

УДК 616-071:617.7.731

ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ РОЛЬ ОКТ-АНГИОГРАФИИ ДИСКА ЗРИТЕЛЬНОГО НЕРВА В ОЦЕНКЕ ПРОГРЕССИРОВАНИЯ БЛИЗОРУКОСТИ

Гусева Ю.А.^{1,2}, Позняк Н.И.²

¹УО «Белорусский государственный медицинский университет», г. Минск, Беларусь

²Центр Микрохирургии Глаза «VOKA», г. Минск, Беларусь

Реферат. Цель исследования: с помощью оптической когерентной томографии (ОКТ) и ОКТ-ангиографии определить изменения диска зрительного нерва (ДЗН) как биомаркеры прогрессирования близорукости. 114 пациентам, которые были разделены на две группы: 1 – с миопией ($n = 77$) с длиной передне-задней оси (ПЗО) глаза более 24,5 мм; 2 – контроль ($n = 37$), была проведена спектральная оптическая когерентная томография (ОКТ) и ОКТ-ангиография. Оценивали толщину решетчатой пластинки склеры (РПС), преламинарной зоны и перипапиллярной хриоидеи; плотность радиальных перипапиллярных капилляров (РПК), сосудов хриоидеи, выраженность зоны перипапиллярной атрофии (ППА), выпадение хриокапилляров (вХК). Статистическая обработка данных проведена с использованием статистических пакетов Statistica 10.0 for Windows. Использовались коэффициенты корреляции Пирсона и Спирмена, при сравнении групп – тесты Краскела–Уоллиса и Манна–Уитни. В результате исследования выявлено уменьшение толщины перипапиллярной хриоидеи и преламинарной зоны, формирование гамма-зоны ППА по мере роста ПЗО глаза ($p < 0,05$). Определено, что увеличение плотности сосудов хриоидеи коррелирует со снижением плотности РПК. Установлена значимая зависимость степени выраженности зоны ППА и выпадений хриокапилляров. Полученные данные о нарушении перфузии в сосудах ДЗН, которые сопровождаются признаками перестройки соединительной ткани, следует рассматривать в качестве предикторов прогрессирования осложненной миопии.

Ключевые слова: оптическая когерентная томография; миопия; хриоидея; плотность сосудов; диск зрительного нерва; прогрессирование.

Введение. Одна из актуальных проблем в офтальмологии – прогрессирующая миопия, которая приобретает масштаб пандемии с прогнозом поражения к 2050 г. 50 % населения мира с развитием осложнений и необратимых нарушений зрения (у 7 % населения Европы, у 12–27 % жителей Азии). Естественное течение миопии вариабельно: в некоторых глазах зрение сохраняется с относительно небольшими изменениями; в других случаях развивается патологическая миопия из-за целого спектра угрожающих зрению изменений. Патологическая миопия характеризуется наличием миопических поражений в заднем сегменте глаза (перипапиллярная стафилома, миопическая макулопатия, периферическая хриоретинальная или витреохриоретинальная дистрофия). Обычно эти изменения происходят в глазах с миопией высокой степени, но могут развиться с миопией низкой степени или даже при эмметропии [1].

Важным звеном в патогенезе прогрессирующей миопии являются изменения соединительной ткани, перестройка которой приводит к удлинению глазного яблока [2]. Вопрос о роли ишемии и нарушений гемодинамики в механизме патологических изменений заднего отрезка глаза в миопических глазах – явля-

ются ли они триггером изменений соединительной ткани или их следствием – открыт.

Визуализация структур глаза при миопии становится все более важной для раннего выявления, точной диагностики, прогнозирования и оценки лечения миопии. Исследования измененной биометрии и топографии слоев сетчатки и хриоидеи в глазах с близорукостью, проведенные с помощью оптической когерентной томографии (ОКТ), позволили оценить их и выявить корреляции с демографическими данными, зрительными функциями и изменениями глазного дна при патологической миопии. С помощью ОКТ-ангиографии можно количественно оценить ретинальную микроциркуляторную систему и хриокапилляры, что полезно для раннего выявления миопической хриоидальной неоваскуляризации и оценки результатов терапии ингибиторами сосудистого эндотелиального фактора роста у этих пациентов. Большинство работ посвящено изучению особенностей макулярного кровотока, тогда как данные литературы по особенностям кровотока в сосудах ДЗН разноречивы. Ряд исследований, оценивающих диск зрительного нерва (ДЗН) в глазах с миопией, обнаружили значительно различающиеся параметры ангио-ОКТ (индекс потока, индекс кровотока



