 30 человек, из них 20 мужчин, 10 женщин в возрасте от 20 до 45 лет. Провели сравнение как с собственными нормативами, так и с нормативной базой прибора «Huvitz» (НОСТ- 1F/1, Южная Корея).

В процессе проведенного обследования были получены определенные факты: поражение заднего отрезка глаза при ЗТГ вызывает отек головки зрительного нерва и перипапиллярной сетчатки [3], которое свидетельствует о вовлечении в постконтузионный процесс зрительного нерва и развитии травматической оптической нейропатии. До сравнительно недавнего времени

факт отека ГЗН и перипапиллярной сетчатки можно было зафиксировать только с помощью общедоступной офтальмоскопии. Так, при контузии глаза W. Paul и K. Grud отметили в 25% случаев отек ГЗН [4], тогда как в исследованиях В. В. Кашниковым офтальмоскопически выявляемый отек ГЗН при контузии глаза был отмечен у 37,2% больных с прозрачными оптическими средами [5,10].

Оптическая когерентная томография макулы сетчатки может быть рекомендована при кровоизлияниях, отеках и разрывах макулярной области, её проводят как при установке диагноза, так и для контроля лечебного процесса и прогноза состояния зрительных функций.

Результаты и обсуждение. Всем пациентам основной группы была проведена МРТ головного мозга. В 58% случаев были обнаружены МР-признаки закрытой черепно-мозговой травмы (ЗЧМТ) головного мозга. В результате проведенного исследования установлено, что тяжесть и выраженность ЗЧМТ не имеет прямой корреляции и не оказывает влияния на толщину всего слоя сетчатки в макулярной области, а зависит от получения непосредственной травмы глазного яблока и содержимого орбиты. Результаты ОКТ ГЗН и СНВС и их статистический анализ приведен в таблице 1. Полученные данные показывают, что в ранний период после травмы на контуженном глазу по сравнению со здоровым глазом имеется отек ГЗН, выражающийся в увеличении

немногочисленные публикации по применению классической ОКТ при травмах глаза. Так, R. Vessani et al. [8] описали единичный случай отека перипапиллярной сетчатки при травме глаза в ранний период, который затем сменился ее истончением. S. Rumelt et al. [10] описали единичный случай отека ГЗН и перипапиллярной сетчатки при закрытой травме глаза. F. A. Medeiros et al. [11] по данным ОКТ уменьшение толщины перипапиллярного СНВС после развития непрямой ТОН. W. Shi et al. [12,13] при применении ОКТ отметили, что толщина перипапиллярного СНВС слегка повышена в течение 2 недель после травмы, а через 4 недели уменьшается.

При анализе периферического поля зрения больных с ЗТГ, проведенного по стандартной методике на белый цвет в 76% случаев показатели оставались в пределах возрастной нормы, тогда как в 63% случаев отмечено сужение полей зрения на цвета. При этом, у 36,6% обследуемых (11 человек) острота зрения была достаточно высокой (от 1,0 до 0,8 с коррекцией). Более чувствительной методикой оказалось исследование центральных полей зрения по компьютерной программе Humhrey 24/2, при котором выявлено снижение чувствительности в центральных и парацентральных отделах (среднее отклонение от – 0,8 до – 18,0 DB).

В качестве примера на рисунке 1 отражены варианты анализа толщины СНВС вокруг

Таблица 1.
Характеристика ГЗН и СНВС по данным ОКТ у пациентов основной группы (n=30)

Морфометрические параметры ГЗН и СНВС	Травмированный глаз (M ± m)	Здоровый парный глаз (M ± m)	p
Объем нейроретинального пояса, мм3	0,22 ± 0,08	0,17 ± 0,05	0,03
Объем ГЗН, мм3	0,42 ± 0,13	0,3 ± 0,13	0,01
Объем экскавации, мм3	0,07 ± 0,06	0,13 ± 0,12	0,06
Средняя толщина СНВС, нм	110,22 ± 12,32	105,94 ± 9,4	0,01
Площадь диска, мм2	2,1 ± 0,43	1,88 ± 0,37	0,03
Площадь нейроретинального пояса, мм2	1,63 ± 0,33	1,24 ± 0,29	0,03
Площадь экскавации, мм2	1,63 ± 0,33	0,64 ± 0,42	0,03

её объема, увеличении объема и площади нейроретинального ободка, а также в уменьшении объема и площади экскавации. Наряду с этим отмечается отек перипапиллярной сетчатки (увеличение толщины СНВС в перипапиллярной зоне) (табл. 1).

