

РОЛЬ ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ТОМОГРАФИИ В ДИАГНОСТИКЕ ГЛАУКОМЫ ПРИ МИОПИИ ВЫСОКОЙ СТЕПЕНИ

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

¹ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Владивосток, e-mail: dr.makarevich@mail.ru;

²ООО «Приморский центр микрохирургии глаза», Владивосток

Одной из причин утраты зрения у пациентов с миопией высокой степени или патологической миопией может являться поражение зрительного нерва. Доказана взаимосвязь миопии и развития открытоугольной глаукомы, активно изучается глаукомоподобная оптическая нейропатия, ассоциированная с миопией высокой степени. Основной целью исследования явился анализ актуальной литературы и определение роли метода оптической когерентной томографии в диагностике глаукомы у пациентов с миопией высокой степени. Авторами были проанализированы базы данных русскоязычных, а также зарубежных источников, из которых в обзор вошли 46, преимущественно за период с 2015 по 2024 г. Оптическая когерентная томография в настоящее время превратилась в рутинное обследование, предоставляющее ключевую информацию для постановки диагноза на основе исследования макулярной области, параметров диска зрительного нерва, а также микроциркуляторного русла. При миопии высоких степеней форма и размеры диска зрительного нерва значительно варьируют, что приводит к появлению погрешности измерения и оценки диагностических параметров оптической когерентной томографии, которые могут маскировать глаукомные изменения либо симулировать их. Является актуальным проведение исследования с применением метода оптической когерентной томографии области диска зрительного нерва и макулярной области, в том числе – с применением ангиорежима, у пациентов с миопией высокой степени для выявления возможных диагностических критериев глаукомной или глаукомоподобной оптической нейропатии.

Ключевые слова: миопия высокой степени, патологическая миопия, глаукома, глаукомоподобная оптическая нейропатия, оптическая когерентная томография.

ROLE OF OPTICAL COHERENCE TOMOGRAPHY IN THE DIAGNOSIS OF GLAUCOMA IN EYES WITH HIGH MYOPIA

Makarevich E.S.^{1,2}, Fediashev G.A.^{1,2}

¹FGBOU VO "Pacific State Medical University" Ministry of Health of Russia Federation, Vladivostok, e-mail: dr.makarevich@mail.ru;

²Primorskii center of eye microsurgery, Vladivostok

One of the causes of vision loss in patients with high-grade myopia or pathological myopia may be damage to the optic nerve. The relationship between myopia and the development of open-angle glaucoma has been proven, and glaucoma-like optical neuropathy associated with high-grade myopia is being actively studied. The main purpose of the study was to analyze the current literature and determine the role of optical coherence tomography in the diagnosis of glaucoma in patients with high-grade myopia. The authors analyzed databases of Russian-speaking as well as foreign sources, of which 46 were included in the review, mainly for the period 2015-2024. Optical coherence tomography has now turned into a routine examination, providing key information for diagnosis based on the study of the macular region, the parameters of the optic nerve disc, as well as the microcirculatory bed. In high-grade myopia, the shape and size of the optic nerve disc vary significantly, which leads to errors in measuring and evaluating diagnostic parameters of optical coherence tomography, which can mask or simulate glaucoma changes. It is relevant to conduct a study using the method of optical coherence tomography of the optic nerve disc and macular region, including angioedema, in patients with high-grade myopia to identify possible diagnostic criteria for glaucoma or glaucoma-like optical neuropathy.

Keywords: high myopia, pathologic myopia, glaucoma, glaucoma-like optic neuropathy.

Миопия (близорукость) представляет собой полиэтиологическое заболевание, несоразмерный вид рефракции глаза, при котором изображение фокусируется перед сетчаткой, что обусловлено чрезмерным увеличением передне-задней оси (ПЗО) глаза и/или увеличением

преломляющей силы роговицы глаза. На сегодняшний день миопия – глобальная проблема общественного здравоохранения. Её распространенность превышает два миллиарда человек (28,3% мирового населения), в том числе 277 миллионов человек (4,0% мирового населения) страдают миопией высокой степени [1; 2].

Кроме рефракционных нарушений, развитие и прогрессирование миопии сопровождается структурными изменениями глазного яблока. Миопию высокой степени (более -6,0 дптр в покое аккомодации) в сочетании с патологическими дегенеративными изменениями глазного дна, такими как диффузная хориоретинальная атрофия, задняя стафилома и др., развившимися вследствие осевой деформации глазного яблока (ПЗО более 26,5 мм), следует считать патологической миопией (ПМ) [3-5]. Также в русскоязычных источниках можно встретить такие термины, как «дегенеративная миопия», «осложненная близорукость», «миопическая болезнь», отвечающие критериям ПМ.

Среди всех пациентов с близорукостью ПМ встречается в 27–33% случаев [6]. По данным доклада главного внештатного офтальмолога Министерства здравоохранения Российской Федерации, директора НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца, академика РАН В.В. Нероева на тему «Инвалидность по зрению в Российской Федерации» в рамках XV Российского общенационального офтальмологического форума (РООФ), по состоянию на 01.01.2022 года на территории Российской Федерации (РФ) накопленная инвалидность вследствие болезней глаза и придаточного аппарата составила 450 640 человек (взрослых и детей). Из них 29 215 человек (6,48%) - по причине дегенеративной миопии. За период с 2019 по 2021 год дегенеративная миопия занимала 4 ранговое место в структуре первичной инвалидности по зрению среди взрослого населения РФ [7]. 93% инвалидов по зрению вследствие близорукости составляют люди трудоспособного возраста [8].

