

Оптическая когерентная томография-ангиография в детской офтальмологической практике (обзор литературы)



А.В. Терещенко



И.Г. Трифаненкова



С.В. Панамарева

Калужский филиал ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
ул. им. Св. Федорова, 5, Калуга, 248007, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2021;18(1):5–11

В обзоре литературы представлены данные из источников отечественной и зарубежной литературы, преимущественно за 2016–2019 гг., по применению метода оптической когерентной томографии-ангиографии в детской офтальмологической практике. ОКТ-А — неинвазивный метод исследования, без применения флуоресцентных красителей, процедура проводится относительно быстро с возможностью многократного повторения. Метод позволяет послойно визуализировать сосудистую сеть сетчатки, проводить ее количественный анализ: оценку плотности микрососудистого русла и измерение площади зон неперфузии. Появившийся в результате качественной модернизации ОКТ новый метод визуализации сосудов ОКТ-А активно используется в диагностике такой патологии, как глаукома, диабетическая ретинопатия, посттромботическая ретинопатия, возрастная макулярная дегенерация, центральная серозная хориоретинопатия и др. Активно применяясь во взрослой медицине, в настоящее время ОКТ-А занимает свое место в различных направлениях детской офтальмологии. На данный момент ОКТ-А исследования проведены у пациентов детского возраста с сахарным диабетом, серповидноклеточной анемией, амблиопией, окклюзией артерий сетчатки, болезнью Коатса. Особое место среди заболеваний глаз у детей занимает ретинопатия недоношенных (РН). Однако упоминания об ОКТ-ангиографических исследованиях у пациентов с РН в литературе встречаются достаточно редко. Тем не менее имеющиеся данные указывают на огромный диагностический потенциал ОКТ-А при этом тяжелом вазопротрофическом заболевании. Метод дает возможность полноценного контроля патологического процесса, оценки эффективности проведенного лечения и своевременного предупреждения развития тяжелых стадий РН. Ввиду большого информационно-диагностического потенциала необходимо продолжать исследования по изучению возможностей метода ОКТ-А в диагностике, анализе результатов лечения и прогнозировании течения РН.

Ключевые слова: детская офтальмология, оптическая когерентная томография-ангиография, ретинопатия недоношенных

Для цитирования: Терещенко А.В., Трифаненкова И.Г., Панамарева С.В. Оптическая когерентная томография-ангиография в детской офтальмологической практике (обзор литературы). *Офтальмология*. 2021;18(1):5–11. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2021-1-5-11>

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

Конфликт интересов отсутствует



Optical Coherence Tomography-Angiography in Pediatric Ophthalmological Practice (Review)

A.V. Tereshchenko, I.G. Trifanenkova, S.V. Panamareva

Kaluga branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution
Sv. Fedorov str., 5, Kaluga, 248007, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2021;18(1):5–11

Data from sources of domestic and foreign literature for 2016–2019 is presented in the review of literature. This data concerned of applying the method of optical coherent tomography-angiography in pediatric ophthalmic practice. OCT-A is a non-invasive research method, without the use of fluorescent dyes. The procedure is performed relatively quickly, with the possibility of additional repetition. The method allows to conduct visualization of the vascular network of the retina layer-by-layer, perform its quantitative analysis: to evaluate the density of the microvascular bed and measure the area of non-perfusion zones. Having appeared as a result of a qualitative modernization of OCT, a new method of visualization of vessels OCT-A is actively used in the diagnosis of pathologies such as glaucoma, diabetic retinopathy, post-thrombotic retinopathy, age-related macular degeneration, central serous chorioretinopathy, etc. In present time OCT-A being performed in adult medicine, it is actively used in various areas of pediatric ophthalmology. Presently, pediatric patients with diabetes mellitus, sickle cell anemia, amblyopia, retinal artery occlusion, and coats disease have been performed with OCT-A studies. Retinopathy of prematurity (ROP) is required a special attention among children's eye diseases. However, mentioning about OCT angiographic studies in patients with ROP are quite rare in the literature. Nevertheless, the available data indicate the enormous diagnostic potential of OCT-A in this severe vasoproliferative disease. The method give possibility for fully control the pathological process, to evaluate the effectiveness of the treatment and timely prevent the development of severe stages of ROP. Due to the information and diagnostic potential, it is necessary to continue research on the possibilities of the OCT-A method in the diagnosis, analysis of treatment results and prediction of ROP.