и плотность сосудов) по сравнению с нормой. С другой стороны, в других работах не обнаружено существенной разницы в плотности сосудов ДЗН в глазах с миопией высокой степени. Возможным объяснением этого является значительное изменение морфологии ДЗН в глазах с миопией высокой степени. Одной из причин выявленного снижения плотности сосудов сетчатки перипапиллярно может быть растянутость сети микрососудов из-за осевого удлинения глаза. Кроме этого, ошибки автоматической сегментации на сканах ОКТ часто возникают при миопии высокой степени [3]. С точки зрения предотвращения развития осложнений близорукости и своевременной диагностики актуален поиск доклинических ранних признаков прогрессирования близорукости, что и определило **цель исследования:** с помощью оптической когерентной томографии (ОКТ) и ОКТ-ангиографии определить изменения ДЗН как биомаркеры прогрессирования близорукости.

Материалы и методы. 114 пациентам проведено стандартное офтальмологическое обследование и спектральная ОКТ, протокол исследования – ДЗН, а также ОКТ-ангиография (протокол исследования Disc Angio). ОКТ выполнена на спектральном ОКТ-томографе REVO NX 130 (OPTOPOL Technology). Пациенты были разделены на две группы: 1 – Миопия ($n = 77$) с длиной передне-задней оси (ПЗО) более 24,5 мм, 2 – Контроль без глазной патологии ($n = 37$) и без удлинения глазного яблока (табл. 1).

Таблица 1 – Группы пациентов, обследованных с помощью ОКТ

Параметры	Группа 1 Миопия $N = 77$	Группа 2 Контроль $N = 37$
Возраст <i>Me, годы</i>	30 [24–44]	42,50 [29,50–49,00]
ПЗО, мм	25,77 [24,52–27,34]	23,39 [22,49–23,75]
БТМ, мм рт ст	$16,5 \pm 2,3$	$17,5 \pm 1,4$

В зависимости от степени удлинения глазного яблока в группе Миопия выделены пациенты, у которых величина ПЗО менее 25 мм ($n = 20$), пациенты с длиной глаза от 25,1 мм до 26 мм ($n = 29$) и пациенты с величиной ПЗО глаза более 26,1 мм ($n = 28$).

На ОКТ-сканах ДЗН оценивали толщину решетчатой пластиинки склеры (РПС), прела-

минарной зоны и перипапиллярной хориоидей. Оценивали сосудистые сплетения ДЗН. Прежде всего, изучали васкулярный комплекс сосудистой оболочки, питающей, как известно, преламинарную и передние отделы ламинарной части ДЗН, а перипапиллярно – нейроэпителиальные слои сетчатки, включая фоторецепторы, до наружного плексiformного слоя включительно. Кроме хориоидальных сосудов оценивали сплетение радиальных перипапиллярных капилляров (РПК). С помощью программного обеспечения AngioView на сканах ОКТ-ангио определяли:

- плотность капиллярного русла РПК «RPC» в ДЗН: общую, в верхних и нижних секторах ДЗН; внутри ДЗН и перипапиллярно;
- выраженность зоны перипапиллярной атрофии (ППА) хориоидей, выпадения хориокапилляров (вХК);
- плотность сосудов хориоидей.

Статистическая обработка данных проведена с использованием статистических пакетов Statistica 10.0 for Windows, коэффициентов корреляции Пирсона and Спирмена, при сравнении групп – тесты Краскела–Уоллиса и Манна–Уитни.

Результаты и их обсуждение. В результате сравнения в группе Контроль и группе Миопия статистически достоверных различий в толщине РПС (224,00 [204,00–252,50] мкм и 193,00 [170,00–237,00] мкм соответственно) и преламинарной зоны (132,00 [86,50–150,00] мкм и 111,50 [72,00–139,00] мкм соответственно) не выявлено.

В 36,3 % близоруких глаз, величина ПЗО в которых более 26,1 мм, наблюдалось усиление рефлективности в центре РПС на ОКТ-сканах. Предполагаем, изменение рефлективности обусловлено преобразованиями соединительной ткани, окружающей центральные артерию и вену сетчатки, вызванными увеличением длины глазного яблока.

