

ОКТ-ангиография в оценке результатов хирургического лечения макулярных разрывов

Д.О. Шкворченко¹Е.А. Крупина¹А.В. Фомин²

¹ ФГАУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Фёдорова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
Бесудниковский бульвар, 59а, Москва, 127486, Российская Федерация

² ЗАО «Трейдомед Инвест»
ул. Марксистская, 3, стр. 1, офис 412, Москва, 109147, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2019;16(3):310–316

Цель: оценить состояние аваскулярной зоны и относительной плотности сосудов сетчатки в фовеа с помощью оптической когерентной томографии с функцией ангиографии (ОКТ-ангиографии) после хирургического лечения макулярных разрывов (МР) с применением богатой тромбоцитами плазмы крови (БотП). **Пациенты и методы.** В исследование вошли 32 пациента (32 глаза) с МР. Хирургическое лечение включало трехпортовую 27G витрэктомию с удалением задних гиалоидных слоев стекловидного тела и внутренней пограничной мембраны (ВПМ). После тампонады витреальной полости воздухом интравитреально вводили БотП на область разрыва. Традиционное офтальмологическое обследование и ОКТ-ангиографию выполняли до и после операции в сроки 1 и 3 месяца, оценивая площадь аваскулярной зоны и относительную плотность сосудов сетчатки в фовеа. Сравнение проводили со здоровым парным глазом. **Результаты и обсуждение.** У всех пациентов произошло достоверное повышение остроты зрения. Блокирования МР удалось достичь во всех случаях. В послеоперационном периоде отмечалось уменьшение размеров аваскулярной зоны и увеличение относительной плотности сосудов сетчатки. **Заключение:** ОКТ-ангиография позволяет оценить уменьшение размеров аваскулярной зоны и увеличение плотности сосудов сетчатки в послеоперационном периоде.

Ключевые слова: макулярный разрыв, богатая тромбоцитами плазма, ОКТ-ангиография, аваскулярная зона, относительная плотность сосудов сетчатки

Для цитирования: Шкворченко Д.О., Крупина Е.А., Фомин А.В. ОКТ-ангиография в оценке результатов хирургического лечения макулярных разрывов. *Офтальмология*. 2019;16(3):310–316. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2019-3-310-316>

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

Конфликт интересов отсутствует



OCT Angiography in Evaluation of the Macular Holes Treatment Results

D.O. Shkvorchenko¹, E.A. Krupina¹, A.V. Fomin²

¹ S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution
Beskudnikovskiy Blvd, 59A, Moscow, 127486, Russia

² "Tradmed invest"

Marxistskaya str., 3, build. 1, office 412, Moscow, 109147, Russia

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2019;16(3):310-316

Purpose: to assess the structure of the avascular zone and Vessel Density Retina in fovea using optical coherence tomography with angiography (OCT-angiography) after surgical treatment of macular hole, (MH) with platelet-rich plasma (PRP). **Patients and methods.** We examined and operated 32 patients (32 eyes) with macular hole. During surgery, after posterior hyaloid and internal limiting membrane (ILM) removing the platelet-rich plasma was appliqué on the region of the hole. Ophthalmologic diagnosis and OCT angiography were performed before and in 1 and 3 months after surgery, evaluate the area of the avascular zone and Vessel Density Retina in fovea. We compared this information with a healthy eye. **Results and discussion.** All patients had significantly visual acuity increase. Anatomical closure was confirmed in all cases. After surgery, we note a decrease in the size of the avascular zone and increase of the Vessel Density Retina in fovea. **Conclusions.** OCT angiography allows to evaluate the decrease in the size of avascular areas and increase of the Vessel Density Retina in fovea in postoperative period.

Keywords: macular hole, platelet-rich plasma, OCT angiography, avascular zone, Vessel Density Retina

For citation: Shkvorchenko D.O., Krupina E.A., Fomin A.V. OCT Angiography in Evaluation of the Macular Holes Treatment Results. *Ophthalmology in Russia*. 2019;16(3):310-316. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2019-3-310-316>

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

There is no conflict of interests

АКТУАЛЬНОСТЬ

В 1991 году N.E. Kelly и R.T. Wendell получили обнадеживающие результаты при лечении МР с помощью выполнения витрэктомии, тампонады газом с соблюдением положения пациента «лицом вниз» [1].

В настоящее время основными этапами хирургического вмешательства являются субтотальная витрэктомия, отделение задних гиалоидных слоев стекловидного тела от поверхности сетчатки (если в глазу ранее не произошла задняя отслойка стекловидного тела), окрашивание и удаление внутренней пограничной мембраны (ВПМ), тампонада витреальной полости воздухом или газозвоздушной смесью [2]. Несмотря на отработанную технику, анатомическое закрытие разрыва, по данным разных авторов, происходит в 92–97 % случаев [3, 4]. Для повышения эффективности лечения хирургами предлагаются различные методики [5–9].

