прилегания ее к поверхности грудной клетки и равномерного скольжения при движениях верхней конечности.

Таким образом, для достижения хороших результатов до оперативного лечения необходимо тщательно обследовать ребенка, определить форму лопаточной кости. Обязательным условием является полная коррекция и адаптация к поверхности грудной клетки проксимального отдела и тела лопаточной кости, которое предотвращает развитие деформации лопаточной кости в отдаленном периоде после лечения и рецидива заболевания.

Литература/References:

1. Комолкин И.А., Агранович О.Е., Клинические варианты деформации грудной клетки (Обзор литературы). Гений ортопедии. 2017; 23 (2): 241-247.
2. Поздеев А.А. Оперативное лечение тяжелых форм врожденного высокого стояния лопатки у детей. Вестник хирургии им. И.И. Грекова. 2006;.165 (1): 56-61.
3. Cho T.J., Choi I.H., Chung C.Y., Hwang J.K. The Sprengel deformity: morphometric analysis using 3D-CT and its clinical relevance. J. Bone Joint Surg. 2000; 82: 711-718.
4. Dilli A., Ayaz U.Y., Damar C., Ersan O., Hekimoglu B. Sprengel deformity: magnetic resonance imaging findings in two pediatric cases. J. Clin. Imag. Science. 2011; 1: 17-20.
5. Elzohairy M.M., Salama A.M. Sprengel's deformity of the shoulder joint treated by woodward operation. Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol. 2019; 29: 37-45.
6. Fontecha C.G., Navarro Cano E.N., Soldado F., Barber I. Severe Sprengel's deformity associated with Klippel-Feil syndrome and a complex vascular abnormality that determined the corrective surgery technique. J. Pediatr. Orthop. B. 2014; 23: 589-593.
7. Satis S., Alparslan N., Tuna M., Dere O., Yetisgin A. Bilateral multilevel cervical rib and bilateral omovertebra in Klippel-Feil syndrome. World Neurosurg. 2020; 136: 62-65.
8. Stelzer J.W., Flores M.A., Mohammad W., Esplin N., Mayl J.J., Wasyliw C. Klippel-Feil syndrome with Sprengel's deformity and extensive upper extremity deformity: A case report and literature review. Case Rep. Orthop. 2018; 2018: 5796730.
9. Weinstein S.L., Buckwalter J.A. Ortopedia de Turek: princípios e sua aplicação. 5a ed. Manole; São Paulo: 2000; 400-401.

УДК:617.713-007.681-073.756.8

ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ РОЛЬ ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ТОМОГРАФИИ АНГИОГРАФИИ ПРИ ПЕРВИЧНОЙ ОТКРЫТОУГОЛЬНОЙ ГЛАУКОМЫ

Туйчибаева Д.М.[1,a], Дусмухамедова А.М.[2,b]

[1] *PhD, доцент, Ташкентский государственный стоматологический институт*

[2]*ассистент, Ташкентский государственный стоматологический институт*

[a] *dilya.tuychibaeva@gmail.com,* [b] *dr.adolat1666@gmail.com*

Аннотация

В обзоре представлены данные зарубежной литературы о диагностической ценности оптической когерентной томографии ангиографии (ОКТ-А), как о методе исследования микроциркуляторного русла глаза в ранней диагностике и мониторинге глаукомы. Многочисленными зарубежными исследователями изучены показатели ОКТ-А, дающие сведения об анатомии и физиологии микроциркуляции сетчатки и диска зрительного нерва. ОКТ-А может обеспечить оценку сосудистой сети в пределах

зрительного нерва, перипапиллярной поверхностной сетчатки, желтого пятна и парапапиллярной сосудистой оболочки при глаукоме. Плотность перипапиллярных поверхностных сосудов сетчатки позволяет диагностировать и обнаруживать прогрессирование глаукомы, а также толщину перипапиллярных СНВС. Снижение плотности перипапиллярных сосудов неповрежденного поля или незатронутых глаукомных глаз указывает на то, что сосудистые изменения могут произойти до заметного повреждения поля зрения.

Ключевые слова: оптическая когерентная томография ангиография, первичная открытоугольная глаукома, микроциркуляция сетчатки и диска зрительного нерва.

BIRLAMCHI OCHIQ BURCHAKLI GLAUKOMADA ANGIOGRAFIYANING OPTIK KOGERENT TOMOGRAFIYASINING DIAGNOSTIK ROLI.

Tuychiboeva D.M.[1, a], Do'smuxamedova A.M.[2, b].
[1] *PhD dotsent, Toshkent davlat stomatologiya instituti*
[2] *assistent, Toshkent davlat stomatologiya instituti*
[a] *dilya.tuychibaeva@gmail.com,* [b] *dr.adolat1666@gmail.com*

Annotatsiya

Maqolada glaukomani erta tashxislash va monitoring qilishda ko'zning mikrovaskulator tizimini o'rganish usuli sifatida optik kogerent tomografiya angiografiyasining (OKT-A) diagnostik ahamiyati bo'yicha xorijiy adabiyotlardan olingan ma'lumotlar keltirilgan. Ko'plab xorijiy tadqiqotchilar tomonidan ko'zning to'r pardasi va ko'ruv nervi diski anatomiyasi va fiziologiyasi mikrosirkulyatsiyasining haqida ma'lumot beruvchi OKT-A indekslarini o'rganilib chiqilgan. OKT-A glaukomada ko'ruv nervi diski, to'r parda peripapillar yuzasi, makula va parapapillar to'r parda sohasi ichidagi qon tomirlarini baholashi imkoniga ega. Peripapillar to'r parda yuzasi tomirlarning zichligi glaukomaning rivojlanishini tashxislash va aniqlash, shuningdek peripapillar TNTQ qalinligini aniqlash imkonini beradi. Ko'rish maydoni zararlanmagan yoki glaukomatoz o'zgarishlar sodir bo'lmagan ko'zlarning peripapillar tomirlari zichligining pasayishi, ko'rish maydonining sezilarli shikastlanishidan oldin qon tomir o'zgarishlar sodir bo'lishi mumkinligini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: optik kogerent tomografiya angiografiyasi, birlamchi ochiq burchakli glaukoma, ko'zning to'r pardasi va ko'ruv nervi diskining mikrosirkulyatsiyasi.