Международная классификация миопической макулопатии при ПМ, составленная при помощи фотоархивирования, позволила систематизировать и разделить изменения на глазном дне [9]. Хотя определение и классификация ПМ четко описывают морфологические изменения в макулярной области сетчатки, сопутствующие нарушения в диске зрительного нерва в них не учитываются. Популяционные исследования показали высокую распространенность поражения зрительного нерва среди пациентов с миопией высокой степени, в том числе высокий риск развития открытоугольной глаукомы, что свидетельствует о большой вероятности потери зрения не только из-за миопической макулопатии, но также из-за оптической нейропатии [10-12].

Поражение зрительного нерва при миопии может быть явно глаукоматозным при повышенном внутриглазном давлении (ВГД), может быть глаукомоподобным при ВГД в статистически нормальном диапазоне, а также может быть неглаукоматозным [13].

Неглаукоматозное поражение зрительного нерва в глазах с миопией высокой степени ассоциировано с растяжением нервных волокон сетчатки папилломакулярной области в процессе формирования височной гамма-зоны перипапиллярной атрофии большой площади, на фоне осевого удлинения глазного яблока. Характеризуется центральными и парацентральными скотомами, которые не связаны с патологическими изменениями макулярной области [14-16]. Гамма-зона перипапиллярной атрофии характеризуется отсутствием ретинального пигментного эпителия (РПЭ) и мембраны Бруха. Она расположена между альфа-зоной перипапиллярной атрофии и перипапиллярным склеральным кольцом. Появление гамма-зоны напрямую зависит от увеличения ПЗО глаза [17; 18]. Осевое удлинение способствует темпоральному смещению и увеличению отверстия мембраны Бруха, что может приводить к удлинению и растяжению аксонов ганглиозных клеток сетчатки, а также различным структурным аномалиям головки зрительного нерва [19]. Если осевая длина становится больше 26,5 мм, отверстие мембраны Бруха начинает увеличиваться, в связи с чем нависающая в носовом секторе мембрана Бруха стягивается, формируя круговую гамма-зону атрофии большого размера [12; 13; 18]. Викбов М.М. и соавторы в своей работе используют термин «неглаукоматозная атрофия зрительного нерва», которая характеризуется снижением видимости слоя нервных волокон сетчатки (СНВС), выявляется на фотографиях глазного дна, выполненных на фундус-камере, бледностью нейроретинального пояска, аномально тонким диаметром артериол сетчатки и аномально тонким перипапиллярным СНВС по данным измерений оптической когерентной томографии (ОКТ) [20].

Исследования показали, что миопия является фактором риска развития открытоугольной глаукомы [21; 22]. Глаукомная нейрооптикопатия – хроническое заболевание, приводящее к атрофии зрительного нерва и, как следствие, к необратимой потере зрения. Основным фактором, влияющим на развитие и прогрессирование данного состояния, считается уровень ВГД, разрушающий нервное волокно зрительного нерва. И хотя уровень ВГД заметно варьирует среди всего спектра глауком и не всегда может быть повышенным (как, например, при глаукоме нормального давления), рандомизированные контролируемые исследования показали зависимость развития и прогрессирования глаукомного поражения зрительного нерва от его снижения [17].

Глаукомоподобная оптическая нейропатия, ассоциированная с миопией – это оптическая нейропатия, характеризующаяся истончением нейроретинального пояска и увеличением экскавации диска зрительного нерва, которая возникает в глазах с миопией высокой степени (более характерно для ПЗО > 27,5 мм), с вторичным макродиском или дельта-зоной перипапиллярной атрофии при нормальном уровне ВГД [23]. Исследований, доказывающих, что повреждение зрительного нерва при миопии высокой степени и

нормотензией зависит от ВГД (и что снижение ВГД в таких глазах является терапевтически значимым), на сегодняшний день не представлено. Остается неясным, является ли повреждение зрительного нерва с увеличенной экскавацией и аномальной формой нейроретинального пояска при высокой близорукости ассоциированным с глаукомой или все-таки это признаки глаукомоподобной оптической нейропатии [17; 23].

При близорукости форма и размеры диска зрительного нерва и его анатомических составляющих значительно варьируют, что приводит к возникновению погрешности измерения и визуальной оценки основных диагностических параметров. Эти погрешности могут маскировать глаукомные изменения либо, наоборот, симулировать их. Компьютерная периметрия зачастую также не позволяет достоверно дифференцировать глаукомную или глаукомоподобную оптическую нейропатию от неглаукоматозных изменений зрительного нерва как специфического состояния при миопии высокой степени и ПМ. Таким образом, в настоящее время, по данным литературы, отсутствие взаимосвязи глаукоматозных изменений со стороны диска зрительного нерва и уровня ВГД является единственным сформулированным критерием, разграничивающим глаукомную нейрооптикупатию у пациентов с миопией и глаукомоподобную оптическую нейропатию, ассоциированную с миопией высокой степени. В связи с этим в зарубежной литературе оба этих термина зачастую объединяют в один - «глаукомная или глаукомоподобная оптическая нейропатия (ГОН)», опираясь на идентичность клинической картины [15; 17; 23].

Оптическая когерентная томография (ОКТ) - это оптический метод исследования глазного яблока, позволяющий получить изображение поперечных срезов различных структурных единиц, таких как роговица, сетчатка, диск зрительного нерва. Это неинвазивный метод прижизненной (*in vivo*) визуализации, в том числе предназначенный для количественной оценки внутриглазных структур. В настоящее время она превратилась в рутинное обследование, предоставляющее ключевую информацию об изменениях глазного дна у пациентов с различной офтальмологической патологией. Глаукоматозные изменения трудно обнаружить в глазах с большим размером ПЗО в связи с выраженным сходством функциональных и структурных изменений зрительного нерва при миопии высокой степени и при глаукоме [24]. Большинство коммерческих устройств ОКТ не имеют базы данных пациентов с миопией высокой степени, что приводит к ложным результатам, основанным на сравнении с «нормой», сформированной на базе данных пациентов без близорукости.