На наш взгляд, одной из таких методик является применение богатой тромбоцитами плазмы крови (БоТП) в ходе операции [10–13].

В проведенных ранее исследованиях было получено анатомическое закрытие макулярных разрывов (МР) в 100 % случаев с применением БоТП в ходе операции [14, 15].

Для оценки результатов хирургического лечения МР и изучения морфологических изменений в зоне разрыва проводили анализ ОКТ-изображений в различные сроки наблюдения [14].

В настоящее время технические возможности аппаратуры создают условия для поиска новых критериев

в оценке изменения витреомакулярного интерфейса до и после хирургического лечения МР. Применение в диагностике томографов последнего поколения с функцией ОКТ-ангиографии дает возможность количественно определить характеристики сосудистой сети сетчатки в макулярной зоне. В настоящем исследовании применяли томограф xR AVANTI производства Optovue с функцией AngioVue для проведения ОКТ-ангиографии, использующей алгоритм декорреляционной амплитудной ангиографии с разделением спектра — SSADA (split-spectrum amplitude-decorrelation angiography), благодаря которому появилась возможность визуализации и дифференцировки кровеносных сосудов глазного дна от окружающей ткани на всей глубине сканирования без использования контрастного вещества [16].

ОКТ-ангиография становится важным диагностическим методом при таких патологиях, как возрастная макулярная дегенерация, диабетическая и посттромботическая ретинопатия и др. [17–19]. Однако в диагностике МР этот метод исследования ранее не применялся. Публикации о применении ОКТ-ангиографии в этой области носят единичный характер, а исследование результатов хирургического лечения МР с применением БоТП, опираясь на анализ сосудистого русла в зоне разрыва, не проводилось.

Цель состояла в оценке состояния аваскулярной зоны и относительной плотности сосудов сетчатки в фовеа с помощью оптической когерентной томографии с функцией ангиографии (ОКТ-ангиографии) после хирургического лечения МР с применением БоТП.

D.O. Shkvorchenko, E.A. Krupina, A.V. Fomin

Contact information: Krupina Eugenia A. ew.krupina@yandex.ru

OCT Angiography in Evaluation of the Macular Holes Treatment Results

Таблица 1. Характеристика обследуемых пациентов**Table 1.** Characteristics of the studied of patients

Кол-во, чел./Number	Пол/Gender	Средний возраст, лет / Average age (M ± σ)	Длительность, мес / Duration, month	Минимальный диаметр разрыва, μm / D min, μm
32	Мужчин (men) — 2 Женщин (women) — 30	67,0 ± 4,2	6,5 ± 2,4	757,7 ± 180,2

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

В исследование вошли 32 пациента (32 глаза) с МР. Минимальный диаметр разрыва варьировал от 250 до 1200 мкм.

Пациенты были сопоставимы по клинико-демографическим параметрам (табл. 1).

Критериями исключения являлись: соматические заболевания в стадии обострения, наличие хронических аутоиммунных заболеваний, сахарного диабета.

Традиционное офтальмологическое обследование и ОКТ-ангиографию проводили всем пациентам до и после операции в сроки 1 и 3 месяца.

При наличии возрастной катаракты хирургическое лечение по поводу МР сочетали с факоэмульсификацией катаракты и имплантацией ИОЛ. В глазах с артифакцией вмешательство начинали с проведения трехпортовой 27G витрэктомии. В ходе операции удаляли задние гиаллоидные слои стекловидного тела и ВПМ. После тампонады витреальной полости воздухом интравитреально вводили БоТП на область разрыва. После операции пациенту рекомендовалось положение «лицом вниз» до вечера текущего дня.

ОКТ-ангиографию выполняли с использованием оптического когерентного томографа xR Avanti (Optovue,

США) с функцией Angio Vue в режиме Angio Retina. Для численной оценки площади аваскулярной зоны в фовеа и относительной плотности сосудов в фовеа и парафовеа была использована программа Angio Analytic. Томограф позволяет получать ОКТ-ангиограммы с разрешением до 400×400 пикселей и автоматическую сегментацию сканов сетчатки на «поверхностные», «глубокие» слои внутренней сетчатки, наружную сетчатку и хориокапиллярный слой. В данной работе проводили анализ относительной плотности сосудов сетчатки в поверхностном сосудистом сплетении (плексусе) сетчатки.

