

Особенности оптической когерентной томографии макулярной области у пациентов с миопией высокой степени

Е.С. Макаревич^{1,2}Г.А. Федяшев^{1,2}М.П. Ручкин^{1,2}

¹ ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
пр-т Острякова, 2, Владивосток, 690002, Российская Федерация

² ООО «Приморский центр микрохирургии глаза»
ул. Борисенко, 100е, Владивосток, 690088, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2026;23(1):140–149

Знание структуры и сосудистых особенностей макулярной области у пациентов с миопией высокой степени, полученных при помощи технологии ОКТ и ОКТ-А, может помочь в анализе изменений и позволит исключить ложную постановку диагноза глаукомы у данных пациентов. **Пациенты и методы.** В первую группу вошли пациенты, имеющие эквивалент рефракционной ошибки $\geq -6,00$ дптр и длину глаза $\geq 26,00$ мм (74 глаза). Вторую группу составили пациенты с рефракцией $-0,5$ дптр — $+1,25$ дптр и длиной глаза 22,50–24,20 мм (32 глаза). Измерение аксиальной длины проводилось с помощью IOLMaster 700 (Zeiss, Германия). Оптическая когерентная томография (ОКТ) макулярной области выполнялась на SOLIX (Optovue, США) с применением программного модуля AngioAnalytics. Для статистического анализа результатов применяли непараметрический критерий Манна — Уитни, коэффициент ранговой корреляции по Спирмену. **Результаты.** Анализ показал достоверное снижение толщины центральной зоны сетчатки (ТЦЗС), ганглиозного слоя сетчатки (ГСС) и показателей микроциркуляции в корготе пациентов с близорукостью высокой степени. **Заключение.** Ряд оцениваемых параметров, а именно толщина ГСС в носовой ячейке перифовеальной зоны, толщина ГСС верхней полусферы и SVD, наименее зависимы от величины ПЗО и могут указывать на наличие патологических нарушений, не связанных с аксиальным удлинением глазного яблока, и иметь ценность в дифференциальной диагностике с таким заболеванием, как глаукома.

Ключевые слова: миопия высокой степени, оптическая когерентная томография, макулярная область

Для цитирования: Макаревич Е.С., Федяшев Г.А., Ручкин М.П. Особенности оптической когерентной томографии макулярной области у пациентов с миопией высокой степени. *Офтальмология*. 2026;23(1):140–149. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-140-149>

Прозрачность финансовой деятельности: работа выполнена в рамках научной темы рег. № НИОКТР 123100300082-8.

Конфликт интересов отсутствует.



Features of Optical Coherence Tomography of the Macular Region in Patients with High Myopia

E.S. Makarevich^{1,2}, G.A. Fedyashev^{1,2}, M.P. Ruchkin^{1,2}

¹ Pacific State Medical University
Ostryakova ave., 2, Vladivostok, 690002, Russian Federation

² Primorskii center of eye microsurgery
Borisenko str., 100e, Vladivostok, 690088, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2026;23(1):140-149

Purpose: to evaluate the differences in the structural parameters of the optic nerve head (ONH) and peripapillary region in patients with high myopia in comparison with patients without refractive errors. **Patients and methods.** The first group included patients with an equivalent refractive error ≥ -6.00 diopters and an eye length ≥ 26.00 mm (74 eyes). The second group consisted of patients with a refraction of -0.5 diopters — $+1.25$ diopters and an eye length of $22.50-24.20$ mm (32 eyes). Axial length measurements were carried out using an IOLMaster 700 (Zeiss, Germany). Optical coherence tomography (OCT) of the ONH was performed with SOLIX (Optovue, USA) using the AngioAnalytics software. For statistical analysis of the results, the nonparametric Mann-Whitney's test and Spearman's rank correlation coefficient were used. **Results.** In the first group, the cup-to-disc vertical ratio (VCDR) values were lower (0.38 (0.14–0.51), $p < 0.05$), and there was a decrease in the average thickness of the retinal nerve fiber layer (RNFL) (86.00 (80.00–94.00), $p < 0.01$), as well as RNFL thickness measured in individual sectors ($p < 0.01$), compared with the second group. The thickness of the RNFL in the temporal quadrant, in the inferior sector of the temporal quadrant (TI), on the contrary, was greater (71.00 (58.05–87.25), $p < 0.01$). All radial peripapillary capillary vessel density (RPC VD) values were not significantly different between groups ($p > 0.05$). The highest RPC VD is in the upper sector of the temporal quadrant (TS) (56.65 (51.72–59.47)). The density of all vessels (VD) was significantly lower in patients with high myopia, except for the zones corresponding to the temporal quadrant and the inside disc zone (ID) ($p > 0.05$). **Conclusion.** Significant differences were revealed between the groups in VCDR, RNFL thickness and VD in all areas, except the temporal quadrant. A decrease in the thickness of the RNFL in the temporal quadrant, TI, as well as a decrease in the thickness of the RPC VD in the ID zone and the temporal quadrant, TS, can be the most indicative parameters for diagnosing optic nerve pathology in patients with high myopia, not associated with axial elongation of the eyeball.

Keywords: high myopia, glaucoma, optical coherence tomography, radial peripapillary capillaries

For citation: Makarevich E.S., Fedyashev G.A., Ruchkin M.P. Features of Optical Coherence Tomography of the Macular Region in Patients with High Myopia. *Ophthalmology in Russia*. 2026;23(1):140-149. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-140-149>

Financial Disclosure: the work was carried out within the framework of the scientific topic reg. № НИОКТР 123100300082-8.

There is no conflict of interests.

ВВЕДЕНИЕ

Тесная взаимосвязь между близорукостью и глаукомной нейрооптикопатией представляется актуальной областью исследований. Миопия является известным фактором риска развития глаукомы. В исследованиях сообщается о повышенном риске глазной гипертензии, глаукомы нормального давления, первичной открытоугольной глаукомы (ПОУГ), а также глаукомоподобной нейрооптикопатии у пациентов с близорукостью [1–3]. Кроме того, известно, что при увеличении степени миопии на 1,00 дптр риск развития глаукомы увеличивается примерно на 20 % [4]. Признаки глаукомных изменений диска зрительного нерва (ДЗН) и изменения зрительного нерва из-за осевого удлинения глазного яблока могут маскировать друг друга, затрудняя диагностику и приводя к ложноположительной диагностике глаукомы. Таким образом, постоянный рост распространенности ПОУГ на фоне увеличения заболеваемости миопией подчеркивает необходимость комплексных стратегий оценки.

Можно было бы предположить, что в глазах, в которых головка зрительного нерва деформирована из-за

миопии, макулярная область искажена в меньшей степени, что на практике не всегда имеет место [5]. Эта гипотеза, а также мнение некоторых исследователей о возможности раннего вовлечения макулы в глаукомный процесс до стадии периметрических изменений привлекает все больше внимания к оценке состояния макулярной области в вопросах диагностики глаукомы [6]. Изучение макулярных изменений у пациентов с близорукостью продвинулось вперед благодаря таким технологиям, как оптическая когерентная томография (ОКТ), которая обеспечивает качественную и количественную оценку необходимых параметров. Тогда как ОКТ широко используется для клинического исследования морфологии макулярной сетчатки, оптическая когерентная томография-ангиография (ОКТ-А) позволяет изучить микрососудистые изменения при миопии, глаукоме и при иной глазной патологии [7, 8].

Выявление параметров ОКТ и ОКТ-А макулярной области, которые в наименьшей степени зависят от ПЗО, позволит в дальнейшем разработать новые диагностические подходы для выявления глаукомного процесса у пациентов с миопией высокой степени.

E.S. Makarevich, G.A. Fedyashev, M.P. Ruchkin

Contact information: Makarevich Ekaterina S. dr.makarevich@mail.ru

Features of Optical Coherence Tomography of the Macular Region in Patients with High Myopia

Цель: проанализировать различия структурных показателей макулярной области у пациентов с осевой миопией высокой степени в сравнении с пациентами без аномалий рефракции.