DIAGNOSTIC ROLE OF OPTICAL COHERENT TOMOGRAPHY OF ANGIOGRAPHY IN PRIMARY OPEN-ANGLE GLAUCOMA

Tuychibaeva D.M. [1, a], Dusmukhamedova A.M. [2, b]
[1] *PhD, Associate Professor, Tashkent State Dental Institute*
[2]*assistant, Tashkent State Dental Institute*
[a] *dilya.tuychibaeva@gmail.com,* [b] *dr.adolat1666@gmail.com*

Annotation

The review presents data from foreign literature on the diagnostic value of optical coherence tomography angiography (OCT-A) as a method for studying the microvasculature of the eye in early diagnosis and monitoring of glaucoma. Numerous foreign researchers have studied the OCT-A parameters, which provide information on the anatomy and physiology of the microcirculation of the retina and the optic nerve head. OCT-A can provide an assessment of the vasculature within the optic nerve, peripapillary superficial retina, macula, and parapapillary choroid in glaucoma. The density of the peripapillary superficial retinal vessels allows the diagnosis and detection of the progression of glaucoma, as well as the thickness of the peripapillary RNFL. A decrease in the density of the peripapillary vessels of the intact field or unaffected glaucomatous eyes indicates that vascular changes may occur before noticeable damage to the visual field.

Key words: optical coherence tomography angiography, primary open-angle glaucoma, microcirculation of the retina and optic nerve head.

Глаукома – одно из самых значимых офтальмологических заболеваний, которое при позднем выявлении и отсутствии своевременного лечения, корректируемого в зависимости от состояния больного, приводит к слепоте. Это связано с тем, что наиболее распространенной является открытоугольная форма глаукомы, протекающая в большинстве случаев без каких-либо субъективных проявлений и незаметно для самого человека. По данным зарубежных авторов, не смотря на национальные программы борьбы с данной патологией в мире на 80 - 105 миллионов учтенных больных глаукомой, насчитывается не менее 50-60 миллионов неучтенных [5]. В России, по данным В.В. Нероева [6], от глаукомы страдают около 1 млн человек (711 пациентов на 100 тыс. населения), а среди учтенных 218 тыс. слепых и слабовидящих значительная доля приходится на больных глаукомой. По данным отечественных исследований в Узбекистане ежегодная распространенность глаукомы в среднем по стране составляет 161,2±0,9 случаев на 100000 взрослого населения, каждый год на 100 000 взрослого населения выявляется 39,8±0,4 новых случаев глаукомы (P≤0,05) [10,12]. Уровень общей инвалидизации больных при данной патологии в целом по Узбекистану составляет 17,7 на 100 больных глаукомой [1,2,12,14].

По определению Европейского глаукомного общества первичная открытоугольная глаукома (ПОУГ) это хроническая, прогрессирующая оптическая нейропатия, которая характеризуется морфологическими изменениями в головке зрительного нерва и слоя нервных волокон сетчатки при отсутствии других глазных заболеваний и врожденных аномалий. При этом происходит прогрессивная гибель ганглионарных волокон сетчатки и сужение полей зрения.

Развитие ПОУГ в настоящее время принято рассматривать как цепь взаимодействия этиологических и патогенетических факторов, среди которых ведущая роль отводится генетической предрасположенности, изменениям общего характера, ишемии, первичным местным функциональным и дистрофическим изменениям, нарушениям гидростатики и гидродинамики глаза, повышению внутриглазного давления (ВГД), сосудистым расстройствам, дистрофии и дегенерации тканей [24].

По данным зарубежной литературы имеются доказательства того, что сосудистые факторы тесно связаны с патогенезом глаукомы [10]. В прошлом отсутствовали эффективные неинвазивные инструменты для изучения механизма сосудистых факторов при глаукоме [12]. Для оценки сосудистой сети сетчатки и сосудистой сети хориоидеи обычно использовались такие как ангиография с флуоресцеином или индоцианином зеленым. [23]

Энтопический феномен, синего поля и сканирующая лазерная доплеровская флоуметрия были успешно реализованы для исследования изменений кровотока в сетчатке. Эти методы показали, что для поддержания относительно постоянного уровня кислорода в сетчатке скорость кровотока в сетчатке снижается с увеличением парциального давления кислорода в артериальной крови (гипероксия). Другие методы, использующие лазерную доплеровскую велосиметрию и доплеровскую оптическую когерентную томографию (ОКТ), позволили измерить уменьшение диаметра кровеносных сосудов сетчатки и кровотока во время гипероксии. [6,19]

Оптическая когерентная томография хорошо охарактеризовала себя в клинической офтальмологии для структурной визуализации и оценки заболеваний. ОКТ обеспечивает получение поперечных и трехмерных (3D) изображений биологических тканей и в настоящее время является частью стандарта медицинской помощи в офтальмологии [18]. Однако обычная ОКТ чувствительна только к интенсивности обратно рассеянного света и неспособна непосредственно обнаружить кровоток и сосудистые аномалии, такие как выпадение капилляров или патологический рост сосудов (неоваскуляризация), которые

являются основными сосудистыми аномалиями, связанными с двумя основными причинами слепоты. , возрастная дегенерация желтого пятна (AMD) и пролиферативная диабетическая ретинопатия (PDR) [17]. Современные методы визуализации этих аномалий требуют внутривенного введения контрастного вещества на основе красителя, такого как флюоресцентная ангиография (FA) или ангиография индоцианинового зеленого (ICG).