Слой superficial (поверхностный) ОКТ-ангиограммы внутренней сетчатки включает сосуды поверхностного сосудистого плексуса сетчатки (в слое ганглиозных клеток) и сосудистую сеть в слое нервных волокон сетчатки начиная с 3 мкм ниже поверхности внутренней пограничной мембраны и до уровня 15 мкм ниже внутреннего плексиформного слоя (ВПС). Размеры зон сканирования при проведении ОКТ-ангиографии составляли 3×3 и 6×6 мм. В ходе ОКТ-ангиографии в макулярной области измеряли следующие показатели: площадь фовеальной аваскулярной зоны — Non Flow Area (NFA, мм²) и относительную плотность сосудов — Vessel Density (VD, %) — отношение площади, занимаемой сосудами в исследуемой зоне, к площади этой зоны (%). В данной работе исследовались NFA и VD для зоны сканирования 3×3 мм. Программа Angio Analytic позволяет проводить измерения относительной плотности сосудов в фовеальной (в окружности диаметром 1 мм) зоне (fVD) и в парафовеа (pfVD) — в зоне между границей фовеа и окружностью диаметром 3 мм вокруг центра, а также усредненное по фовеа и парафовеа значение — Whole en face Vessel Density Retina (wiVD) (рис. 1). Эти показатели сравнивали со здоровым парным глазом.

Обработку результатов исследования проводили с помощью стандартных инструментов описательной статистики Microsoft Office Excel. Данные представлены в виде M ± σ, где: M — среднее арифметическое, σ — стандартное отклонение. Различия считались статистически значимыми при p < 0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Во всех случаях удалось достичь повышения остроты зрения и блокирования МР.

Наблюдалось значительное изменение архитектуры сосудов сетчатки после хирургического вмешательства.

В ходе исследования выявлена достоверная разница (p < 0,05) между показателями площади аваскулярной

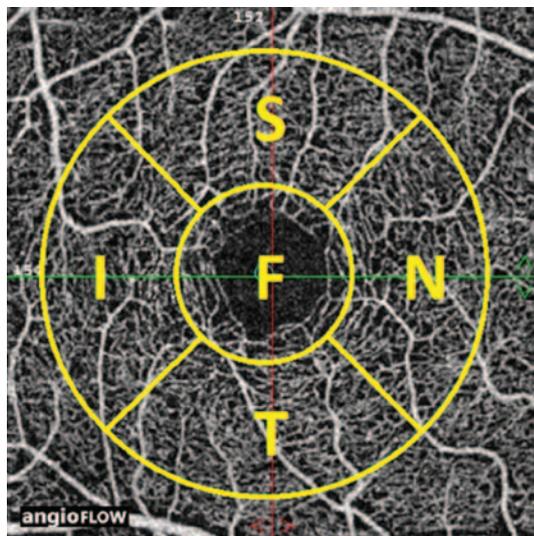


Рис. 1. Протоколы ОКТ-А пациента в норме. Кодировка секторов парафовеа и фовеа: F — фовеа, S — верхний сектор парафовеа (Superior), N — назальный сектор парафовеа (Nasalis), I — нижний сектор парафовеа (Inferior), T — височный сектор парафовеа (Temporalis). Область макулярной площади — скан 6×6 мм

Fig. 1. Normal OCT-A protocols. Coding of parafovea and fovea sectors: F — fovea, S — Superior, N — Nasalis, I — Inferior, T — Temporalis. Zones of the macular area — scan, 6×6 mm

зоны и относительной плотности сосудов сетчатки после операции как в фовеа, так и в парафовеа. В данной работе приводятся данные по изменению fVD как более выраженные по сравнению с rfVD. Наблюдается уменьшение размеров аваскулярной зоны и увеличение относительной плотности сосудов сетчатки в фовеа (табл. 2).

Площадь аваскулярной зоны в здоровом глазу в течение исследования оставалась неизменной и составляла $0,38 \pm 0,13$ мм². Относительная плотность сосудов сетчатки здорового глаза также не менялась и соответствовала $25,93 \pm 0,10$ %. Различия показателей после хирургического лечения МР по сравнению со здоровым глазом были высоко достоверными ($p < 0,05$).

Также было отмечено, что конфигурация аваскулярной зоны в послеоперационном периоде обладает индивидуальной вариабельностью (рис. 2 А–В).

ОБСУЖДЕНИЕ

Основная цель хирургии МР — анатомическое закрытие разрыва, которое является абсолютным условием для последующего восстановления остроты зрения. В течение последнего десятилетия для повышения эффективности хирургического лечения применяют различные техники. Удаление ВПМ также повышает положительный результат хирургического вмешательства МР до 92–97 % [3, 4]. Несмотря на достижения современной офтальмохирургии, в некоторых случаях МР сохраняются или рецидивируют через несколько месяцев или лет [20]. Уникальные свойства БТП, на наш взгляд, позволяют рассматривать ее как биосовместимый аутогенный материал, фибриновый компонент которого соединяет края разрыва и обеспечивает тем самым их механическую поддержку, делая предсказуемыми процессы пролиферации и дифференцировки в зоне фовеа [21, 22].