Реализация заявленной цели предполагает решение следующих задач: проанализировать толщину центральной зоны сетчатки (ТЦЗС) и толщину комплекса ганглионарных клеток сетчатки (GCC) макулярной области; определить плотность сосудов (VD) поверхностного (SCP) и глубокого (DCP) сосудистых комплексов макулярной области у пациентов с миопией высокой степени при помощи методов ОКТ и ОКТ-А, сравнить их с аналогичными показателями у здоровых лиц, сопоставимых по полу и возрасту.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

Авторами проведен анализ и оценка количественных параметров макулярной области и ее кровоснабжения, полученных при помощи методов ОКТ и ОКТ-А. Пациенты были разделены на две группы, сопоставимые по полу и возрасту. В первую группу вошли пациенты, имеющие эквивалент рефракционной ошибки и осевую длину глазного яблока, характерные для миопии высокой степени ($\geq -6,00$ дптр и $\geq 26,00$ мм соответственно), — 45 пациентов (74 глаза). Вторую группу (группу контроля) составили практически здоровые пациенты с рефракцией, приближенной к эметропии

(в диапазоне от $-0,5$ до $+1,25$ дптр), и длиной переднезадней оси глаза в диапазоне от 22,50 до 24,20 мм — 17 пациентов (32 глаза).

Критериями невключения являлись: возраст младше 18 и старше 74 лет; сопутствующая глаукома и иные приобретенные заболевания зрительного нерва; недостаточно прозрачные оптические среды глаза; отсутствие устойчивой фиксации; ранее перенесенные витреоретинальные хирургические вмешательства; наличие изменений макулярной области по типу макулярного отека.

Измерение ПЗО проводилось с помощью биометра IOLMaster 700 (Zeiss, Германия), исследование рефракции — при помощи авторефрактометра TONOREF (Nidek, Япония). ОКТ и ОКТ-А были выполнены с использованием прибора SOLIX (Optovue, США) с программным модулем AngioAnalytics. Для исследования макулярной области в работе были использованы протоколы Retina Cube (6,4×6,4 мм) и AngioVue Retina (6,4×6,4 мм). Зонирование макулярной области для дальнейшего анализа производилось автоматически в соответствии с сеткой ETDRS (рис. 1).

По протоколу Retina Cube (6,4×6,4 мм) изучали параметры макулярной сетчатки, такие как толщина сетчатки (ТЦЗС) и толщина комплекса ганглионарных клеток сетчатки (Ganglion Cell Complex, GCC). ТЦЗС измеряли от внутренней пограничной мембраны (Internal limiting membrane, ILM) до пигментного эпителия сетчатки

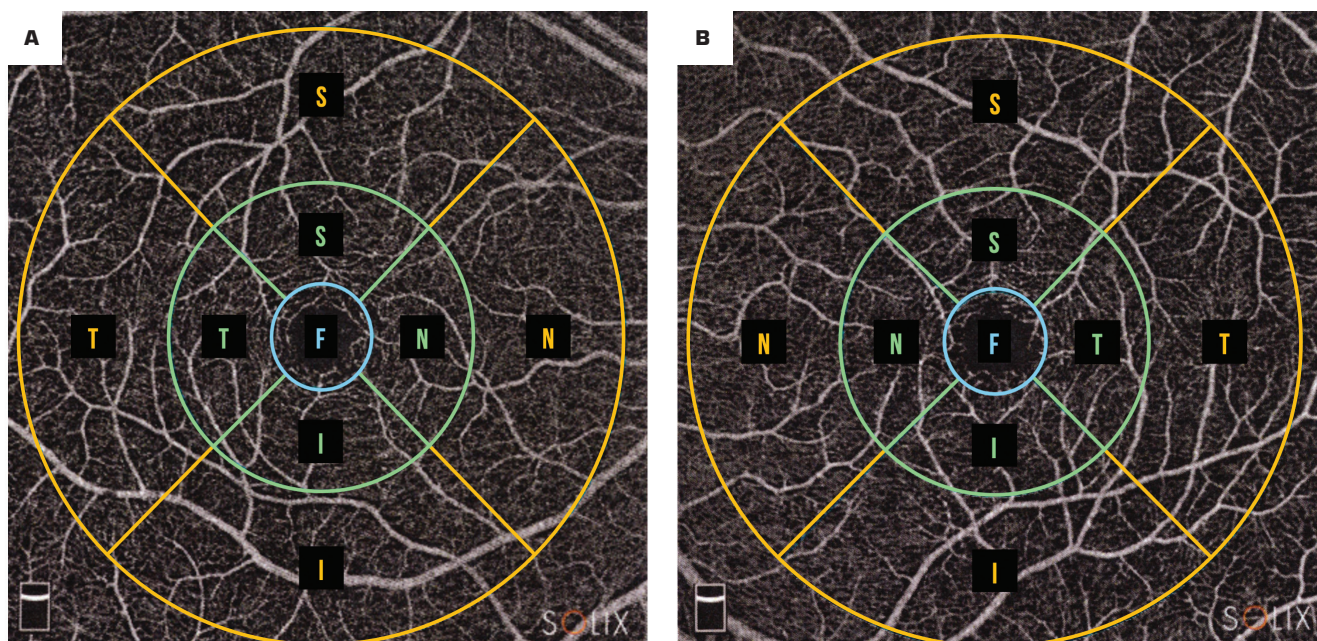


Рис. 1. ОКТ-А (SOLIX, Optovue, CLIA) макулярной области с площадью сканирования 6,4×6,4 мм, зонирование в соответствии с сеткой ETDRS: А — правый глаз; В — левый глаз. Внутренний круг (голубой) соответствует фовеа (F) и имеет диаметр 1,00 мм, средний (зеленый) соответствует парафовеолярной области — 1,00–3,00 мм, внешний круг (желтый) соответствует перифовеолярной области — 3,00–6,00 мм. Зоны парафовеа и перифовеа дополнительно подразделены на 4 ячейки: S — верхняя; Т — височная; N — носовая; I — нижняя

Fig 1. OCT-A (SOLIX, Optovue, USA) of the macular region, scanning area 6.4×6.4 mm. Zoning in accordance with the ETDRS grid: A — right eye; B — left eye. The inner circle (blue) corresponds to the fovea (F) and has a diameter of 1.00 mm, the middle circle (green) corresponds to the parafoveal region — 1.00–3.00 mm, the outer circle (yellow) corresponds to the perifoveal region — 3.00–6.00 mm. The parafovea and perifovea zones are divided into 4 quadrants: S — superior; T — temporal; N — nasal; I — inferior

(Retinal pigment epithelium, RPE) по указанным зонам. Для сравнительного анализа использовали также значения средней толщины сетчатки по ячейкам сетки ETDRS (ETDRS grid, мкм). Толщину GCC измеряли от ILM до внутреннего плексиформного слоя (Inner plexiform layer, IPL) (рис. 2) по указанным зонам, по верхней и нижней полусфере, а также среднюю толщину (Average GCC, мкм) по всей исследуемой области. Кроме того, оценивали показатели уровня фокальных и глобальных потерь GCC. Показатель уровня фокальных потерь (Focal Loss Volume, FLV, %) количественно отражает общее число достоверных потерь (отклонений от нормативных значений) GCC к общей площади измерения. Показатель уровня глобальных потерь (Global Loss Volume, GLV, %) — усредненный показатель потерь GCC по всей исследуемой области.

При выполнении сканирования AngioVue Retina (6,4×6,4 мм) помимо вышеперечисленных параметров мы также смогли оценить измерения фовеальной аваскулярной зоны (Foveal avascular zone, FAZ) и относительной плотности сосудистого русла сетчатки (Vessel Density, VD, %). Данные измерения FAZ генерировались на основе среза сетчатки, проходящего от ILM до линии выше наружного плексиформного слоя (Outer plexiform layer, OPL) на 10 мкм. Исследовали показатели плотности фовеальных сосудов (Foveal vessel density, FD, %), периметр аваскулярной зоны (FAZ Perimeter, mm) и площадь аваскулярной зоны (FAZ Area, mm²), FD — суммарную относительную плотность капилляров в зоне в форме кольца шириной 300 мкм вокруг FAZ.