Keywords: pediatric ophthalmology, optical coherence tomography-angiography, retinopathy of prematurity

For citation: Tereshchenko A.V., Trifanenkova I.G., Panamareva S.V. Optical Coherence Tomography-Angiography in Pediatric Ophthalmological Practice (Review). *Ophthalmology in Russia*. 2021;18(1):5–11. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2021-1-5-11>

Financial Disclosure: No author has a financial or property interest in any material or method mentioned

There is no conflict of interests

В современной офтальмологии уже на протяжении нескольких десятилетий для изучения анатомии и патологии сосудов сетчатки, зрительного нерва и хориоидеи широко используется флюоресцентная ангиография глазного дна (ФАГ). Метод основан на внутривенном введении флюоресцеина натрия, который обеспечивает контрастирование сосудов и тканей глаза [1] и позволяет проводить не только качественную диагностику, но и изучать динамику патологического процесса и, в зависимости от полученных данных, рекомендовать оптимальное лечение [2].

Диагностическая ценность ФАГ определила дальнейшее движение в данном направлении, и с течением времени в обиход врачей-офтальмологов вошел новый метод ангиографического исследования — оптическая когерентная томография — ангиография (ОКТ-А).

Появившийся в результате качественной модернизации ОКТ новый метод визуализации сосудов ОКТ-А активно используется в диагностике такой патологии, как глаукома, диабетическая ретинопатия, посттромботическая ретинопатия, возрастная макулярная дегенерация, центральная серозная хориоретинопатия и др.

Являясь альтернативой ФАГ, ОКТ-А обладает рядом преимуществ. Это неинвазивный метод исследования, не требует применения флуоресцентных красителей, при этом процедура проводится относительно быстро и с возможностью многократного повторения. Метод позволяет послойно визуализировать сосудистую сеть

сетчатки, проводить ее количественный анализ: оценку плотности микрососудистого русла и измерение площади зон неперфузии [3]. Таким образом, ОКТ-А постепенно выходит на первый план в исследовании сосудистой патологии.

Активно применяясь во взрослой медицине, в настоящее время ОКТ-А заняла свое место и в различных направлениях детской офтальмологии. Так, интересное исследование по получению нормативных данных и исходной морфологии, а также анализу взаимосвязи между анатомо-физиологическими факторами и микроциркуляторным руслом сетчатки с использованием ОКТ-А было проведено в 2018 году группой ученых из Китая. На основе обследования 1059 детей без системных и глазных заболеваний в возрасте 6–8 лет были получены популяционные данные о количественных показателях ОКТ-А, системных, демографических и глазных детерминантах. Установлено, что показатели ОКТ-А достоверно и независимо связаны с возрастом, полом, индексом массы тела, длиной глаза, центральной толщиной сетчатки. Полученные данные улучшили понимание взаимосвязи между состоянием микроциркуляторного русла сетчатки в поверхностном капиллярном сплетении и системными, демографическими и глазными факторами [4].

В исследовании, проведенном в 2017 году, польские ученые с помощью ОКТ-А оценивали плотность сосудов сетчатки и фовеальную аваскулярную зону

А.В. Терещенко, И.Г. Трифаненкова, С.В. Панамарева

Контактная информация: Трифаненкова Ирина Георгиевна наука@eye-kaluga.com

Оптическая когерентная томография-ангиография в детской офтальмологической практике...

у детей с сахарным диабетом (СД) 1-го типа и определяли наличие возможных ранних патологических изменений в сравнении со здоровыми глазами детей контрольной группы. Исследование включало 130 детей: 94 — с диагнозом диабета 1-го типа (188 глаз) и 36 сопоставимых по возрасту здоровых детей из контрольной группы (60 глаз). Для анализа были взяты такие показатели, как аваскулярная зона в поверхностном сплетении, плотность всех поверхностных капиллярных сосудов, плотность сосудов поверхностных слоев сетчатки в фовеа, плотность сосудов поверхностных слоев сетчатки в парафовеа, плотность всех сосудов глубоких слоев сетчатки, плотность сосудов глубоких слоев сетчатки в парафовеа, толщина фовеа и толщина парафовеа. У пациентов была оценена зависимость исследуемых фовеальных и парафовеальных параметров и выбранных потенциальных прогностических факторов (возраст пациента, продолжительность жизни с диагнозом «диабет», возраст начала заболевания, средний уровень гликированного гемоглобина и концентрация креатинина в сыворотке). В результате установлено, что ни один из вышеперечисленных параметров ОКТ-А статистически значимо не отличался между группами. Однако гликированный гемоглобин имел тенденцию «уменьшать» плотность сосудов поверхностных слоев сетчатки в парафовеа ($p = 0,039$) и толщину парафовеа ($p = 0,003$), а повышенный уровень креатинина в сыворотке коррелировал со снижением плотности всех сосудов в глубоких слоях сетчатки ($p < 0,001$). Плотность сосудов в глубоких слоях парафовеа у пациентов с диабетом снижалась, когда уровень креатинина в сыворотке ($p = 0,008$), возраст начала заболевания ($p = 0,028$) и время продолжительности диабета ($p = 0,014$) росли. Таким образом, было установлено, что плотность сосудов как в поверхностном, так и в глубоком сплетении, а также площадь аваскулярной зоны у детей с СД 1-го типа имеют аналогичные значения с показателями здоровых пациентов из контрольной группы. Однако было отмечено, что за пациентами, вошедшими в исследование, необходимо долговременное наблюдение с целью своевременного выявления возможных изменений показателей ОКТ-А и их прогностического характера для будущей тяжести диабетической ретинопатии [5].