Недавнее развитие ОКТ-ангиографии позволило картировать глазное кровообращение вплоть до капиллярного уровня. ОКТ-А использует принцип движения дифракционных частиц движущихся эритроцитов для определения местоположения сосудов через различные сегменты глаза без необходимости использования каких-либо внутрисосудистых красителей. [20] Такой подход устраняет риск и сокращает время, связанное с инъекциями красителя [31], что делает его более доступным для клинического использования, чем FA или ICG. Новый метод 3D-ангиографии ОКТ, называемый ангиографией с декорреляцией амплитуды с разделенным спектром (SSADA), может обнаруживать связанную с движением декорреляцию амплитуды на имеющихся в продаже машинах ОКТ. Используя этот алгоритм, контраст между статической и нестатической тканью позволяет визуализировать кровоток, обеспечивая карты микрососудистых сетей с высоким разрешением в дополнение к обычным структурным изображениям ОКТ [19]. *Прямая* проекция максимальной декорреляции в анатомических слоях (пластинах) может давать ангиограммы, аналогичные традиционной ангиографии FA и ICG [23]. Технология ОКТ-А позволяет отображать поток в сетчатке, а сосудистую сеть хориоидеи можно отображать на поверхности с закодированными по глубине пластинами. Эти плиты представлены вместе со структурными B сканами ОКТ. Вместе они обеспечивают детальную визуализацию глубокого сосудистого сплетения сетчатки и хориокапилляров, которые не были хорошо визуализированы с помощью предыдущих методов визуализации. Из-за высокой чувствительности к движению во время формирования изображений ОКТ-А в устройствах обычно реализуются методы отслеживания взгляда для улучшения визуализации и уменьшения фоновых помех. Наиболее заметными из используемых методов являются метод декорреляции амплитуды с разделением спектра и метод усреднения объема. [14]

Важно отличать различия между допплеровской ОКТ и ОКТ-А. Хотя оба они используют информацию о фазе, допплеровская ОКТ количественно определяет кровоток в более крупных сосудах и измеряет общий кровоток сетчатки с использованием фазового сдвига, в то время как ОКТА анализирует рассеяние от статической фоновой ткани для создания ангиограмм. [17]

Метод получения изображений ОКТ-А позволяет проводить тандемный просмотр коррелирующих фронтальных и поперечных B-сканов, что позволяет оценивать анатомические особенности с микрососудистыми особенностями, визуализированными на ОКТА.

Клиническое значение ОКТ-А продолжает расти по мере роста использования технологии. Три области, доказавшие полезность ОКТ-А, касаются глаукомы, увеита и различных патологий сетчатки. Исследования ПОУГ с помощью оптической когерентной томографической ангиографии (ОКТ-А) показало, что плотность перипапиллярных сосудов была ниже, что продемонстрировало хорошую диагностическую способность глаукомы [7]. Предыдущие исследования использовали ОКТА для выявления пространственных характеристик плотности перипапиллярных сосудов при глаукоме в основном в среднем и квадрантах, которые, однако, были ограничены недостаточным использованием данных из каждого часового сектора [11].

Y. Jia и соавт., используя ОКТ-А, основанную на методе SSADA, сравнили индекс кровотока в ДЗН у больных с глаукомой и у здоровых лиц и выявили его достоверное снижение на 25 % при ПОУГ. Они также показали хорошую воспроизводимость результатов данного метода и пришли к выводу, что он может быть использован для ранней диагностики и мониторинга глаукомы [17].

L. Liu и соавт. [18], применив метод ОКТ-А, выявили достоверное снижение как плотности сосудов в перипапиллярной сетчатке (ППС), так и индекса кровотока в ней у больных глаукомой по сравнению со здоровыми обследуемыми аналогичного возраста. Плотность сосудов ППС оказалась достоверно сниженной при глаукоме, а сам по себе этот показатель имел высокую диагностическую ценность для раннего выявления глаукомы (площадь под ROC составила 0,94). Близкие данные были получены для индекса кровотока в перипапиллярной области (Peripapillary Flow Index): площадь под ROC = 0,89. Чувствительность и специфичность для него составили 58 и 100 % соответственно, а для плотности сосудов в этой области — 83 и 91 % соответственно. Важно, что оба показателя имели высокую корреляцию с периметрическим индексом PSD (r = -0,8). Таким образом, полученные в этом исследовании данные продемонстрировали более значительную корреляцию между показателями ОКТ-А и периметрическими индексами, чем описанные в литературе данные корреляции между структурными и функциональными изменениями при глаукоме. Это может иметь важное значение для ранней диагностики заболевания.

