

ОПТИЧЕСКАЯ КОГЕРЕНТНАЯ ТОМОГРАФИЯ И ОПТИЧЕСКАЯ КОГЕРЕНТНАЯ ТОМОГРАФИЯ С АНГИОГРАФИЕЙ В ДИАГНОСТИКЕ ГЛАЗНЫХ БОЛЕЗНЕЙ

Надырная К.К., Матненко Т.Ю.

Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Омский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Авторы:

Надырная Кристина Константиновна, студентка 6 курса педиатрического факультета ФГБОУ ВО "ОмГМУ" Минздрава России ORCID 0000-0002-9842-1991

Матненко Татьяна Юрьевна, к.м.н., доцент кафедры офтальмологии ФГБОУ ВО ОмГМУ Минздрава России ORCID 0000-0003-0859-5435 SPIN-код 1864-6743

Автор, ответственный за переписку:

Надырная Кристина Константиновна, 644099, г. Омск, ул. Ленина, 12 kristis1999@mail.ru

DOI: 10.61634/2782-3024-2023-11-86-94

Литературный обзор посвящен изучению визуализирующих методов диагностики, таких как оптическая когерентная томография и оптическая когерентная томография в ангио режиме. В последнее десятилетие методика ОКТ получила широкое распространение среди офтальмологов. Выделяют несколько режимов регистрации: пространственно-временной, спектральный и селективный. Появление оптической когерентной томографии значительно облегчило и улучшило визуализацию зрительного анализатора на различных его отрезках. Технология дала возможность быстро, без вмешательств оценить комплекс ганглиозных клеток сетчатки, а так же качественный и количественный состав препапиллярного слоя нервных волокон. Дегенеративные изменения у больных открытоугольной глаукомой с оптической нейропатией при ОКТ прослеживаются на всем протяжении зрительного анализатора. Расширение области применения оптической когерентной томографии дало начало новому методу диагностики – оптическая когерентная томография с ангиографией. Разработанная методика стала прорывом своего времени, так как золотым стандартом являлась флюоресцентная ангиография. ОКТА- передовой неинвазивный метод, который позволяет визуализировать сосуды сетчатки. Проведение процедуры без введения красителя и получение изображений микрососудистой сети сетчатки и хориоидеи с высоким разрешением привлекает врачей-офтальмологов. Сокращение времени процедуры, отсутствие инвазивного вмешательства, а, следовательно, и побочных явлений, увеличило интерес пациентов. Оптическая когерентная томография в режиме ангиографии является важным методом диагностики для таких заболеваний, как возрастная макулярная дегенерация, окклюзия ретинальных вен, диабетическая ретинопатия, глаукомная оптиконейропатия. С помощью алгоритмов математических данных врач-офтальмолог может дать заключение о послойном строении всей сосудистой сети сетчатки, изучить количественные показатели микрокапиллярного кровотока, оценить зоны ограниченной перфузии сетчатки. Возможность вовремя распознать патологический процесс на начальных этапах его формирования позволяет вовремя заподозрить изменения в зрительном анализаторе. Но не стоит забывать, что сбои в работе алгоритмов аппарата, нахождение артефактов и не правильная интерпретация результатов могут дать неверное представление об изучаемой структуре.

Ключевые слова: ОКТ, TD-ОКТ, SD-ОКТ, SS-ОКТ, ОКТА, ангио-ОКТ, ОКТ-ангиография, оптическая когерентная томография, офтальмология.

OPTICAL COHERENCE TOMOGRAPHY AND OPTICAL COHERENCE TOMOGRAPHY WITH ANGIOGRAPHY IN THE DIAGNOSIS OF EYE DISEASES.

Nadyarnaya K.K., Matnenko T.Yu.