В дальнейшем, уже в 2019 году, группой ученых из Турции была предпринята попытка изучить влияние аномального метаболизма глюкозы при СД на микроциркуляцию сетчатки у детей с хорошо контролируемым СД 1-го типа и сравнить эти результаты с результатами, полученными у здоровых детей. В данное кросс-секционное проспективное исследование были включены 60 пациентов с СД без клинически выявляемой диабетической ретинопатии, а также 57 контрольных пациентов соответствующего возраста. ОКТ-А была выполнена с использованием AngioVue (Avanti, Optivue).

В результате были выявлены различия в средних значениях периметра площади фовеальной аваскулярной зоны (ПФАЗ), индекса ациркулярности ПФАЗ

(ИА — соотношение периметра ПФАЗ и периметра круга с равной площадью) и фовеальной плотности (ФП — плотность сосудов в 300 мкм вокруг ПФАЗ), которые являлись статистически значимыми между группой с СД и контрольной группой ($p < 0,001$, $p = 0,001$ и $p = 0,009$ соответственно). Существовали также статистически значимые различия между группами по плотности сосудов глубокой верхней парафовеа, глубокой височной парафовеа и глубоких верхних парафовеальных зон ($p = 0,008$, $p = 0,015$ и $p = 0,005$ соответственно). Не было никаких существенных корреляций между продолжительностью СД и уровнями гликированного гемоглобина с исследованными параметрами ОКТ-А.

На основе полученных данных сделано заключение, что в глазах с диабетическим поражением без клинически значимой диабетической ретинопатии наблюдались изменения ФП, ИА, периметра и плотности сосудов парафовеальных капилляров в глубоком капиллярном сплетении, предшествующие увеличению ПФАЗ. Таким образом, эти новые параметры могут быть чувствительными биомаркерами визуализации для определения ранней диабетической ретинопатии [6].

В 2018 году были опубликованы исследования по изучению макулярной сосудистой сети у детей с серповидноклеточной анемией. С помощью ОКТ-А исследованы поверхностное и глубокое капиллярное сплетение, зоны неперфузии, сосудистая плотность и аваскулярная зона фовеа. В результате обследования 19 пациентов с серповидноклеточной анемией удалось установить, что плотность фовеальной сосудистой системы у них была значительно снижена по сравнению со здоровыми детьми, а площадь фовеальной аваскулярной зоны была значительно увеличена. Кроме того, у обследованных пациентов были выявлены архитектурные изменения в перифовеальных капиллярах [7].

В 2016 году в США была проведена работа по использованию ОКТ-А у детей с амблиопией. В результате обследования 63 детей до 18 лет (у 13 была выявлена амблиопия, 50 составили группу контроля) было установлено, что при ОКТ-А определяется субнормальная поверхностная и глубокая плотность капилляров сетчатки в макуле у пациентов с амблиопией, однако для подтверждения сделанных выводов и определения их клинической значимости необходимы дальнейшие исследования [8].

В дальнейшем в 2018 году группой португальских исследователей с помощью ОКТ-А было проведено исследование сосудистой микроструктуры амблиопических глаз в сравнении с контралатеральными глазами и с контрольными здоровыми глазами. В исследование были включены 52 ребенка: 26 — с амблиопией и 26 здоровых детей группы контроля. В результате оценки плотности и площади сосудов макулы и диска зрительного нерва в группе пациентов с амблиопией выявлены достоверные различия в васкуляризации макулы и диска зрительного нерва [9].