Таблица 2. Оценка функциональных показателей у пациентов после операции

Table 2. Mean of the functional parameters of the patients after surgery

Корр. острота зрения Visual acuity	До операции / Before surgery	$0,12 \pm 0,1$
	1 месяц / 1 month	$0,39 \pm 0,12$
	3 месяца / 3 months	$0,53 \pm 0,21$
Площадь аваскулярной зоны (NFA), мм ²	До операции / Before surgery	$0,42 \pm 0,12$
	1 месяц / 1 month	$0,26 \pm 0,14$ $p = 0,01$
	3 месяца / 3 months	$0,22 \pm 0,28$ $p = 0,03$
Относительная плотность сосудов в фовеа (fVD), %	До операции / Before surgery	$27,05 \pm 0,21$
	1 месяц / 1 month	$37,02 \pm 0,25$ $p = 0,02$
	3 месяца / 3 months	$40,98 \pm 0,17$ $p = 0,01$

В последних исследованиях глияльной ткани предполагается участие клеток Мюллера в регенерации поврежденной сетчатки при закрытии МР. Клетки Мюллера являются единственным типом ретинальной глии, которые имеют общее эмбриональное происхождение с нейронами сетчатки [23, 24]

Волокна клеток Мюллера формируют наружную пограничную мембрану с одной стороны и внутреннюю пограничную мембрану — с другой.

Исследования перифовеолярной сетчатки методом ОКТ-ангиографии в режиме En Face позволяют расширить знания, касающиеся ультраструктурных изменений в зоне МР. На снимках можно увидеть множественные радиально направленные гипорефлективные пространства (кисты), расположенные вокруг МР (рис. 3).

Большинство исследователей оценивают результаты хирургического вмешательства при МР, основываясь на анализе структуры сетчатки, полученной с помощью ОКТ. Анализируя морфологические изменения ткани сетчатки в зоне МР после хирургического лечения,

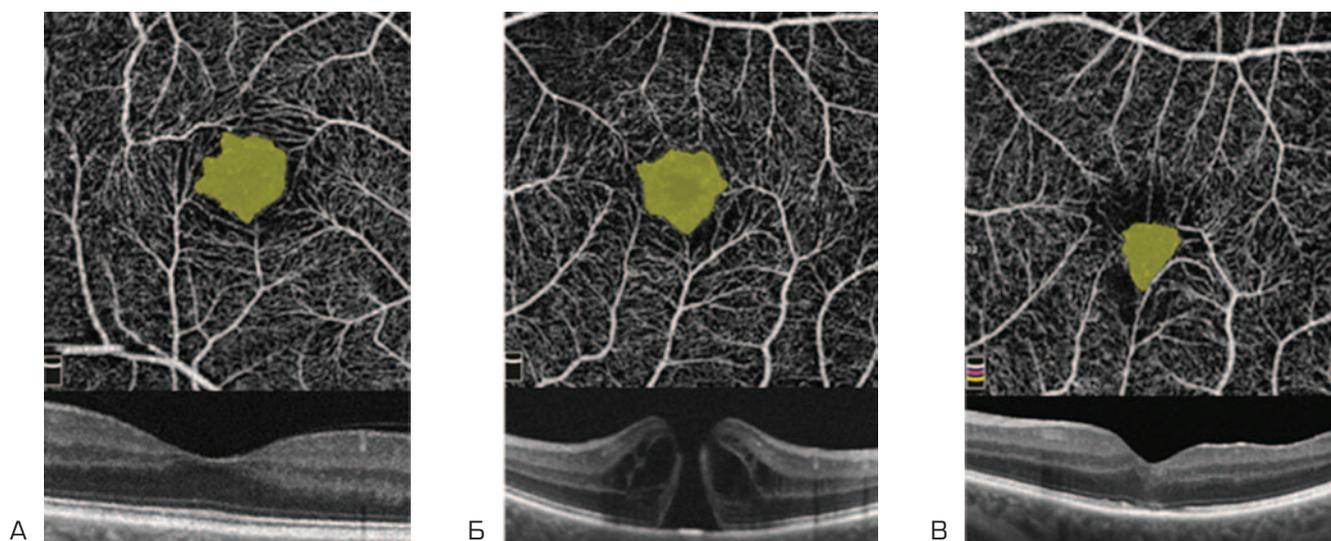


Рис. 2. Пациент В. А — аваскулярная зона в здоровом глазу, Б — аваскулярная зона до операции, В — аваскулярная зона через 3 месяца после операции

Fig. 2. Patient V. А — avascular zone in the healthy eye, Б — avascular zone before surgery, В — foveal avascular zone 3 months after surgery