Omsk State Medical University

Literature review is devoted to the study of imaging diagnostic methods such as optical coherence tomography and optical coherence tomography in angio mode. In the last decade OCT technique has been widely used among ophthalmologists. There are several modes of registration: spatial-temporal, spectral and selective. The advent of optical coherence tomography has greatly facilitated and improved visualization of the visual analyzer in its various segments. The technology made it possible to evaluate the retinal ganglion cell complex, as well as qualitative and quantitative composition of the prepapillary layer of nerve fibers quickly, without interventions. Degenerative changes in patients with open-angle glaucoma with optical neuropathy at OCT are traced on the whole length of the visual analyzer. Expansion of optical coherence tomography application area gave rise to a new diagnostic method - optical coherence tomography with angiography. The developed technique was a breakthrough of its time, as the gold standard was fluorescence angiography. OCTA is an advanced non-invasive method that allows visualization of retinal vessels. Performing the procedure without dye injection and obtaining high-resolution images of the microvascular network of the retina and chorioidea attracts ophthalmologists. Reduced procedure time, lack of invasive intervention and hence no side effects have increased patient interest. Optical coherence tomography in angiography mode is an important diagnostic method for such diseases as age-related macular degeneration, retinal vein occlusion, diabetic retinopathy, glaucoma optic neuropathy. With the help of mathematical data algorithms an ophthalmologist can give a conclusion about layer-by-layer structure of the whole retinal vascular network, study quantitative indices of microcapillary blood flow, evaluate zones of limited retinal perfusion. The possibility to recognize the pathological process at the initial stages of its formation allows to suspect changes in the visual analyzer in time. But we should not forget that failures in the work of algorithms of the device, finding artifacts and incorrect interpretation of the results can give a wrong idea about the studied structure.

Keywords: OCT, TD-OCT, SD-OCT, SS-OCT, OCTA, angio-OCT, OCT-angiography, optical coherence tomography, ophthalmology.

Список сокращений

ДР-диабетическая ретинопатия

СД-сахарный диабет

ОКТ-оптическая когерентная томография

ОКТА-оптическая когерентная томография с ангиографией

ОПЭ-отслойка пигментного эпителия

ПОУГ-первичная открытоугольная глаукома

SD-OCT-регистрация спектральной области в оптической когерентной томографии

SS-OCT-регистрация селективной области в оптической когерентной томографии

TD-OCT-регистрация интервалов времени в оптической когерентной томографии

VEGF-фактор роста эндотелия сосудов

Актуальность. ОКТ и ОКТА- передовые визуализирующие методики. Знание специалиста о новых технологиях поможет в быстрой и достоверной постановке диагноза пациенту, а следовательно, и в разрешении имеющейся проблемы.

Цель. Изучить возможности ОКТ и ангио-ОКТ для исследования глаз при глазных и неврологических заболеваниях.

Важные сведения о состоянии органа зрения врач-офтальмолог получает уже при первом посещении пациента. На этом этапе можно отметить особенности передвижения, направленность взгляда, положение головы. Но не все заболевания можно выявить без использования инструментальных методов диагностики. Прогресс в медицине шагнул далеко вперед и позволил использовать новейшие разработки в диагностике, мониторинге и лечении заболеваний органа зрения [8,20,24]. В последнее десятилетие золотым стандартом в обследовании пациентов стала такая методика, как оптическая когерентная томография (ОКТ). ОКТ была разработана в конце 1980-х годов в оптической лаборатории Массачусетского технологического института для попытки измерения корнеальной абляции в режиме реального времени после медицинского вмешательства. Но эксперимент не удался, тогда для методики был задан новый вектор - измерение статической плотности тканей глаза в настоящий момент [6,16]. Первая публикация появилась в 1991 году, где авторы показали томографические изображения, демонстрирующие *in vitro* перипапиллярную зону сетчатки и коронарную артерию. Дальнейшие исследования в этой области повлекли за собой разработку и других методов. Так в 1995 году возник новый неинвазивный метод визуализации сосудов глаза- оптическая когерентная томография с ангиографией (ОКТ-ангиография, ОКТА, ангиоОКТ). Усовершенствованием методики занимались ученые-

офтальмологи, Джеймс Фуджимото, Эрик Свонсоном и Кармен Пулиафито, ранее открывшие ОКТ [2]. В результате сканирования сосудов сетчатки без использования внутривенных контрастных веществ снижаются риски развития осложнений. Время процедуры занимает несколько секунд, не доставляя неудобств пациенту [21,28].

Основы работы методики

Наглядность сетчатки и заднего отрезка глаза обеспечивается низкокогерентными лучами инфракрасного света с длиной волны 830нм. При этом, световая волна делится на два пучка и направляется на разные участки: один — к исследуемым тканям, другой (контрольный) — к имеющемуся зеркалу. Инфракрасный луч поступает в ткани и фокусируется при помощи линзы. Выделяют два основных способа регистрации отраженного света: регистрация интервалов времени (Time Domain-TD) и регистрация частотной области Фурье.