Возможную роль ОКТ-А в мониторинге глаукомы показали в своем недавнем исследовании X. Wang и соавт. [32]. Разделив больных на группы по стадиям (в соответствии с периметрическим индексом MD), авторы обнаружили достоверное снижение как индекса кровотока, так и плотности сосудов на ДЗН в более продвинутых стадиях заболевания, а также при сравнении глаукомных больных со здоровыми обследуемыми. Важно, что оба параметра ОКТ-А имели высокую корреляцию с периметрическими индексами (MD, PSD), а также со структурными показателями (площадью неврального ободка, экскавацией ДЗН, слоя нервных волокон сетчатки (СНВС)). Но наиболее значимая связь была обнаружена с толщиной комплекса ганглиозных клеток. Авторы даже высказали предположение: снижение индекса кровотока и плотности сосудов на ДЗН могут служить прогностическим критерием истончения ганглиозных клеток сетчатки (ГКС). Тем не менее данное исследование все еще не позволяет ответить на главный вопрос: являются ли нарушения в гемодинамике ДЗН причиной или следствием глаукомного поражения, но вполне возможно, что применение такого метода, как ОКТ-А в мониторинге больных глаукомой приближает нас к ответу на этот вопрос. Авторы предполагают, что снижение индекса кровотока и плотности сосудов вторично. Но, как бы то ни было, метод ОКТ-А, являясь неинвазивным и легко доступным, со временем вполне может быть введен в рутинную практику как для скрининговых обследований на глаукому, так и при мониторировании заболевания. Примечательно, что в этом исследовании не было обнаружено корреляции новых параметров ОКТ-А (индекса кровотока и плотности перипапиллярных сосудов) ни с возрастом, ни с внутриглазным давлением (ВГД). Это относится как к здоровым, так и к больным глаукомой. Сами авторы подчеркнули, что их исследование имело ограничение ввиду того, что больные глаукомой продолжали получать местные гипотензивные препараты на момент проведения ОКТ-А, что могло повлиять на результаты.

P. Lévêque и соавт. [31] исследовали плотность микрососудистой сети ДЗН (протокол Whole En Face) и обнаружили ее снижение при глаукоме по сравнению с контрольной группой. Это различие было особенно заметным в височной области. Общая плотность сосудов ДЗН была снижена на 24,7 % (0,412 ± 0,117 против 0,547 ± 0,077, $p<0,0001$) в группе с ПОУГ по сравнению с контрольной группой. Плотность сосудов ДЗН в височном секторе при глаукоме была на 22,88 % ниже, чем в контроле (0,364 ± 0,150 против 0,472 ± 0,105, $p = 0,001$). При этом была выявлена корреляция плотности сосудов в височном секторе с площадью нейроретинального пояска ($p = 0,624$; $p<0,0001$), толщиной СНВС ($p = 0,448$; $p = 0,001$) и толщиной ГКС ($p = 0,395$; $p = 0,004$). Кроме того, изучаемый показатель ОКТ-А также коррелировал с периметрическим индексом MD 24-2 ($p = 0,385$; $p = 0,007$), но не с PSD 24-2 [4].

Исследования российских авторов (Курышева Н.И., Маслова Е.В., Трубилина А.В., Лагутин М.Б. 2016г.) исследование выявило снижение параметров ОКТ-А как в ППС, так и

в ДЗН. Индекс перипапиллярного кровотока снижался при начальной глаукоме на 16,4 % ($p < 0,002$), а в продвинутые стадии — на 32,8 % ($p < 0,02$) по сравнению с контролем. Плотность сосудистого русла в ППС и внутри ДЗН уменьшалась при начальной глаукоме на 16,2 % ($p < 0,001$) и 9,8 % ($p = 0,001$), а в продвинутые стадии — на 39,6 % ($p < 0,001$) и 24,9 % ($p < 0,001$) соответственно. При начальной глаукоме были получены высокие корреляции между плотностью сосудов микроциркуляторного русла ППС и периметрическими индексами MD ($r = 0,44$, $p < 0,001$) и PSD ($r = -0,42$, $p = 0,001$). Кроме того, ими было установлено, что плотность капиллярной сети в ДЗН и ППС имела приоритет над прочими структурными и функциональными параметрами в раннем выявлении глаукомы (z-value = 3,19; $p = 0,002$; AUC = 0,75), а плотность капиллярной сети в нижнетемпоральном секторе ППС — в мониторинге заболевания (z-value = 5,97; p-value < 0,0001; AUC = 0,94) [5].

Позднее G. Hollo , проведя сравнительный анализ участков выпадения капилляров в ППС и локальных дефектов полей зрения, выявил их полное совпадение, определив наиболее высокую диагностическую и прогностическую значимость нижнетемпорального сектора перипапиллярной сетчатки.

A. Yarmohammadi и соавт. [3] в 2016 г. опубликовали работу, где подробно рассмотрели, как изменяется плотность сосудов микроциркуляторного русла при глаукоме, включая препериметрическую стадию. По данным авторов, показатель плотности суммарно в ДЗН и ППС (wiVD) снижался с 56,6 % в здоровых глазах до 46,2 % при глаукоме. Снижался также показатель плотности сосудов в ППС. В данной работе был сделан важный вывод об отсутствии зависимости плотности сосудистой сети в ДЗН от его размеров. Кроме того, авторы обнаружили, что плотность сосудов микроциркуляторного русла ДЗН и ППС имеет ту же диагностическую ценность в выявлении глаукомы, что и общепринятое измерение толщины СНВС. При этом площадь под ROC-кривой составила 0,94 для показателя wiVD, в то время как для СНВС этот показатель составил 0,92, а для размеров вертикальной экскавации ДЗН (ЭДЗН) — 0,83. Для ранней диагностики глаукомы, по мнению авторов, также наибольшую диагностическую ценность имел показатель wiVD, площадь под ROC для которого составила 0,7, в то время как для СНВС и ЭДЗН она равнялась 0,65. Ограничением этого исследования также явилось применение больными местных гипотензивных препаратов на момент проведения ангиографии. Кроме того, большинство больных глаукомой и с подозрением на это заболевание страдали гипертонической болезнью и принимали системные гипотензивные препараты, что также, по мнению авторов, могло отразиться на результатах ОКТ-А. Тем не менее работа A. Yarmohammadi и соавт. [25] имеет важное значение.