Цель исследования: предоставить обзор научной литературы, освещающей роль оптической когерентной томографии в диагностике глаукомы при миопии высокой степени.

Материалы и методы исследования. Авторами были проанализированы базы данных русскоязычных – электронная библиотека eLIBRARY, а также зарубежных источников:

PubMed, SpringerLink, PubMed Central, British Medical Journal (BMJ), Elsevier, и изучены 120 научных литературных источников за период с 2007 по 2024 год, из которых в обзор вошли 46 преимущественно за 2015–2024 гг. Ключевыми словами в ходе поиска служили: «миопия высокой степени», «глаукома», «оптическая когерентная томография», «high myopia», «glaucoma», «optical coherence tomography». На основе этого сделаны выводы по значимости метода оптической когерентной томографии в диагностике глаукомы у пациентов с миопией высокой степени.

Результаты исследования и их обсуждение

Оптическая когерентная томография в диагностике глаукомных изменений зрительного нерва у пациентов с миопией высокой степени является перспективным методом для качественного и количественного анализа. Jiang J. и соавторы провели исследование с целью выявления структурных отклонений области диска зрительного нерва по данным ОКТ при миопии, определения их частоты и связи с дефектами поля зрения. Исследователи разделили изменения области головки зрительного нерва на три основные группы, включающие 12 подтипов аномалий. Наиболее часто встречающимися изменениями в каждой группе были перипапиллярные овоидные опухолеподобные структуры, визуализируемое ретробульбарное субарахноидальное пространство и преламинарный шизис [25]. Также была показана взаимосвязь между различными видами нарушений поля зрения и каждым из подтипов. В основу легла классификация, которая включает четыре основных типа паттернов дефектов поля зрения и десять подтипов [26]. Глаукомоподобные дефекты чаще встречались в глазах с глубокими экскавациями диска зрительного нерва и ямками зрительного нерва и напоминающими их изменениями. Дефекты, связанные с миопией высокой степени, чаще встречались в глазах с перипапиллярными отслойками сетчатки, перипапиллярными интрахориоидальными кавитациями и перипапиллярным расщеплением СНВС. Наиболее частым видом нарушения поля зрения было увеличение слепого пятна, за исключением группы с глубокими экскавациями зрительного нерва [25; 26].

ОКТ показывает относительно высокую точность в диагностике глаукомы у пациентов с близорукостью высокой степени [24]. Метод ОКТ позволяет не только визуализировать морфологические изменения, но и провести измерения некоторых параметров.

На сегодняшний день исследователи пришли к единому мнению, что клиническая граница диска зрительного нерва (которая определяется кольцом Эльшнига) не является точной внешней границей ткани нейроретинального ободка, а самым точным участком, где начинается нейроретинальный пояс, является место окончания мембраны Бруха - отверстие мембраны Бруха (ВМО, *Bruch's membrane opening*). ВМО – важная анатомическая структура, которая используется для определения центра ДЗН, а также для определения толщины СНВС

(RNFL, *Retinal Nerve Fiber Layer*). Кроме того, ВМО также используется для измерения нейроретинального пояска и минимальной ширины нейроретинального пояска (ВМО-MRW, *ВМО minimum rim width*). В 2007 году Povazay В. было предложено определение нейроретинального пояска - это площадь поверхности от края отверстия мембраны Бруха до внутренней пограничной мембраны [27].

Из всех параметров для оценки нейроретинального пояска наибольшую диагностическую ценность имеет его минимальная ширина. ВМО-MRW представляет собой минимальное расстояние между отверстием мембраны Бруха и внутренней пограничной мембраной, измеренное в пределах каждого радиального скана вокруг головки зрительного нерва [28]. Исследования показывают, что этот параметр имеет более высокую диагностическую точность для диагностики глаукомы и более сильную связь с повреждением поля зрения, чем другие параметры. Было выполнено сравнение надежности показателей ВМО-MRW и СНВС у пациентов с миопией средней степени. В результате исследователи пришли к выводу, что ВМО-MRW является лучшим индикатором глаукомного повреждения в глазах с миопией по сравнению анализом СНВС [29].

Измерение толщины перипапиллярного СНВС является одним из наиболее полезных параметров для распознавания различной глазной патологии. В 2018 году Brusini Р. представил классификацию стадирования глаукомы на основе повреждения СНВС, оцениваемых с помощью ОКТ. В основу легли данные измерений толщины СНВС в верхнем и нижних квадрантах, а также общих потерь СНВС [30]. Результаты другого исследования показали, что в сравнении с данными, полученными у пациентов с миопией высокой степени, у пациентов с миопией высокой степени в сочетании с глаукомой было выявлено: снижение толщины СНВС, за исключением носового сектора; снижение толщины внутреннего плексиформного слоя, за исключением верхнего сектора; и толщины комплекса ганглиозных клеток (GCC, *Ganglion Cell Complex*) [24]. Недавние исследования выявили наименьшее истончение перипапиллярной толщины СНВС в височном квадранте и общей толщины СНВС среди пациентов с миопией высокой степени в сравнении с пациентами с открытоугольной глаукомой и группой пациентов с сочетанием глаукомы и миопии высокой степени [31].