Вторая трансформируется в спектральную область (SD) и селективную область (SS). Определяя границы между разными структурами глаза, берут показатели оптической плотности ткани глаза. TD-ОКТ регистрирует интерференцию опорного и отраженного лучей световой волны. По мере перемещения исследуемой структуры и источника света относительно друг друга регистрируются множество А-сканов. Они соединяются в поперечные двухмерные изображения В-сканы. Скорость сканирования при такой методике около 400 А-сканов в секунду. В SD-ОКТ используется более быстрая немеханическая технология. Методика измеряет длины волн одновременно во всем спектре отраженного сигнала. Это дает возможность сканирования с частотой 18000-70000 сканов в секунду, что позволяет собирать больше данных и отображать большие площади сетчатки[6,7]. При SS-ОКТ источник света поворачивается в стороны длинны волны, а результат фиксируется одним или несколькими датчиками в

интерферограмме по временной функции. Затем данные преобразовываются в А-скан. Такая особенность позволяет с более высокой скоростью сканировать ткани глаза. Так же селективная оптическая когерентная томография менее чувствительна к спаду частоты отражения, что улучшает визуализацию более глубоких структур [6,14]. С ростом скорости сканирования уменьшалось разрешение томографа. Связано это с количеством регистрированного шума. Следовательно, чтоб получить наиболее выгодное соотношение сигнал/шум, нужно уменьшать скорость сканирования. Для подавления спекл-шума и устранения колебания частот от микро движений глаза, были разработаны искусственные подавители шума. Так, чем выше скорость сканирования, тем больше сканов можно получить с точки исследования, а следовательно алгоритм подавления шума будет более точно достраивать изображение [14].

Когда световой луч продвигается к более глубоким слоям глаза, он проходит сквозь поверхностные структуры. Это может вызывать эффект теней, что наблюдается и при ультразвуковом исследовании [3,29]. Измененные лучи сравниваются с первичным спектром, затем подвергаются анализу. Результат дает врачу возможность изучить послойное строение зрительного анализатора. Особое значение приобретает оценка комплекса нервных клеток сетчатки, качественного и количественного состава препапиллярного слоя ганглиозных волокон [30]. Строгая анатомия структуры сетчатки и передача ее ретиноскопической организации с афферентным зрительным путем повышает полезность ОКТ при оценке патологии центральной нервной системы [9,22,27].

Усовершенствование старых протоколов, детальное изучение возможностей технологии позволило открыть новый

метод, такой как оптическая когерентная томография с ангиографией. Для разработки ангио-ОКТ была необходима высокоскоростная технология, основанная на оптической когерентной томографии [15]. Главным в усовершенствовании и развитии методики выступил алгоритм под названием «сплит-спектральная ангиография с декорреляцией амплитуды» (split-spectrum amplitude decorrelation angiography, SS-ADA). Такая система проводит анализ разделения полного спектра оптического источника на несколько частей. Далее отдельно подсчитывается декорреляция для всего диапазона частот спектра и анизотропный анализ декорреляции. Одновременно выполняется ряд сканов общей спектральной ширины, что и предоставляет качественное пространственное разрешение сети сосудов. Данная разработка нашла применение в томографе Avanti RTVue XR (Optovue, США) [1,16].

Возможности ОКТ-визуализация часто используется в нейроофтальмологической практике. Авторы описали ее применение для некоторых наиболее часто встречаемых нейроофтальмологических патологий: демиелинизирующие, воспалительные, ишемические и компрессионные оптические невриты, друзы диска зрительного нерва, повышение внутричерепного давления. При данных патологиях возможности, которые предоставляет ОКТ-визуализация в отношении диагностики и лечения являются наиболее значимыми. Тем не менее использование алгоритмов компьютера всегда должно проверяться на предмет возможных неточностей или артефактов [14,27].

Анализ зарубежной литературы провел доктор медицинских наук Чен, Джон Дж.. Автор проанализировал материалы статей по нейроофтальмологии, с использованием метода ОКТ. Таким образом был выявлен список патологий, где методика проявила себя в лучших

качествах для визуализации структур глаза. Речь идет о дифференциальной диагностике оптической невропатии, неврите зрительного нерва, глаукоматозных поражениях нерва, уточнении локализации поражений вдоль зрительного пути, транссинаптической ретроградной дегенерации и других патологиях. Хотя ОКТ метод имеет множество плюсов, не стоит забывать о правильной интерпретации результатов сканирования, а так же, о том, что существуют некоторые различия в аппаратах- ОКТ разных производителей [19].

Подтверждает важность роли ОКТ в выявлении глаукомы группа авторов из Нью-Йоркского университета. Автоматическое считывание изменений слоев сетчатки позволило провести объективный количественный анализ с оценкой макулы, перипапиллярной области и диска зрительного нерва. Истончение нервных волокон сетчатки в области решетчатой пластинки является одним из первых признаков глаукомы, когда еще нет изменений полей зрения. Следовательно это может стать основным показателем в диагностике глаукомы [23].