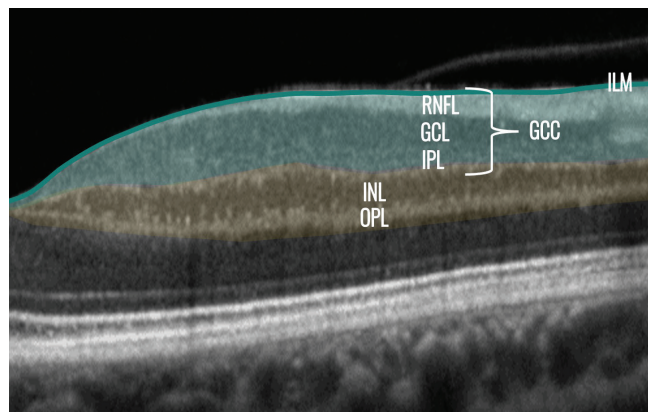


Рис. 2. Визуализация слоев и сосудистых сплетений макулярной сетчатки (SOLIX, Optovue, США). ILM (зеленая линия) — внутренняя пограничная мембрана; GCC — слой ганглиозных клеток, который включает в себя три слоя: слой нервных волокон сетчатки (RNFL), состоящий из аксонов ганглиозных клеток; слой ганглиозных клеток (GCL), состоящий из тел ганглиозных клеток; внутренний плексиформный слой (IPL), состоящий из дендритов ганглиозных клеток. INL — внутренний ядерный слой, OPL — наружный плексиформный слой. Поверхностное сосудистое сплетение (зеленый). Глубокое сосудистое сплетение (оранжевый)

Fig. 2. Visualization of layers and choroid plexuses of macula (SOLIX, Optovue, USA). ILM (green line) — internal limiting membrane. The GCC is a ganglion cell layer that includes three layers: the retinal nerve fiber layer (RNFL), consisting of ganglion cell axons; ganglion cell layer (GCL), consisting of ganglion cell bodies; and the inner plexiform layer (IPL), composed of ganglion cell dendrites. INL — inner nuclear layer. OPL — outer plexiform layer. Superficial vessel plexus (green). Deep vessel plexus (orange)

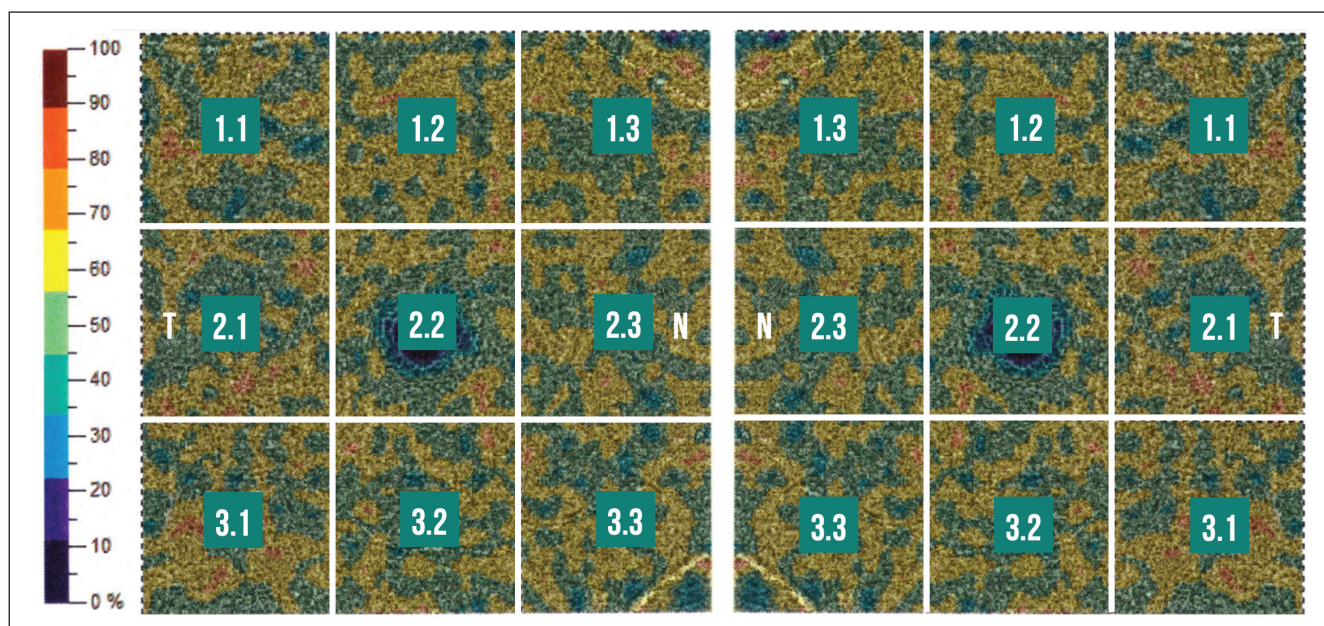


Рис. 3. ОКТ-А (SOLIX, Optovue, США) макулярной сетчатки. Карта плотности сосудов, состоящая из девяти квадрантов (Grid-based vessel density, GBAVD), с цветовой кодировкой в соответствии с относительной плотностью капилляров: А — правый глаз; В — левый глаз; Т — височный; N — носовой. Первый знак перед точкой указывает на номер строки, второй после точки — номер столбца

Fig. 3. OCT-A (SOLIX, Optovue, USA) of the macula. Nine-quadrant vascular density map (Grid-based vessel density, GBAVD), color-coded according to relative capillary density: A — right eye; B — left eye; T — temporal; N — nasal. The first sign, before the dot, indicates the row number, and the second, after the dot — the column number

VD — отношение площади, занимаемой сосудами в исследуемой зоне, к общей площади этой зоны. Была измерена средняя VD по всей зоне сканирования (Whole Image VD, wiVD, %), отдельно по верхней и нижней полусфере, квадрантам (рис. 3), указанным зонам, и средняя VD по ячейкам сетки ETDRS (ETDRS grid VD, %). Для анализа выделяли по отдельности, соответственно, поверхностный (Superficial capillary plexus, SCP) и глубокий (Deep capillary plexus, DCP) сосудистые комплексы. Верхняя граница поверхностного сосудистого комплекса проходит от линии ILM, нижняя — выше IPL на 10 мкм. Верхняя граница глубокого сосудистого комплекса — на 10 мкм выше IPL, нижняя — на 10 мкм ниже OPL.

Отбирались только сканы с индексом уровня сигнала (Signal strength index, SSI) выше 45 и качеством (Scan quality, SQ) 6 и выше. Для корректной работы ангио-режима, повышения точности сканирования и устранения кинетических артефактов в томографе применяется алгоритм «Dual Trac: двухуровневая коррекция микродвижений». Ошибки автоматической сегментации при их наличии исправляли в ручном режиме. Статистическая обработка полученных результатов была проведена на персональном компьютере в операционной системе macOS Sonoma v.14.5 с использованием пакета прикладных программ IBM SPSS Statistics v.26. Статистический анализ полученных результатов исследования строился с учетом вида распределения, использовался непараметрический критерий Манна — Уитни, коэффициент ранговой корреляции по Спирмену (r). Результаты исследования представлены в виде Me (Q_{25} – Q_{75}), где Me — медиана, интерквартильный размах (Q_{25} – Q_{75}) — значения 25-го и 75-го перцентилей.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В таблице 1 представлены исходные характеристики для каждой группы.

При анализе ТЦЗС выявлена разница толщины между группами в области параfoвеа и перифовеа, характеризующая истончением сетчатки у пациентов первой группы (табл. 2). При этом ТЦЗС, измеренная непосредственно в фовета, статистически значимо не отличалась у пациентов с миопией в сравнении со здоровыми пациентами. В обеих группах наименьшая толщина выявлена в височном квадранте, наибольшая в группе близоруких

Таблица 1. Общие характеристики исследуемых групп

Table 1. General characteristics of the study groups

Исследуемые параметры Parameters	Группа 1 Group 1			Группа 2 Group 2			p
	Me	Q ₂₅	Q ₇₅	Me	Q ₂₅	Q ₇₅	
Длина ПЗО, мм Length of the APA, mm	26,84*	26,19	28,47	23,39*	23,14	23,93	0,0001
SE, дптр SE, D	-7,25*	-11,12	-5,25	0,00*	0,00	0,75	0,0001
Возраст, годы Age, years	45,50	32,50	53,25	38,00	30,25	44,50	0,056

Примечание. * достоверность различий: $p < 0,05$.
Note. * significance of differences: $p < 0,05$.

пациентов — в носовом квадранте, в группе здоровых пациентов — в верхней ячейке параfoвеальной зоны и носовой ячейке перифовеальной зоны. Выявлена отрицательная корреляция высокой силы между показателями длины ПЗО и ETDRS grid ($r = -0,758$; $p < 0,01$) и ТЦЗС в перифовеа ($r = -0,744$; $p < 0,01$), отрицательная корреляция средней силы с ТЦЗС в параfoвеа ($r = -0,689$; $p < 0,01$). Напротив, положительная связь определяется между этими же параметрами и SE: высокой силы с ETDRS grid ($r = 0,707$; $p < 0,01$); средней силы с ТЦЗС в перифовеа ($r = 0,692$; $p < 0,01$) и параfoвеа ($r = 0,622$; $p < 0,01$).

Обращает внимание, что толщина GCC в зоне фовета была меньше в группе здоровых пациентов (табл. 3). Определяется достоверное снижение толщины GCC среди близоруких пациентов по всей карте, кроме носового квадранта, в котором значимого различия между группами выявлено не было.