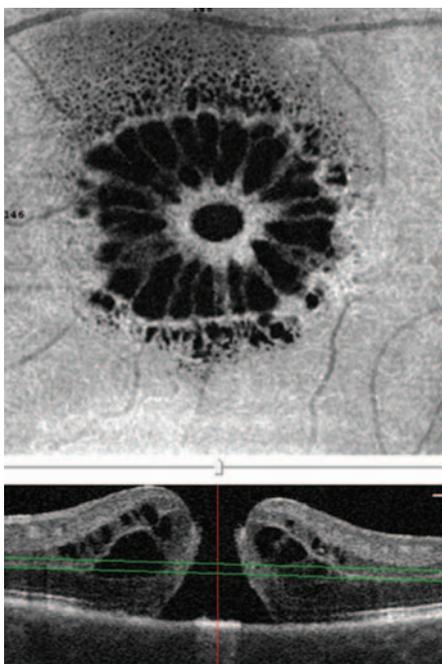


Рис. 3. Макулярный разрыв. ОКТ-ангиография в режиме En Face

Fig. 3. Macular hole. OCT angiography in En Face protocol

авторы подробно описывают изменения наружной пограничной мембраны, определяют целостность и состоятельность эллипсоидной зоны фоторецепторов, изменения толщины внутренних и наружных слоев сетчатки [25–27].

В настоящее время ОКТ-ангиография, являясь новым диагностическим методом, позволяет получать информацию об ангиоархитектонике оболочек глаза послойно [16]. Визуализация сосудистого русла сетчатки и хориоидеи основана на регистрации движения крови в просвете сосуда и представляется в виде карт [28]. В томографе Optovue имеется возможность получения 3D-изображения сетчатки при использовании функции 3D MCT (детализация 320×320 пикселей, минимальное

расстояние между линиями сканирования 28,2 микро-на) и 3D-сканов из программы Angio Retina и HD Angio Retina (детализация 304×304 и 400×400 пикселей, расстояние между линиями сканирования 9,9 микро-на). При 3D-сканировании в этих режимах с целью устранения влияния микродвижений глаза пациента при съемке применяется алгоритм Dual Trac, когда сканирование сетчатки производится дважды во взаимно-перпендикулярных направлениях (перекрестное сканирование) с последующей математической обработкой полученных изображений. При повторном перекрестном сканировании микродвижения не повторяются, артефакты от микродвижений (кинетические артефакты) не проявляются в тех же местах, что позволяет после обработки с помощью алгоритма MCT (Motion Correction Technology) двух полученных изображений восстановить неискаженное 3D-изображение, свободное от кинетических артефактов. Высокая плотность линий в 3D-скане (9,9 мкм) и упомянутый выше алгоритм Dual Trac дают возможность в режимах Angio Retina и HD Angio Retina получать максимально достоверное 3D-изображение сетчатки (рис. 4А). Режим En Face позволяет изучить распределение плотности ткани в слое вблизи поверхности сетчатки. В этом режиме зоны с меньшей плотностью ткани или с отсутствием ткани отображаются как более темные участки (рис. 4Б).

Таким образом, эти алгоритмы обеспечивают получение объемных (3D) карт поверхности сетчатки и одновременную оценку структурных особенностей зон, затронутых хирургическим вмешательством.

Впервые их появление через 2–3 месяца после хирургического лечения с удалением ВПМ описали Tadayoni и соавт. Расположение овальных «пятен» связано с направлением слоя нервных волокон сетчатки (рис. 5). Авторы отметили характерный вид глазного дна у части пациентов, высказав мнение, что эти изменения могут быть вызваны необратимым повреждением части клеток Мюллера, после чего нервные волокна теряют