С ростом ПЗО обращает внимание значимое уменьшение толщины перипапиллярной хориоидей, которая в группе 1 составила 149,25 [132,38–178,75] мкм, а в группе 2 – 199,85 [161,75–234,0] мкм. Хориоидия, как известно, отвечает за доставку крови и питательных веществ к наружным слоям сетчатки, терморегуляцию сетчатки и секрецию факторов роста. Учитывая ее положение между сетчаткой и склерой, хориоидия, согласно

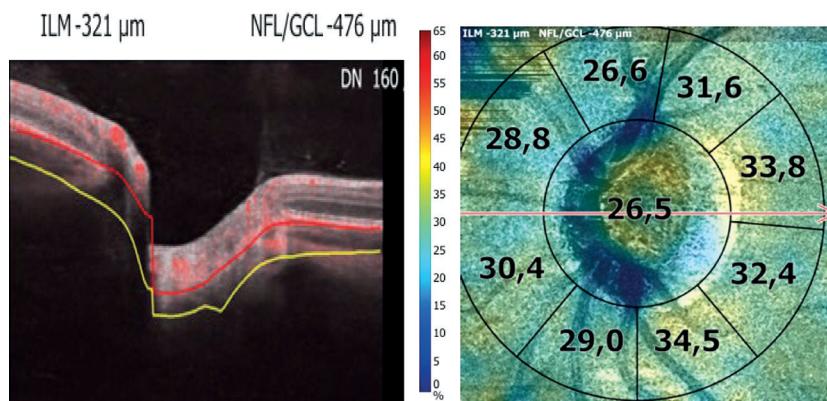


Рис. 1. Определение плотности сосудов хориоиды на скане ОКТ-ангио Сегментация на уровне МБ (красная линия) и линии хориосклерального интерфейса (желтая линия)

данным литературы, может выполнять роль источника регуляторов изменений склеры в ответ на зрительные стимулы, что делает ее потенциально важной в механизме удлинения глазного яблока. Рост глаза с миопией высокой степени сопровождается снижением толщины сосудистой оболочки, которая может стать очень тонкой и даже полностью отсутствовать, что отражено в [4, 5].

Учитывая неточность автоматического выделения слоев, нами выполнена мануальная сегментация на скане ОКТ-ангио на уровне мембраны Бруха (МБ) – хориосклеральный интерфейс, и определена плотность сосудов хориоиды (рис. 1).

Установлено, что с увеличением осевой длины глаза увеличивалась плотность сосудов хориоиды в ДЗН перипапиллярно в группе Миопия по сравнению с контрольной группой (рис. 2).

Плотность сосудов хориоиды перипапиллярно в глазах с миопией была выше, чем в контрольной группе, $32,46 \pm 3,24$ и $30,43 \pm 3,56$ соответственно ($U = 216$, $p = 0,0103$) (рис. 3).

Вместе с тем выявлено, что плотность РПК компенсаторно снижалась у пациентов с миопией по сравнению с пациентами из контрольной группы (рис. 4).