Метастатические опухоли хороидеи среди остальных опухолей глаза встречаются наиболее часто. Существуют данные об использовании метода оптической когерентной томографии, как основного и наиболее доступного при данной патологии. На В-скане ОКТ раковое поражение проявляется в виде проминирующего или стелющегося гипорефлективного образования хороидеи. Особенностью является бугристость среза хороидеи [5].

Возможности ОКТ ангиографии В диссертационной работе Кабановой Е.А. было выяснено значение ОКТ в ангио режиме для диагностики пациентов с друзами диска зрительного нерва. Были сделаны выводы о том, что оптическая когерентная томография с функцией ангиографии дает

возможность высокоточной оценки морфометрических параметров диска зрительного нерва, нейроархитектоники и ангиоархитектоники макулярной области, слоя нервных волокон сетчатки у пациентов с друзами диска зрительного нерва любого расположения. Это имеет большое значение для прогноза изменений зрительных функций и выбора тактики дальнейшего лечения пациента. Данный метод диагностики так же позволяет очень точно различить такие патологии, как: глубокие друзы диска зрительного нерва и застойный диск зрительного нерва [11].

Метод ОКТА используют так же в практике диагностики гемодинамики зрительного нерва и сетчатки у пациентов с глаукомой при сахарном диабете. Авторы провели обследование 104 пациентов (156 глаз), которым был выставлен диагноз «первичная открытоугольная глаукома» (ПОУГ). Они были разделены на 4 группы в зависимости от стадии заболевания и наличия сахарного диабета (СД) II типа: 1-я группа — 47 глаз (26 пациентов) с ПОУГ I стадии и СД; 2-я группа — 36 глаз (24 пациента) с ПОУГ I стадии; 3-я группа — 36 глаз (28 пациентов) с ПОУГ III стадии и СД; 4-я группа — 37 глаз (26 пациентов) с ПОУГ III стадии. ОКТ-А проводили на аппарате Cirrus 5000 Angioplex. После проведения анализа данных функциональных, структурных и сосудистых изменений между группами пациентов с ПОУГ I -III стадий на фоне заболевания СД и без него авторы отметили характерные особенности снижения перфузии сетчатки и зрительного нерва у пациентов на фоне сахарного диабета. Несмотря на то, что патологии имеют разный патогенез и этиологию, при сочетании их, прогноз для пациентов ухудшается. Нейродегенеративные изменения приводят к ускоренному снижению, а в дальнейшем и к полной утрате зрительных функций [10].

Проведено перекрестное исследование 108 пациентов с сахарным диабетом 2

типа с диабетической ретинопатией и здоровой контроль-группой. Было выяснено, что с помощью метода оптической когерентной томографии возможно обнаружить утолщение перипапиллярной сосудистой сети до появления нарушений со стороны зрительного нерва на ранних стадиях ДР. Снижение перфузии сосудов диска зрительного нерва при СД 2 так же может свидетельствовать о начальных этапах формирования ДР [25].

Неоваскулярная возрастная макулярная дегенерация имеет большое значения в аспекте снижения зрения у лиц пожилого возраста. Целью исследования стало определение информативности ОКТА при формирующейся хороидальной неоваскуляризации при отслойки пигментного эпителия. В результате были выявлены значительные затруднения визуализации сосудов сетчатки при увеличении отслойки пигментного эпителия (более 300мкм). Связывают это с серозным компонентом, который ослабляет проходящий сигнал. Так же сделан вывод, что при длительной антиангиогенной терапии под пигментным эпителием скапливаются различные воспалительные компоненты. Это приводит к формированию «многослойной ОПЭ», но данный феномен не вызывает затруднений для ОКТА в визуализации сосудов [13].

Коллектив авторов из Иркутска провели исследования на группе пациентов с окклюзией вен сетчатки глаза. Для лечения они применяли интравитриальные инъекции ингибитора ангиогенеза, а эффективность проверяли с помощью ОКТ-ангиографии на спектральном томографе RTVue XR Avanti (Optovue). В результате наблюдений был сделан вывод, об эффективности данного препарата, а так же достаточной информативности ОКТ-ангио. С помощью методики можно изучить капиллярный кровоток и детально рассчитать перфузионные параметры, что

позволяет сделать прогнозы для пациентов, проходящих лечение по поводу окклюзии вен сетчатки [17].

