

<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2023-16-4-35-43>



Опыт применения оптической когерентной томографии — ангиографии для исследования переднего отдела увеального тракта в норме и при патологии

Т.Н. Киселева¹, С.В. Саакян^{1, 2}, В.В. Макухина¹✉, К.В. Луговкина¹, С.В. Милаш¹, Н.Ф. Мусова¹, Н.С. Измайлова¹, А.А. Жаров¹

¹ ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, ул. Садовая-Черногрозская, д. 14/19, Москва, 105062, Россия

² ФГБОУ ВО «МГМСУ им. А.И. Евдокимова» Минздрава России, ул. Делегатская, д. 20, Москва, 127473, Россия

Цель работы — изучение возможностей оптической когерентной томографии — ангиографии (ОКТА) в оценке сосудов переднего отдела увеального тракта в норме и при различных патологических состояниях. **Материал и методы.** Обследовано 20 здоровых добровольцев (40 глаз) без офтальмопатологии (группа контроля) и 85 пациентов (85 глаз) с подозрением на новообразование иридоцилиарной зоны — радужки, цилиарного тела (ЦТ) и периферических отделов хориоидеи без предшествующего лечения. Проводили ОКТ и ОКТА переднего отдела глаза (ПОГ) с качественной оценкой (ход и калибр сосудов, наличие их патологической извитости) и количественным анализом ангиограмм с определением показателя сосудистой плотности — vessel density (VD, %) в зоне поражения, а при патологии ЦТ и хориоидеи — VD конъюнктивы в проекции очага. Определяли среднюю (MVD) и локальную (LVD) VD, а также VD перифокальных тканей (PVD). Дополнительно проводили ультразвуковое сканирование в В-режиме и ультразвуковую биомикроскопию. **Результаты.** Исследование ангиоархитектоники радужки в норме по 4 квадрантам показало преимущественно радиальную ориентацию конъюнктивальных сосудов, имеющих одинаковый калибр на всем протяжении. Минимальное значение VD регистрировали в темпоральном квадранте (38,5%), а максимальное — в нижнем (43,9%). В зоне новообразований радужки визуализировалась собственная сосудистая сеть; разнообразные сосудистые паттерны. На злокачественный характер новообразования могла указывать ориентация сосудов вдоль оси новообразования, а также их неравномерный просвет. **Заключение.** Метод ОКТА ПОГ информативен для визуализации сосудов радужки в норме и при патологии и может являться ценным дополнением к стандартным методам визуализации.

Ключевые слова: оптическая когерентная томография; оптическая когерентная томография в ангиорежиме; передний отдел глаза; новообразования радужки; сосудистая плотность

Конфликт интересов: отсутствует.

Прозрачность финансовой деятельности: никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Для цитирования: Киселева Т.Н., Саакян С.В., Макухина В.В., Луговкина К.В., Милаш С.В., Мусова Н.Ф., Измайлова Н.С., Жаров А.А. Опыт применения оптической когерентной томографии — ангиографии для исследования переднего отдела увеального тракта в норме и при патологии. Российский офтальмологический журнал. 2023; 16 (4): 35-43. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2023-16-4-35-43>

Optical coherence tomography-angiography for anterior uveal tract evaluation in normal subjects and in pathology

Tatiana N. Kiseleva¹, Svetlana V. Saakyan^{1, 2}, Viktoria V. Makukhina¹ ✉, Ksenia V. Lugovkina¹, Sergey V. Milash¹, Nelly F. Musova¹, Natalya S. Izmailova¹, Andrey A. Zharov¹

¹ Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases, 14/19, Sadovaya-Chernogryazskaya St., Moscow, 105062, Russia

² A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, 20, Delegatskaya St., Moscow, 127473, Russia
makuhvik@mail.ru

Purpose: to assess the potentials of optical coherence tomography-angiography (OCTA) in the evaluation of anterior segment (AS) uveal vessels in normal and pathological conditions. **Material and methods.** 20 healthy volunteers (40 eyes) with no ophthalmic pathology (the control group) and 85 previously untreated patients (85 eyes) with suspected tumors of the irido-ciliary area (the iris, the ciliary body and the peripheral sections of the choroid) were examined. All participants had optical coherence tomography (OCT) and OCTA of AS, with the qualitative assessment of scans (vessels pattern, lumen, tortuosity) and the quantitative assessment (vessel density index, VD%, for the affected zone). In ciliary body or choroid pathologies, VD index was measured for the conjunctiva in the focus projection. VD index included mean and local VD, as well as VD of perifocal tissues. In addition, B-mode ultrasound scanning and ultrasound biomicroscopy were performed. **Results.** OCTA scans in 4 sectors of the normal iris showed a predominantly radial pattern of conjunctival vessels positioning, with their lumen remaining the same along their entire visible length. The lowest VD value (38.5%) was registered in the temporal iris segment, while the highest (43.9%) was revealed in the inferior quadrant. In the iris tumors area, intrinsic vascularity molded in various vascular patterns was observed. Melanomas could be suspected because of the vessels oriented along the axis of the tumor and by non-uniform lumen of the vessels. **Conclusion.** AS-OCTA is an informative method for the visualization of iris vessels in normal conditions and in iris pathology and may be considered a valuable addition to the standard visualization techniques.

Keywords: optical coherence tomography; optical coherence tomograph-angiography; anterior segment of the eye; iris tumors, vessel density

Conflict of interests: there is no conflict of interests.

Financial disclosure: no author has a financial or property interest in any material or method mentioned.

For citation: Kiseleva T.N., Saakyan S.V., Makukhina V.V., Lugovkina K.V., Milash S.V., Musova N.F., Izmailova N.S., Zharov A.A. Optical coherence tomography-angiography for anterior uveal tract evaluation in normal subjects and in pathology. Russian ophthalmological journal. 2023; 16 (4): 35-43 (In Russ.). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2023-16-4-35-43>

С функциональной точки зрения глаз является периферической частью зрительного анализатора, с анатомической — сложно устроенной системой взаимодействия различных по эмбриогенезу и гистологическому строению тканей. Одну из основных ролей в поддержании нормальной работы глаза играет его кровоснабжение, обеспечивающее постоянный приток кислорода и питательных веществ к его структурам.

Нарушение регионарной гемодинамики может играть ключевую роль в развитии такой офтальмологической патологии, как диабетическая ретинопатия, глаукома, передняя ишемическая нейрооптикопатия, окклюзии артерий и вен сетчатки, и также наблюдать при ряде соматических заболеваний. Изменения глазного кровотока выявляются при гипертонической болезни, атеросклерозе, сахарном диабете, системных васкулитах. Полиэтиологичность данных заболеваний определяет значимость изучения глазной гемодинамики как у пациентов с патологией органа зрения, так и у больных с нарушением системной гемодинамики [1].

До сих пор в клинической практике не существует метода одномоментной качественной и количественной оценки кровообращения глаза [2]. Доступные в настоящее время технологии не позволяют провести всестороннюю оценку регионарной гемодинамики, поскольку каждая

из них дает представление об отдельных характеристиках глазного кровотока. Кроме того, установлено, что состояние гемодинамики органа зрения диктует необходимость исследования его интраокулярного и орбитального компонентов [1]. Изучение внутриглазного кровотока, в свою очередь, предполагает анализ показателей гемодинамики как переднего, так и заднего отделов глазного яблока. В связи с этим сравнительная оценка показателей гемодинамики, полученных с помощью различных методов и приборов, представляет значительные трудности.