По сути, это второе исследование после работы X. Wang и соавт. [29], где было показано, что параметры, характеризующие микроциркуляторное русло ППС, коррелируют с функциональными показателями (периметрическими индексами), независимо от корреляции с морфофункциональными (структурными) данными. Таким образом, появилось еще одно подтверждение тому, что структурные изменения могут коррелировать с функциональными через посредство циркуляторных показателей. Это важный аспект с двух точек зрения. Во-первых, подобная корреляция важна, поскольку структурные изменения, как известно, слабо коррелируют с функциональными в начальную стадию глаукомы. Во-вторых, это позволяет предположить первичность сосудистых изменений в патогенезе заболевания.

Различие в плотности капиллярной сети ППС в начальной, развитой и далекозашедшей стадии ПОУГ было показано в работе L. Geyman и соавт. [16]. Этот показатель имел высокую корреляцию как с толщиной СНВС, так и с периметрическими индексами, не уступая им в диагностической значимости.

Роль ОКТ-А с целью диагностики препериметрической стадии глаукомы была показана недавно H. Akil и соавт. [7]. Согласно их данным, плотность капиллярной сети в ДЗН и ППС позволяет с высокой достоверностью дифференцировать больных с этой

стадией от здоровых лиц и от пациентов с начальной стадией ПОУГ, причем плотность капиллярной сети в ДЗН наиболее значительно коррелировала с толщиной СНВС, чем с какими-либо другими параметрами.

H. Rao и соавт. [11] провели сравнительное исследование методом ОКТ-А у больных ПОУГ и пациентов, страдающих закрытоугольной глаукомой (ЗУГ). Установлено, что значимость плотности сосудов в нижневисочных отделах ППС в диагностике заболевания сопоставима с толщиной СНВС, причем чувствительность данного параметра ОКТ-А возрастала по мере повышения тяжести глаукомы. Эти выводы были получены как в отношении ПОУГ, так и ЗУГ, что явилось неожиданными для авторов, полагавших, что при ЗУГ гемоперфузия ДЗН играет меньшую роль, чем при ПОУГ. Это можно объяснить тем обстоятельством, что, как и в прочих исследованиях, в данной работе больные продолжали применять местные гипотензивные и системные препараты. Важно также отметить, что обследованные больные глаукомой имели достаточно продвинутую стадию, судя по данным периметрических индексов, что не позволяло корректно судить о критериях ранней диагностики глаукомы. Важную роль снижения плотности капиллярной сети именно в нижневисочном секторе ППС в диагностике глаукомы подчеркивали многие авторы [12–14].

По мнению M. Suh и соавт. [24], это может быть связано с тем, что именно в этих отделах чаще всего встречаются локальные дефекты в решетчатой мембране склеры (РМС). По мнению авторов, подобные дефекты создают условия для атрофии нервной ткани и снижения микроциркуляции. Подтверждением тому является возникновение геморрагий в нижневисочном секторе по краю ДЗН, что весьма типично для глаукомы. В литературе высказывается мнение, что именно локальные дефекты в РМС наряду с повышением ВГД являются критическими для возникновения окклюзии капилляров как в самой мембране, так и в проходящих сквозь нее нервных волокнах [15].

H. Rao и соавт. [15] действительно обнаружили, что чем выше было ВГД на момент обследования больных глаукомой, тем меньше была плотность капиллярной сети (Vessel Density, VD) в ДЗН. Однако этот вывод не распространялся на аналогичный параметр в ППС и макуле, из чего авторы заключили, что снижение VD в этих отделах сетчатки не связано с ВГД [14]. В результате проведенных исследований мы впервые выявили приоритетность исследования плотности микроциркуляторного русла (показатель Vessel Density, VD) в макуле (фовеа и парафовеа) в диагностике глаукомы. Важно подчеркнуть, что исследование проводилось на фоне отмены местных гипотензивных препаратов. Данный показатель имел более высокую диагностическую ценность в раннем выявлении заболевания, чем VD в ДЗН и ППС (см. выше). Более того, он имел приоритет над такими важными структурными параметрами, как толщина СНВС и ганглиозного комплекса сетчатки. При этом VD макулы имел высокую корреляцию с указанными морфометрическими параметрами, а также с показателями паттерн-ЭРГ, что свидетельствует о связи функциональных расстройств при глаукоме с гемоперфузией ГКС [13]. Примечательно, что в дифференцировании начальной глаукомы от развитой важную роль играли также структурные параметры (толщина ГКС и объем фокальных потерь ГКС наряду с плотностью капиллярного русла в нижневисочном квадранте) [5, 14]. Высокую значимость ОКТ-А нижневисочного сектора обнаружили также H. Rao и соавт. [13]. Следует упомянуть, что в данном исследовании наряду с ППС и ДЗН оценивались параметры ОКТ-А в макулярной области, которые, по мнению авторов, уступали по своей диагностической значимости аналогичным показателям в ДЗН и ППС. По данным авторов, площадь под кривой ROC для плотности сосудов ДЗН варьировала от 0,59 (в верхненазальном секторе) до 0,73 (средняя плотность внутри ДЗН), для ППС — от 0,70 (назальный, верхний назальный и височный сектора) до 0,89 (нижний височный сектор), для макулярной области эти данные колебались от 0,56 (назальный сектор) до 0,64 (височный сектор). В целом AUC для плотности сосудов суммарно в ДЗН и ППС была 0,9

(0,81–0,95), а для плотности сосудов суммарно в фовеа и парафовеа AUC была 0,69 (0,56–0,79).