Таблица 2. Результаты анализа ТЦЗС — протокол Retina Cube

Table 2. Results of thickness analysis of central retinal zone — Retina Cube

Исследуемые параметры Parameters	Группа 1 Group 1			Группа 2 Group 2			p
	Me	Q ₂₅	Q ₇₅	Me	Q ₂₅	Q ₇₅	
ETDRS grid, μm	275,00	264,00	284,00	298,00	291,75	309,75	0,0001
Fovea, μm	270,00	254,50	282,00	270,00	246,00	283,00	0,987
ParaFovea, μm	312,00*	298,50	324,50	336,50*	330,00	345,50	0,0001
ParaFovea Temporal, μm	305,00*	289,00	316,00	326,00*	321,00	335,00	0,0001
ParaFovea Nasal, μm	319,00*	302,50	331,50	340,50*	334,75	350,25	0,0001
ParaFovea Superior, μm	315,00*	300,00	328,00	342,00*	334,00	349,00	0,0001
PeriFovea, μm	263,00*	252,00	273,50	287,50*	284,25	300,25	0,0001
PeriFovea Temporal, μm	247,00*	232,00	259,00	278,00*	271,00	285,50	0,0001
PeriFovea Nasal, μm	285,00*	272,00	295,00	306,00*	301,00	320,75	0,0001

Примечание. * достоверность различий: $p < 0,05$.
Note. * significance of differences: $p < 0,05$.

Таблица 3. Результаты анализа карты толщины GCC — протокол Retina Cube

Table 3. Results of analysis of GCC thickness map — Retina Cube

Исследуемые параметры Parameters	Группа 1 Group 1			Группа 2 Group 2			p
	Me	Q ₂₅	Q ₇₅	Me	Q ₂₅	Q ₇₅	
Average GCC, μm	99,00*	93,00	99,00	106,00*	103,25	109,75	0,0001
Superior GCC, μm	99,00*	92,00	106,00	105,00*	102,00	108,75	0,0001
Inferior GCC, μm	101,00*	91,50	107,00	108,00*	105,00	111,00	0,0001
Intra Eye (S-I), μm	-3,00	-6,00	1,00	-3,00	-5,75	-0,25	0,693
FLV 6°6, %	2,22*	1,04	5,27	0,10*	0,10	0,40	0,0001
GLV 6°6, %	6,13*	2,62	11,18	0,96*	0,45	2,54	0,0001
GCC Fovea, μm	70,00*	63,00	78,00	57,50*	53,00	65,00	0,0001
GCC ParaFovea Inferior, μm	112,00*	107,50	118,00	123,50*	117,00	126,00	0,0001
GCC ParaFovea Temporal, μm	102,00*	95,50	109,00	108,50*	105,25	112,75	0,0001
GCC ParaFovea Nasal, μm	114,00	107,50	121,50	119,00	113,25	121,00	0,184
GCC PeriFovea Temporal, μm	80,00*	74,50	83,00	89,00*	87,00	92,00	0,0001
GCC PeriFovea Nasal, μm	118,00	109,00	127,50	119,00	116,00	126,00	0,342

Примечание. * достоверность различий: $p < 0,05$.
Note. * significance of differences: $p < 0,05$.

Сравнительный корреляционный анализ ПЗО и SE с толщиной GCC показал слабую связь ($r < 0,5$; $p < 0,01$), но была обнаружена средняя положительная связь между Average GCC и ETDRS grid ($r = 0,629$; $p < 0,01$). ТЦЗС в зоне фовеа также имеет положительную среднюю корреляционную связь с толщиной GCC в фовеа ($r = 0,579$; $p < 0,01$). В группе с миопией наибольшая толщина отмечалась в носовом квадранте, в группе здоровых пациентов — в нижней ячейке парафовеальной зоны и носовой ячейке перифовеальной зоны. Наименьшая толщина GCC в обеих исследуемых группах соответствовала височному квадранту. Достоверное снижение в группе с миопией высокой степени было выявлено и при сравнении по верхней и нижней полусферам. Асимметрия толщины между верхней и нижней полусферами прослеживается в обеих исследуемых когортах. Значения FLV и GLV были достоверно выше у пациентов с близорукостью в сравнении с контрольной группой. Выявлена положительная корреляция средней силы между ПЗО и FLV ($r = 0,643$; $p < 0,01$), GLV ($r = 0,538$; $p < 0,01$), а также отрицательная корреляция высокой силы между SE и FLV ($r = -0,721$; $p < 0,01$), средней силы — с GLV ($r = -0,602$; $p < 0,01$).

После одномоментного последовательного сканирования с применением протокола AngioVue Retina была определена разница числовых значений одних и тех же исследуемых параметров. В результате зафиксирована статистически значимая разница толщины GCC в носовой ячейке парафовеальной зоны между группами (табл. 4).

Значения ТЦЗС парафовеальной и перифовеальной зон обладали высокой положительной корреляцией ($r = 0,897$; $p < 0,01$), в том числе при анализе по отдельным ячейкам: $r = 0,772$ ($p < 0,01$) — в нижнем квадранте; $r = 0,863$ ($p < 0,01$) — в верхнем квадранте; $r = 0,770$ ($p < 0,01$) — в носовом квадранте; $r = 0,895$ ($p < 0,01$) — в височном квадранте. Значения толщины GCC парафовеальной и перифовеальной зон при анализе по отдельным ячейкам обладали высокой положительной связью в верхнем ($r = 0,729$; $p < 0,01$) и височном ($r = 0,727$; $p < 0,01$) квадрантах; слабой положительной связью — в нижнем ($r = 0,575$; $p < 0,01$) и носовом ($r = 0,571$; $p < 0,01$) квадрантах.

Сравнительный корреляционный анализ ПЗО и SE с толщиной GCC показал слабую связь данных параметров ($r < 0,5$; $p < 0,01$). Подтверждена средняя положительная связь между ТЦЗС и толщиной GCC в зоне фовеа ($r = 0,642$; $p < 0,01$), а также между ETDRS grid и Average GCC ($r = 0,616$; $p < 0,01$).

Дополнительно была определена высокая положительная связь между GCC, измеренной в нижней полусфере, и ТЦЗС, измеренной в перифовеальной зоне нижней полусферы ($r = 0,721$; $p < 0,01$), а также средняя положительная связь — с ТЦЗС, измеренной в парафовеальной зоне нижней гемисферы ($r = 0,603$; $p < 0,01$).

Таблица 4. Результаты анализа ТЦЗС и карты толщины GCC — протокол AngioVue Retina

Table 4. Results of thickness analysis of central retinal zone and GCC thickness map — AngioVue Retina

Исследуемые параметры Parameters	Группа 1 Group 1			Группа 2 Group 2			p
	Me	Q ₂₅	Q ₇₅	Me	Q ₂₅	Q ₇₅	
Анализ ТЦЗС / Central retinal thickness analysis							
ETDRS grid, μm	275,00*	262,75	284,25	298,50*	292,00	309,75	0,0001
Fovea, μm	271,00	256,00	284,50	274,00	244,50	285,00	0,840
ParaFovea, μm	311,00*	298,50	325,00	336,00*	329,75	344,00	0,0001
ParaFovea Superior-Hemi, μm	313,00*	299,00	327,00	337,00*	333,00	345,00	0,0001
ParaFovea Inferior-Hemi, μm	311,00*	296,00	324,00	337,00*	326,25	342,75	0,0001
PeriFovea, μm	263,00*	251,00	271,50	287,00*	284,00	300,00	0,0001
PeriFovea Superior-Hemi, μm	266,00*	254,00	275,00	291,00*	288,00	303,75	0,0001
PeriFovea Inferior-Hemi, μm	260,00*	248,00	269,00	286,50*	278,25	297,75	0,0001
Анализ карты толщины GCC / Analysis of GCC							
Average GCC, μm	100,00*	93,50	105,50	106,50*	104,00	110,00	0,0001
Superior GCC, μm	99,00*	92,00	106,00	105,00*	102,00	108,75	0,0001
Inferior GCC, μm	102,00*	94,00	107,50	108,00*	105,00	112,00	0,0001
Intra Eye (S-I), μm	-3,00	-6,00	1,50	-3,00	-6,75	-1,00	0,851
GCC Fovea, μm	69,00*	61,50	76,00	58,50*	53,00	65,50	0,0001
GCC ParaFovea Nasal, μm	113,00*	107,00	120,00	119,50*	114,00	121,00	0,0025
FLV 6*6, %	2,11*	0,81	3,92	1,16*	0,00	0,44	0,0001
GLV 6*6, %	5,83*	2,61	10,39	1,07*	0,43	2,99	0,0001

Примечание. * достоверность различий: $p < 0,05$.
Note. * significance of differences: $p < 0,05$.