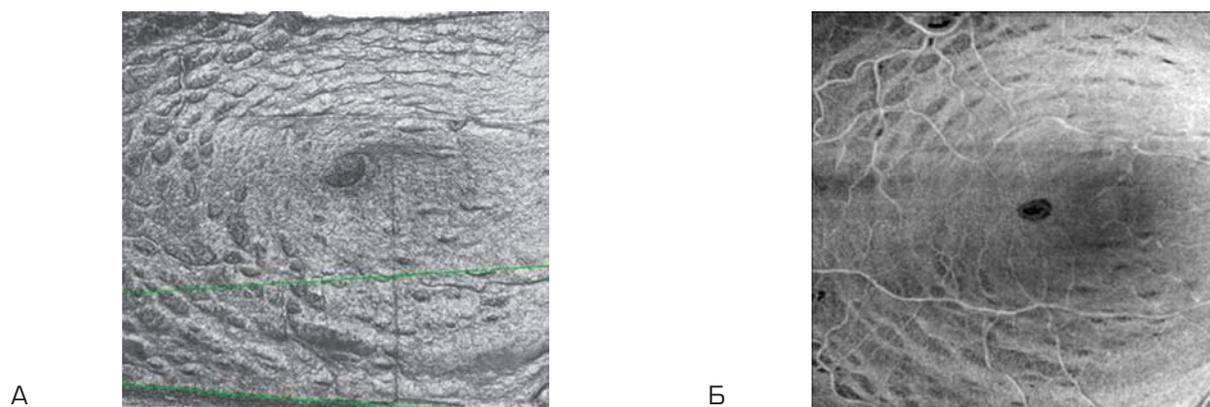


Рис. 4. Поверхность сетчатки через 3 месяца после хирургического лечения МР: А — поверхность сетчатки в режиме 3D (6×6 мм HD Angio Retina), Б — распределение плотности ткани в поверхностном слое в режиме En Face (6×6 мм HD Angio Retina)

Fig. 4. The surface of the retina 3 months after surgery MH: А — the surface of the retina in 3D protocol (6×6 мм HD Angio Retina), Б — retina density in the surface layer in En Face protocol (6×6 мм HD Angio Retina)

структурную поддержку и появляется диссоциация слоя оптических нервных волокон (dissociated optic nerve fibers layer — DONFL) [29].

Дополнительные критерии, полученные с помощью ОКТ-ангиография в режиме En Face и Full 3D, могут стать важными диагностическими параметрами в будущем. Изучение множественных кист, расположенных вокруг МР до операции, а также понимание структурных изменений на поверхности сетчатки после операции, возможно, помогут в прогнозировании функциональных и анатомических результатов хирургического лечения МР.

В проведенном исследовании, используя метод ОКТ-ангиографии, мы продемонстрировали уменьшение площади аваскулярной зоны сетчатки и увеличение относительной плотности сосудов в фовеа после хирургического лечения МР.

В настоящее время метод ОКТ-ангиографии применяют при изучении различных заболеваний сетчатки и сосудистой оболочки. Наши результаты показали, что использование данного метода в диагностике является интересным направлением для изучения структуры сетчатки до и после хирургического лечения МР в клинической практике.

Для оценки практической значимости и подтверждения полученных выводов необходимо провести исследования с большим количеством пациентов и в более длительные сроки наблюдения.