Ценность исследования плотности капиллярной сети в макуле, тем не менее, была показана другими авторами. Наблюдая за пациентами более года, T. Shoji с соавт. [16] заметили, что плотность капиллярной сети снижалась особенно значительно у больных глаукомой по сравнению со здоровыми лицами или с теми, у кого имелось подозрение на глаукому. Примечательно, что выпадение капиллярной сети во внутренних слоях макулы было замечено даже у тех больных, у кого толщина макулярной сетчатки оставалась неизменной [16]. Это первое исследование, в котором показано, что ОКТ-А может быть использована для динамического наблюдения за больными. Авторы подчеркивают важность получения достоверного сигнала сканирования на всех этапах обследования больного, что повышает надежность этого динамического наблюдения.

N. Scripsema и соавт. [17] впервые провели сравнительный анализ ценности ОКТ-А при ПОУГ и глаукоме нормального давления (ГНД). Интересно, что при ПОУГ плотность капиллярной сети в ППС оказалась достоверно более низкой, чем при ГНД, что авторы объяснили большим количеством местных гипотензивных препаратов (особенно бета-блокаторов, которые влияют на глазную гемоперфузию), применяемых больными глаукомой повышенного давления по сравнению с ГНД. Примечательно, что ВГД у них на момент исследования все равно было выше, чем в группе ГНД и контроле. Влияния повышенного ВГД на результаты ОКТ-А авторы не отрицали, однако его они не исследовали. В этой работе была получена высокая корреляция параметров ОКТ-А с морфометрическими характеристиками, такими как толщина СНВС. Таким образом, в данной работе оказалось особенно заметным, что применение местных гипотензивных препаратов во время исследования может влиять на результаты ОКТ-А и на выводы, которые делаются авторами.

В отличие от предыдущей работы, K. Bojikian и соавт. [15], проведя оптическую микроангиографию (ОМАГ) по методу, разработанному авторами, не нашли различий в кровоснабжении ДЗН между ПОУГ и ГНД. В глаукомных глазах гемодинамика была значительно снижена в преламинарной части ДЗН ($p < 0,0001$) по сравнению с нормой. Периметрические индексы MD, PSD были сопоставимы в группах ПОУГ и ГНД. Обнаружена достоверная корреляция между уровнем кровоснабжения ДЗН и периметрическими индексами и площадью нейроретинального ободка в обеих группах больных глаукомой ($p \leq 0,029$). Однако связь кровоснабжения ДЗН со структурными параметрами (СНВС, площадь нейроретинального ободка) установлена только при ПОУГ, но не при ГНД [17].

Многие авторы задавались вопросом о связи циркуляторных показателей со структурными [19–22]. Этот вопрос закономерен, поскольку сетчатка является наиболее энергозатратной структурой организма. Уже давно замечено, что и в норме меньшему калибру ее сосудов соответствовала меньшая толщина СНВС [23], макулы и меньшие размеры ДЗН [23].

J. Yu и соавт. [25], обследуя молодых здоровых добровольцев (121 глаз), проследили корреляцию между толщиной сетчатки в различных ее отделах и плотностью сосудистой сети (VD) в них. Оказалось, что чем тоньше парафовеальная зона, тем ниже значения VD, причем корреляция прослеживалась только с толщиной внутренней сетчатки (от внутренней пограничной мембраны до наружного края внутреннего плексиформного слоя), но не с наружной сетчаткой. Площадь фовеальной аваскулярной зоны имела обратную связь с толщиной всей фовеальной сетчатки и ее внутренних слоев ($p < 0,001$).

К аналогичному заключению пришли другие авторы [26, 27]. Толщина СНВС имела прямую связь с VD в радиальном перипапиллярном плексусе, что отмечалось в разных работах [28, 29]. E. Lee и соавт. [13] определили не только высокую корреляцию между плотностью сосудистой сети и толщиной СНВС, но и их совпадение по локализации. На основании этого был сделан вывод о том, что запустевание (окклюзия) капилляров при

глаукоме является следствием атрофии нервной ткани. Впрочем, сами авторы признали, что этот вывод может оказаться преждевременным: для того, чтобы понять, что первично при глаукоме — сосудистые расстройства или прочие факторы, приводящие к атрофии ГКС и их аксонов, — потребуется еще много исследований.

Henry Shen-Lih Chen и соавт для количественной оценки поверхностного микроциркуляторного русла в макулярной и перипапиллярные области в глаукоме и здоровых глазах с помощью оптической когерентной томографии ангиография (ОКТ-А). Плотность сосудов всего изображения (wiVD) в глаукомных глазах была ниже, чем в здоровые глаза в макулярном (38,5% 6 2,2% против 43,2% 6 2,3%, P <0,001) и перипапиллярном области (43,8% 6 5,7% против 53,3% 6 3,0%, P <0,001). Плотность циркумпапиллярных сосудов (cpVD) также было ниже в глаукомных глазах (53,3% 6 7,0% против 61,5% 6 3,2%, P <0,001). Мы обнаружили, что AUROC для различения глаукомы и здоровых глаз были самый высокий для cpRNFL (0,95) и GCC (0,95); затем следует макулярный wiVD (0,94); перипапиллярный wiVD (0,93); и cpVD (0,89). Корреляция между серьезностью SAP была наиболее сильной с перипапиллярный wiVD (R2 0,58); с последующим cpVD (R2 0,55); GCC (R2 0,51); cpRNFL (R2 ¼ 0,42); и макулярный wiVD (R2 0,36). Глаукоматозные глаза с медицинским контролем показывают более редкое поверхностное микроциркуляторное русло в макулярной области, чем здоровые глаза. Измерение поверхностного макулы плотность сосудов имела диагностическую точность, аналогичную перипапиллярной RNFL и макулярной GCC толщина для различения глаукомных и здоровых глаз.