Исследования у детей с амблиопией были проведены и группой ученых во главе с E. Borrelli, изучавших плотность сосудов хориокапиллярного слоя. Хориокапилляры исследовали на протяжении 30 мкм, начиная с 31 мкм кзади от пигментного эпителия сетчатки. Сечение хориокапилляров под поверхностными сосудами сетчатки было исключено из анализа, чтобы избежать затенения или проекционных артефактов. Основным показателем измерения была плотность сосудов хориокапилляров. Второстепенными критериями оценки были фовеальная толщина сетчатки и парафовеальная макулярная толщина. В результате при обследовании 20 глаз 16 пациентов с амблиопией и 25 глаз 25 человек контрольной группы выявлено, что амблиопичные глаза имеют повышенную плотность сосудов хориокапиллярного слоя, а также большую наружную парафовеальную макулярную толщину, что может быть связано с изменениями развития наружного слоя сетчатки [10].

Применение ОКТ-А описано в диагностике и мониторинге пациентов детского возраста с окклюзией артерий сетчатки. Ретроспективное исследование проводилось в Варшаве в период с марта 2015 по май 2016 года. Каждый пациент прошел полное офтальмологическое обследование. Диагноз был поставлен на основании исследования глазного дна и ФАГ. ОКТ и ОКТ-А выполняли в начале исследования и в каждый последующий визит. В результате анализа полученных данных установлено, что ОКТ-А позволяет наглядно визуализировать прогрессирующее нарушение сосудистой перфузии сетчатки у детей с окклюзией артерий сетчатки и может быть альтернативой стандартной ФАГ [11].

В исследовании, проведенном в 2017 году группой итальянских ученых, представлены результаты применения ОКТ-А у детей с болезнью Коатса. Из 11 пациентов, включенных в исследование, 9 имели одностороннее развитие патологического процесса, 2 — двустороннее. На 5 глазах был выявлен макулярный фиброз. Во всех глазах с макулярным фиброзом при помощи ОКТ-А было обнаружено замещение фовеальной аваскулярной зоны грубыми сосудами. Неоваскуляризация 3-го типа наблюдалась в 75 % случаев. В результате отмечено, что ОКТ-А позволяет легко идентифицировать неоваскуляризацию 3-го типа у части пациентов с макулярным фиброзом [12].

Проводимые в мире научные изыскания с использованием ОКТ-А в педиатрической офтальмологии доказывают диагностическую состоятельность и информативность данного метода.

Особое место среди заболеваний глаз у детей занимает ретинопатия недоношенных (РН) — тяжелое сосудисто-пролиферативное заболевание сетчатки. ФАГ уже прочно обосновалась среди диагностических исследований у недоношенных новорожденных с РН, технология ее проведения отработана на большом количестве пациентов, однако упоминания об ОКТ-ангиографических исследованиях у пациентов с РН в литературе встречаются достаточно редко.

Так, использование ОКТ-А у недоношенного ребенка описано в 2016 году группой исследователей при выявлении и мониторинге регресса неоваскулярного процесса при задней агрессивной ретинопатии недоношенных (ЗАРН) [13].

Пациентке, родившейся на 30-й неделе гестационного периода с массой 1100 г, был поставлен диагноз ЗАРН. На 26-й день жизни ей была проведена лазерная коагуляция сетчатки. Через семь дней на основании изображений RetCam (Clarity MSI, Pleasanton, CA) на левом глазу были зафиксированы снижение симптомов плюс-болезни, формирующиеся лазерные коагуляты и остаточные преретинальные кровоизлияния в верхнем височном квадранте. SD-ОКТ и ОКТ-А проводили под местной анестезией с постоянным контролем состояния ребенка. Для выполнения обследования младенца пеленали и держали в вертикальном положении на опоре для подбородка. С использованием протокола Angio Retina были получены 8-миллиметровые сканы с настройками сегментации по умолчанию. Незрелая сетчатка требовала тщательной повторной сегментации, чтобы очертить поверхностное, глубокое капиллярное сплетение, наружную сетчатку и слои хориокапилляров.

Снимки SD-ОКТ выявили устойчивую плоскую неоваскуляризацию. На снимках ОКТ-А была видна ветвящаяся сосудистая сеть, окруженная более темной границей, что согласовывалось с расположением плоской неоваскуляризации в поверхностном капиллярном сплетении. Остальная часть сосудистой сети демонстрировала аномальную дилатацию и извитость, что соответствовало остаточным изменениям при плюс-болезни. Более глубокие капиллярные сплетения и наружные слои сетчатки при сегментации ОКТ-А показали грубые изменения, соответствующие вышерасположенной плоской неоваскуляризации и ветвящейся сети в поверхностном капиллярном сплетении.