ОКТА метод помогает определить перфузию сосудов глазного дна у пациентов с окклюзией вен сетчатки. После обследования группы пациентов с уже имеющейся окклюзией вен сетчатки, была выявлена прямая зависимость остроты зрения от степени перфузии сосудов желтого пятна. Пациенты с ишемической и неишемической окклюзией показали незначительные различия. Наименьшую степень перфузии показали пациенты с ишемической болезнью сердца. У пациентов с окклюзией центральной вены сетчатки отмечалась гиперперфузия всех слоев венозных сплетений сетчатки, а при окклюзии ветвей вены сетчатки в основном только глубоких ветвей [4].

Данные ОКТ-ангио так же помогают доказать эффективность антиангиогенной терапии при окклюзии вен сетчатки. В исследование было включено 124 пациента в стадию острого тромбоза с ишемическим вариантом. При обследовании, наряду с другими рутинными методами, была проведена оптическая когерентная томография в ангио режиме. При поступлении у всех пациентов отмечался макулярный отек, зоны неперфузии сетчатки, снижение плотности капиллярной сети. После проведенного анализа данных сделан вывод, что у пациентов, получающих антиангиогенную терапию-анти VEGF совместно со стандартом лечения, значительно снизились показатели отека сетчатки, по сравнению с контроль-группой. Так же стабилизировались показатели гемодинамики глаза и цитокинового баланса в слезной жидкости [12].

Описан случай наблюдения пациента с лучевой ретинопатией, которая стала результатом брахитерапии по поводу увеальной меланомы. В течении четырех лет после проведения брахитерапии помимо других методов визуализации

для наблюдения пациента использовалась оптическая когерентная томография с ангио режимом. При сопоставлении картин глазного дна с момента начала наблюдения и до настоящего времени был сделан вывод, что произошла очаговая потеря капилляров, увеличение макулярной аваскулярной зоны и новообразование сосудов. Несмотря на снижение симптоматики, указанные изменения прогрессировали. Так же скорость снижения плотности сосудов прямо зависела от увеличения дозы облучения. ОКТА может помочь выявить терапевтические окна для снижения прогрессирования потери зрения [18]. ОКТА стал основным методом диагностики для ретроспективного перекрестного исследования, где была взята группа людей с карциномой носоглотки и контроль-группа без патологий со стороны органа зрения того же возраста. При анализе данных выявлено значительное снижение плотности сосудов парафовеального и перифовеального полей, толщина субфовеальной хороидеи так же снижена у пациентов с патологией. Авторы делают выводы, что внедрение ОКТА в повседневную практику поможет пациентам предотвратить развитие заболевания на доклиническом этапе [26].

Заключение

Оптическая когерентная томография и оптическая когерентная томография с функцией ангиографии передовые методы визуализации в настоящее время. При изучении технологий ОКТ были созданы несколько модификаций метода. TD-, SD-, SS-ОКТ имеют различие в скорости регистрации снимков. Технология ОКТ получила широкое распространение среди нейроофтальмологов при изучении следующих проблем:

демиелинизирующие, воспалительные, ишемические и компрессионные оптические невропатии, друзы диска зрительного нерва, повышение внутричерепного давления, неврит зрительного нерва, глаукоматозное поражение нерва, метастатические опухоли хороидеи. В то время, как ангио-ОКТ используется при таких заболеваниях, как друзы зрительного нерва, глаукомная оптиконейропатия, диабетическая ретинопатия, неоваскулярные дегенерации, окклюзия ретинальных вен, некоторые опухолевидные образования. Внедрение этих методик дает врачу-офтальмологу возможность быстрой и неинвазивной оценки комплекса нервных клеток заднего отдела глаза, качественный и количественный состав препапиллярного слоя ганглиозных волокон, показывает плотность сети капилляров и площадь неперфузируемых зон сетчатки. Важным положительным моментом ангио-ОКТ в сравнении с уже традиционной оптической когерентной томографии является возможность показать послойное строение диска зрительного нерва, а так же всех отделов сосудистой системы глаза. Необходимо использовать методики в повседневной практике для распознавания заболеваний до возникновения клинических проявлений, а так же при наблюдении за прогрессированием уже проявившихся патологий. Специалисту при анализе результатов стоит обратить внимание на патологии, которые препятствуют ходу лучей томографа, например: высокая степень отслойки пигментного эпителия. Так же возможна неправильная интерпретация результатов исследования, сбой в работе аппарата, нахождение артефактов, которые могут дать неверное представление об изучаемой структуре.