В частности, для исследования сосудистой сети переднего отдела глаза (ПОГ) предлагается большое количество способов [3], однако выбор метода изучения кровотока, как правило, зависит от локализации поражения, его характера и обусловлен необходимостью понимания патогенеза изучаемого патологического состояния [4].

До недавнего времени основным методом исследования сосудов глаза, в том числе и его переднего отдела, оставалась флюоресцентная ангиография (ФАГ). Это инвазивный метод, требует внутривенного введения красителей, а для получения качественных данных и их объективной интерпретации — профессионального опыта оператора. Кроме того, к недостаткам ФАГ относятся скорость исследования и невозможность многократного воспроизведения за корот-

кий период времени, отсутствие возможности послойного и количественного анализа ангиограмм, а также наличие ликеджа, которое демонстрирует несостоятельность сосудистой стенки, но при этом затрудняет анализ изображения.

В последние годы произошла значительная эволюция методов исследования сосудистой сети и осуществлен переход от инвазивных к неинвазивным высокотехнологичным автоматизированным методикам, обладающим высокой чувствительностью и специфичностью.

Одной из наиболее перспективных технологий является оптическая когерентная томография (ОКТ) с функцией ангиографии (ОКТА), позволяющая оценить структуру и функциональные характеристики микроциркуляции структур глаза без применения контрастного вещества. Использование ОКТА в офтальмологии началось с 2014 г., в Российской Федерации — с 2015 г. [5].

ОКТА — современный бесконтактный оптический метод визуализации биологических тканей с микроскопическим разрешением, позволяющий не только детально оценивать их структуру, но и получать изображение микроциркуляции без необходимости внутривенного введения контрастных веществ. Неинвазивность, простота использования, короткое время сбора информации позволяют многократно и часто повторять это исследование для мониторинга патологических состояний глаза без потенциальных рисков, связанных с внутривенным введением красителя, в отличие от традиционной ангиографии [3].

В литературе представлены сведения о применении ОКТА у пациентов с различной патологией, преимущественно при заболеваниях заднего отдела глаза. Единичные работы посвящены роли ОКТА в офтальмоонкологии [5]. Для объективной оценки характеристик новообразований ПОГ используют такие методы, как ультразвуковая биомикроскопия (УБМ) и ОКТ [6–8]. Однако данные методы не позволяют оценить сосудистую сеть патологического очага, а вместе с тем известно, что одним из основных клинических признаков, характеризующих витальный прогноз неоплазии, является степень ее васкуляризации. Так, по данным разных авторов, именно с развитием активной сосудистой сети опухоль приобретает метастатический потенциал [9, 10].

Ввиду неинвазивности, воспроизводимости и быстроты проведения метод ОКТА представляет диагностическую значимость для оценки сосудистой сети радужки как в норме, так и при различной патологии глаза [11–15].

Наиболее перспективным направлением является изучение микрососудистого русла радужки при ее новообразовании. Оценивая по плотности расположения сосудов степень васкуляризации опухоли и перифокальных зон, можно косвенно судить о ее природе и активности развивающегося патологического процесса. Увеличение плотности интратуморальных микрососудов служит объективным признаком агрессивности изучаемой опухоли [3].

Новообразования сосудистой оболочки составляют более 2/3 всех внутриглазных опухолей, из которых 16–23% — это опухоли радужки и цилиарного тела. Гистогенез их разнообразен, но основная часть имеет нейроэктодермальное происхождение (пигментные и непигментные опухоли), меньшая часть относится к опухолям мезодермального происхождения (сосудистые новообразования). До 84% новообразований имеют доброкачественную природу, среди которых преобладают миогенные [16].

В настоящее время в зарубежной литературе опубликованы единичные работы, отражающие опыт применения ОКТА при новообразованиях радужки. Однако они выполнены на небольшом клиническом материале и часто носят

противоречивый характер, что свидетельствует об отсутствии единого подхода в изучении данного вопроса [9, 17–19].

ЦЕЛЬЮ нашей работы явилось изучение возможностей ОКТА в диагностике патологии переднего отдела увеального тракта.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Обследовано 105 человек в возрасте от 34,9 до 69,9 года (в среднем $52,4 \pm 17,5$ года). В 1-ю группу вошли 20 здоровых добровольцев (40 глаз) без офтальмопатологии (группа контроля); 2-я группа включала 85 пациентов (85 глаз) с подозрением на новообразование иридоцилиарной зоны — радужки, цилиарного тела (ЦТ) и периферических отделов хориоидеи без предшествующего лечения. При проведении исследований соблюдались этические принципы Хельсинкской декларации, обследуемые лица подписали информированное согласие.

Помимо стандартного офтальмологического обследования (осмотр, визометрия, тонометрия, биомикроскопия, офтальмоскопия) всем пациентам проводили фоторегистрацию ПОГ и ультразвуковое (УЗ) сканирование в В-режиме (Voluson 730 Pro, General Electric) с соблюдением рекомендованных FDA параметров офтальмологического УЗ-исследования (УЗИ): ISPTA.3 — 50 мВ/см^2 и менее, термический индекс (ТИ) < 1 и механический индекс (МИ) $\leq 0,23$. УБМ проводили на приборах Ellex Eye Cubed (Ellex) и Accutome UBM Plus (Keeler) по стандартному алгоритму. ОКТ ПОГ выполняли на приборе RS-3000 Advance 2 Nidek (Япония) с длиной волны 880 нм, используя адаптер для ПОГ.

С помощью ОКТ ПОГ и УБМ в 1-й группе оценивали характеристики радужки в норме, а во 2-й группе — размер, границы, структуру патологического очага и состояние окружающих тканей.

ОКТ ПОГ в ангиорежиме для оценки ангиоархитектоники радужки и васкуляризации патологического очага проводили с использованием программного обеспечения AngioScan. Изображения были получены с использованием режима для исследования сетчатки. Размер диагностического окна подбирался индивидуально для каждого пациента с учетом локализации и биометрических параметров патологического очага. Во всех случаях разрешение изображения выбирали 256×256 пикселей. Исследование проводили без использования функции eye tracker в режиме skip mode.

Все исследования выполняли в стандартных условиях с соблюдением одинакового уровня освещенности.

У здоровых добровольцев сканирование выполняли последовательно по 4 квадрантам радужки. При подозрении на новообразование иридоцилиарных структур во 2-й группе прицельно исследовали зону интереса. В случае патологического процесса цилиарной или цилиохориоидальной локализации проводили анализ соответствующего квадранта конъюнктивы с использованием ОКТА.

Изображения оценивали с помощью программного обеспечения Navis-Ex, версия 1.8 (Nidek). Для выделения интересующей области использовали 2 линии сегментации.

При качественном анализе полученных ангиограмм изучали ход сосудов на предмет наличия патологической извитости и их калибр.

Количественный анализ полученных сканов включал оценку плотности распределения сосудов в объеме ткани — регистрацию показателя vessel density (VD, %) с использованием программного обеспечения ImageJ (<https://imagej.net/>). Учитывая трудность дифференцировки сосудов радужки по слоям, мы использовали средний показатель совокупной VD

(mean VD, MVD). Дополнительно были введены показатели локальной сосудистой плотности — LVD и сосудистой плотности перифокальных тканей — PVD. Необходимость введения показателя LVD объяснялась неравномерным в ряде случаев распределением сосудов в тканях.

Ангиограммы были бинаризированы, пороговая обработка проведена по методу Оцу (Otsu), описанному в работе [20].