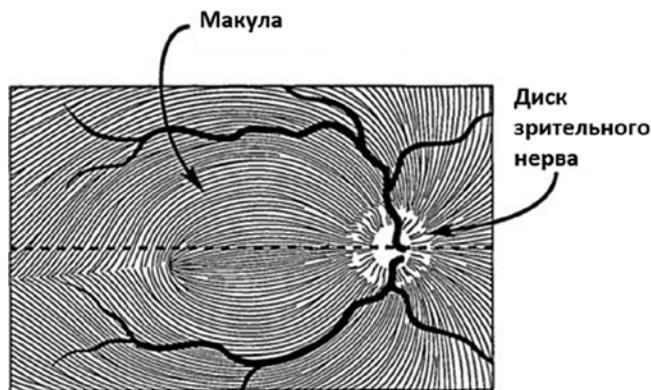


Рис. 5. Схематическое изображение направления слоя нервных волокон сетчатки

Fig. 5. Image of retinal nerve fiber layer orientation

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ОКТ-ангиография позволяет оценить уменьшение размеров аваскулярной зоны и увеличение плотности сосудов сетчатки в послеоперационном периоде при лечении МР.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Шкворченко Д.О. — концепция и дизайн исследования, выполнение хирургических вмешательств, научное редактирование статьи, окончательное одобрение варианта статьи для опубликования;
Крупина Е.А. — выполнение этапов хирургических вмешательств, сбор и статистическая обработка материала, написание текста, работа над переводом, подготовка иллюстраций.
Фомин А.В. — концепция и дизайн исследования, техническое редактирование, подготовка иллюстраций.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Kelly N.E., Wendel R.T. Vitreous surgery for idiopathic macular holes. Results of a pilot study. *Arch. Ophthalmol.* 1991;109:654–659.
- Балашевич Л.И., Байбородов Я.В., Жоголев К.С. Хирургическое лечение патологии витреомакулярного интерфейса. Обзор литературы в вопросах и ответах. *Офтальмохирургия.* 2015;2:80–85. [Balashevich L.I., Baiborodov J.V., Zogolev K.S. Surgical treatment of the vitreo-macular interface pathology. Review of the foreign literature in questions and answers. *Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery = Oftalmokhirurgiya.* 2015;2:80–85 (In Russ.). DOI: 10.25276/0235-4160-2015-2-80-86]
- Sheidow T.G., Blinder K.J., Holekamp N., et al. Outcome results in macular hole surgery: an evaluation of internal limiting membrane peeling with and without indocyanine green. *Ophthalmology.* 2003;110(9):1697–1701. DOI: 10.1016/S0161-6420(03)00562-1
- Kumagai K., Furukawa M., Ogino N., et al. Vitreous surgery with and without internal limiting membrane peeling for macular hole repair. *Retina.* 2004;24(5):721–727.
- Алпатов С.А., Шуко А.Т., Малышев В.В. Патогенез и лечение идиопатических макулярных разрывов. *Новосибирск: Наука;* 2005:192 [Alpatov S.A., Shchuko A.G., Malyshev V.V. Pathogenesis and treatment of Idiopathic macular holes. *Novosibirsk: Science;* 2005:192 (In Russ.).]
- Белый Ю.А., Терещенко А.В., Шкворченко Д.О. и др. Новый подход к хирургии больших идиопатических макулярных разрывов. *Современные технологии в офтальмологии.* 2015;1(5):24–27. [Beliy Yu.A., Tereshchenko A.V., Shkvorchenko D.O., et al. New method of surgery of large idiopathic macular holes. *Modern technologies in ophthalmology = Sovremennye tekhnologii v oftal'mologii.* 2015;1(5):24–27 (In Russ.).]
- Шпак А.А., Шкворченко Д.О., Шарафетдинов И.Х., Юханова О.А. Прогнозирование анатомического эффекта хирургического лечения идиопатического макулярного разрыва. *Современные технологии в офтальмологии.* 2015;1:136–138. [Shpak A.A., Shkvorchenko D.O., Sharafetdinov I.Kh., Yuhanova O.A. Predicting the results of surgical treatment of idiopathic macular hole. *Modern technologies in ophthalmology = Sovremennye tekhnologii v oftal'mologii.* 2015;1:136–138 (In Russ.).] DOI: 10.25276/0235-4160-2015-2-55-61
- Kwork A.K., Lai T.Y., Wong V.W. Idiopathic macular hole surgery in Chinese patients: a randomized study to compare indocyanine green-assisted internal limiting membrane peeling with no internal limiting membrane peeling. *Hon Kong Med. J.* 2005;11:259–266.
- Baba T., Yamamoto S., Arai M., et al. Correlation of visual recovery and presence of photoreceptor inner/outer segment junction in optical coherence images after successful macular hole repair. *Retina.* 2008;28(3):453–458. DOI: 10.1097/IAE.0b013e3181571398
- Engelmann K., Sievert U., Hölig K., Wittig D., Weflau S., Domann S., Siebert G., Valtink M. Effect of autologous platelet concentrates on the anatomical and functional outcome of late stage macular hole surgery: A retrospective analysis. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitschutz.* 2015;58:11–12. DOI: 10.1007/s00103-015-2251-1
- Gaudric A., Massin P., Paques M., et al. Autologous platelet concentrate for the treatment of full-thickness macular holes. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 1995;233(9):549–554.
- Kapoor K.G., Khan A.N., Tieu B.C., Khurshid G.S. Revisiting autologous platelets as an adjuvant in macular hole repair: chronic macular holes without prone positioning. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging.* 2012;43(4):291–295. DOI: 10.3928/15428877-20120426-03
- Konstantinidis A., Hero M., Nanos P., Panos G.D. Efficacy of autologous platelets in macular hole surgery. *Clin Ophthalmol.* 2013;7:45–50. DOI: 10.2147/OPHT.S44440
- Шкворченко Д.О., Захаров В.Д., Крупина Е.А., Письменская В.А., Какунина С.А., Норманн К.С., Петерсен Е.В. Хирургическое лечение макулярных разрывов с применением богатой тромбоцитами плазмы крови. *Офтальмохирургия.* 2017;3:27–30. [Shkvorchenko D.O., Zakharov V.D., Krupina E.A., Pismenskaya V.A., Kakunina S.A., Norman K.S., Petersen E.V. Surgical treatment of primary macular hole using platelet-rich plasma. *Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery = Oftalmokhirurgiya* 2017;3:27–30 (In Russ.).] DOI: 10.25276/0235-4160-2017-3-27-30
- Захаров В.Д., Шкворченко Д.О., Крупина Е.А., Письменская В.А., Какунина С.А., Норманн К.С. Эффективность богатой тромбоцитами плазмы крови в хирургии больших макулярных разрывов. *Практическая медицина.* 2016;9:118–121. [Zakharov V.D., Shkvorchenko D.O., Krupina E.A., Pismenskaya V.A., Kakunina S.A., Norman K.S. Efficacy of platelet-rich plasma in large macular holes surgery. *Practical medicine = Prakticheskaya medicina.* 2016;9:118–121 (In Russ.).]
- 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. DOI: 10.1364/BOE.4.001909
- Gao S.S., Liu G., Huang D., Jia Y. Optimization of the split-spectrum amplitude-decorrelation angiography algorithm on a spectral optical coherence tomography system. *Opt Letters.* 2015;40:2305–2308.
- Dmuchowska D.A. Can optical coherence tomography replace fluorescein angiography in detection of ischemic diabetic maculopathy? *Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.* 2014;252(5):731–738. DOI: 10.1007/s00417-013-2518
- Jhon Choi W. Choriocapillaris and Choroidal Microvasculature Imaging with Ultrahigh Speed OCT Angiography. *PLoS One.* 2013;8(12):e81499. DOI: 10.1371/journal.pone.0081499