ЛИТЕРАТУРА

1. Aleksandrov A.A., Aznabaev B.M., Muhamadeev T.R., Zagidullina A.SH., Dibaev T.I. OCT angiography: quantitative and qualitative

assessment of the microvascular bed of the posterior segment of the eye. Kataral'naya i refrakcionnaya hirurgiya 2015;15(3):4-8. Russian (Александров

- А.А., Азнабаев Б.М., Мухамадеев Т.Р., Загидуллина А.Ш., Дибаяв Т.И. ОКТ-ангиография: количественная и качественная оценка микрососудистого русла заднего сегмента глаза. Катаральная и рефракционная хирургия 2015;15(3):4-8).
2. Anikina M.A., Matnenko T.YU., Lebedev O.I. Optical coherence tomography-angiography: a promising method in ophthalmological diagnostics. PM 2018;(3):7-9 PM 2018;(3):7-9. Russian (Аникина М.А., Матненко Т.Ю., Лебедев О.И. Оптическая когерентная томография-ангиография: перспективный метод в офтальмологической диагностике. ПМ 2018;(3):7-9).
3. Avetisov S.E., Kac M.V. The use of optical coherence tomography in the diagnosis of retinal diseases. Universum: medicina i farmakologiya 2017;(4):38. Russian (Аветисов С.Э., Кац М.В. Использование оптической когерентной томографии в диагностике заболеваний сетчатки. Universum: медицина и фармакология 2017;(4):38).
4. Budzinskaya MV, Shelankova AV, Mikhaylova MA, Plyukhova AA, Nuriyeva NM, Fomin AV. Izmeneniya tsentral'noi zony glaznogo dna pri retinal'nykh venoznykh okklyuziyakh po dannym opticheskoi kogerentnoi tomografii-angiografii. Vestn Oftalmol 2016;132(5):15-22. doi: 10.17116/oftalma2016132515-22. PMID: 27911421. Russian (Будзинская М.В., Шельковка А.В., Михайлова М.А., Плехова А.А., Нюриева Н.М., Фомин А.В. Измерения центральной зоны глазного дна при ретинальных венозных окклюзиях по данным оптической когерентной томографии-ангиографии. Vestn oftalmol 2016;132(5):15-22. doi:10.17116/oftalma2016132515-22. PMID: 27911421).
5. Butenko E. I. Metastaticheskie opuholi horoidei. V kn.: Eliseevoy N.M. Serovoy N.K., redaktory. Optical coherence tomography in neuro-ophthalmology. Pero. M.;2022:112-115. Russian (Бутенко Е. И. Метастатические опухоли хороидеи. В кн.: Елисеевой Н.М. Серовой Н.К., редакторы. Оптическая когерентная томография в нейроофтальмологии. Перо. М.;2022:112-115).
6. Daker Dzh.S., Vekhid N.K., Goldman D.R. Optical coherence tomography of the retina. Dzh.S.Daker, N.K.Vekhid, D.R.Goldman, redaktory; per. s angl. pod red. A.N.Amirova. MEDpress-inform. M.2021;3:192. Russian (Дакер Дж.С., Вэхид Н.К., Голдман Д.Р. Оптическая когерентная томография сетчатки. Дж.С.Дакер, Н.К.Вэхид, Д.Р.Голдман, редакторы; пер. с англ. под ред. А.Н.Амирова. МЕДпресс-информ. М.2021;3:192).
7. Doga A.V., Kachalina G.F., Klepinina O.B. Spectral optical coherence tomography with improved image depth module. V kn.: Doga A.V., Kachalinoj G.F., Klepininoj O.B., redaktory. Central serous chorioretinopathy: modern aspects of diagnosis and treatment. Oftal'mologiya. M.; 2017:49-58. Russian (Дога А.В., Качалина Г.Ф., Клепинина О.Б. Спектральная оптическая когерентная томография с модулем улучшенной глубины изображения. В кн.: Дога А.В., Качалиной Г.Ф., Клепининой О.Б., редакторы. Центральная серозная хориоретинопатия: современные аспекты диагностики и лечения. Офтальмология. М.;2017:49-58).
8. Drozdova E.A., P'inskaya E.V. Diagnostic possibilities of examination of the membranes of the eyeball in uveitis. Medicinskij vestnik Bashkortostana 2018;1(73):51-53. Russian (Дроздова Е.А., Ильинская Е.В. Диагностические возможности исследования оболочек глазного яблока при увеитах. Медицинский вестник Башкортостана 2018;1(73):51-53).
9. Eliseeva N.M. Optical coherence tomography in case of damage to the visual pathway. V kn.: Eliseevoy N.M. Serovoy N.K., redaktory. Opticheskaya kogerentnaya tomografiya v nejrooftal'mologii. Pero. M.;2022:6-20. Russian (Елисеева Н.М. Оптическая когерентная томография при поражении зрительного пути. В кн.: Елисеевой Н.М. Серовой Н.К., редакторы. Оптическая когерентная томография в нейроофтальмологии. Перо. М.;2022:6-20).
10. Fursova A.ZH., Gamza YU.A., Tarasov M.S., Vasil'eva M.A., Derbeneva A.S. Comparative study of structural and microcirculatory parameters in patients with primary open-angle glaucoma and diabetes mellitus. Rossijskij oftal'mologicheskij zhurnal 2020;13(3):42-50. doi.org/10.21516/2072-0076-2020-13-3-42-50. Russian (Фурсова А.Ж., Гамза Ю.А., Тарасов М.С., Васильева М.А., Дербенева А.С. Сравнительное исследование структурных и микроциркуляторных параметров у пациентов с первичной открытоугольной глаукомой и сахарным диабетом. Российский офтальмологический журнал 2020;13(3):42-50. doi.org/10.21516/2072-0076-2020-13-3-42-50).
11. Kabanova E.A. Diagnostic capabilities of optical coherence tomography and optical coherence tomography with angiography function in patients with optic nerve druses: dis. E.A. Kabanova 14.01.07;M.;2020:101-111. Russian (Кабанова Е.А. Диагностические возможности оптической когерентной томографии и оптической когерентной томографии с функцией ангиографии у пациентов с друзами зрительного нерва: дис. Е.А. Кабанова 14.01.07;М.;2020:101-111).
12. Mihajlichenko Vyacheslav YUr'evich, Ivashchenko A.S., Samarin S.A., Volik S.A. Pathophysiological substantiation of the effectiveness of antiangiogenic therapy for retinal vein occlusion according to coherent tomography of the eye. Kubanskij nauchnyj medicinskij vestnik 2018;2:108-110. Russian (Михайличенко Вячеслав Юрьевич, Иващенко А.С., Самарин С.А., Волик С.А. Патологическое обоснование эффективности антиангиогенной терапии при окклюзии вен сетчатки по данным когерентной