РЕЗУЛЬТАТЫ

По данным УБМ и ОКТ в 1-й группе у всех обследуемых (40 глаз) радужка в норме визуализировалась как гетерогенная структура средней рефлексивности со складчатой передней и ровной задней поверхностями. Пигментный листок радужки на ОКТ-сканах и эхограммах во всех случаях определялся в виде гиперрефлективной структуры, блокирующей, в отличие от ультразвука, дальнейшее распространение ОКТ-сигнала (рис. 1). Это снижало информативность ОКТ в сравнении с УБМ в оценке структур, расположенных за радужкой.

Степень пигментации радужки не влияла на ее визуализацию при проведении ОКТ. В то же время на томограммах лучше определялись характеристики ее переднего профиля, что согласуется с данными ранее проведенных исследований [21–23].

Измерение толщины радужки проводилось в фотопических условиях, без применения миотических и мидриатических препаратов. Среднее значение толщины радужки в области зрачкового края составило $558,9 \pm 89,6$ мкм; в прикорневой зоне — $293,3 \pm 67,8$ мкм.

Проведение ОКТА в 1-й группе было более информативно у пациентов со светлой радужкой (1–6-й классы по D. Maskey) [24]. Высокое содержание пигмента в ее стромах препятствовало проникновению ОКТ-сигнала вглубь ткани и снижало качество визуализации ее сосудистого рисунка. Анализ результатов ОКТА показал по всем квадрантам радужки радиально ориентированные по направлению к зрачку сосуды, слабоизвитые при равномерном калибре просвета на всем протяжении.

Объективный показатель MVD радужки по квадрантам составил: верхний — 39,1%; назальный — 40,4%; нижний — 43,9%; темпоральный — 38,5%. Таким образом, в норме минимальная плотность сосудов зарегистрирована в темпоральном квадранте, а максимальная — в нижнем.

Во 2-й группе по данным УЗИ новообразования по локализации распределялись следующим образом: радужка — 54 глаза, иридоцилиарная зона — 10 глаз, ЦТ — 2 глаза, цилиохориоидальная — 10 глаз и иридоцилиохориоидальная локализация — 9 глаз, из них в 3 случаях диагностирован экстрабульбарный рост опухоли. Проминенция новообразования в заднюю камеру отмечалась в 17 случаях.

В 32 (37,6%) из 85 случаев произведено хирургическое удаление новообразования с дальнейшим патогистологическим исследованием, по результатам которого диагностированы невус (10 глаз), меланома (17 глаз), возрастная гиперплазия беспигментного эпителия ЦТ (аденома Фукса) (один глаз), меланоцитома (один глаз), порок развития (один глаз), пограничный веретенчатый невус (2 глаза).

В остальных 53 (62,4%) наблюдениях диагноз поставлен по совокупности данных клинического и инструментального обследования. Из них в 19 случаях (19 глаз) выявлена увеальная меланома передней локализации, в остальных 34 глазах патологические изменения расценивались как доброкачественный процесс, и пациентам было рекомендовано динамическое наблюдение.

У пациентов с вовлечением в процесс структур иридоцилиарной зоны (66 глаз) средняя толщина очага составила $1,31 \pm 1,10$ мм; максимальный диаметр основания — $3,86 \pm 2,77$ мм.

При распространении патологического процесса в хориоидею объективно определить толщину и диаметр основания при помощи УБМ удалось у 2 (10,5%) из 19 пациентов. Среднее значение толщины составило $3,68 \pm 1,66$ мм, диаметр основания — $7,89 \pm 1,97$ мм. В других 17 случаях (89,5%) потребовалось стандартное УЗИ. По данным двух УЗ-методов средняя толщина опухоли составила $7,20 \pm 4,39$ мм, а диаметр основания — $12,93 \pm 5,61$ мм.

В 49 случаях очаг был гипорефлективен, в 8 — гиперрефлективен; в 16 глазах изорефлективен окружающей интактной радужке, в 10 случаях имел смешанную рефлективность, в 2 — был анэхогенным.

Внутренняя структура новообразования визуализировалась неоднородной в 71, однородной — в 12 случаях.

При обнаружении анэхогенных полостей при помощи УБМ (2 глаза) по совокупности данных клинического и инструментального исследования пациентам были установлены диагнозы: «киста пигментного листка радужки» (один глаз) и «имплантационная киста» (один глаз).

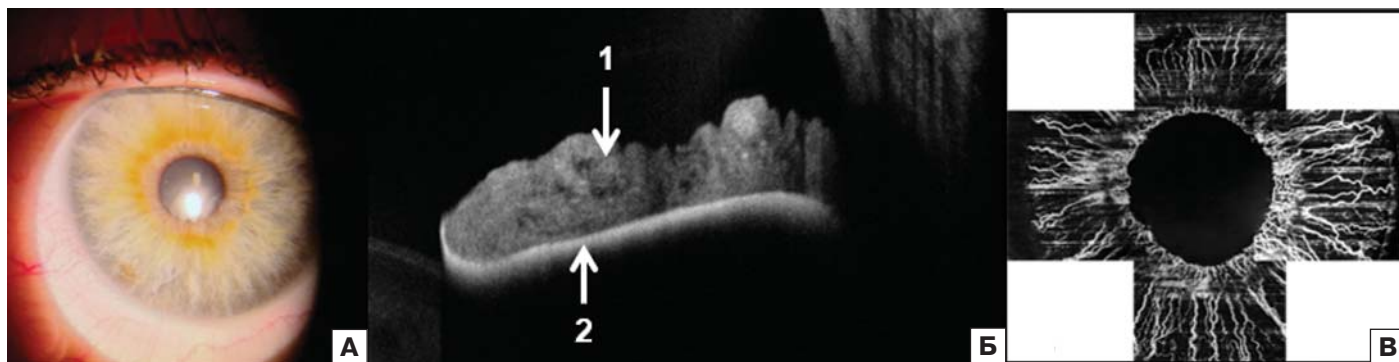


Рис. 1. Радужка в норме. А — фоторегистрация. Б — ОКТ: 1 — строма радужки, 2 — пигментный листок радужки. В — ОКТА: сосуды радужки визуализируются в виде радиально ориентированных структур, имеющих незначительно извитый ход, равномерный диаметр просвета на всем протяжении

Fig. 1. Normal Iris. А — slit photography. Б — OCT: 1 — iris stroma. 2 — iris pigment epithelium. В — OCTA: iris vessels are presented as slightly tortuous linear structures with radial orientation. Vessel's lumen remains the same along their entire visible length

В 8 глазах на эхограммах визуализировались гиперэхогенные патологические очаги. Во всех случаях по результатам обследования патологический процесс был расценен как доброкачественный, пациентам рекомендовано динамическое наблюдение.

При обнаружении изоэхогенных относительно прилежащей интактной ткани радужки очагов в 11 (68,8%) из 16 глаз процесс был расценен как доброкачественный, у 5 (31,2%) пациентов диагностирована увеальная меланома.

При гипоехогенной структуре увеальных очагов (49 глаз) большую часть (24 глаза, 48,9%) составили пациенты с увеальной меланомой, в 11 (22,4%) случаях рекомендовано динамическое наблюдение. У 8 (16,3%) пациентов выявлен невус радужки. В 4 (8,2%) случаях диагностированы редкие увеальные поражения: порок развития ПОГ (один глаз), меланоцитома (один глаз), аденома Фукса (один глаз) и гранулема как проявление увеита (один глаз). Еще в 2 (4,2%) наблюдениях результаты гистологического исследования показали пограничный веретенноклеточный невус.