Masoud Aghsaei Fard и соавт. исследовали сосудистую сеть зрительного нерва, перипапиллярную поверхностной сетчатки, макулы, и перипапиллярную сосудистую оболочку, которая может быть определена при глаукоме с помощью ангиографии с оптической когерентной томографией (ОКТ-А). Снижение перфузии в предламинарном слое зрительного нерва коррелирует с степень тяжести глаукомы. Плотность перипапиллярных поверхностных сосудов сетчатки позволяет диагностировать и обнаруживать прогрессирование глаукомы аналогично толщине слоя перипапиллярных нервных волокон сетчатки (CHBC). Кроме того, снижение плотности перипапиллярных сосудов интактного гемиретина или непораженного глаза глаукомные глаза предполагают, что сосудистые изменения могут произойти до заметного повреждения поля зрения. В точность определения глаукомы толщины макулярных ганглиозных клеток (MGC) по сравнению с макулярным сосудом плотность различалась между исследованиями.

Ismail Umut Onur с соавт. [17]сравнили плотность сосудов головки зрительного нерва и радиального перипапиллярного капилляр в глазах с первичным открытым углом на ранней стадии глаукомы. Плотность сосудов головки зрительного нерва и радиального перипапиллярного капилляра были значительно ниже в глазах с первичной открытоугольной глаукомой по сравнению со здоровым контролем глаза. На ранней стадии глаукомы сосуд внутри диска плотность пластины головки зрительного нерва может быть ниже в глазах глаза с первичной открытоугольной глаукомой.

Заключение. Таким образом, из приведенных данных литературы следует, что к настоящему времени накоплено много данных о раннем вовлечении микроциркуляторного русла сетчатки, особенно ее макулярной области, в патологический процесс при первичной глаукоме. По мере совершенствования диагностических технологий появляются новые факты, убедительно свидетельствующие о раннем снижении ретинальной гемоперфузии, которое опережает как структурные, так и функциональные расстройства при глаукоме, исследуемые классическими способами: ОКТ и периметрией. Имеющиеся в литературе противоречия на этот счет могут быть объяснены различным дизайном исследований, в частности тем, что при отборе пациентов недостаточно учитывались сопутствующие сердечно-сосудистые заболевания и применение ими системных и местных гипотензивных препаратов. Следует также иметь в виду, что метод ОКТ-А не дает информации о кровотоке как таковом, не позволяя измерить ни его скорость, ни сопротивление кровотоку. В то же

время это удобный метод оценки структурных изменений, использование которого наряду с классическими морфометрическими и функциональными методами позволит лучше понять патогенез глаукомы.

Литература/References:

1. Ризаев Ж.А., Туйчибаева Д.М. Изучение общего состояния и динамики первичной и общей инвалидности вследствие глаукомы взрослого населения в республики Узбекистан и города Ташкент //Journal of oral medicine and craniofacial research. 2020. № 2 (2). С.75-78.
2. Туйчибаева Д. М. Основные характеристики динамики показателей заболеваемости глаукомой в Узбекистане / Д. М. Туйчибаева, Ж. А. Ризаев, Н. К. Стожарова // Офтальмол. журн. — 2021. — № 4. — С. 43-47. http://doi.org/10.31288/oftalmolzh202144347
3. Туйчибаева Д. М., Ризаев Ж. А. Пути совершенствования системы диспансеризации больных с первичной глаукомой //Междисциплинарный подход по заболеваниям органов головы и шеи. – С. 141.
4. Туйчибаева Д.М., Янгиева Н.Р. Особенности инвалидизации населения Узбекистана при глаукоме //Тиббиётда янги кун. 2020. № 4(32). С. 203-208.
5. Туйчибаева, Д. М., Ж. А. Ризаев, and И. И. Малиновская. "Динамика первичной и общей заболеваемости глаукомой среди взрослого населения Узбекистана." Офтальмология. Восточная Европа 11.1 (2021): 27-38.
6. Хайдарова Д.К, Ходжаева Д.Т., Хайдаров Н.К. Характерные особенности показателей МР-трактографии при хронической ишемии мозга у больных с уме-ренными когнитивными расстройствами. Халкаро илмий журнал «Биология ва тиббиёт муаммолари» – Самарканд, 2014. – №4 (80). – С. 250
7. Akil H, Huang AS, Francis BA, Sadda SR, Chopra V. Retinal vessel density from optical coherence tomography angiography to differentiate early glaucoma, pre-perimetric glaucoma and normal eyes. PLoS One. 2017 Feb 2;12(2):e0170476. doi: 10.1371/journal.pone.0170476. PMID: 28152070; PMCID: PMC5289421.
8. Ben-Zion I., Harris A., et al. An updated review of methods for human retinal oximetry measurements and current applications. Harefuah 2008;147:812-817, 836.
9. Flammer J, Konieczka K. Retinal venous pressure: the role of endothelin. EPMA J. 2015; 6:21
10. Harris A., Kagemann L., Chung H. The use of dye dilution curve analysis in the quatification of indocyanin green angiograms of the human choroid. Ophthalmic imaging and diagnostics 1998;11:331-337.
11. Jia Y., Wei E., Wang X., et al. Optical coherence tomography angiography of optic disc perfusion in glaucoma. Ophthalmology 2014;121:1322-1332.
12. Jonas J., et al. Optic disc morfometry correlated with confocal laser scanning Doppler flowmetry measurements in normal-pressure glaucoma. J. Glaucoma 2003;12:260-265.
13. Kawasaki R., Wang J.J., Rochtchina E., Lee A.J., Wong T.Y., Mitchell P. Retinal vessel caliber is associated with the 10-year incidence of glaucoma: the Blue Mountains Eye Study. Ophthalmology; 2013;120:84-90.
14. Kurysheva N.I., Ardzhevnishvili T.D., Kiseleva T.N., Fomin A.V. [Choroid in glaucoma: the results of research by optical coherence tomography] Khorioideya pri glaukome: rezul’taty issledovaniya metodom opticheskoi kogerentnoi tomografii. [Glaucoma]. Glaukoma. 2013;4:73-83. (In Russ.)
15. Kurysheva N.I., Kiseleva T.N., Irtegova E.Yu. [Features of venous blood flow of eyes with primary open-angle glaucoma.] Osobennosti venoznogo krovotoka glaza pri pervichnoy otkrytougol’noy glaukome. [Glaucoma.] Glaukoma. 2012;4:24-31. (In Russ.)
16. Kurysheva N.I., Parshunina O.A., Maslova E.V., Kiseleva T.N., Lagutin M.B., [Diagnostic significance of the research of ocular blood flow in early detection of primary open-