При корреляционном анализе результатов измерений в области верхней полусферы обнаружена средняя положительная связь между GCC и ТЦЗС парафовеальной ($r = 0,525$; $p < 0,01$) и перифовеальной ($r = 0,614$; $p < 0,01$) зон.

Между значениями ТЦЗС и толщины GCC парафовеальной зоны, полученными при анализе по отдельным ячейкам, была установлена высокая отрицательная связь в нижнем ($r = 0,826$; $p < 0,01$), верхнем ($r = 0,723$; $p < 0,01$) и височном ($r = 0,775$; $p < 0,01$) квадрантах и средняя положительная связь ($r = 0,681$; $p < 0,01$) в носовом квадранте. Между значениями ТЦЗС и толщины GCC перифовеальной зоны, полученными при анализе по отдельным ячейкам, была установлена высокая отрицательная связь в нижнем ($r = 0,713$; $p < 0,01$) и височном ($r = 0,730$; $p < 0,01$) квадрантах и средняя положительная связь — в носовом ($r = 0,530$; $p < 0,01$) и верхнем ($r = 0,664$; $p < 0,01$) квадрантах.

Подтверждена положительная корреляция средней силы между ПЗО и FLV ($r = 0,616$; $p < 0,01$), а также определена отрицательная корреляция средней силы между SE и FLV ($r = -0,671$; $p < 0,01$) и GLV ($r = -0,546$; $p < 0,01$), в отличие от результатов анализа измерений с использованием протокола Retina Cube.

Анализ результатов ОКТ-А не показал статистически значимого различия значений FD, FAZ Perimeter и FAZ Area между группами (табл. 5). Связи с ПЗО, SE и возрастом пациентов выявлено не было.

Таблица 5. Результаты анализа показателей плотности фовеальной сетчатки (FD), площади и периметра фовеальной аваскулярной зоны (FAZ) — протокол AngioVue Retina

Table 5. Results of analysis of foveal vessel density (FD), area and perimeter of the foveal avascular zone (FAZ) — AngioVue Retina

Исследуемые параметры Parameters	Группа 1 Group 1			Группа 2 Group 2			p
	Me	Q ₂₅	Q ₇₅	Me	Q ₂₅	Q ₇₅	
FD, %	51,80	49,09	55,00	52,00	49,55	53,45	0,881
FAZ Area, %	0,18	0,134	0,25	0,22	0,14	0,28	0,110
FAZ Perimeter, %	1,69	1,47	1,93	1,85	1,51	2,08	0,126

Примечание. Достоверных различий ($p < 0,05$) не выявлено.
Note. No significant differences ($p < 0,05$) were found.

Таблица 6. Результаты анализа сосудов поверхностного и глубокого капиллярного сплетения МО — протокол AngioVue Retina

Table 6. Results of analysis of vessels of the superficial and deep capillary plexus of the macula region — AngioVue Retina

Исследуемые параметры Parameters	Группа 1 Group 1			Группа 2 Group 2			p
	Me	Q ₂₅	Q ₇₅	Me	Q ₂₅	Q ₇₅	
Superficial vessels density (SVD)							
Whole Image, %	48,20*	46,30	49,10	49,50*	48,80	50,07	0,0001
Superior-Hemi, %	48,30*	46,20	49,45	49,35*	48,92	50,35	0,0001
Inferior-Hemi, %	48,10*	46,00	49,25	49,60*	48,07	50,17	0,001
Fovea, %	33,00*	29,45	36,35	31,10*	26,85	33,12	0,024
Parafovea, %	49,30*	47,00	50,65	50,65*	49,35	51,47	0,002
Parafovea Superior-Hemi, %	49,70*	47,00	50,95	50,50*	49,55	51,10	0,027
Parafovea Inferior-Hemi, %	49,00*	46,60	50,50	50,55*	48,92	51,47	0,001
Parafovea Superior, %	50,60	47,55	51,65	51,05	50,02	52,00	0,095
Perifovea, %	48,00*	48,85	49,20	49,30*	48,42	50,35	0,002
Perifovea Superior-Hemi, %	48,10*	46,85	49,35	49,25*	48,55	50,57	0,001
Perifovea Inferior-Hemi, %	48,50*	46,35	49,70	49,25*	48,07	50,62	0,008
Perifovea Nasal, %	51,60	50,15	53,15	51,70	51,22	53,10	0,526
Perifovea Temporal, %	44,90*	42,70	46,20	46,85*	45,57	47,77	0,000
GBAVD — 1.1, %	45,40*	42,65	46,95	46,85*	45,37	48,20	0,004
GBAVD — 1.3, %	51,30*	49,25	53,25	52,75*	51,72	54,05	0,002
GBAVD — 2.2, %	47,00	44,75	48,45	47,85	45,85	48,52	0,210
GBAVD — 2.3, %	51,40	48,55	52,80	51,90	50,60	52,70	0,173
GBAVD — 3.1, %	45,30*	42,80	46,50	46,90*	45,52	48,15	0,0001
Deep vessels density (DVD)							
Whole Image, %	51,70*	49,90	53,55	54,10*	52,72	54,67	0,0001
Superior-Hemi, %	51,90*	49,95	53,55	54,05*	53,27	54,67	0,0001
Inferior-Hemi, %	52,10*	49,50	53,75	53,90*	52,62	54,67	0,0001
Fovea, %	31,60	28,25	35,40	30,65	27,17	34,50	0,446
Parafovea, %	53,50*	52,60	54,90	55,10*	54,22	55,77	0,0001
Parafovea Superior-Hemi, %	54,00*	52,60	54,90	54,85*	54,22	55,87	0,0001
Parafovea Inferior-Hemi, %	53,50*	51,95	54,75	55,45*	54,30	55,80	0,0001
Parafovea Superior, %	53,70*	51,80	55,15	55,40*	54,15	56,37	0,0001
Perifovea, %	52,60*	50,55	53,90	54,80*	53,52	55,17	0,0001
Perifovea Superior-Hemi, %	52,90*	51,20	53,90	54,90*	53,95	55,27	0,0001
Perifovea Inferior-Hemi, %	52,70*	49,85	54,30	54,40*	52,55	55,77	0,0001
Perifovea Nasal, %	52,20*	50,15	54,20	54,30*	53,00	55,50	0,001
GBAVD — 1.2, %	53,40*	51,50	54,80	54,75*	53,57	55,60	0,000
GBAVD — 2.1, %	53,00*	51,65	54,60	55,10*	53,57	56,04	0,0001
GBAVD — 2.2, %	50,40	49,30	51,35	50,90	50,10	51,37	0,145

Примечание. * достоверность различий: $p < 0,05$.
Note. * significance of differences: $p < 0,05$.

Показана достоверная разница при анализе SVD, характеризующая снижением плотности сосудов при миопии высокой степени. Разница определялась во всех исследуемых областях, за исключением верхней ячейки парафовеальной и носовой ячейки перифовеальной зоны, для которых статистически значимой разницы получено не было. Наибольший показатель плотности сосудов SCP в обеих исследуемых группах определялся в верхней ячейке парафовеальной и нижней ячейке перифовеальной зоны, наименьший — в височной перифовеальной ячейке. Числовые значения в остальных ячейках парафовеальной зоны были сопоставимы между собой. Плотность сосудов SCP в фовеа между когортами не различалась, тем не менее числовые значения у пациентов с миопией были незначительно выше в сравнении со здоровыми пациентами.

По результатам сравнительного корреляционного анализа выявлена слабая положительная связь wiVD SCP с Average GCC ($r = 0,441$; $p < 0,01$), средняя положительная связь с ETDRS grid ($r = 0,510$; $p < 0,01$), слабая отрицательная связь с ПЗО ($r = -0,481$; $p < 0,01$), слабая положительная связь с SE ($r = 0,409$; $p < 0,01$). Установлена средняя отрицательная корреляция SVD в фовеа с FAZ Perimeter ($r = -0,664$; $p < 0,01$) и FAZ Area ($r = -0,648$; $p < 0,01$) и средняя положительная связь с толщиной GCC в фовеа ($r = 0,519$; $p < 0,01$). Значения SVD парафовеальной и перифовеальной зон обладают высокой положительной корреляцией ($r = 0,736$; $p < 0,01$), в том числе в височном квадранте ($r = 0,706$; $p < 0,01$), и положительной связью средней силы в нижнем квадранте ($r = 0,557$; $p < 0,01$) при анализе по отдельным ячейкам. Значения DVD также показали снижение плотности сосудов DCP на фоне миопии высокой степени во всех исследуемых областях, за исключением зоны фовеа. При этом числовые значения DVD в фовеа у пациентов с миопией также были незначительно выше в сравнении со здоровыми пациентами. SVD была ниже, чем DVD, в обеих группах (табл. 6).