D.O. Shkvorchenko, E.A. Krupina, A.V. Fomin

Contact information: Krupina Eugenia A. ew.krupina@yandex.ru

OCT Angiography in Evaluation of the Macular Holes Treatment Results

20. Vaziri K., Schwartz S.G. Rates of Reoperation and Retinal Detachment Following Macular Hole Surgery. *Ophthalmology*. 2016;123(1):26–31. DOI: 10.1016/j.ophtha.2015.09.015
21. Frechette J.P. Plaquelet rich plasma. *Dent. Res.* 2005; 84(5):434–439. DOI: 10.1007/978-3-642-40117-6_2
22. Новочадов В.В. Проблема управления клеточным заселением и ремоделированием тканеинженерных матриц для восстановления суставного хряща (обзор литературы). *Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11, Естественные науки*. 2013;1(5):19–28. [Novochadov V.V. The problem of management of cell population and remodeling of tissue-engineering scaffolds for the articular cartilage reconstruction, Journal of Volgograd State University = *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2013;1(5):19–28 (In Russ.)].
23. Bringmann A., Pannicke T., Grosche J., Francke M., Wiedemann P., Skatchkov S.N., Osborne N.N., Reichenbach A. Müller cells in the healthy and diseased retina. *Prog Retin Eye Res*. 2006;25:397–424. DOI: 10.1016/j.preteyeres.2006.05.003
24. Jadhav A.P., Roesch K., Cepko C.L. Development and neurogenic potential of Müller glial cells in the vertebrate retina. *Prog Retin Eye Res*. 2009;28:249–262. DOI: 10.1016/j.preteyeres.2009.05.002
25. Ooka E., Mitamura Y., Baba T., Kitahashi M., Oshitari T., Yamamoto S. Foveal microstructure on spectral-domain optical coherence tomographic images and visual function after macular hole surgery. *Am J Ophthalmol*. 2011;152(2):283–290. DOI: 10.1016/j.ajo.2011.02.001
26. Ruiz-Moreno J.M., Arias L., Araiz J., García-Arumí J., Montero J.A., Piñero D.P. Spectral-domain optical coherence tomography study of macular structure as prognostic and determining factor for macular hole surgery outcome. *Retina*. 2013;33(6):1117–1122. DOI: 10.1097/IAE.0b013e318285cc3b
27. Hashimoto Y., Saito W., Fujiya A. Changes in inner and outer retinal layer thicknesses after vitrectomy for idiopathic macular hole: implications for visual prognosis. *PLoS One*. 2015;10(8):e0135925. DOI: 10.1371/journal.pone.0135925
28. Savastano M., Lumbroso B., Rispoli M. In vivo characterization of retinal vascularization morphology using optical coherence tomography angiography. *Retina*. 2015;(35)11:2196–2203.
29. Tadayoni R., Paques M., Massin P., et al. Dissociated optic nerve fiber layer appearance of the fundus after idiopathic epiretinal membrane removal. *Ophthalmology*. 2001;108:2279–2283. DOI: 10.1016/S0161-6420(01)00856-9

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ФГАУ «МНТК “Микрохирургия глаза” им. академика С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
Шкворченко Дмитрий Олегович
кандидат медицинских наук, заместитель главного врача по медицинской работе
Бескудниковский бульвар, 59а, Москва, 127486, Российская Федерация

ФГАУ «МНТК “Микрохирургия глаза” им. академика С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
Крупина Евгения Александровна
аспирант отдела витреоретинальной хирургии
Бескудниковский бульвар, 59а, Москва, 127486, Российская Федерация

ЗАО «Трейдомед Инвест»
Фомин Алексей Валентинович
директор по клиническому маркетингу
ул. Марксистская, 3, стр. 1, офис 412, Москва, 109147, Российская Федерация

ABOUT THE AUTHORS

S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution
Shkvorchenko Dmitry O.
MD, Deputy Chief of Medical Officer on Medical Work
Beskudnikovsky Blvd, 59A, Moscow, 127486, Russia

S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution
Krupina Eugenia A.
Postgraduate
Beskudnikovsky Blvd, 59A, Moscow, 127486, Russia

“Tradmed invest”
Fomin Alexey V.
Director of clinical marketing
Marxistskaya str., 3, build. 1, office 412, Moscow, 109147, Russia