Таким образом, выявленное увеличение плотности сосудов хориоиды и снижение

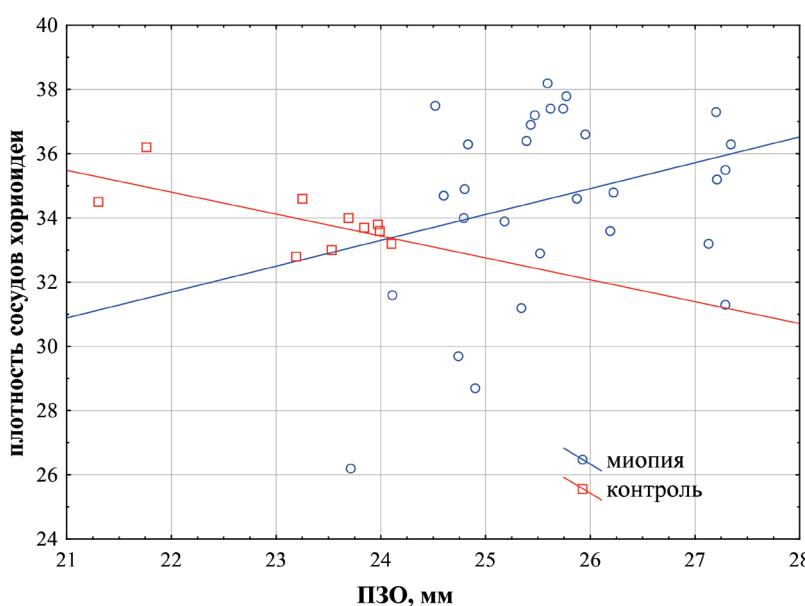


Рис. 2. Зависимость плотности сосудов хориоиды от величины ПЗО глаза

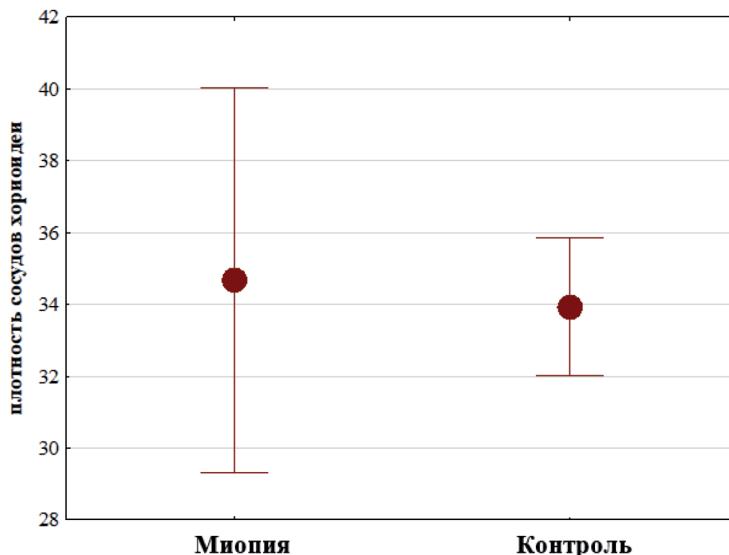


Рис. 3. Сравнение плотности сосудов хориоиды в группах Миопия и Контроль

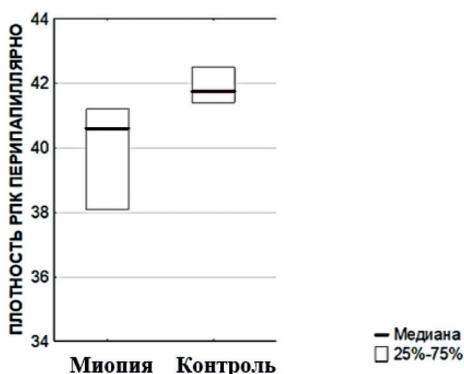


Рис. 4. Сравнение плотности РПК в группах Миопия и Контроль

плотности РПК является доказательством перераспределения крови между ретинальным и хориоидальным кровотоком, что и приводит к тому, что хориоидия начинает вырабатывать различные сосудистые факторы. Среди данных факторов, описанных в литературе, – факторы роста эндотелия сосудов (VEGF), основной фактор роста фибробластов (bFGF или FGF-2), фактор роста гепатоцитов (HGF) и матриксиные металлопротеиназы (MMP1, MMP2 и MMP3) [5]. Предполагаем, что под влиянием этих факторов происходит ключевое изменение фенотипа склеральных фибробластов и склеры, что лежит в основе патогенеза осевой миопии.

Вместе со снижением толщины перипапиллярной хориоидии по мере увеличения ПЗО более 26,1 мм наблюдалось и истончение

преламинарной зоны, что отражает изменения микроциркуляции в системе хориоидальных сосудов, прежде всего цилиарных задних коротких артерий, в ответ на растяжение склеры в глазах с миопией ($R = 0.398$, $p < 0.05$) (рис. 5).

В результате непропорционального роста глазного яблока и неравномерных изменений склеры, сосудистой оболочки и сетчатки происходит смещение МБ, появляется гамма-зона перипапиллярной атрофии, в проекции которой отсутствует РПЭ и МБ.