Тем не менее измерение СНВС в глазах с миопией высокой степени является сложной задачей, поскольку на результаты измерений могут влиять многие факторы. Артефакты на снимках ОКТ могут присутствовать в 19,9–46,3% сканирований СНВС, что может привести к ошибочным измерениям толщины СНВС и привести к неправильной постановке диагноза «глаукома» [32]. Ручная корректировка может быть необходима для 32% и 56% ОКТ-сканов СНВС близоруких глаз и близоруких глаз с глаукомой соответственно ($p < 0,001$), что значительно увеличивает диагностические возможности [33]. К вероятным

причинам снижения достоверности ОКТ-сканов у лиц с миопией можно отнести: некорректное распознавание слоев сетчатки; анатомические особенности диска зрительного нерва; обширную зону перипапиллярной атрофии, затрудняющую распознавание СНВС за счет светлого «фона»; наличие интратретиальных кистоподобных аномалий, которые вызывают ложное утолщение СНВС [12; 17].

При большом миопическом диске зрительного нерва (вторичном макродиске) толщина СНВС может переоцениваться из-за более короткого расстояния от области сканирования до края диска. Недавние исследования с использованием ОКТ показали, что на оценку диска зрительного нерва и СНВС сильно влияют наклон и поворот диска зрительного нерва [12]. Большой угол наклона диска зрительного нерва у пациентов с миопией может вызвать ошибки при исследовании перипапиллярной области из-за сложности определения центра диска зрительного нерва и центра отверстия мембраны Бруха, которые обычно используются для исследования СНВС [34]. В исследовании, которое было направлено на изучение профиля СНВС, измеренного с помощью ОКТ, и его связи с изменениями рефракции и осевой длиной, было продемонстрировано, что на профиль перипапиллярного СНВС влияют и рефракция глаза, и длина ПЗО, а также возраст, пол и размеры диска зрительного нерва [35].

К терминальной стадии глаукомы область папилломакулярного пучка подвергается изменениям, формируется дефект папилломакулярного пучка. Данный клинический признак, связанный с изменением толщины СНВС в этой области, может встречаться у пациентов с глаукомой при миопии высокой степени. По результатам недавнего исследования, дефект папилломакулярного пучка наблюдался у 59,8% пациентов и коррелировал с увеличением отношения площади перипапиллярной атрофии к площади ДЗН, наличием дефектов решетчатой пластинки склеры (*lamina cribrosa*) и дефектами центрального поля зрения [36].

Еще одним показателем, который активно исследуется в настоящее время, является толщина решетчатой пластинки склеры. Исследователи определили, что у пациентов с открытоугольной глаукомой в сочетании с миопией высокой степени определяется более тонкая (< 128,00 мкм) решетчатая пластинка, что, вероятно, связано с повышенным ВГД и выпадением глубоких слоев микроциркуляторного русла. Данный показатель может помочь отличить открытоугольную глаукому от изменений, ассоциированных с миопией высокой степени, с аномальным распределением толщины СНВС и неясной неглубокой экскавацией ДЗН [37].

Исследование кровотока области зрительного нерва и макулярной области

Предпочтительным способом визуализации изменений микроциркуляторного русла макулярной области и области диска зрительного нерва является неинвазивная, безболезненная, не требующая длительных временных затрат оптическая когерентная

томография с режимом ангиографии (ОКТ-А). Визуализация сосудов зрительного нерва была невозможна до появления в 2014 году в клинической практике ОКТ-А. Визуализация сосудистого русла и кровотока в данном методе достигается путем сравнения последовательных сканирований одной и той же области в пределах временного промежутка. В результате – получаются количественные показатели, такие как плотность сосудов (VD, *Vessel Density*) и индекс кровотока (I, *Index*), которые косвенно оценивают глазной кровоток. Система автоматически измеряет макулярную, перипапиллярную и интрапапиллярную плотность сосудов.

Перипапиллярное хориоидальное микроциркуляторное русло представляет особый интерес, поскольку ее кровоснабжение осуществляется короткими задними ресничными артериями, которые также кровоснабжают глубокие ткани диска зрительного нерва. По данным исследований, оценка перипапиллярной плотности сосудов с помощью ОКТ-А показывает лучшую корреляцию с чувствительностью поля зрения, чем оценка перипапиллярного СНВС у пациентов с глаукомой и миопией высокой степени [38].

В работе, опубликованной в 2019 году, проводили оценку изменений перипапиллярной сетчатки и сосудов артериального перипапиллярного круга Цинна – Галлера при формировании глаукомной оптической нейропатии у больных глаукомой, ассоциированной с миопией. Авторы выделили ряд критериев глаукомной оптической нейропатии, ассоциированной с миопией, которые включают: наличие бета-зоны, снижение плотности капилляров, участвующих в кровоснабжении ДЗН, обнажение крупных сосудов артериального круга Цинна - Галлера с формированием зон неперфузии [39].

В своей статье Эскина Э.Н. и соавторы представили данные анализа ОКТ-А в перипапиллярной зоне у пациентов с диагностированной глаукомой в сочетании с миопией высокой степени. В результате были выявлены определенные тенденции: снижение показателя плотности капиллярной перфузии и индекса капиллярного потока в верхнем и нижнем секторе перипапиллярной зоны; снижение по мере прогрессирования глаукомной нейрооптикопатии плотности сосудов в области внутреннего кольца макулярной области, нижнего и височного сектора пара- и перифовеа; снижение плотности капиллярной перфузии во всех секторах пара- и перифовеа [40].