По результатам сравнительного корреляционного анализа выявлена слабая положительная связь wiVD DCP с Average GCC ($r = 0,319$; $p < 0,01$), средняя положительная связь с ETDRS grid ($r = 0,577$; $p < 0,01$), средняя отрицательная связь с ПЗО ($r = -0,541$; $p < 0,01$), средняя положительная связь с SE ($r = 0,616$; $p < 0,01$), средняя отрицательная связь с FLV ($r = -0,533$; $p < 0,01$). Установлена высокая отрицательная корреляция DVD в фовеа с FAZ Perimeter ($r = -0,736$; $p < 0,01$) и FAZ Area ($r = -0,754$; $p < 0,01$). DVD парафовеальной зоны обладает средней положительной связью с ТЦЗС парафовеальной ($r = 0,524$; $p < 0,01$) и перифовеальной ($r = 0,532$; $p < 0,01$) зон, аналогично DVD перифовеальной зоны: $r = 0,542$ ($p < 0,01$) — с ТЦЗС парафовеальной зоны, и $r = 0,536$ ($p < 0,01$) — с ТЦЗС перифовеальной зоны. Определяется положительная корреляция высокой силы между wiVD SCP и wiVD DCP ($r = 0,701$; $p < 0,01$).

Анализ SVD и DVD по квадрантам показал достоверное различие между изучаемыми группами, кроме зон SCP с условными обозначениями 2.2 и 2.3, соответствующих зоне фовеа и носовому квадранту, и зоны DCP с условным обозначением 2.2, и показал снижение среди пациентов с миопией высокой степени. Наименьшая SVD в обеих когортах определялась в зонах 1.1 и 3.1, соответствующих верхне- и нижневисочной областям, наибольшая — в зоне 2.3 у пациентов с близорукостью и зоне 1.3, соответствующей верхненосовой области, у эметропов. Наименьшее значение DVD в обеих группах было в зоне 2.2, наибольшее — в зоне 1.2, соответствующей верхнему квадранту, у миопов и в зоне 2.1, соответствующей височному квадранту, у пациентов без осевого удлинения глаза.

ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ ТЦЗС между группами показал достоверное различие толщины в пара- и перифовеальной зонах, что сопоставимо с результатами предыдущих исследований, которые предполагают, что обнаруженное истончение у пациентов с миопией возникает из-за механического растяжения, вторичного по отношению к аксиальному удлинению глазного яблока. В исследованиях также сообщается, что по мере увеличения аксиальной длины и, соответственно, степени осевой близорукости отмечается более высокая фовеальная толщина сетчатки, чем у пациентов с меньшей степенью миопии [9]. По данным нашего исследования, напротив, толщина сетчатки в области фовеа в группе с высокой миопией статистически значимо не отличалась от группы здоровых пациентов. По данным литературы, к наиболее вероятным причинам увеличения ТЦЗС в области фовеа у пациентов с миопией можно отнести растяжение и уплощение ИЛМ, витрео-макулярный тракционный синдром, а также тракцию со стороны эпиретинальной мембраны [10].

Мы также проанализировали карту толщины GCC. Изменение толщины GCC имеет решающее значение в диагностике начальной стадии такого заболевания, как глаукома, ведь повреждение GCC приводит к необратимым изменениям зрительного нерва. Результаты исследования O. Dikmetas и соавт. показали, что на толщину макулярной GCC влияют биометрические параметры глаза, что следует принимать во внимание при интерпретации результатов измерений [11]. В большинстве опубликованных исследований показано статистически значимое уменьшение толщины GCC при миопии высокой степени, отрицательная корреляция между толщиной GCC и длиной глаза и положительная корреляция между толщиной GCC и сферозэквивалентом [12]. Большая осевая длина вызывает ложноположительное истончение GCC, что связано с увеличением расстояния между зрительным нервом и макулой при перерастяжении оболочек глазного яблока [5]. Несмотря на это, анализ толщины GCC имеет важное значение и для диагностики глаукомы при миопии [13].

По результатам нашего исследования, достоверное снижение толщины GCC среди пациентов с миопией высокой степени было выявлено по всей карте, за исключением носового квадранта, в котором значимого различия выявлено не было, и области фовеа, в которой определялось истончение в группе здоровых пациентов. В носовом квадранте толщина GCC увеличивается по мере удаления к диску зрительного нерва (ДЗН), где слой нервных волокон становится очень большим [14]. GCC также в носовом квадранте более чувствителен к дегенеративным процессам, что подтверждают предыдущие работы [15]. Асимметрия между верхней и нижней полусферами в обеих исследуемых когортах, показанная в нашем исследовании, объясняется особенностями хода нервных волокон в центральной зоне сетчатки. Поскольку фовеа смещена книзу относительно диска, пучки верхних и нижних нервных волокон не имеют симметричных траекторий. Верхние пучки проходят почти параллельно верхней границе скана, тогда как нижние пучки расходятся веером в нижневисочном направлении на нижней границе [16]. Показатель разницы толщины между полусферами двух групп статистически значимо не отличался. В макулярной области толщина GCC нижней полусферы больше коррелирует с показателями осевой аметропии, чем верхняя, что отражено и в прошлых исследованиях [14, 17]. По мнению некоторых авторов, асимметрия между толщиной GCC в верхней и нижней полусферах может считаться ранним признаком глаукомы у пациентов с миопией — разница в 5,00 мкм является подозрительной [18, 19].

В нашем исследовании выявлено статистически значимое различие, касающееся FLV и GLV, между исследуемыми группами, которое сопоставимо с ранее опубликованными работами. Нормальные значения FLV у здоровых пациентов без сопутствующей аномалии рефракции по данным разных отечественных авторов колеблются от 0,21 до 0,56 %, GLV — от 1,620 до 3,362 % [20–23]. У пациентов с близорукостью средние значения FLV и GLV также различаются по результатам зарубежных исследований, соответственно: $0,76 \pm 2,19$ (0,25) и $2,28 \pm 3,09$ (1,70) % — для миопии слабой степени, $1,35 \pm 0,17$ (0,30) и $3,56 \pm 5,11$ (1,86) % — для миопии средней степени и $4,41 \pm 5,45$ (1,86) и $8,83 \pm 7,84$ (6,61) % — для миопии высокой степени, по данным A.B.I. Sezgin и соавт.; 1,00 (1,09) и 4,99 (2,21) % для пациентов с ПЗО > 25 мм, по данным T. Rolle; $1,36 \pm 1,12$ и $5,16 \pm 4,12$ % для пациентов с миопией высокой степени, по данным H. Mu и соавт. [5, 24, 25].

Применение встроенного в оптический томограф алгоритма Dual Trac, обеспечивающего двухуровневую коррекцию микродвижений при помощи трекинга и пост-обработку изображений с использованием MCT (Motion Correction Technology) при выполнении ОКТ-А, может объяснить выявленное несоответствие числовых значений одних и тех же исследуемых параметров, полученных при использовании протоколов Retina Cube и AngioVue Retina.

В нашем исследовании достоверных различий между группами при анализе результатов измерения FD, FAZ Perimeter и FAZ Area не выявлено, что сопоставимо с результатами других авторов [12, 26, 27]. Корреляции с ПЗО, SE или возрастом пациентов также установлено не было. Однако существуют работы, сообщающие как об увеличении FAZ в глазах с высокой степенью миопии [28, 29], так и об уменьшении FAZ Area в сравнении со здоровыми пациентами [30].

В зарубежной литературе мало упоминаний о значениях макулярной VD у пациентов без сопутствующей патологии, измеренных с помощью ОКТ-А, а основные факторы, определяющие значения VD, не определены [31, 32]. Средние значения wiSVD и wiDVD в популяции со средним возрастом 48,2 года составили $51,0 \pm 3,1$ и $54,0 \pm 5,9$ % соответственно [32]. Аналогичным образом другое исследование показало, что средние значения wiSVD и wiDVD у участников старше 60 лет составляли $41,25 \pm 2,51$ и $36,01 \pm 5,07$ % [31]. В отечественной литературе такие работы также немногочисленны и в большинстве связаны с различной офтальмопатологией, например диабетической ретинопатией [33]. По данным Н. Fan и соавт., SVD и DVD связаны с ПЗО, а SVD также с толщиной GCC [34, 35]. Y. Meng и соавт. сообщали о снижении SVD на фоне увеличения степени миопии, при этом DVD являлся параметром, менее чувствительным к миопическим изменениям глазного яблока [10]. SCP в основном обеспечивает приток крови к RNFL, GCL и частично к IPL, причем его распределение неравномерно от края FAZ к парафовеальной зоне [26, 35].