У пациентов с неоднородной акустической структурой очага в 6 (60%) из 10 случаев выявлена увеальная меланома, 2 (20%) пациентам рекомендовано наблюдение, в 2 (20%) случаях выполнено хирургическое лечение с последующим патогистологическим исследованием, по результатам которого диагностирован невус радужки.

В сравнении с УБМ при ОКТ ПОГ удовлетворительная визуализация патологического очага была достигнута лишь в 24 (28,3%) случаях. При этом стоит отметить, что на ОКТ-сканах профиль передней поверхности очага визуализировался лучше, чем на эхограммах независимо от степени пигментации. В большинстве наблюдений ОКТ-сигнал в толще новообразования экранировался пигментом, содержащимся в опухоли, а при близкой к роговице локализации на сканах отмечалось формирование артефактов. Кроме того, при распространении патологического процесса в ЦТ и хориоидею информативность метода также была низкой.

У 3 пациентов с иридоцилиохориоидальной меланомой клинически обнаружены признаки экстрабульбарного роста опухоли. В этих случаях отдельно оценивались субконъюнктивально расположенные очаги и сохранность склеры в этой зоне. Изучение первичной внутриглазной опухоли было возможно при помощи УБМ и затруднено при использовании ОКТ. В первом случае плоский очаг экстрабульбарного роста не визуализировался по результатам УБМ. ОКТ у данного пациента показала появление эффекта «тени» в данной зоне. В других двух наблюдениях при УБМ эпibuльбарно визуализировался гипоехогенный очаг с ровной поверх-

ностью, причем в одном из них целостность подлежащей склеры эхографически не была нарушена. По данным ОКТ поверхность одного из новообразований была ровной, другого — неровной. Структура в обоих случаях представлялась неоднородной, в толще определялись гипорефлективные полости, предположительно являющиеся поперечным срезом сосудов. Одно новообразование блокировало сигнал. В первом случае толщина экстрабульбарной части опухоли составила 1717 мкм, диаметр — 7266 мкм, во втором — толщина 729 мкм, диаметр — 4370 мкм.

При цилиарном или цилиохориоидальном поражении конъюнктивы в проекции очага по данным ОКТ не была изменена, по данным ОКТА MVD конъюнктивы составила 41,9%.

У 4 (40%) из 10 пациентов с невусами радужки оценка сосудистого рисунка опухоли была невозможна вследствие блокирования сигнала. В остальных 6 (60%) случаях были обнаружены сосуды, формирующие сети — 2 глаза, образующие клубок — 2 глаза, вертикально ориентированные сосуды — один глаз, нормальная сосудистая сеть — один глаз. Просвет сосудов был равномерным в 5 глазах, неравномерным — в одном случае (рис. 2).

При выполнении ОКТА неровный профиль поверхности новообразований затруднял послойный анализ полученных ангиограмм, поэтому оценивалась совокупная сосудистая плотность в зоне патологического процесса. MVD невусов радужки составила 29,6%; LVD = 35,7%; PVD = 38,8%.

В 15 из 36 случаев увеальной меланомы визуализация собственной сосудистой сети была затруднена вследствие блокирования сканирующего сигнала (13 глаз) и близкого к роговице расположения (2 глаза), была невозможна вследствие локализации опухоли в ЦТ и хориоидею в 10 наблюдениях (рис. 3).

У остальных пациентов (9 глаз) собственная сосудистая сеть опухоли была представлена сосудами, ориентированными вдоль оси образования (5 глаз), хаотично распределенными в толще опухоли с образованием петель и колец (3 глаза), образующими клубок (один глаз). Просвет сосудов был неравномерным в 7, равномерным — в 2 наблюдениях (рис. 4).

У 2 пациентов с экстрабульбарным ростом опухоли в обоих случаях в эпibuльбарном очаге визуализировались разнокалиберные собственные сосуды в виде крупных извитых стволов, а также более мелкие, образующие сеть.

Значение показателя MVD меланом структур иридоцилиарной зоны составило 38,2%; LVD = 43%; PVD = 30,2%. В случаях с экстрабульбарным ростом MVD в очагах на поверхности глаза составила 47,65%.

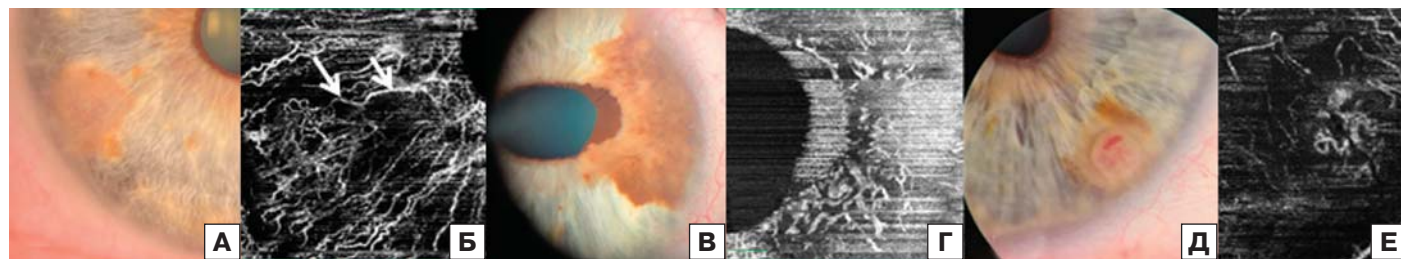


Рис. 2. Невус радужки. А, В, Д — фоторегистрация. Б — ОКТА: организация сосудов по типу «сети», неравномерный просвет сосуда (стрелки). Г — ОКТА: аксиальная ориентация сосудов, оценка их калибра затруднена. Е — ОКТА: организация сосудов в виде клубка. Оценка калибра частично затруднена. Доступный для изучения сосудистый ствол равномерного калибра

Fig. 2. Iris Nevus. А, В, Д — slit photography. Б — OCTA: net-like type of vessels pattern, uneven lumen of the vessel (arrows). Г — OCTA: vessels are positioned axially; it is impossible to estimate their lumen. Е — inherent vasculature is presented as a ball of vessels. Their lumen assessment is partially obstructed. The only estimable vessel has an even lumen

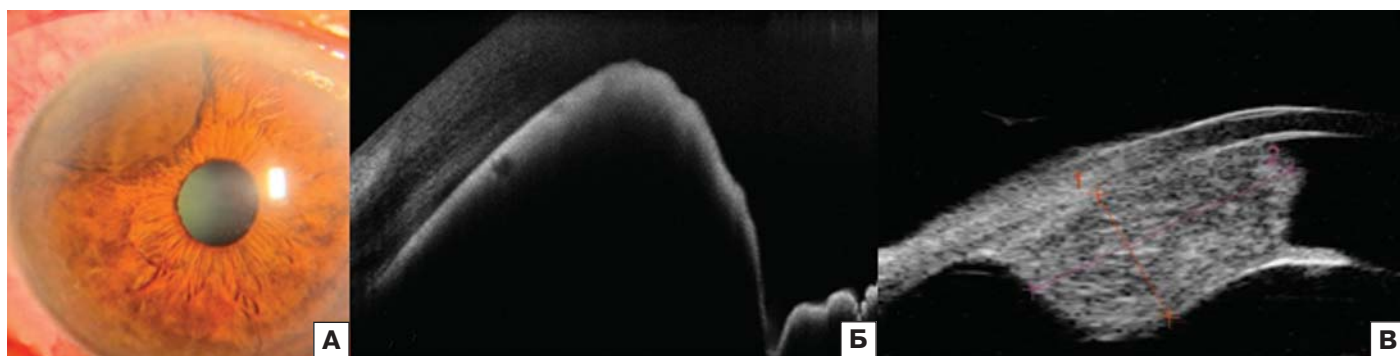


Рис. 3. Иридоцилиарная меланома. А — фоторегистрация. Б — ОКТ: блокирование сигнала на уровне поверхности новообразования, полноценная визуализация опухоли затруднена. В — УБМ: новообразование иридоцилиарной зоны. Визуализация опухоли в полном объеме
Fig. 3. Iris and ciliary body melanoma. А — slit photography. Б — OCT: signal is blocked at the tumor's surface; complete tumor visualization is obstructed. В — UBM: tumor of iris and ciliary body is completely visualized