Установлено, что ППА превалирует в группе Миопия, в которой она встречалась в 71 % случаев по сравнению с контрольной группой, в которой ППА наблюдалась в 10 %. Микроциркуляторное русло в перипапиллярной области особенно важно, от него зависит функционирование аксонов зрительного нерва. Обращает внимание обнаружение участков выпадения хориокапилляров в зоне ППА. Выпадения хориокапилляров, выявленные при ОКТ-ангиографии, представляли истинные дефекты перфузии в хориоидее или внутренних слоях склеры (рис. 6). Следует подчеркнуть, что выявлена статистически значимая зависимость между наличием и выраженностю зоны ППА и выпадением хориокапилляров сосудистой оболочки перипапиллярно (рис. 7).

Отмечено, что с увеличением выраженности зоны ППА растет частота и площадь выпадения хориокапилляров.

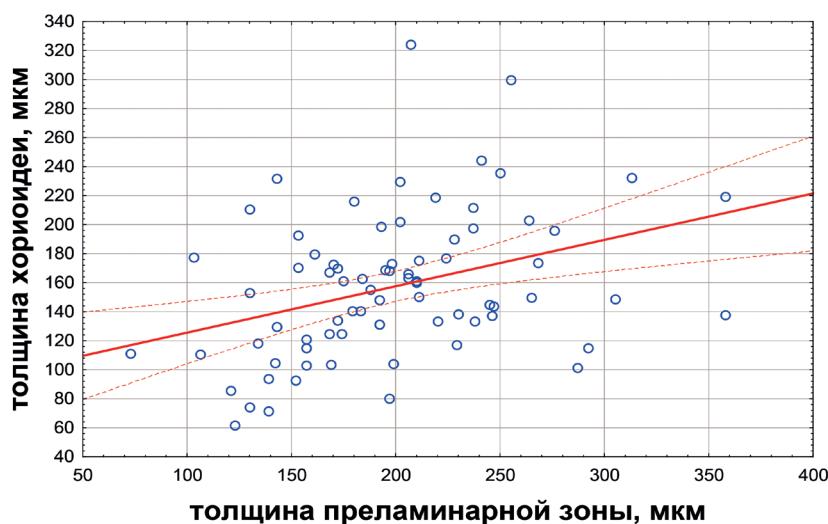


Рис. 5. График, демонстрирующий взаимосвязь толщины преламинарной зоны и толщины хориоидей

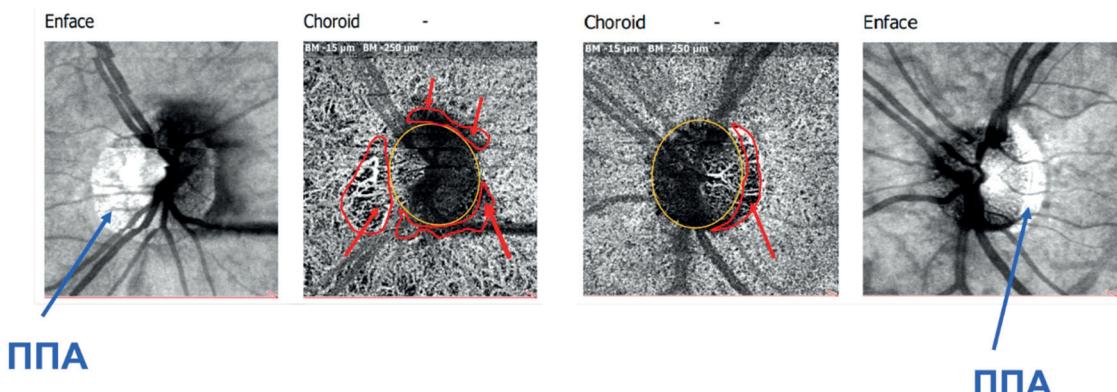


Рис. 6. ОКТ-сканы ДЗН, демонстрирующие участки вХк (обозначены красным контуром и стрелками) в зонах ППА