В то же время в ряде других исследований говорится, что, наоборот, DVD тесно связана с тяжестью миопии, и снижение перифовеальной DVD может служить индикатором поражения микрососудистой сети при близорукости [30]. В исследовании Y. Shi и соавт. говорилось, что при миопии высокой степени VD продемонстрировала общее снижение, а также снижение в височном квадранте и нижней ячейке парафовеальной области, что отрицательно коррелировало с ПЗО. VD в носовой ячейке

перифовеальной зоны у миопов меньше, чем у эметропов, что свидетельствует о влиянии близорукости на перфузию в области папилломакулярного пучка [36].

Настоящее исследование также выявило корреляцию между SVD и толщиной GCC. DVD показало большую связь с ПЗО и SE, а также с такими параметрами, как ТЦЗС ETDRS grid и FLV, нежели SVD. У пациентов с миопией высокой степени DVD в области носовой ячейки перифовеальной зоны была снижена в сравнении со здоровыми субъектами, тогда как SVD не показала достоверной разницы между когортами. При анализе связи между ТЦЗС и VD в парафовеальной и перифовеальной зонах DVD также показало корреляцию, в отличие от SVD.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ количественных показателей макулярной области у пациентов с осевой миопией высокой степени в сравнении с пациентами с нормальной ПЗО показал достоверное снижение ТЦЗС, GCC и показателей микроциркуляции в когорте с близорукостью. Основываясь на результатах статистического анализа, мы считаем, что ряд оцениваемых параметров, а именно толщина GCC в носовой ячейке перифовеальной зоны, толщина GCC верхней полусферы и SVD, наименее зависимых от величины ПЗО, могут указывать на наличие патологических нарушений, не связанных с аксиальным удлинением глазного яблока.

Учитывая данные предыдущих исследований, можно высказать предположение о диагностической ценности заявленных параметров в дифференциальной диагностике изменений, связанных с миопией высокой степени, с таким заболеванием, как глаукома. Данная гипотеза требует дальнейшего углубленного изучения.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Макаревич Е.С. — существенный вклад в замысел и дизайн исследования, сбор данных, анализ и интерпретация данных, написание текста; Федяшев Г.А. — существенный вклад в замысел и дизайн исследования, окончательное одобрение варианта статьи для опубликования; Ручкин М.П. — существенный вклад в замысел и дизайн исследования, научное редактирование.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Hu G, Chen Q, Xu X, Lv H, Du Y, Wang L, Yin Y, Fan Y, Zou H, He J, Zhu J, Xu X. Morphological characteristics of the optic nerve head and choroidal thickness in high myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2020 Apr 9;61(4):46. doi: 10.1167/iiovs.61.4.46.
- Xie S, Kamoi K, Igarashi-Yokoi T, Uramoto K, Takahashi H, Nakao N, Ohno-Matsui K. Structural abnormalities in the papillary and peripapillary areas and corresponding visual field defects in eyes with pathologic myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2022 Apr 1;63(4):13. doi: 10.1167/iiovs.63.4.13.
- Kudsieh B, Fernández-Vigo JI, Flores-Moreno I, Ruiz-Medrano J, Garcia-Zamora M, Samaan M, Ruiz-Moreno JM. Update on the utility of optical coherence tomography in the analysis of the optic nerve head in highly myopic eyes with and without glaucoma. *J Clin Med.* 2023 Mar 29;12(7):2592. doi: 10.3390/jcm12072592.
- Ha A, Kim CY, Shim SR, Chang IB, Kim YK. Degree of myopia and glaucoma risk: a dose-response meta-analysis. *Am J Ophthalmol.* 2022 Apr;236:107–119. doi: 10.1016/j.ajo.2021.10.007.
- Rolle T, Bonetti B, Mazzucco A, Dallorto L. Diagnostic ability of OCT parameters and retinal ganglion cells count in identification of glaucoma in myopic preperimetric eyes. *BMC Ophthalmol.* 2020 Sep 22;20(1):373. doi: 10.1186/s12886-020-01616-5.
- Kamalipour A, Moghimi S. Macular optical coherence tomography imaging in glaucoma. *J Ophthalmic Vis Res.* 2021 Jul 29;16(3):478–489. doi: 10.18502/jovr.v16i3.9442.
- Wang X, Chen Y, Wang Z, Li H, He Q, Rong H, Wei R. Assessment of macular structures and vascular characteristics in highly myopic anisometropia using swept-source optical coherence tomography angiography. *Front Physiol.* 2022 Aug 15;13:918393. doi: 10.3389/fphys.2022.918393.
- Xu S, Gao F, Luan R, Liu Y; Beichen Eye Study Group; Li X, Liu J. Normative data and correlation parameters for vessel density measured by 6×6 -mm optical coherence tomography angiography in a large Chinese urban healthy elderly population: data from the Beichen eye study. *BMC Ophthalmol.* 2024 Jul 19;24(1):298. doi: 10.1186/s12886-024-03561-z.
- Zereid FM, Osuagwu UL. Myopia and Regional Variations in Retinal Thickness in Healthy Eyes. *J Ophthalmic Vis Res.* 2020 Apr 6;15(2):178–186. doi: 10.18502/jovr.v15i2.6735.
- Meng Y, Yi ZH, Xu YS, He L, Li L, Chen CZ. Changes in macular vascular density and retinal thickness in young myopic adults without pathological changes: an OCTA study. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* 2022 Aug;26(16):5736–5744. doi: 10.26355/eurev_202208_29510.
- Dikmetas O, Deliktas O, Toprak H, Karahan S, Kocabeyoglu S, Cankaya AB. Correlation of ocular biometric parameters and macular ganglion cell layer in normal eyes. *Semin Ophthalmol.* 2021 Nov 17;36(8):812–817. doi: 10.1080/08820538.2021.1922711.
- Živković MLJ, Lazić L, Zlatanović M, Zlatanović N, Brzaković M, Jovanović M, Barišić S, Darabus DM. The influence of myopia on the foveal avascular zone