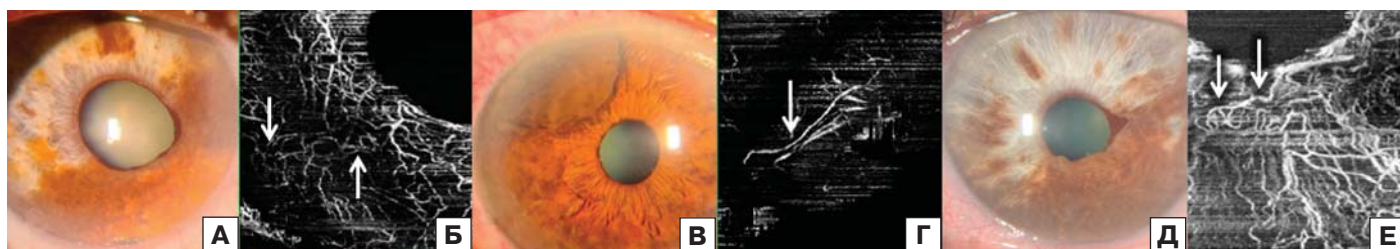


Рис. 4. Меланома радужки. А, В, Д — фоторегистрация. Б — ОКТА: хаотичная ориентация сосудов, у части из них просвет неравномерный. Локальное формирование сосудистых петель и сетей (стрелки). Г — ОКТА: сосуды ориентированы вдоль оси новообразования (стрелка). Е — ОКТА: хаотичная ориентация сосудов: неравномерный просвет сосуда (стрелки)
Fig. 4. Iris melanoma. А, В, Д — slit photography. Б — OCTA: vessels are disorderly oriented, some of them have uneven lumen. Zones of vessel loops and nets formation are observed (arrows). Г — OCTA: vessels are oriented by the tumor axis (arrow). Е — OCTA: vessels are disorderly oriented, their lumen is uneven (arrows)

Нами проанализированы результаты исследований пациентов, находящихся под динамическим наблюдением. В 24 (70,6%) из 34 случаев оценка сосудистой сети новообразования была затруднена: вследствие экранирования сигнала — 22 глаза и вследствие близкого расположения очага к роговице, что провоцировало появление проекционных артефактов (2 глаза). У 6 (17,6%) пациентов ангиоархитектоника ПОГ в зоне патологического процесса соответствовала норме, и в 4 (11,8%) случаях визуализировались собственные сосуды новообразования. Из них на 2 томограммах сосуды имели вид клубка, в одном случае были представлены тонкими извитыми сосудами, еще в одном — не имели четкой организации, были расположены вдоль продольной оси новообразования. Просвет сосудов был как равномерным (2 глаза), так и неравномерным (2 глаза). MVD патологических процессов в случаях, когда пациентам было рекомендовано динамическое наблюдение, составила 29,3%.

Интерес представляют случаи редкой патологии ПОГ.

У пациента с аденомой Фукса ЦТ на эхограмме визуализировался гипозоногенный очаг с неоднородной структурой, четкими границами, смещающий радужку впереди. ОКТ была малоинформативна — опухоль не визуализировалась, определялась лишь локальная проминенция радужки в данной области, при этом линия пигментного эпителия была сохранена. По данным ОКТА патологических изменений сосудов подлежащей радужки и конъюнктивы не выявлено. MVD конъюнктивы составила 40,8%.

В случае иридоцилиарной меланоцитомы при УБМ визуализировался гипозоногенный очаг с неоднородной структурой без четких границ. Линия пигментного эпителия в зоне патологического процесса не визуализировалась. На

томограмме отмечалось блокирование сигнала в зоне опухоли, при этом также наблюдалось нарушение целостности пигментного эпителия в зоне врастания неоплазии в ЦТ. Визуализация сосудов самого новообразования была затруднена вследствие блокирования сигнала. Прилежащие сосуды радужки и конъюнктивы в проекции не были изменены.

У пациента с пороком развития ПОГ при эхографическом исследовании определялся участок локального утолщения радужки без четких границ, более гипозоногенный, чем ее перифокальные отделы. ОКТ выявила следующие изменения: изорефлективное проминирующее образование с неровной поверхностью, с проминенцией задней поверхности радужки в заднюю камеру. При применении ОКТА обнаружено, что очаг блокирует сигнал и оценка собственной васкуляризации невозможна. В прилежащем отделе радужки визуализировались сосуды, лишенные обычной извитости вследствие деформации зрачка в данной зоне.

У пациента с меланоцитозом радужки результаты УБМ и ОКТ ПОГ были идентичными: определялось повышение рефлективности радужки до ее средних слоев, а сосудистый рисунок соответствовал нормальному.

Следует отметить, что формирование сосудистого клубка либо сетей характерно для всех новообразований, независимо от их природы. Однако ориентация сосудов вдоль продольной оси очага в нашем исследовании была присуща только меланомам, к тому же при злокачественном характере новообразования чаще выявлялись сосуды неравномерного калибра.

Нами были дополнительно изучены характеристики собственной сосудистой сети новообразований, экранировавших ОКТ-сигнал. Сосудистая сеть в виде гипозоногенных

точек или ячеек визуализировалась в большинстве случаев (65,4%). В ряде случаев (23,5%) сосуды более крупного просвета располагались ближе к вершине опухоли, которая, вероятно, является зоной активного роста опухоли.

В 34,6% визуализация собственных сосудов с использованием УБМ была затруднена, что, возможно, объяснилось малым размером патологического очага. При толщине опухоли менее 0,92 мм и диаметре менее 5,27 мм сосудистые стволы в толще не определялись.

ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение микрососудистого русла патологических очагов при подозрении на новообразование радужки или ЦТ является перспективным направлением диагностики, так как другие методы визуализации, применяемые для уточнения васкуляризации внутриглазных новообразований задней локализации, малоинформативны при передней локализации процесса ввиду малого диаметра сосудов и низкой скорости кровотока в них.

Как было указано выше, ФАГ, являющаяся золотым стандартом визуализации сосудистой сети ПОГ, имеет ряд недостатков по сравнению с ОКТА. К преимуществам метода ОКТА можно отнести отсутствие явления ликеджа, маскирующего микрососудистую сеть [13, 17]. Ранее было также показано, что при значительной пигментации стромы радужки ОКТА более информативна, чем ФАГ [13].

В настоящее время в зарубежной литературе имеются работы, посвященные возможностям применения ОКТА в диагностике патологии ПОГ. Некоторые авторы [9, 13, 25] представили основные качественные характеристики сосудистой сети радужки в норме в виде радиальной ориентации сосудов по направлению к зрачку, что согласуется с результатами нашего исследования. Нами впервые в России определены нормальные значения MVD радужки по квадрантам и выявлена обратная корреляция степени пигментации радужки с количеством видимых сосудов.