В недавних исследованиях сообщается, что самый высокий показатель перипапиллярной плотности сосудов (VD, *Vessel Density*) в височном квадранте и общей перипапиллярной плотности сосудов в поверхностном капиллярном сплетении и в глубоком капиллярном сплетении наблюдался среди пациентов с миопией высокой степени в сравнении с пациентами с открытоугольной глаукомой и группой пациентов с сочетанием глаукомы и миопии высокой степени [31].

Микроциркуляторный провал (MvD, *Microvasculature Dropout*) – показатель, характеризующийся полной потерей микроциркуляторного русла хориоидального слоя в зоне перипапиллярной атрофии на ОКТ-А изображениях в режиме en-face. MvD обнаруживается в глазах с глаукомой без миопии [41]. MvD наблюдаются в большинстве глаз (более 76–78%) с миопией высокой степени, с гамма-зоной перипапиллярной атрофии, в сочетании с первичной открытоугольной глаукомой (ПОУГ) и топографически коррелируют с расположением глаукомных дефектов поля зрения, их площадью и выраженностью, несмотря на недостоверные ОКТ-измерения толщины СНВС [42].

По данным других исследований, MvD в гамма-зоне перипапиллярной атрофии при миопии нельзя считать истинным, поскольку хориоидея в этой зоне обычно отсутствует (исходя из определения). На основании этого перипапиллярный MvD в глазах с миопией классифицировали как неюкстапапиллярный, расположенный в бета-зоне перипапиллярной атрофии, ассоциированный с глаукомой; юкстапапиллярный, расположенный в дистальной части гамма-зоны перипапиллярной атрофии, ассоциированный с глаукомой; и юкстапапиллярный, расположенный в проксимальной части гамма-зоны перипапиллярной атрофии. Также была описана неюкстапапиллярная MvD-подобная область в дистальной части гамма-зоны перипапиллярной атрофии. Эта область не примыкала к диску зрительного нерва и обнаруживалась в глазах без глаукомы, её появление связано с рассогласованием комплекса «мембрана Бруха – РПЭ» [41].

В то же время сообщается о том, что диагностическая значимость показателя плотности перфузии (PD, *Perfusion Density*) в перипапиллярной области в ранней диагностике глаукомы у пациентов с высокой степенью миопии была значительно ниже, чем у пациентов без миопии, а плотность перфузии в макулярной области, наоборот, продемонстрировала большую чувствительность [43].

Наибольшая толщина плотности сосудов (VD, *Vessel Density*) макулярной области в нижнем квадранте определяется в поверхностном капиллярном сплетении, глубоком капиллярном сплетении и хориокапиллярах выявлена среди пациентов с миопией высокой степени в сравнении с пациентами с открытоугольной глаукомой и группой пациентов с сочетанием глаукомы и миопии высокой степени [31]. По данным исследования Мориной Н.А., у здоровых лиц аномалии рефракции, длина ПЗО существенно не влияют на такие количественные параметры поверхностного капиллярного сплетения сетчатки, как плотность сосудов и плотность перфузии, но в то же время аметропии, особенно высокой степени, оказывают существенное влияние на площадь фовеальной аваскулярной зоны (FAZ, *Foveal Avascular Zone*) [44]. Также оценка показателя плотности капилляров (CD, *Capillary Density*) в слое поверхностного капиллярного сплетения (SCP, *Superficial Capillary Plexus*) в

центральной концентрической области диаметром 1–6 мм показала большую диагностическую значимость в выявлении глаукомы у пациентов с миопией высокой степени. При этом изучение более периферических областей не имеет дополнительной ценности [45]. Плотность сосудов в слое глубокого капиллярного сплетения сетчатки (DCP, *Deep Capillary Plexuses*) с течением времени снижается значительно быстрее в глазах с ПОУГ в сочетании с высокой близорукостью [46].

Таким образом, использование ОКТ-А для исследования перипапиллярного и макулярного микроциркуляторного русла хориоидеи может облегчить диагностику глаукомы в глазах с высокой близорукостью, однако правильная интерпретация полученных данных по-прежнему остается проблемой.

Заключение. Учитывая глобальное распространение миопии высокой степени среди различных возрастных групп и рост общего числа населения с близорукостью, среди которых глаукомная или глаукомоподобная оптическая нейропатия, вероятно, станут ведущими осложнениями, угрожающими зрению, ожидаемо, что для врачей-офтальмологов в ближайшие десятилетия это заболевание станет актуальной проблемой. Является актуальным проведение исследования с применением метода ОКТ в сочетании с ОКТ-А области диска зрительного нерва и макулярной области у пациентов с миопией высокой степени. Данный диагностический метод является перспективным для выявления возможной взаимосвязи между наличием ГОН в глазах с высокой степенью миопии и расположением, и плотностью сосудов, а также для определения дополнительных диагностических критериев для выбора оптимальной тактики лечения и дальнейшего наблюдения.

Список литературы

1. Baird P.N., Saw S.M., Lanca C., Guggenheim J.A., Smith E.L.III, Zhou X., Matsui K.O., Wu P.C., Sankaridurg P., Chia A., Rosman M., Lamoureux E.L., Man R., He M. Myopia // *Nat Rev Dis Primers*. 2020. Vol. 6 (1). № 99. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.nature.com/articles/s41572-020-00231-4#Abs1> (дата обращения: 29.02.2024). DOI: 10.1038/s41572-020-00231-4.
2. Li Y., Zheng F., Foo L.L., Wong Q.Y., Ting D., Hoang Q.V., Chong R., Ang M., Wong C.W. Advances in OCT imaging in myopia and pathologic myopia // *Diagnostics (Basel)*. 2022. Vol. 12. Is. 6. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9221645/> (дата обращения: 29.02.2024). DOI: 10.3390/diagnostics12061418.
3. Ohno-Matsui K., Wu P.C., Yamashiro K., Vutipongsatorn K., Fang Y., Cheung C.M.G., Lai T.Y.Y., Ikuno Y., Cohen S.Y., Gaudric A., Jonas J.B. IMI Pathologic Myopia // *Invest Ophthalmol*

Vis Sci. 2021. Vol. 62. Is. 5. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8083114/> (дата обращения: 29.02.2024). DOI: 10.1167/iovs.62.5.5.