Дополнительная лазерная коагуляция плоской неоваскуляризации была проведена спустя 2 и 10 дней. С формированием лазерных коагулятов признаки плюс-болезни и кровоизлияния полностью исчезли. Были выполнены повторные снимки SD-ОКТ и ОКТ-А, что позволило визуализировать идентичные исходным протоколам места на сетчатке. На изображениях SD-ОКТ не было видно плоской неоваскуляризации, а поверхностная сетчатка была гладкой по контуру. ОКТ-А поверхностного капиллярного сплетения показала, что плоская неоваскуляризация уменьшилась и сосудистая сеть стала более прямой и тонкой. Нарушения более глубокого капиллярного сплетения, наружной сетчатки и хориокапилляров не обнаруживались.

По окончании исследования было сделано заключение о том, что ОКТ-А позволяет получать изображения глубоких капилляров сосудистой сети сетчатки в трех измерениях и значительно расширяет диагностические возможности при данном заболевании [13].

В 2017 году с целью получения ультраширокопольных изображений ОКТ и ОКТ-А у новорожденных с РН, используя прототип портативного устройства ОКТ и ОКТ-А, J.P. Campbell и соавт. провели серию наблюдений среди новорожденных с РН в отделении интенсивной терапии новорожденных и в операционной. Авторами была разработана портативная система ОКТ и ОКТ-А с использованием перестраиваемого лазера с частотой 100 кГц (Axsun Technologies) с боковым разрешением 17 мкм и максимальным разрешением 5 мкм, а также отдельные протоколы сканирования в диапазоне от 2 до 4 секунд с использованием подходов как на бесконтактной основе, так и на основе контактных линз. Бесконтактный метод обеспечил поле зрения примерно 40° и был реализован путем удерживания зонда непосредственно над поверхностью глаза. Отображение ОКТ в режиме реального времени помогло выровнять область сканирования, которая контролировалась вторым оператором на компьютере. Используя базовый подход через педиатрическую широкоугольную линзу и контактную линзу, удалось получить как ОКТ-сканирование со сверхшироким полем (приблизительно 100° × 100°), так и 20° × 20° (приблизительно 4 × 4 мм).

В исследование были включены 4 младенца в возрасте от 34 до 43 недель гестации (в среднем 38 недель), у которых были получены изображения с использованием контактной линзы и бесконтактного подхода. На полученных снимках ОКТ были видны различные степени фовеального развития и толщины хориоидеи. Кроме того, у одного новорожденного, которому требовалась операция по поводу отслойки сетчатки, получили контактные широкопольные ОКТ изображения и ОКТ-А изображения во время обследования под анестезией. Полученные изображения имели угол обзора 100° и трехмерную реконструкцию, выявляющую преретинальную гиперрефлексивную ткань на ультраширокопольной ОКТ-визуализации, которая клинически соответствовала преретинальным фиброзным мембранам в областях бывшей экстраретинальной неоваскуляризации. ОКТ-А изображения демонстрировали ослабленную ретинальную сеть в зоне предшествующего лазерного лечения, потерю хориокапилляров с сохранением более крупных хориоидальных сосудов и отсутствие сосудов в преретинальных мембранах.

Таким образом, авторам удалось получить ультраширокопольные ОКТ-А и ОКТ-изображения у 4 новорожденных с различными стадиями РН с использованием прототипа портативного устройства, что доказывает возможность проведения данного вида исследования у недоношенных новорожденных. Однако авторы заявляют, что необходимы дополнительные исследования, чтобы доказать клиническую ценность этой технологии [14].

В 2018 году W. Bowl и соавт. проводили исследование с целью описания размеров и внешнего вида фовеальной аваскулярной зоны (ФАЗ) в поверхностном и глубоком сплетении у детей раннего возраста с пролеченной

или спонтанно регрессировавшей РН по сравнению с контрольной группой детей того же возраста и со взрослыми молодыми людьми по данным ОКТ-ангиографии, а также сравнения этих параметров с классическими изображениями ОКТ и зрительными функциями.

Всего в исследование были включены 10 детей раннего возраста (5,0 ± 0,8 лет) с пролеченной РН (6 — с применением лазерного воздействия; 4 — с интравитреальным введением бевацизумаба), 15 детей со спонтанно регрессировавшей РН, 15 здоровых детей, родившихся в срок, и 20 здоровых взрослых, родившихся в срок.