N. Brouwer и соавт. [26] при оценке качественных и количественных характеристик увеальных новообразований описали различные варианты хода сосудов в них, а при измерении показателя VD не выявили разницы между доброкачественными и злокачественными опухолями. Результаты нашей работы показали, что сосудистая сеть невусов и меланом включает преимущественно извитые сосуды, образующие петли, клубки, переплетения по типу сети. Ориентация сосудистых стволов вдоль оси опухоли характерна лишь для увеальных меланом, также в них чаще, чем в невусах, отмечался неравномерный просвет сосудов. В отличие от данных N. Brouwer и соавт., в нашем

исследовании показатели MVD были различными для злокачественных и доброкачественных опухолей. Показатели LVD и PVD невусов радужки не превышали нормальные. В случаях увеальных меланом значения LVD приближались к максимальной границе нормы, остальные показатели соответствовали VD группы контроля.

По данным A. Skalet и соавт. [9] сосудистый рисунок увеальных невусов близок к нормальной ангиограмме радужки, а значение VD выше в увеальных меланом, чем в невусах, что совпадает с полученными нами результатами.

Меньшее, чем в норме, значение VD для новообразований радужки можно объяснить тем, что в норме радиально ориентированные сосуды радужки попадают в «поисковое окно» на протяжении, а в опухолях сосуды могут иметь разную направленность, в том числе аксиальную. Вследствие этого сосудистые стволы могут не визуализироваться, поскольку поток, параллельный падающему лазерному лучу, не приводит к сигналу декорреляции и способствует снижению значений показателя плотности распределения сосудов в объеме ткани (VD) [27].

Следует отметить, что поскольку ОКТА-сканеры разработаны для визуализации заднего отдела глаза, адаптация режима для исследования ПОГ привела к появлению некоторых ограничений.

Во-первых, необходимо корректировать протоколы сканирования и использовать специальную оптику для ПОГ. Во-вторых, для ОКТ-сигнала существует как порог распознавания минимальной скорости движения крови по сосудам, так и предел их насыщаемости. Ранее W. Lee и соавт. [27] предположили, что вследствие этого сосуды с низкой скоростью кровотока (сосуды малого диаметра) могут хуже поддаваться детекции. A. Spaide и соавт. [28] указывают на одинаковую яркость микрососудов вследствие насыщаемости сигнала на изображениях ОКТА. Поэтому с помощью ОКТА невозможно дифференцировать сосуды с низкой и высокой скоростью кровотока. В-третьих, так как программное обеспечение приборов разработано для заднего отдела глаза, возможно появление артефактов и, соответственно, недостоверная оценка плотности сосудов.

ОКТ и ОКТА переднего отдела глаза присущи те же артефакты, что и исследованию его заднего отдела: артефакт моргания, движения, проекции, эффекты «тени» и «зеркала» [29, 30].

Артефакт, связанный с абберацией оптической системы, а также артефакт сегментации неприменимы для ПОГ. Нами выделены специфические артефакты, снижающие

информативность при оценке ПОГ: артефакт пигментации (рис. 5), подразумевающий блокирование ОКТ-сигнала пигментированными очагами; артефакт положения (рис. 6), обусловленный проекцией помех роговицы в случаях расположения очага в области корня радужки.

Аналогичные данные получены и другими исследователями [9, 17, 26, 27]. С учетом большого количества и разнообразия артефактов использование показателей локальной и периферической сосудистой плотности при увеальной патологии в некоторых случаях нецелесообразно.

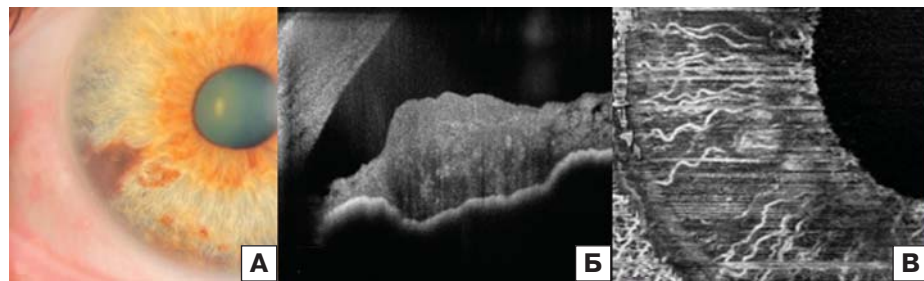


Рис. 5. Артефакт пигментации. А — фоторегистрация. Б — ОКТ: опухоль визуализируется полностью. В — ОКТА: зона блокирования ОКТ-сигнала, соответствующая локализации невуса радужки

Fig. 5. IPigmentation artifact. А — slit photography. Б — OCT: the tumor is completely visualized. В — OCTA: OCT signal is blocked at the site of the iris nevus location

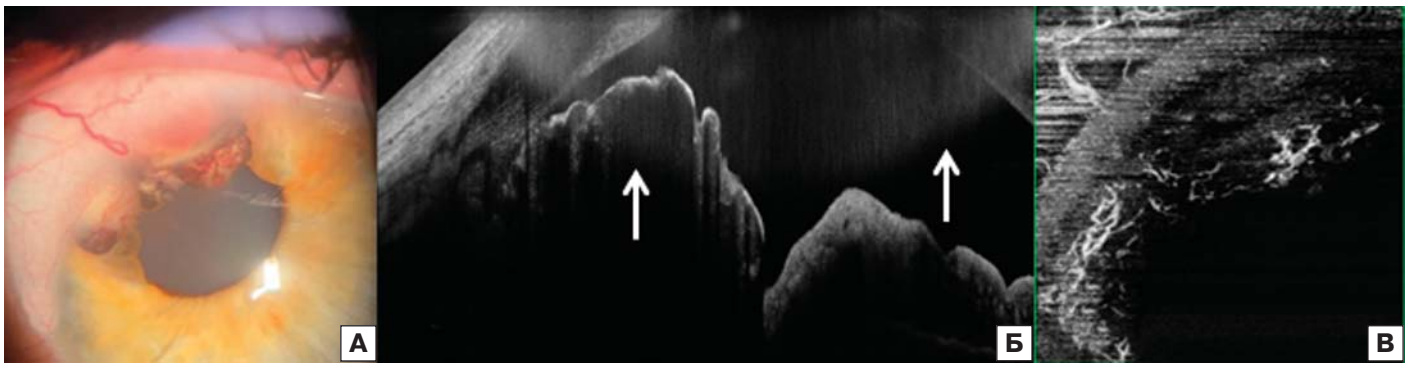


Рис. 6. Артефакт положения. А — фоторегистрация. Б — ОКТ: формирование проекционного артефакта, связанное с тесным контактом новообразования с роговицей (стрелки). В — ОКТА: в зоне контакта с роговицей сосуды новообразования не визуализируются.
Fig. 6. Location artifact. А — slit photography. Б — ОКТ: a projection artifact is formed due to the intimate contact of the tumor with cornea (arrows). В — ОКТА: at the site of the contact tumor's vessels are not visualized.

В-четвертых, при проведении ОКТА ПОГ существуют ограничения для визуализации глубокорасположенных сосудов в глазах с непрозрачной роговицей [27].

Таким образом, ОКТА является новым перспективным методом исследования гемодинамики в микрососудах ПОГ, который может использоваться для визуализации сосудистой сети ПОГ в норме и при патологии, несмотря на ряд ограничений. Для определения информативности ОКТА в диагностике различных заболеваний ПОГ необходимо проведение дальнейших исследований.

ВЫВОДЫ

1. ОКТА может быть использована для оценки сосудистой сети радужки в норме с наилучшей визуализацией при малом содержании пигмента в строме радужки (1–6-й классы по D. Maskey [24]).