4. Németh J., Tapasztó B., Aclimandos W.A., Kestelyn P., Jonas J.B., De Faber J.H.N., Januleviciene I., Grzybowski A., Nagy Z.Z., Pärssinen O., Guggenheim J.A., Allen P.M., Baraas R.C., Saunders K.J., Flitcroft D.I., Gray L.S., Polling J.R., Haarman A.E., Tideman J.W.L., Wolffsohn J.S., Wahl S., Mulder J.A., Smirnova I.Y., Formenti M., Radhakrishnan H., Resnikoff S. Update and guidance on management of myopia. european society of ophthalmology in cooperation with international myopia institute // *Eur J. Ophthalmol.* 2021. Vol. 31. Is. 3. P. 853-883. DOI: 10.1177/1120672121998960.

5. Xiong J., Du R., Xie S., Lu H., Chen C., Lgarashi-Yokoi T., Uramoto K., Onishi Y., Yoshida T., Kamoi K., Ohno-Matsui K. Papillary and peripapillary hemorrhages in eyes with pathologic myopia // *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2022. Vol. 63. № 12 (28). P. 1-11. DOI: 10.1167/iovs.63.12.28.

6. Маркосян Г.А., Таррута Е.П., Тарасова Н.А., Максимова М.В. Изменения глазного дна при патологической миопии // *Клиническая офтальмология.* 2019. Т. 19 (2). С. 99-104. DOI: 10.32364/2311-7729-2019-19-2-99-104.

7. Нероев В.В. Инвалидность по зрению в Российской Федерации // *Материалы XV Российского общенационального офтальмологического форума.* г. Москва 28–30 сентября 2022. [Электронный ресурс]. URL: <http://avo-portal.ru/events/reports/item/450-doklad-neroeva-vv-invalidnost-po-zreniyu-v-rossiyskoj-federatsii> (дата обращения: 29.02.2024).

8. Жабина О.А., Вудс Е.А., Плюхова А.А. Современный взгляд на миопическую макулопатию // *Вестник Офтальмологии.* 2016. Т. 132 (1). С. 85-90. DOI: 10.17116/oftalma2016132185-90.

9. Ohno-Matsui K., Kawasaki R., Jonas J.B., Cheung C.M., Saw S.M., Verhoeven V.J., Klaver C.C., Moriyama M., Shinohara K., Kawasaki Y., Yamazaki M., Meuer S., Ishibashi T., Yasuda M., Yamashita H., Sugano A., Wang J.J., Mitchell P., Wong T.Y. META-analysis for Pathologic Myopia (META-PM) Study Group. International photographic classification and grading system for myopic maculopathy // *Am J. Ophthalmol.* 2015. Vol. 159. Is. 5. P. 877-833. DOI: 10.1016/j.ajo.2015.01.022.

10. 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. Vol. 61. Is. 4. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7401971/> (дата обращения: 29.02.2024). DOI: 10.1167/iovs.61.4.46.

11. 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. Vol. 63. Is. 4. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9034715/> (дата обращения: 29.02.2024). DOI: 10.1167/iovs.63.4.13.

12. Kudsieh B., Fernández-Vigo J.I., Flores-Moreno I., Ruiz-Medrano J., Garcia-Zamora M., Samaan M., Ruiz-Moreno J.M. 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. Vol. 12. Is. 7. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10095192/> (дата обращения: 29.02.2024). DOI: 10.3390/jcm12072592.

13. Wang Y.X., Panda-Jonas S., Jonas J.B. Optic nerve head anatomy in myopia and glaucoma, including parapapillary zones alpha, beta, gamma and delta: Histology and clinical features // *Prog Retin Eye Res*. 2021. Vol. 83. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350946220301051?via%3Dihub>. DOI: 10.1016/j.preteyeres.2020.100933.

14. Bikbov M.M., Gilmanshin T.R., Kazakbaeva G.M., Zainullin R.M., Rakhimova E.M., Rusakova I.A., Bolshakova N.I., Safiullina K.R., Zaynetdinov A.F., Zinatullin A.A., Nuriev I.F., Khalimov T.A., Panda-Jonas S., Arslangareeva I.I., Bikbova G.M., Yakupova D.F., Uzianbaeva Y.V., Jonas J.B. Prevalence of myopic maculopathy among adults in a Russian population // *JAMA Netw*. 2020. Vol. 3. Is. 3. [Электронный ресурс]. URL: <https://jamanetwork.com/journals/jamanetworkopen/fullarticle/2762384> (дата обращения: 29.02.2024). DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2020.0567.

15. Jonas J.B., Wang Y.X., Dong L., Panda-Jonas S. High myopia and glaucoma-like optic neuropathy // *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)*. 2020. Vol. 9. Is. 3. P. 234-238. DOI: 10.1097/APO.0000000000000288.

16. Jonas J.B., Spaide R.F., Ostrin L.A., Logan N.S., Flitcroft I., Panda-Jonas S. IMI - nonpathological human ocular tissue changes with axial myopia // *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2023. Vol. 64. Is. 6. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10153585/> (дата обращения: 29.02.2024). DOI: 10.1167/iovs.64.6.5.