томографии глаза. Кубанский научный медицинский вестник 2018;2:108-110).

13. Neroev V.V., Ryabina M.V., Sarygina A.P. The informative value of optical coherence tomography-angiography (OCTA) in the diagnosis of type I choroidal neovascularization in combination with pigment epithelial detachment. *Rossiiskij oftal'mologicheskij zhurnal* 2021; 14 (1): 42-6. doi.org/10.21516/2072-0076-2021-14-1-42-46

Russian (Нероев В.В., Рябина М.В., Сарыгина А.П. Информативность оптической когерентной томографии-ангиографии (ОКТА) в диагностике хориоидальной неоваскуляризации I типа в сочетании с отслойкой пигментного эпителия. *Российский офтальмологический журнал* 2021;14(1):42-6 doi.org/10.21516/2072-0076-2021-14-1-42-46).

14. Semenova N.S., Larichev A.V., Akopyan V.S. «Swept source» – optical coherence tomography: technology overview. *Vestnik oftal'mologii* 2020;1:111-116.

doi.org/10.17116/oftalma202013601111. Russian (Семенова Н.С., Ларичев А.В., Акопьян В.С. «Swept source» – оптическая когерентная томография: обзор технологии. *Вестник офтальмологии* 2020;1:111-116.

doi.org/10.17116/oftalma202013601111).

15. Stoiukhina AS, Budzinskaia MV, Stoyukhin SG, Aslamazova AE. Optical coherence tomography angiography in ophthalmic oncology. *Vestnik Oftalmologii*. 2019;135(1):104-111. doi.org/10.17116/oftalma2019135011104. Russian (Стоюхина А.С., Будзинская М.В., Стоюхин С.Г., Асламазова А.Э. Оптическая когерентная томография-ангиография в офтальмоонкологии. *Вестник офтальмологии* 2019;135(1):104-111. doi.org/10.17116/oftalma2019135011104).

16. Zaharova M.A., Kuroedov A.V. Optical coherence tomography: a technology that has become a reality. *RMZH. Klinicheskaya oftal'mologiya* 2015; 4: 204–211. Russian (Захарова М.А., Куроедов А.В. Оптическая когерентная томография: технология, ставшая реальностью. *РМЖ. Клиническая офтальмология* 2015;4:204–211).