angle glaucoma.] Diagnosticheskaya znachimost' issledovaniya glaznogo krovotoka v rannem vyyavlenii pervichnoy otkrytougol'noy glaukome. [Glaucoma]. Glaukoma. 2015;3 (14):19-28. (In Russ.)

17. Liu L., Jia Y., Takusagawa H.L., Morrison J.C., Huang D. Optical Coherence Tomography Angiography of the Peripapillary Retina in Glaucoma JAMA Ophthalmol. 2015;133 (9):1045-1052.

18. Onur IU, Acar OPA, Cavusoglu E, Yigit FU. Vessel density in early-stage primary open angle glaucoma and pseudoexfoliation glaucoma: a comparative controlled optical coherence tomography angiography study. Arq Bras Oftalmol. 2021 Jul-Aug;84(4):352-360. doi: 10.5935/0004-2749.20210051. PMID: 33567040.

19. Pechauer A., Liu L., Gao S., Jian C., Huang D. Optical coherence tomography angiography of peripapillary retinal blood flow response to hyperoxia. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2015;56:3287-3291.

20. Rizayev, J. A., and D. M. Tuychibayeva. "Прогнозирование частоты и распространенности глаукомы в республике Узбекистан." Journal of Biomedicine and Practice 6.5 (2020).

21. Savastano M., Lumbroso B., Rispoli M. In vivo characterization of retinal vascularization morphology using optical coherence tomography angiography. Retina.2015;35,11: 2196-2203.

22. Snodderly D., Weinhaus R., Choi J. Neural-vascular relationships in central retina of macaque monkeys (Macaca fascicularis). J Neurosci. 1992;12: 1169-1193.

23. Spaide R., Klancic J., Cooney M. Retinal vascular layers imaged by fluorescein an giography. JAMA Ophthalmol.2015; 133: 45-50.

24. Stalmans I., Vandewalle E., Anderson D.R., Costa V.P., Frenkel R.E., et al. Use of colour Doppler imaging in ocular blood flow research. Acta Ophthalmol. 2011;89:609-630.

25. Suh MH, Zangwill LM, Manalastas PI, Belghith A, Yarmohammadi A, Medeiros FA, Diniz-Filho A, Saunders LJ, Yousefi S, Weinreb RN. Optical Coherence Tomography Angiography Vessel Density in Glaucomatous Eyes with Focal Lamina Cribrosa Defects. Ophthalmology. 2016 Nov;123(11):2309-2317. doi: 10.1016/j.ophtha.2016.07.023. Epub 2016 Aug 31. PMID: 27592175; PMCID: PMC5360451.

26. Tokayer J., Jia Y., Dhalla A.H., Huang D. Blood flow velocity quantification using split-spectrum amplitude-decorrelation angiography with optical coherence tomography. Biomed Opt Express 2013;4:1909-1924.

27. Wang X, Jiang C, Ko T, Kong X, Yu X, Min W, Shi G, Sun X. Correlation between optic disc perfusion and glaucomatous severity in patients with open-angle glaucoma: an optical coherence tomography angiography study. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. 2015 Sep;253(9):1557-64. doi: 10.1007/s00417-015-3095-y. Epub 2015 Aug 11. PMID: 26255817.

28. Wang Y., Bower D., Izatt J., Tan O., Huang D. Retinal blood flow measurement by circumpapillary Fourier domain Doppler optical coherence tomography. J Biomed Opt. 2008;13 (6).

29. Wang Y., Fawzi A.A., Varma R., et al. Pilot study of optical coherence tomography measurement of retinal blood flow in retinal and optic nerve diseases. Invest Ophthalmol Vis Sci 2015;52:840-845.

30. Weinreb R.N., Harris A. Ocular Blood Flow in Glaucoma: Consensus Series 6. The Netherlands. Kugler Publications; 2009.

31. Yaoeda K., Shirakashi M., et al. Relationship between optic nerve head circulation and visual field loss in glaucoma. Acta Ophthalmol Scand, 2003;81:253.

32. Zhang M, Wang J, Pechauer AD, Hwang TS, Gao SS, Liu L, Liu L, Bailey ST, Wilson DJ, Huang D, Jia Y. Advanced image processing for optical coherence tomographic angiography of macular diseases. Biomed Opt Express. 2015 Nov 2;6(12):4661-75. doi: 10.1364/BOE.6.004661. PMID: 26713185; PMCID: PMC4679245.