17. Jonas J.B., Panda-Jonas S., Wang Y.X. Glaucoma neurodegeneration and myopia // *Prog Brain Res*. 2020. Vol. 257. P. 1-17. DOI: 10.1016/bs.pbr.2020.06.014.

18. Cheng D., Ruan K., Wu M., Qiao Y., Gao W., Lian H., Shen M., Bao F., Yang Y., Zhu J., Huang H., Meng X., Shen L., Ye Y. Characteristics of the optic nerve head in myopic eyes using swept-source optical coherence tomography // *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2022. Vol. 63. Is. 6. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9233286/> (дата обращения: 29.02.2024). DOI: 10.1167/iovs.63.6.20.

19. Tang W., He B., Luo Y., Duan X. Morphology and microcirculation changes of the optic nerve head between simple high myopia and pathologic myopia // *BMC Ophthalmol.* 2023. Vol. 23. [Электронный ресурс]. URL: <https://bmcophthalmol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12886-023-02949-7> (дата обращения: 29.02.2024). DOI: 10.1186/s12886-023-02949-7.
20. Bikbov M.M., Iakupova E.M., Gilmanshin T.R., Bikbova G.M., Kazakbaeva G.M., Panda-Jonas S., Gilemzianova L.I., Jonas J.B. Prevalence and associations of nonglaucomatous optic nerve atrophy in high myopia: the ural eye and medical study // *Ophthalmology.* 2023. Vol. 130. Is. 11. P. 1174-1181. DOI: 10.1016/j.ophtha.2023.07.014.
21. Wang Y.X., Yang H., Wei C.C., Xu L., Wei W.B., Jonas J.B. High myopia as risk factor for the 10-year incidence of open-angle glaucoma in the Beijing Eye Study // *Br J. Ophthalmol.* 2023. Vol. 107. Is. 7. P. 935-940. DOI: 10.1136/bjophthalmol-2021-320644.
22. Садыкова Р.Р., Поздеева Н.А., Фролычева И.А. Заболевания глазного яблока, ассоциированные с патологической близорукостью // *Отражение.* 2022. № 2 (14). С. 52-57. DOI: 10.25276/2686-6986-2022-2-49-53.
23. Flitcroft D.I., He M., Jonas J.B., Jong M., Naidoo K., Ohno-Matsui K., Rahi J., Resnikoff S., Vitale S., Yannuzzi L. IMI - defining and classifying myopia: a proposed set of standards for clinical and epidemiologic studies // *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2019. Vol. 60. Is. 3. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6735818/> (дата обращения: 29.02.2024). DOI: 10.1167/iovs.18-25957.
24. Zhang Y., Wang W., Chen J., Huang C. The diagnostic value of optical coherence tomography for detecting glaucoma in high myopia // *J. Glaucoma.* 2023. Vol. 32. Is. 5. P. 426-434. DOI: 10.1097/IJG.0000000000002198.
25. Jiang J., Song Y., Kong K., Wang P., Lin F., Gao X., Wang Z., Jin L., Chen M., Lam D.S.C., Weinreb R.N., Jonas J.B., Ohno-Matsui K., Chen S., Zhang X. Glaucoma suspects with high myopia study group. optic nerve head abnormalities in nonpathologic high myopia and the relationship with visual field // *Asia Pac J. Ophthalmol (Phila).* 2023. Vol. 12. Is. 5. P. 460-467. DOI: 10.1097/APO.0000000000000636.
26. Lin F., Chen S., Song Y., Li F., Wang W., Zhao Z., Gao X., Wang P., Jin L., Liu Y., Chen M., Liang X., Yang B., Ning G., Cheng C.Y., Healey P.R., Park K.H., Zangwill L.M., Aung T., Ohno-Matsui K., Jonas J.B., Weinreb R.N., Zhang X. Glaucoma suspects with high myopia study group. classification of visual field abnormalities in highly myopic eyes without pathologic change // *Ophthalmology.* 2022. Vol. 129. Is. 7. P. 803-812. DOI: 10.1016/j.ophtha.2022.03.001.
27. Povazay B., Hofer B., Hermann B., Unterhuber A., Morgan J.E., Glittenberg C., Binder S., Drexler W. Minimum distance mapping using three-dimensional optical coherence tomography for glaucoma diagnosis // *J. Biomed Opt.* 2007. Vol. 12. Is. 4. [Электронный ресурс]. URL:

<https://www.spiedigitallibrary.org/journals/journal-of-biomedical-optics/volume-12/issue-04/041204/Minimum-distance-mapping-using-three-dimensional-optical-coherence-tomography-for/10.1117/1.2773736.full> (дата обращения: 29.02.2024). DOI: 10.1117/1.2773736.