Офтальмоскопически отмечалось побледнение височной половины диска зрительного нерва, что может быть связано с изначально меньшей толщиной СНВС в височном квадранте. Этот симптом был диагностирован у 26 человек (41 глаз – 35,3%), из них у 15 – на обоих глазах.

Анализ литературы показал, что имеются

зрительного нерва у пациента с ЗТГ травмированного и здорового глаза, представленные в микронах по 12 секторам и 4 квадрантам, и средняя толщина по всей окружности глаз (травмированного и здорового).

Был проведен сравнительный анализ правого и левого глаза. На травмированном левом глазу показатели толщины СНВС повышены до 157мкм (при норме 105,34 ± 11,9 мкм), макулярный объем 8,89 мм3 на правом глазу, 9,4 мм3 – на левом, при норме 7,15 ± 0,31 мм3.

Для сравнения представлены изображения (рис. 2) анализа объема и толщины СНВС в области

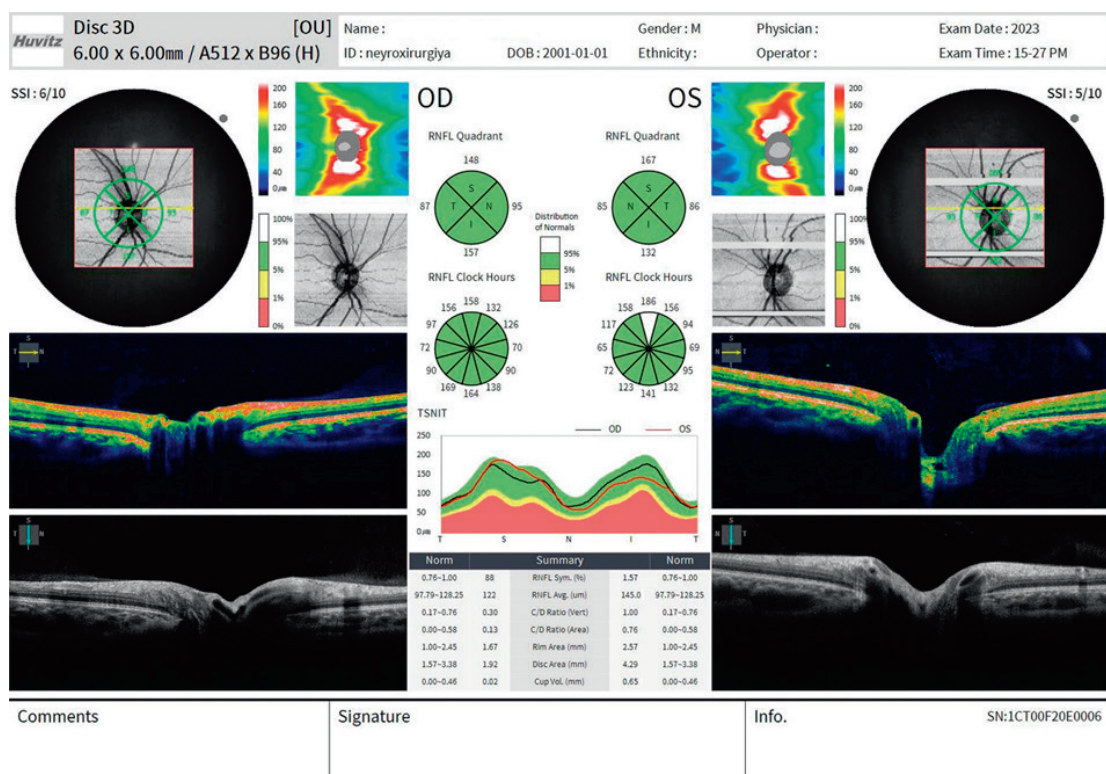


Рис. 1. Анализ толщины СНВС вокруг ЗН по программе «RNFL thickness (3,4 mm)» здорового правого и травмированного левого глаза пациента с ЗТГ