ОКТ-А проводили с использованием DRI OCT Triton (Swept Source OCT, Topcon, Oakland, NJ). У всех детей для анализа использовались только высококачественные ОКТ-А-изображения одного глаза. Поверхностная и глубокая ФАЗ были проанализированы отдельно. У здоровых взрослых и у детей с одинаковым качеством изображения в обоих глазах анализируемый глаз был выбран случайным образом. ОКТ выполняли с использованием Spectralis SD-OCT (HRA/OCT, Heidelberg Engineering, Гейдельберг, Германия). Характеристики фовеальной ямки и степень задержки развития макулы, определяемые как соотношение внешнего ядерного слоя + внешней пограничной мембраны и внутренних слоев сетчатки в фовеа, анализировали с помощью специализированного инструмента для автоматической сегментации слоев (DiOCTA, авторское право Justus-Liebig-University, Гиссен, Германия). Острота зрения была проверена с помощью буквенных диаграмм «Early Treatment of Diabetic Retinopathy Study».

В результате исследования установлено, что глубина и площадь фовеальной ямки были значительно уменьшены как у пролеченных, так и у детей со спонтанным регрессом РН, тогда как диаметр фовеальной ямки был сопоставим во всех группах. ОКТ-А показала значительно суженную поверхностную ФАЗ в глазах с пролеченной и спонтанно регрессировавшей РН, тогда как глубокая ФАЗ была сопоставимого размера во всех группах. Уменьшенная поверхностная ФАЗ значительно коррелирует с уменьшенным отношением внешнего ядерного слоя + внешней пограничной мембраны и, следовательно, степенью задержки развития макулы. В обработанной и спонтанно регрессирующей РН снижение поверхностной ФАЗ и задержка развития макулы значительно коррелировали с уменьшением зрительных функций.

На основе полученных данных сделан вывод о том, что, хотя популяция исследования ограничена в размере, результаты представляют собой первый шаг в обеспечении более надежных прогнозов поздних зрительных функций с помощью ОКТ исследований у младенцев [15].

Для оценки фовеальной микрососудистой структуры и корреляции между фовеальной толщиной сетчатки и максимально скорректированной остротой зрения (МКОЗ) у детей в возрасте от 5 до 8 лет с РН Y.C. Chen и соавт. было проведено ретроспективное исследование типа «случай-контроль». В исследование были включены

дети, у которых ранее была диагностирована РН 1-го типа и которые получали анти-VEGF препарат с успешным регрессом. Стадию РН, зону, наличие признаков плюс-болезни, показания к лечению подтверждали два опытных специалиста в этой области. Анти-VEGF терапию проводили авастинном или луцентисом. Все дети получали анти-VEGF лечение один раз без дополнительной анти-VEGF или лазерной терапии. Пациенты находились под наблюдением до подтверждения регресса заболевания. Соответствующие по возрасту, доношенные (гестационный возраст старше 39 недель) дети без глазных заболеваний были набраны в качестве контрольной группы на исследуемый период. Все испытуемые прошли комплексное офтальмологическое обследование, включая измерение скорректированной остроты зрения с использованием таблиц Снеллена и внутриглазного давления; биомикроскопию; обратную офтальмоскопию, ОКТ-А, СОКТ. Всего было проанализировано 42 глаза 23 пациентов, пролеченных с помощью анти-VEGF препаратов, и 51 глаз 27 здоровых детей соответствующего возраста в качестве контрольной группы. Были проведены корреляции между зоной ФАЗ, фовеальным ПФС, толщиной фовеа, МКОЗ, гестационным возрастом (ГВ) и массой тела при рождении.

При использовании корреляционного анализа Пирсона установлено, что как поверхностная, так и глубокая зона ФАЗ имели значительную положительную корреляцию с толщиной внутренней и наружной сетчатки. Напротив, и поверхностная, и глубокая фовеальная сосудистая плотность имели существенную отрицательную корреляцию с толщиной как внутренней, так и наружной сетчатки.

Одномерный анализ показал, что МКОЗ (logMAR) отрицательно коррелировала с поверхностной сосудистой плотностью ($p = 0,015$) и толщиной внутренней сетчатки ($p = 0,0007$). Исходя из полученных данных, авторами был сделан вывод о том, что ОКТ-А — неинвазивная новая методика получения изображений, которая может

помочь в оценке микрососудистой сети фовеа без риска, характерного для ФАГ. С помощью ОКТ-А были определены микрососудистые аномалии в области фовеа, включая уменьшение размеров ФАЗ и увеличение сосудистой плотности в центральной фовеальной зоне у пациентов с РН, пролеченных анти-VEGF препаратом. Кроме того, продемонстрирована корреляция между фовеальными микрососудистыми аномалиями и толщиной сетчатки, а также субоптимальной остротой зрения. Из-за ретроспективного характера исследования сохраняется необходимость проведения перспективного исследования для подтверждения сделанных выводов [16].