2. Метод ОКТА позволяет определять собственные сосуды патологических очагов радужки и иридоцилиарной локализации, однако к факторам, ограничивающим информативность исследования, относятся: иррегулярная форма очага, интенсивная пигментация, тесный контакт с роговицей, провоцирующий проекционные артефакты.

3. При качественном анализе изображений ОКТА отличительными характеристиками меланомы радужки можно считать ориентацию собственных сосудов новообразования вдоль его продольной оси с преимущественной визуализацией сосудов с неравномерным просветом.

4. Количественная оценка изображений ОКТА показала, что значения MVD при невусах и доброкачественных процессах меньше, чем при меланоме (29,6 и 29,3% против 38,2%), однако малое количество случаев требует проведения дальнейших исследований.

5. Показатель VD конъюнктивы в проекции очага патологических изменений увеального тракта не превышает установленных ранее нормальных значений [31].

6. По данным УБМ меланомы сосудистого тракта чаще имеют гипоехогенную внутреннюю структуру, реже — гетерогенную, гиперэхогенная структура не отмечена.

Литература/References

1. Тульцева С.Н., Титаренко А.И., Руховец А.Г. Состояние глазного кровообращения у пациентов с окклюзией вен сетчатки молодого и среднего возраста. *Ученые записки СПбГМУ им. акад. И. П. Павлова*. 2017; XXIV (4): 29–34. [Tulceva S.N., Titarenko A.I., Ruhovec A.G. The state of ocular circulation in young and middle-aged patients with retinal vein occlusion. *Uchenye zapiski SPbGMU im. akad. I. P. Pavlova*. 2017; XXIV (4): 29–34 (In Russ.).]
2. Астахов Ю.С., Белехова С.Г., Руховец А.Г. О корреляции морфологических и функциональных показателей в исследованиях кровообращения глаза.

3. Киселева Т.Н., Котелин В.И., Лосанова О.А., Луговкина К.В. Неинвазивные методы оценки гемодинамики переднего сегмента глаза: перспективы применения в клинической практике. *Офтальмология*. 2017; 14 (4): 283–90. [Kiseleva T.N., Kotelin V.I., Losanova O.A., Lugovkina K.V. Noninvasive methods assessment blood flow in anterior segment and clinical application perspective. *Ophthalmology in Russia*. 2017; 14 (4): 283–90 (In Russ.).] doi: 10.18008/1816-5095-2017-4-283-290
4. Богинская О.А., Обрубов С.А. Диагностические возможности исследования гемодинамики глаза при близорукости. *Российская детская офтальмология*. 2014; (3): 27–32. [Boginskaja O.A., Obrubov S.A. Diagnostic possibilities of studying the hemodynamics of the eye in myopia. *Rossiyskaya detskaya oftalmologiya*. 2014; (3): 27–32 (In Russ.).]
5. Кривошеева М.С., Иойлева Е.Э. Оптическая когерентная томография — ангиография как метод неинвазивной диагностики патологии микроциркуляторного русла зрительного нерва и макулярной зоны сетчатки. *Российский офтальмологический журнал*. 2021; 14 (2): 90–5. [Krivosheeva M.S., Ioyleva E.E. Optical coherence tomography — angiography as a non-invasive method of pathology diagnosis of the microcirculatory bed of the optic nerve and macula. *Russian ophthalmological journal*. 2021; 14 (2): 90–5 (In Russ.).] doi: 10.21516/2072-0076-2021-14-2-90-95
6. Нероев В.В., Киселева Т.Н. ред. Ультразвуковые исследования в офтальмологии: Руководство для врачей. 1-е изд. Москва: Издательство ИКАР, 2019. [Neroev V.V., Kiseleva T.N. eds. Ultrasound in ophthalmology: A guide for physicians. 1 ed. Moscow: IKAR; 2019 (In Russ.).]
7. Захарова М.А., Куроедов А.В. Оптическая когерентная томография: технология, ставшая реальностью. *Клиническая офтальмология*. 2015; (4): 204–11. [Zakharova M.A., Kuroedov A.V. Optical coherence tomography: a technology that has become a reality. *Klinicheskaya oftalmologiya*. 2015; (4): 204–11 (In Russ.).]
8. Konopińska J, Lisowski Ł, Wasiluk E, Mariak Z, Obuchowska I. The effectiveness of ultrasound biomicroscopic and anterior segment optical coherence tomography in the assessment of anterior segment tumors: Long-term follow-up. *J Ophthalmol*. 2020; 1–8. doi: 10.1155/2020/9053737
9. Skalet AH, Li Y, Lu CD, et al. Optical coherence tomography angiography characteristics of iris melanocytic tumors. *Ophthalmology*. 2017; 124 (2): 197–204. doi: 10.1016/j.ophtha.2016.10.003
10. Амирян А.Г., Саакян С.В. Факторы прогноза увеальной меланомы. *Вестник офтальмологии*. 2015; 1: 90–4. [Amiryan A.G., Saakyan S.V. Prognostic factors for uveal melanoma. *Vestnik oftalmologii*. 2015; 1: 90–5 (In Russ.).] doi: 10.17116/oftalma2015131190-94
11. Akagi T, Uji A, Huang AS, et al. Conjunctival and intrascleral vasculatures assessed using anterior segment optical coherence tomography angiography in normal eyes. *Am J Ophthalmol*. 2018; 196: 1–9. doi: 10.1016/j.ajo.2018.08.009
12. Aicher NT, Nagahori K, Inoue M, Itoh Y, Hirakata A. Vascular density of the anterior segment of the eye determined by optical coherence tomography angiography and slit-lamp photography. *Ophthalmic Res*. 2020; 63 (6): 572–9. doi: 10.1159/000506953
13. Zett C, Stina DMR, Kato RT, Novais EA, Allemann N. Comparison of anterior segment optical coherence tomography angiography and fluorescein angiography for iris vasculature analysis. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2018; 256 (4): 683–91. doi: 10.1007/s00417-018-3935-7
14. Williams BK Jr, Di Nicola M, Ferenczy S, Shields JA, Shields CL. Iris microhemangiomas: clinical, fluorescein angiography, and optical