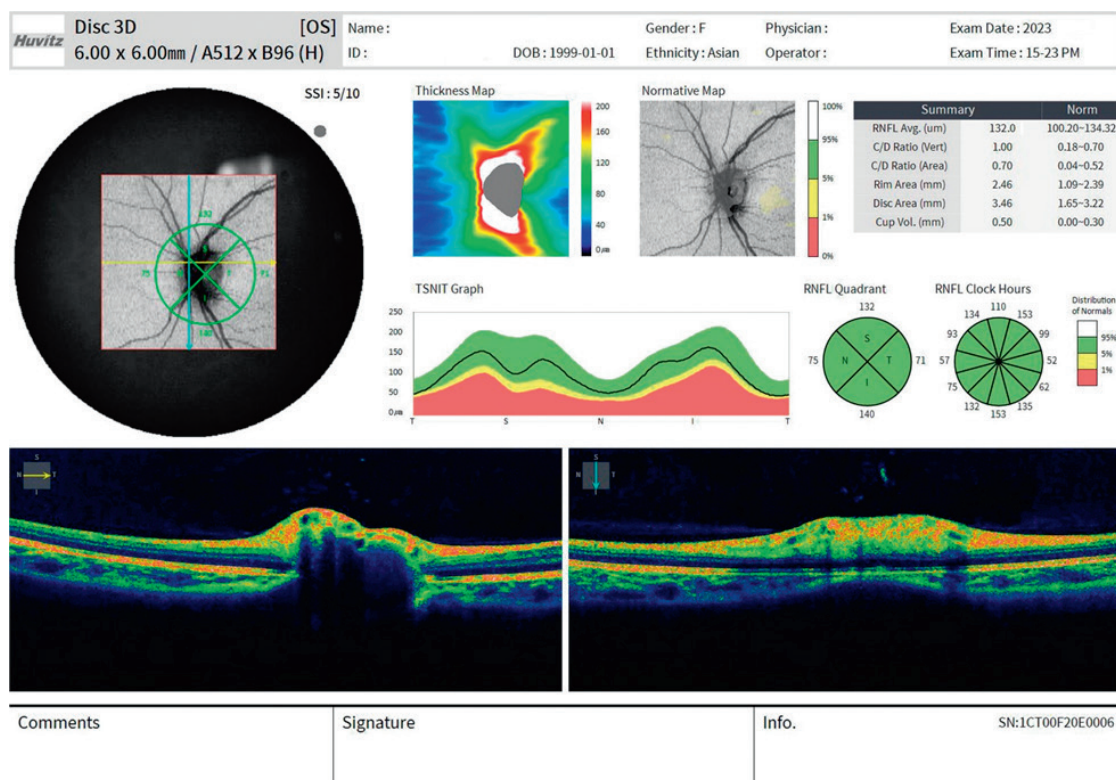


Рис. 2. Анализ толщины СНВС у пациентки из основной группы

головки зрительного нерва пациентки А., 24 лет, с тупой травмой глаза через 4 дня от получения травмы с остротой зрения без коррекции 1,0 на оба глаза. В данном случае толщина СНВС в области

головки зрительного нерва на правом глазу, 132 мкм — на левом 134, средняя толщина СНВС — 102 мкм и 114 мкм соответственно. Толщина сетчатки в макулярной области 183/174 мкм.

Заключение. Применение ОКТ, которая позволяет количественно и объективно оценить даже самые незначительные патологические изменения в сетчатке, открывает дополнительные возможности для ранней диагностики и мониторинга состояния больных с черепно-мозговыми травмами и ЗТГ. ОКТ позволяет определять толщину СНВС и степень повреждения волокон в сетчатке и зрительном нерве вследствие травматического процесса на самом раннем этапе после полученной травмы, когда другие традиционные офтальмологические исследования (периметрия, визометрия, офталь-

москопия) оказываются малоинформативными.