На основании данных приведенных исследований показано, что ОКТ-А обладает рядом преимуществ перед другими диагностическими методами исследования в детской офтальмологии. Неинвазивность, относительная быстрота использования, разнообразие исследуемых параметров ОКТ-А позволяют получать незаменимую информацию, которая способствует принятию обоснованного решения при выборе тактики лечения.

ОКТ-А обладает огромным диагностическим потенциалом при таком тяжелом заболевании, как РН. Метод дает возможность полноценного контроля патологического процесса, оценки эффективности проведенного лечения и своевременного предупреждения развития тяжелых стадий заболевания. Однако исследования, посвященные оценке состояния микрососудистого русла у детей с РН в активном периоде заболевания, единичны и проведены на крайне ограниченном количестве младенцев. Ввиду большого информационно-диагностического потенциала необходимо продолжать исследования по изучению возможностей метода ОКТ-А в диагностике и при анализе результатов лечения и прогнозирования течения РН.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Терещенко А.В. — концепция;
Трифаненкова И.Г. — редактирование текста;
Панамарева С.В. — сбор и обработка материала, написание текста.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Сидоренко Е.И., Гусева М.Р., Маркова Е.Ю., Асташева И.Б. Флюоресцентная ангиография в диагностике патологии глазного дна у детей. *Вестник офтальмологии*. 2003;119(2):15–17. [Sidorenko E.I., Guseva M.R., Markova E.Yu., Astasheva I.B. Fluorescent angiography in the diagnosis of fundus pathology in children. *Annals of Ophthalmology = Vestnik oftalmologii*. 2003;119(2):15–17. (In Russ.)].
2. Зайцев Н.А., Сомов Е.Е. Характер возможных осложнений при проведении флюоресцентной ангиографии у детей различного возраста. *Офтальмологические ведомости*. 2010;3(3):14–17. [Zaitsev N.A., Somov E.E. The nature of possible complications during fluorescence angiography in children of different ages. *Ophthalmological statements = Oftalmologicheskie vedomosti*. 2010;3(3):14–17 (In Russ.)].
3. Аникина М.А., Матненко Т.Ю., Лебедев О.И. Оптическая когерентная томография-ангиография: перспективный метод в офтальмологической диагностике. *Практическая медицина*. 2018;114(3):7–10. [Anikina M.A., Matnenko T.Yu., Lebedev O.I. Optical coherence tomography-angiography: a promising method in ophthalmological diagnosis. *Practical medicine = Prakticheskaya medicina*. 2018;114(3):7–10 (In Russ.)].
4. Mezu-Ndubuisi O.J., Taylor L.K., Schoepfoerster J.A. Simultaneous Fluorescein Angiography and Spectral Domain Optical Coherence Tomography Correlate Retinal Thickness Changes to Vascular Abnormalities in an In Vivo Mouse Model of Retinopathy of Prematurity. *J Ophthalmol*. 2017;2017:9620876. DOI: 10.1155/2017/9620876
5. Gołębiewska J., Olechowski A., Wysocka-Mincewicz M., Odrobina D., Baszyńska-Wilk M., Groszek A., Szalecki M., Hautz W. Optical coherence tomography angiography vessel density in children with type 1 diabetes. *PLoS One*. 2017 Oct 20;12(10):e0186479. DOI: 10.1371
6. Inanc M., Tekin K., Kiziltoprak H., Ozalkak S., Doguizi S., Aycan Z. Changes in Retinal Microcirculation Precede the Clinical Onset of Diabetic Retinopathy in Children with Type 1 Diabetes Mellitus. *Am J Ophthalmol*. 2019 Apr 19. PII: S0002-9394(19)30186-2. DOI: 10.1016/j.ajo.2019.04.011
7. Roemer S., Bergin C., Kaeser P.F., Ambresin A. Assessment of macular vasculature of children with sickle cell disease compared to that of healthy controls using optical coherence tomography angiography. *Retina*. 2018 Oct 16. DOI: 10.1097/IAE.0000000000002321
8. Lonngi M., Velez F.G., Tsui I., Davila J.P., Rahimi M., Chan C., Sarraf D., Demer J.L., Pineles S.L. Spectral-Domain Optical Coherence Tomographic Angiography in Children With Amblyopia. *JAMA Ophthalmol*. 2017 Oct 1;135(10):1086–1091. DOI: 10.1001/jamaophthalmol.2017.3423
9. Sobral I., Rodrigues T.M., Soares M., Seara M., Monteiro M., Paiva C., Castela R. OCT angiography findings in children with amblyopia. *J AAPOS*. 2018 Aug;22(4):286–289.e2. DOI: 10.1016/j.jaapos.2018.03.009
10. Borrelli E., Lonngi M., Balasubramanian S., Tepelus T.C., Baghdasaryan E., Pineles S.L., Velez F.G., Sarraf D., Sadda S.R., Tsui I. Increased choriocapillaris vessel density in amblyopic children: a case-control study. *J AAPOS*. 2018;22(5):366–370. DOI: 10.1016/j.jaapos.2018.04.005
11. Hautz W., Gołębiewska J., Czeszyk-Piotrowicz A. Optical Coherence Tomography-Based Angiography in Retinal Artery Occlusion in Children. *Ophthalmic Res*. 2018;59(4):177–181. DOI: 10.1159/000484351