17. Zlobin I.V., YUr'eva T.N., SHCHuko A.G. OCT-angiographic markers of macular ischemia in patients with retinal vein occlusion. *PM* 2018;3(114):82-85. Russian (Злобин И.В., Юрьева Т.Н., Щуко А.Г. ОКТ-ангиографические маркеры макулярной ишемии у пациентов с окклюзией вен сетчатки. *ПМ* 2018;3(114):82-85).

18. Binkley EM, Tamplin MR, Vitale AN, Boldt HC, Kardon RH, Grumbach IM. Longitudinal optical coherence tomography angiography (OCT-A) in a patient with radiation retinopathy following plaque brachytherapy for uveal melanoma. *Am J Ophthalmol Case Rep*. 2022 Mar 25;26:101508. doi: 10.1016/j.ajoc.2022.101508. PMID: 35392251; PMCID: PMC8980489.

19. Chen, John J. Optical Coherence Tomography and Neuro-Ophthalmology. *Journal of Neuro-Ophthalmology* 2018;38(1):5-8. doi: 10.1097/WNO.0000000000000505

20. Chua S. High-Definition Optical Coherence Tomography for the Study of Evolution of a Disease. *Dermatology Bulletin* 2015;26(1):2–3.

21. Coscas G, Lupidi M, Coscas F. Optical Coherence Tomography Angiography in Healthy Subjects. *Dev Ophthalmol*. 2016;56:37-44. doi: 10.1159/000442775. PMID: 27023473.

22. Garcia T, Tourbah A, Setrouk É, Ducasse A, Arndt C. Optical coherence tomography in neuro ophthalmology. *Français d'Ophthalmologie* 2012;35(6):454-466

23. Geevarghese A, Wollstein G, Ishikawa H, Schuman JS. Optical Coherence Tomography and Glaucoma. *Annu Rev Vis Sci* 2021;15(7):693-726. doi: 10.1146/annurev-vision-100419-111350.

24. Karnowski K, Ajduk A, Wieloch B, Tamborski S, Krawiec K, Wojtkowski M, Szkulmowski M. Optical coherence microscopy as a novel, non-invasive method for the 4D live imaging of early mammalian embryos. *Scientific Reports* 2017;7(1):4165. Bibcode:2017NatSR...7.4165K. doi:10.1038/s41598-017-04220-8. PMC 5482811. PMID 28646146

25. Li Z, Wen X, Zeng P, Liao Y, Fan S, Zhang Y, Li Y, Xiao J, Lan Y. Do microvascular changes occur preceding neural impairment in early-stage diabetic retinopathy? Evidence based on the optic nerve head using optical coherence tomography angiography. *Acta Diabetol* 2019; 56(5):531-539. doi: 10.1007/s00592-019-01288-8. PMID: 30656435

26. Li Z, Zhan Z, Xiao J, Lan Y. Radiation-Induced Optical Coherence Tomography Angiography Retinal Alterations in Patients With Nasopharyngeal Carcinoma. *Front Med (Lausanne)* 2021;3(7):630880. doi: 10.3389/fmed.2020.630880. PMID: 33614678; PMCID: PMC7886685.

27. Minakaran N, de Carvalho ER, Petzold A, Wong SH. Optical coherence tomography (OCT) in neuro-ophthalmology. *Eye (Lond)* 2021;35(1):17-32. doi: 10.1038/s41433-020-01288-x. PMID: 33239763; PMCID: PMC7852683

28. Protsyk O, Gallego-Pinazo R, Dolz-Marco R. Current limitations and future of optical coherence tomography angiography. *Arch Soc Esp Ophthalmol (Engl Ed)*. 2022 Aug;97(8):421-423. doi: 10.1016/j.oftale.2022.03.012. PMID: 35624061.

29. Sittel C. Optische Kohärenztomographie [Optical coherence tomography]. *HNO*. 2007 Jun;55(6):435-6. German. doi: 10.1007/s00106-007-1572-2. PMID: 17486305.

30. Staurengi G., Sadda S., Chakravarthy U., Spaide R.F. International Nomenclature for Optical Coherence Tomography (IN-OCT) Panel. Proposed lexicon for anatomic landmarks in normal posterior segment spectral-domain optical coherence tomography: the IN-OCT consensus. *Ophthalmology*. 2014;121(8):1572-1578. doi:10.1016/j.ophtha.2014.02.023