- coherence tomography angiography features in 14 consecutive patients. *Am J Ophthalmol*. 2018; 196: 18–25. doi: 10.1016/j.ajo.2018.08.011
15. Lan G, Xu J, Hu Z, et al. Design of 1300 nm spectral domain optical coherence tomography angiography system for iris microvascular imaging. *J Phys D: Appl. Phys.* 2021; 54: 1–11. doi:10.1088/1361-6463/abf577
 16. Бровкина А.Ф. Офтальмоонкология: Руководство для врачей. Москва: Медицина; 2002. [Brovkina A.F., ed. Ophthalmic oncology: A guide for physicians. Moscow: Meditsina; 2002 (In Russ.)].
 17. Allegrini D, Montesano G, Pece A. Optical coherence tomography angiography of iris nevus: A case report. *Case Rep Ophthalmol*. 2016; 7 (3): 172–8. doi: 10.1159/000450572
 18. Chien JL, Sioufi K, Ferenczy S, Say EAT, Shields CL. Optical coherence tomography angiography features of iris Racemose hemangioma in 4 Cases. *JAMA Ophthalmol*. 2017; 135 (10): 1106–10. doi: 10.1001/jamaophthalmol.2017.3390
 19. Kang AS, Welch RJ, Sioufi K, et al. Optical coherence tomography angiography of iris microhemangiomas. *Am J Ophthalmol Case Rep*. 2017; 6: 24–6. doi: 10.1016/j.ajoc.2017.03.003
 20. Mehta N, Liu K, Alibhai AY, et al. Impact of binarization thresholding and brightness/contrast adjustment methodology on optical coherence tomography angiography image quantification. *Am J Ophthalmol*. 2019; 205: 54–65. doi: 10.1016/j.ajo.2019.03.008
 21. Hau SC, Papastefanou V, Shah S, et al. Evaluation of iris and iridociliary body lesions with anterior segment optical coherence tomography versus ultrasound B-scan. *Br J Ophthalmol*. 2015; 99 (1): 81–6. doi: 10.1136/bjophthalmol-2014-305218
 22. Krema H, Santiago RA, Gonzalez JE, Pavlin CJ. Spectral—domain optical coherence tomography versus ultrasound biomicroscopy for imaging of nonpigmented iris tumors. *Am J Ophthalmol*. 2013; 156 (4): 806–12. doi: 10.1016/j.ajo.2013.05.025
 23. Janssens K, Mertens M, Lauwers N, et al. To study and determine the role of anterior segment optical coherence tomography and ultrasound biomicroscopy in corneal and conjunctival tumors. *J Ophthalmol*. 2016; 2016: 1–11. doi: 10.1155/2016/1048760
 24. Mackey DA, Wilkinson CH, Kearns LS, Hewitt AW. Classification of iris colour: review and refinement of a classification schema. *Clin Exp Ophthalmol*. 2011; 39 (5): 462–71. doi: 10.1111/j.1442-9071.2010.02487.x
 25. Roberts PK, Goldstein DA, Fawzi AA. Anterior segment optical coherence tomography angiography for identification of iris vasculature and staging of iris neovascularization: A pilot study. *Curr Eye Res*. 2017; 42 (8): 1136–42. doi:10.1080/02713683.2017.1293113
 26. Brouwer NJ, Marinkovic M, Bleeker JC, Luyten GPM, Jager MJ. Anterior segment OCTA of melanocytic lesions of the conjunctiva and iris. *Am J Ophthalmol*. 2021; 222: 137–47. doi: 10.1016/j.ajo.2020.09.009
 27. Lee WD, Devarajan K, Chua J, et al. Optical coherence tomography angiography for the anterior segment. *Eye Vis (Lond)*. 2019; 6: 4. doi: 10.1186/s40662-019-0129-2
 28. Spaide RF, Fujimoto JG, Waheed NK. Optical coherence tomography angiography. *Retina*. 2015; 35 (11): 2161–2. doi: 10.1097/IAE.0000000000000881
 29. Sampson DM, Dubis AM, Chen FK, Zawadzki RJ, Sampson DD. Towards standardizing retinal optical coherence tomography angiography: a review. *Light Sci Appl*. 2022; 11 (1): 63. doi: 10.1038/s41377-022-00740-9
 30. Iovino C, Peiretti E, Braghiroli M, et al. Imaging of iris vasculature: current limitations and future perspective. *Eye (Lond)*. 2022; 36 (5): 930–40. doi: 10.1038/s41433-021-01809-2
 31. Nampei K, Oie Y, Kiritoshi S, et al. Comparison of ocular surface squamous neoplasia and pterygium using anterior segment optical coherence tomography angiography. *Am J Ophthalmol Case Rep*. 2020; 20. doi: 10.1016/j.ajoc.2020.100902

Вклад авторов в работу: Т.Н. Киселева, С.В. Саакян — концепция и дизайн исследования, редактирование статьи; К.В. Луговкина, С.В. Милаш — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка данных, написание статьи; В.В. Макухина — сбор и обработка данных, написание статьи; Н.С. Измайлова — сбор и обработка данных, редактирование статьи; Н.Ф. Мусова, А.А. Жаров — сбор и обработка данных.

Authors' contribution: T.N. Kiseleva, S.V. Saakyan — concept and design of the study, editing of the article; K.V. Lugovkina, S.V. Milash — concept and design of the study, data collection and processing, writing of the article; V.V. Makukhina — data collection and processing, article writing; N.S. Izmailova — data collection and processing, article editing; N.F. Musova, A.A. Zharov — data collection and processing.

Поступила: 19.10.2022. Переработана: 20.10.2022. Принята к печати: 27.10.2022
Originally received: 19.10.2022. Final revision: 20.10.2022. Accepted: 27.10.2022

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

¹ ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, ул. Садовая Черногорязская, д. 14/19, 105062, Москва, Россия
² ФГБОУ ВО «МГМСУ им. А.И. Евдокимова» Минздрава России, ул. Де-легатская, д. 20, Москва, 127473, Россия

Татьяна Николаевна Киселева — д-р мед. наук, профессор, начальник отдела ультразвуковых исследований¹, ORCID 0000-0002-9185-6407

Светлана Вагвовна Саакян — чл.-корр. РАН, д-р мед. наук, профессор, начальник отдела офтальмоонкологии и радиологии¹, заведующая учебной частью кафедры глазных болезней², ORCID 0000-0001-8591-428X

Виктория Валерьевна Макухина — аспирант отдела ультразвуковых исследований¹, ORCID 0000-0002-6238-309X

Ксения Вадимовна Луговкина — канд. мед. наук, старший научный сотрудник отдела ультразвуковых исследований¹, ORCID 0000-0002-3531-3846

Сергей Викторович Милаш — канд. мед. наук, научный сотрудник отдела патологии рефракции бинокулярного зрения и офтальмо-эргономики¹, ORCID 0000-0002-3553-9896

Нелли Фузельевна Мусова — врач-офтальмолог онкологического кабинета взрослого консультативно-поликлинического отделения¹, ORCID 0000-0003-0908-6018

Наталья Сергеевна Измайлова — канд. мед. наук, начальник отдела патологической анатомии и гистологии¹, ORCID 0000-0002-4713-5661

Андрей Александрович Жаров — научный сотрудник отдела патологической анатомии и гистологии¹, ORCID 0000-0003-1103-6570

Для контактов: Виктория Валерьевна Макухина, makuhvik@mail.ru

¹ Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases, 14/19, Sadovaya Chernogryazskaya St., Moscow, 105062, Russia

² A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, 20, Delegatskaya St., Moscow, 127473, Russia

Tatiana N. Kiseleva — Dr. of Med. Sci., professor, head of ultrasound diagnostic department¹, ORCID 0000-0002-9185-6407

Svetlana V. Saakyan — corresponding member of RAS, Dr. of Med. Sci., professor, head of department of ocular oncology and radiology¹, head of educational unit of chair of ophthalmology², ORCID 0000-0001-8591-428X

Viktoria V. Makukhina — PhD student of ultrasound diagnostic department¹, ORCID 0000-0002-6238-309X

Ksenia V. Lugovkina — Cand. of Med. Sci., senior researcher of ultrasound diagnostic department¹, ORCID 0000-0002-3531-3846

Sergey V. Milash — Cand. of Med. Sci., researcher of department of refraction pathology, binocular vision and ophthalmocergonomics¹, ORCID 0000-0002-3553-9896

Nelly F. Musova — ophthalmologist of outpatient clinic of the oncology department¹, ORCID 0000-0003-0908-6018

Natalya S. Izmailova — Cand. of Med. Sci., head of pathomorphological department¹, ORCID 0000-0002-4713-5661

Andrey A. Zharov — researcher of pathomorphological department¹, ORCID 0000-0003-1103-6570

For contacts: Viktoria V. Makukhina, makuhvik@mail.ru