А.В. Терещенко, И.Г. Трифаненкова, С.В. Панамарева

Контактная информация: Трифаненкова Ирина Георгиевна nauka@eye-kaluga.com

12. Rabiolo A., Marchese A., Sacconi R., Cicinelli M.V., Grosso A., Querques L., Querques G., Bandello F. Refining Coats' disease by ultra-widefield imaging and optical coherence tomography angiography. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2017;255(10):1881–1890. DOI: 10.1007/s00417-017-3794-7
13. Vinekar A., Chidambara L., Jayadev C., Sivakumar M., Webers C.A., Shetty B. Monitoring neovascularization in aggressive posterior retinopathy of prematurity using optical coherence tomography angiography. *J AAPOS.* 2016;20(3):271–274. DOI: 10.1016/j.jaapos.2016.01.013
14. Campbell J.P., Nudleman E., Yang J., Tan O., Chan R.V.P., Chiang M.F., Huang D., Liu G. Handheld Optical Coherence Tomography Angiography and Ultra-Wide-Field Optical Coherence Tomography in Retinopathy of Prematurity. *JAMA Ophthalmol.* 2017;135(9):977–981. DOI: 10.1001/jamaophthalmol.2017.2481
15. Bowl W., Bowl M., Schweinfurth S., Holve K., Knobloch R., Stieger K., Andrassi-Darida M., Lorenz B. OCT Angiography in Young Children with a History of Retinopathy of Prematurity. *Ophthalmol Retina.* 2018;2(9):972–978. DOI: 10.1016/j.oret.2018.02.004
16. Chen Y.C., Chen Y.T., Chen S.N. Foveal microvascular anomalies on optical coherence tomography angiography and the correlation with foveal thickness and visual acuity in retinopathy of prematurity. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2019;257(1):23–30. DOI: 10.1007/s00417-018-4162-y

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Калужский филиал ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
Терещенко Александр Владимирович
доктор медицинских наук, директор
ул. им. Св. Федорова, 5, Калуга, 248007, Российская Федерация
<https://orcid.org/0000-0002-0840-2675>

Калужский филиал ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
Трифаненкова Ирина Георгиевна
кандидат медицинских наук, зам. по научной работе
ул. им. Св. Федорова, 5, Калуга, 248007, Российская Федерация
<https://orcid.org/0000-0001-9202-5181>

Калужский филиал ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
Панамарева Светлана Владимировна
офтальмолог
ул. им. Св. Федорова, 5, Калуга, 248007, Российская Федерация
<https://orcid.org/0000-0001-8709-190X>

ABOUT THE AUTHORS

Kaluga branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution
Tereshchenko Alexander V.
MD, head
Sv. Fedorov str., 5, Kaluga, 248007, Russian Federation
<https://orcid.org/0000-0002-0840-2675>

Kaluga branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution
Trifanenkova Irina G.
PhD, deputy for research
Sv. Fedorov str., 5, Kaluga, 248007, Russian Federation
<https://orcid.org/0000-0001-9202-5181>

Kaluga branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution
Panamareva Svetlana V.
ophthalmologist
Sv. Fedorov str., 5, Kaluga, 248007, Russian Federation
<https://orcid.org/0000-0001-8709-190X>