В результате проведенного исследования установлено значительное повышение макулярного объема, размера ГЗН и толщины перипапиллярных волокон СНВС у пациентов с ЗТГ по сравнению с группой контроля, что подтверждено данными оптической когерентной томографии.

Наше исследование показало, что ОКТ может быть использована для объективной оценки и диагностики повреждений сетчатки и зрительного нерва при ЗТГ.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Билалов ЭН, Бахритдинова ФА. Флюоресцеин — ангиографическая картина внутреннего отдела конъюнктивы глазного яблока у здоровых лиц. Клиническая офтальмология. 2006;7(2):65–67.
2. Bakhritdinova F. A., Bilalov E. N., Oralov B. A., Mirrakhimova S. S., Safarov J. O., Oripov O. I., Nabiyeva I. F. The assessment of lacrimal film condition in patients with dry eye syndrome during therapy. Russian Ophthalmological Journal. 2019;12(4):13–18. (In Russ.) <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2019-12-4-13-18>
3. Bakhritdinova F. A., Mirrakhimova S. S., Narzikulova K. I., Oralov B. A. Dynamics of cytological parameters of the conjunctiva in the course of a complex treatment of eye burns using a low-intensity laser radiation. The EYE Glaz. 2019; 21, (3 (127)), 7–11. <https://doi.org/10.33791/2222-4408-2019-3-7-11>
4. Bilalov EN, Bakhritdinova FA. Local microcirculation with primary pterygium according to fluorescein-angiographic studies. Vestn oftalmol. 2005;6:14–6.
5. Bioussé V, Danesh-Meyer HV, Saindane AM, Lamirel C, Newman NJ. Imaging of the optic nerve: technological advances and future prospects. Lancet Neurol. 2022;21(12):1135–1150. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(22\)00173-9](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(22)00173-9)
6. Chen B, Zhang H, Zhai Q, Li H, Wang C, Wang Y. Traumatic optic neuropathy: a review of current studies. Neurosurg Rev. 2022;45(3):1895–1913. <https://doi.org/10.1007/s10143-021-01717-9>
7. Kupersmith M. J., Kardon R., Durbin M. K., Shulman J. Scanning laser polarimetry reveals status of RNFL integrity in eyes with optic nerve head swelling by OCT. Investigation Ophthalmological Visus Science. 2012; 53: 1962–1970.
8. Narzikulova K. I., Bakhritdinova F. A., Mirrakhimova S. S., Oralov B. A. Development and evaluation of the effectiveness of photodynamic therapy in inflammatory diseases of the ocular surface. Ophthalmology journal, 13 (3), 2020, 55–65. DOI: <https://doi.org/10.17816/OV33828>
9. Oripov OI, Bilalov EN. COVID-19-associated cavernous sinus thrombosis: A case report. J Ophthalmol (Ukraine). 2021;2:69–71.
10. Yin Y, De Lima S, Gilbert HY, Hanovice NJ, Peterson SL, Sand RM, Sergeeva EG, Wong KA, Xie L, Benowitz LI. Optic nerve regeneration: A long view. Restor Neurol Neurosci. 2019;37(6):525–544. <https://doi.org/10.3233/RNN-190960>
11. Vessani R, Cunha L, Monteiro M. Progressive macular thinning after indirect traumatic optic neuropathy documented by optical coherence tomography // Br. J. Ophthalmol. 2007; 91 (5): 697–698.
12. Shi W., Wang H. Z., Song W. X. et al. Axonal loss and blood flow disturbances in the natural course of indirect traumatic optic neuropathy. Chin. Med. J. (Engl). 2013; 126 (7): 1292–1297.
13. Şahin İO. How curcumin affects hyperglycemia-induced optic nerve damage: A short review. J Chem Neuroanat. 2021 Apr;113:101932. <https://doi.org/10.1016/j.jchemneu.2021.101932>