28. Курьшева Н.И., Паршунина О.А. Оптическая когерентная томография в диагностике глаукомной оптиконейропатии. Часть 1 // Национальный журнал глаукома. 2016. Т. 15. № 1. С. 86-96.
29. Uzair N., Shamim M., Mahmood S.A., Naz S., Feroz L., Kumari K. Comparison of retinal nerve fibre layer versus bruch membrane opening-minimum rim width as an optical coherence tomography-based marker for glaucoma in myopia // J. Coll Physicians Surg Pak. 2021. Vol. 31. Is. 2. P. 162-165. DOI: 10.29271/jcpsp.2021.02.162.
30. Brusini P. OCT Glaucoma Staging System: a new method for retinal nerve fiber layer damage classification using spectral-domain OCT // Eye (Lond). 2018. Vol. 32. Is. 1. P. 113-119. DOI: 10.1038/eye.2017.159.
31. 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. Vol. 18. Is. 6. [Электронный ресурс]. URL: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0286019> (дата обращения: 29.02.2024). DOI: 10.1371/journal.pone.0286019.
32. Poon L.Y., Wang C.H., Lin P.W., Wu P.C. The prevalence of optical coherence tomography artifacts in high myopia and its influence on glaucoma diagnosis // J. Glaucoma. 2023. Vol. 32. Is. 9. P. 725-733. DOI: 10.1097/IJG.0000000000002268.
33. Suwan Y., Rettig S., Park S.C., Tantraworasin A., Geyman L.S., Effert K., Silva L., Jarukasetphorn R., Ritch R. Effects of circumpapillary retinal nerve fiber layer segmentation error correction on glaucoma diagnosis in myopic eyes // J. Glaucoma. 2018. Vol. 27. Is. 11. P. 971-975. DOI: 10.1097/IJG.0000000000001054.
34. Hosseini H., Nassiri N., Azarbod P., Giacconi J., Chou T., Caprioli J., Nouri-Mahdavi K. Measurement of the optic disc vertical tilt angle with spectral-domain optical coherence tomography and influencing factors // Am J. Ophthalmol. 2013. Vol. 156. Is. 4. P. 737-744. DOI: 10.1016/j.ajo.2013.05.036.
35. Wagner F.M., Hoffmann E.M., Nickels S., Fiess A., Münzel T., Wild P.S., Beutel M.E., Schmidtman I., Lackner K.J., Pfeiffer N., Schuster A.K. Peripapillary retinal nerve fiber layer profile in relation to refractive error and axial length: results from the gutenber health study // Transl Vis Sci Technol. 2020. Vol. 9. Is. 9. [Электронный ресурс]. URL: <https://tvst.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2770692> (дата обращения: 29.02.2024). DOI: 10.1167/tvst.9.9.35.

36. Huh M.G., Shin Y.I., Jeong Y., Kim Y.K., Jeoung J.W., Park K.H. Papillomacular bundle defect (PMBD) in glaucoma patients with high myopia: frequency and risk factors // *Sci Rep*. 2023. Vol. 13. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-023-48687-0> (дата обращения: 29.02.2024). DOI: 10.1038/s41598-023-48687-0.
37. Chen Y., Mi B., Li H., Du B., Liu L., Xing X., Lam A.K., To C.H., Wei R. Thinning of the lamina cribrosa and deep layer microvascular dropout in patients with open angle glaucoma and high myopia // *J. Glaucoma*. 2023. Vol. 32. Is. 7. P. 585-592. DOI: 10.1097/IJG.0000000000002190.
38. Shin J.W., Kwon J., Lee J., Kook M.S. Relationship between vessel density and visual field sensitivity in glaucomatous eyes with high myopia // *British Journal of Ophthalmology*. 2019. Vol. 103. P. 585-591. DOI: 10.1136/bjophthalmol-2019-314354.
39. Жукова С.И., Юрьева Т.Н., Помкина И.В., Грищук А.С. Биоретинометрические критерии диагностики глаукомы, ассоциированной с миопией // *Национальный журнал Глаукома*. 2019. Т. 18. № 1. С. 3-9. DOI: 10.25700/NJG.2019.01.01.
40. Эскина Э.Н., Белогурова А.В., Зинина В.С., Гветадзе А.А., Смирнова-Сотмари В.Б. Оценка показателей кровотока макулярной области и диска зрительного нерва у пациентов с сочетанием глаукомы и осевой миопии // *Офтальмология*. 2022. Т. 19. № 3. С. 638-646. DOI: 10.18008/1816-5095-2022-3-638-646.
41. Kim G.N., Lee E.J., Kim T.W. Microstructure of nonjuxtapapillary microvasculature dropout in healthy myopic eyes // *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2020. Vol. 61. Is. 2. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7329630/> (дата обращения: 29.02.2024). DOI: 10.1167/iovs.61.2.36.
42. Na H.M., Lee E.J., Lee S.H., Kim T.W. Evaluation of peripapillary choroidal microvasculature to detect glaucomatous damage in eyes with high myopia // *J. Glaucoma*. 2020. Vol. 29. Is. 1. P. 39-45. DOI: 10.1097/IJG.0000000000001408.
43. Chang P.Y., Wang J.Y., Wang J.K., Huang T.L., Hsu Y.R. Optical coherence tomography angiography compared with optical coherence tomography for detection of early glaucoma with high myopia // *Front Med (Lausanne)*. 2022. Vol. 8. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmed.2021.793786/full> (дата обращения: 29.02.2024). DOI: 10.3389/fmed.2021.793786.
44. Морина Н.А. Влияние аномалий рефракции на результаты измерений структур глазного дна методами оптической когерентной томографии: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Москва, 2023. 113 с.
45. Zhang Y., Wang D., Lin F., Song Y., Chen Y., Peng Y., Chen M., Liu Y., Jiang J., Yang Z., Li F., Zhang X. Diagnostic performance of wide-field optical coherence tomography angiography in

detecting open-angle glaucoma in high myopia // *Acta Ophthalmol.* 2024. Vol. 102. Is. 2. P. 168-177. DOI: 10.1111/aos.16603.

46. Lin F., Li F., Gao K., He W., Zeng J., Chen Y., Chen M., Cheng W., Song Y., Peng Y., Jin L., Lin T.P.H., Wang Y., Tham C.C., Cheung C.Y., Zhang X. Longitudinal changes in macular optical coherence tomography angiography metrics in primary open-angle glaucoma with high myopia: a prospective study // *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2021. Vol. 62. Is. 1. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7846949/> (дата обращения: 29.02.2024). DOI: 10.1167/iovs.62.1.30.