- and density of blood vessels of the macula-an octa study. *Medicina (Kaunas)*. 2023 Feb 24;59(3):452. doi: 10.3390/medicina59030452.
13. Курьшева НИ, Паршунина ОА. Оптическая когерентная томография в диагностике глаукомной оптиконейропатии. Часть 1. Национальный журнал глаукома. 2016;15(1):86–96.
Kuryshcheva NI, Parshunina OA. Optical coherence tomography in the diagnosis of glaucomatous optic neuropathy. Part 1. *National Journal glaucoma*. 2016; 15(1):86–96 (In Russ.).
 14. Liu K, Tan O, You QS, Chen A, Chan JCH, Choy BNK, Shih KC, Wong JKW, Ng ALK, Cheung JJC, Ni MY, Lai JSM, Leung GM, Liu L, Huang D, Wong IYH. Regression-based strategies to reduce refractive error-associated glaucoma diagnostic bias when using OCT and OCT angiography. *Transl Vis Sci Technol*. 2022 Sep 1;11(9):8. doi: 10.1167/tvst.11.9.8.
 15. Walha Y, Rezik M, Moalla KS, Kammoun S, Ayadi O, Mhiri C, Dammak M, Trigui A. Evaluation of nerve fiber layer and ganglion cell complex changes in patients with migraine using optical coherence tomography. *eNeurologicalSci*. 2024 Sep 4;37:100525. doi: 10.1016/j.ensci.2024.100525.
 16. Tan O, Liu L, Liu L, Huang D. Nerve Fiber Flux Analysis Using Wide-Field Swept-Source Optical Coherence Tomography. *Transl Vis Sci Technol*. 2018 Feb 7;7(1):16. doi: 10.1167/tvst.7.1.16.
 17. Takeyama A, Kita Y, Kita R, Tomita G. Influence of axial length on ganglion cell complex (GCC) thickness and on GCC thickness to retinal thickness ratios in young adults. *Jpn J Ophthalmol*. 2014 Jan;58(1):86–93. doi: 10.1007/s10384-013-0292-2.
 18. Liu K, You QS, Chen A, Choi D, White E, Chan JCH, Choy BNK, Shih KC, Wong JKW, Ng ALK, Cheung JJC, Ni MY, Lai JSM, Leung GM, Wong IYH, Huang D, Tan O. Sector-Based Regression Strategies to Reduce Refractive Error-Associated Glaucoma Diagnostic Bias When Using OCT and OCT Angiography. *Transl Vis Sci Technol*. 2023 Sep 1;12(9):10. doi: 10.1167/tvst.12.9.10.
 19. Markeviciute A, Januleviciene I, Antman G, Siesky B, Harris A. Differences in structural parameters in patients with open-angle glaucoma, high myopia and both diseases concurrently. A pilot study. *PLoS One*. 2023 Jun 22;18(6):e0286019. doi: 10.1371/journal.pone.0286019.
 20. Шахалова АП, Шевченко МВ. Оптическая когерентная томография комплекса ганглиозных клеток сетчатки в диагностике первичной открытоугольной глаукомы. Точка зрения. Восток — Запад. 2015;1:112–114.
Shakhhalova AP, Shevchenko MV. Optical coherence tomography of the retinal ganglion cell complex in the diagnosis of primary open-angle glaucoma. *Point of view. East — West*. 2015;1:112–114 (In Russ.).
 21. Курьшева НИ, Маслова ЕВ, Трубилина АВ, Лагутин МБ. Роль оптической когерентной томографии с функцией ангиографии в ранней диагностике и мониторинге глаукомы. Национальный журнал глаукома. 2016;15(4):20–31.
Kuryshcheva NI, Maslova EV, Trubilina AV, Lagutin MB. The role of optical coherence tomography with angiography function in the early diagnosis and monitoring of glaucoma. *National Journal glaucoma*. 2016;15(4):20–31 (In Russ.).
 22. Качан ТВ. Роль оптической когерентной томографии-ангиографии в оценке комплекса ганглионарных клеток сетчатки у пациентов с развитой и далеко зашедшей стадиями первичной открытоугольной глаукомы. Офтальмология. Восточная Европа. 2018;8(4):503–511.
Kachan TV. The role of optical coherence tomography angiography in the assessment of the retinal ganglion cell complex in patients with advanced and advanced stages of primary open-angle glaucoma. *Ophthalmology. East Europe*. 2018;8(4):503–511 (In Russ.).
 23. Усман АБ, Марченко ЛН, Качан ТВ, Далидович АА. Ранняя диагностика первичной открытоугольной глаукомы по оценке комплекса ганглиозных клеток сетчатки. Офтальмология. Восточная Европа. 2018;8(1):41–47.
Usman AB, Marchenko LN, Kachan TV, Dalidovich AA. Early diagnosis of primary open-angle glaucoma by assessing the retinal ganglion cell complex. *Ophthalmology. East Europe*. 2018;(1):41–47 (In Russ.).
 24. Sezgin Akcay BI, Gunay BO, Kardes E, Unlu C, Ergin A. Evaluation of the Ganglion Cell Complex and Retinal Nerve Fiber Layer in Low, Moderate, and High Myopia: A Study by RTVue Spectral Domain Optical Coherence Tomography. *Semin Ophthalmol*. 2017;32(6):682–688. doi: 10.3109/08820538.2016.1170157.
 25. Mu H, Li RS, Yin Z, Feng ZL. Value of optical coherence tomography measurement of macular thickness and optic disc parameters for glaucoma screening in patients with high myopia. *World J Clin Cases*. 2023 May 16;11(14):3187–3194. doi: 10.12998/wjcc.v11.i14.3187.
 26. Li M, Yang Y, Jiang H, Gregori G, Roisman L, Zheng F, Ke B, Qu D, Wang J. Retinal microvascular network and microcirculation assessments in high myopia. *Am J Ophthalmol*. 2017 Feb;174:56–67. doi: 10.1016/j.ajo.2016.10.018.
 27. Milani P, Montesano G, Rossetti L, Bergamini F, Pece A. Vessel density, retinal thickness, and choriocapillaris vascular flow in myopic eyes on OCT angiography. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2018 Aug;256(8):1419–1427. doi: 10.1007/s00417-018-4012-y.
 28. Min CH, Al-Qattan HM, Lee JY, Kim JG, Yoon YH, Kim YJ. Macular Microvasculature in High Myopia without Pathologic Changes: An Optical Coherence Tomography Angiography Study. *Korean J Ophthalmol*. 2020 Apr;34(2):106–112. doi: 10.3341/kjo.2019.0113.
 29. Abdellah MM, Amer AA, Eldaly ZH, Anber MA. Optical coherence tomography angiography of the macula of high myopia in children and adolescents. *Int J Retina Vitreous*. 2024 Feb 5;10(1):17. doi: 10.1186/s40942-024-00532-w.
 30. Yao H, Xin D, Li Z. The Deep Vascular Plexus Density Is Closely Related to Myopic Severity. *Ophthalmic Res*. 2022;65(4):455–465. doi: 10.1159/000523938.
 31. Yilmaz H, Karakurt Y, Icel E, Ugurlu A, Ucak T, Tasli NG, Elpeze SB. Normative data assessment of vessel density and foveal avascular zone metrics using angioscan software. *Curr Eye Res*. 2019 Dec;44(12):1345–1352. doi: 10.1080/02713683.2019.1639769.
 32. Dastiridou A, Kassos I, Samouilidou M, Koutali D, Mataftsi A, Androudi S, Ziakas N. Age and signal strength-related changes in vessel density in the choroid and the retina: an OCT angiography study of the macula and optic disc. *Acta Ophthalmol*. 2022 Aug;100(5):e1095–e1102. doi: 10.1111/aos.15028.
 33. Юсеф ЮН, Дуржинская МХ, Павлов ВГ, Петрачков ДВ, Гуревич ИБ, Яшина ВВ, Тлеубаев АТ, Фадеев ВВ, Полубояринова ИВ, Гольдсмит АЕ, Карамуллина РА, Липатов ДВ, Будзинская МВ. Автоматизированный анализ ретикулярной микроциркуляции при сахарном диабете 1 типа. Сахарный диабет. 2024;27(1):41–49. doi: 10.14341/DM12931.
Yusef YuN, Durzhinskaya MH, Pavlov VG, Petrachkov DV, Gurevich IB, Yashina VV, Tleubaev AT, Fadeyev VV, Poluboyarinova IV, Goldsmit AE, Karamullina RA, Lipatov DV, Budzinskaya MV. Automated analysis of retinal microcirculation in type 1 diabetes mellitus. *Diabetes mellitus*. 2024;27(1):41–49 (In Russ.). doi: doi.org/10.14341/DM12931.
 34. Fan H, Chen HY, Ma HJ, Chang Z, Yin HQ, Ng DS, Cheung CY, Hu S, Xiang X, Tang SB, Li SN. Reduced Macular Vascular Density in Myopic Eyes. *Chin Med J (Engl)*. 2017 Feb 20;130(4):445–451. doi: 10.4103/0366-6999.199844.
 35. Takusagawa HL, Liu L, Ma KN, Jia Y, Gao SS, Zhang M, Edmunds B, Parikh M, Tehrani S, Morrison JC, Huang D. Projection-resolved optical coherence tomography angiography of macular retinal circulation in glaucoma. *Ophthalmology*. 2017 Nov;124(11):1589–1599. doi: 10.1016/j.ophtha.2017.06.002.
 36. Shi Y, Ye L, Chen Q, Hu G, Yin Y, Fan Y, Zhu J, He J, Zheng Z, Zou H, Xu X. Macular Vessel Density Changes in Young Adults With High Myopia: A Longitudinal Study. *Front Med (Lausanne)*. 2021 Jun 8;8:648644. doi: 10.3389/fmed.2021.648644.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Макаревич Екатерина Сергеевна
аспирант кафедры офтальмологии и оториноларингологии
<https://orcid.org/0000-0002-0516-0068>

Федяшев Глеб Арнольдович
доктор медицинских наук, заведующий кафедрой офтальмологии
и оториноларингологии
<https://orcid.org/0000-0003-2440-6059>

Ручкин Михаил Петрович
кандидат медицинских наук, ассистент кафедры офтальмологии
и оториноларингологии
<https://orcid.org/0000-0002-8966-3120>

ABOUT THE AUTHORS

Makarevich Ekaterina S.
postgraduate of the Ophthalmology and Otorhinolaryngology Department
<https://orcid.org/0000-0002-0516-0068>

Fedyashev Gleb A.
MD, head of the Ophthalmology and Otorhinolaryngology Department
<https://orcid.org/0000-0003-2440-6059>

Ruchkin Michael P.
PhD, assistant of the Ophthalmology and Otorhinolaryngology Department
<https://orcid.org/0000-0002-8966-3120>