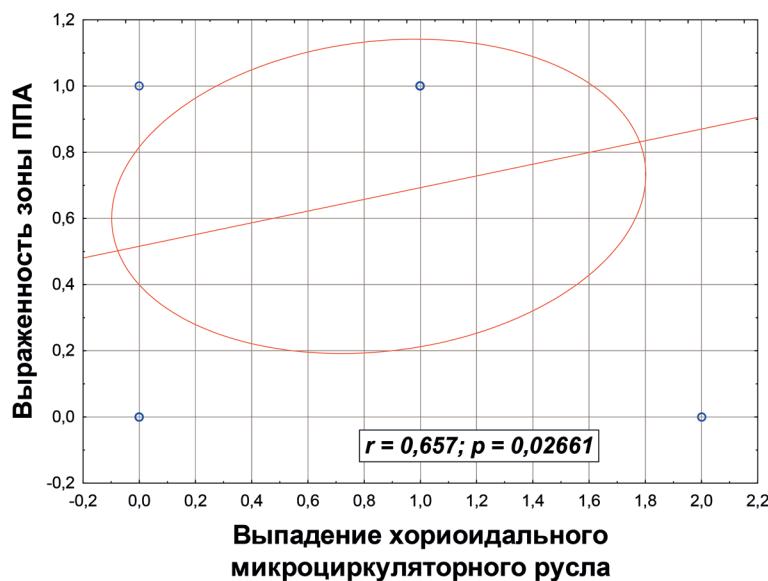


Рис. 7. Зависимость выраженности зоны ППА и вХк



Заключение

В результате анализа данных ОКТ и ОКТ-ангио выявлены изменения ДЗН в глазах с миопией: уменьшение толщины хориоиды и предламинарной зоны, формирование гамма-зоны ППА по мере роста ПЗО глаза; увеличение плотности хориокапилляров и снижение плотности РПК, выпадения хориокапилляров в зоне ППА, степень выраженности которых коррелировала со степенью выраженности ППА.

Полученные с помощью ОКТ-ангио данные о нарушениях перфузии в сосудах ДЗН, которые коррелируют с признаками ремоделирования соединительной ткани глаза, следует рассматривать в качестве предикторов прогрессирования осложненной миопии ($p < 0,05$). Результаты патогенетически обосновывают перспективность направления профилактики развития осложненной миопии через влияние на хориоретинальный кровоток.

Список цитированных источников

1. Myopia / P.N. Baird, S.M. Saw, C. Lanca [et al.] // Nature Reviews Disease Primers. – 2020. – № 6. – Р. 99.
2. Аветисов, С.Э. Клинико-экспериментальные аспекты изучения биомеханических свойств фиброзной оболочки глаза / С.Э. Аветисов, А.А. Антонов, И.А. Бубнова // Вестн. офтальмологии. – 2013. – Т. 129, № 5. – С. 82–89.
3. Microstructural differences in the human posterior sclera as a function of age and race / D. Yan, S. McPheeers, G. Johnson [et al.] // IOVS: Investigative Ophthalmology & Visual Science. – 2011. – Vol. 52, iss. 2. – P. 821–829. – URL: <https://doi.org/10.1167/iovs.09-4651> (date of access: 28.07.2025).
4. Imaging in myopia: Potential biomarkers, current challenges and future developments / M. Ang, C.W. Wong, Q.V. Hoang [et al.] // The British J. of Ophthalmology. – 2019. – Vol. 103, iss. 6. – P. 855–862.
5. Advances of optical coherence tomography in myopia and pathologic myopia / D. S. Ng, C. Y. Cheung, F. O. Luk [et al.] // Eye (Lond). – 2016. – Vol. 30. – P. 901–916.

DIAGNOSTIC ROLE OF OCT ANGIOGRAPHY OF THE OPTIC NERVE DISC IN THE ASSESSING PROGRESSION OF MYOPIA

Huseva Y.A.^{1,2}, Pazniak M.I.²

¹Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

²Eye Microsurgery Center «VOKA», Minsk, Belarus

The purpose of the study: to determine changes in the optic nerve head (ONH) as biomarkers of myopia progression using optical coherence tomography (OCT) and OCT angiography. The eyes of 114 patients in the groups Myopia ($n = 77$) and Control ($n = 37$) were studied. A decrease in the thickness of the peripapillary choroid and prelaminar zone, formation of the peripapillary atrophy (PPA) gamma zone as the axial length of the eye increases were revealed. Significant correlations in the density of the choroidal vessels with a decrease in the density of the radial peripapillary capillaries (RPC); the severity of the PPA zone with choriocapillary dropouts (ChDs) were established. The obtained data on the perfusion disturbance in the vessels of the ONH, which accompany the signs of connective tissue remodeling, should be considered as predictors of the progression of complicated myopia.

Keywords: optical coherence tomography; myopia; choroid; vascular density; optic nerve head; progression.