

СОПОСТАВИМОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЕРФУЗИИ СЕТЧАТКИ ПРИ СКВОЗНЫХ МАКУЛЯРНЫХ РАЗРЫВАХ ПО ДАННЫМ РАЗЛИЧНЫХ ОПТИЧЕСКИХ КОГЕРЕНТНЫХ ТОМОГРАФОВ-АНГИОГРАФОВ

Докторова Т.А.*^{1,2}, Суетов А.А.^{1,3}, Бойко Э.В.^{1,2},
Сосновский С.В.¹

DOI: 10.25881/20728255_2023_18_4_S1_13

¹ ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза»

им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Санкт-Петербург

² ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург

³ ФГБУ «Государственный научно-исследовательский испытательный институт военной медицины» МО РФ, Санкт-Петербург

Резюме. Обоснование. В разных моделях ОКТ-ангиографов используются различные алгоритмы визуализации сосудистого сигнала. Сопоставимость показателей перфузии при наблюдении заболеваний макулы, включая сквозные макулярные разрывы (СМР), остается малоизученной.

Цель. Изучить взаимосвязь количественных показателей макулярной перфузии при СМР, регистрируемых с помощью различных ОКТ-ангиографов.

Методы. Проспективное исследование, включающее 25 пациентов (25 глаз) с идиопатическими СМР 4 стадии по D.Gass. Выполнено ОКТА-сканирование на томографах Solix (Optovue, США), Cirrus HD OCT (Carl Zeiss Meditec, США) и DRI OCT Triton plus (Topcon, Япония) по протоколу 6x6 и 3x3 мм. Анализировали вычисляемые автоматически программным обеспечением приборов (AngioVue™, Angioplex™ и SS OCT Angio™) площадь и периметр фовеальной аваскулярной зоны (ФАЗ), плотность капилляров в поверхностном капиллярном сплетении (ПКС) в зоне фовеа и перифовеа.

Результаты. Площадь ФАЗ значимо не отличалась и составила при измерении на Solix, Cirrus HD OCT и DRI OCT Triton plus соответственно 0,28 (0,24;0,38) мм², 0,32 (0,26;0,38) мм² и 0,35 (0,26;0,41) мм². Периметр ФАЗ был значимо меньше при измерении на Solix (2,34 (2,05;2,53) мм, $p = 0,01$). Для показателей площади и периметра ФАЗ, измеренных на разных ОКТ-ангиографах выявлена значимая корреляция ($R > 0,9$ и $R > 0,7$ соответственно, $p < 0,01$). Плотность капилляров в ПКС в зоне фовеа и перифовеа значимо отличалась между всеми ангиографами, при этом показатели коррелировали между всеми приборами только в зоне фовеа ($R > 0,67$, $p < 0,05$).

Заключение. При проведении ОКТА в глазах с СМР на приборах Solix, Cirrus HD OCT и Triton plus наибольшее соответствие значений выявлено для показателей площади и периметра ФАЗ. Показатели плотности капилляров в ПКС в сетчатке, окружающей разрыв, при измерении на разных приборах значимо отличаются и не согласуются между собой.

Ключевые слова: сквозной макулярный разрыв, ОКТА, оптическая когерентная томография-ангиография, поверхностное капиллярное сплетение, фовеальная аваскулярная зона, ФАЗ.

Актуальность

Сквозной макулярный разрыв (СМР) – частый вариант патологии витреомакулярного интерфейса, характеризующийся формированием сквозного полнослойного дефекта в зоне фовеа [1; 2]. При этом в сетчатке вокруг

THE COMPARISON OF RETINAL PERFUSION INDICATORS IN FULL-THICKNESS MACULAR HOLES ACCORDING TO DATA FROM VARIOUS OCT ANGIOGRAPHY DEVICES

Doktorova T.A.*^{1,2}, Suetov A.A.^{1,3}, Bojko E.V.^{1,2}, Sosnovskij S.V.¹

¹ St. Petersburg Branch S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution St. Petersburg Russia

² Department of Ophthalmology Mechnikov North-West State Medical University, St. Petersburg

³ State Scientific Research Test Institute of Military Medicine, St. Petersburg

Abstract. Background. Different optical coherence tomography angiography (OCT-A) devices use various vascular signal visualization algorithms. Comparability of perfusion parameters in the monitoring of macular diseases, including full-thickness macular hole (FTMH) remains poorly understood.

Aim. To study the relationship between quantitative indicators of macular perfusion in FTMH, recorded using various OCT-A devices.

Materials and methods. A prospective study including 25 patients (25 eyes) with idiopathic FTMH stage 4 according to D. Gass. OCT-A scanning was performed on Solix (Optovue, USA), Cirrus HD OCT (Carl Zeiss Meditec, USA) and DRI OCT Triton plus (Topcon, Japan) tomographs using a 6x6 and 3x3 mm protocol. The area and perimeter of the foveal avascular zone (FAZ), and the vessel density in the superficial capillary plexus (SCP) in the foveal and perifovea zones, automatically calculated by the software of the devices (AngioVue™, Angioplex™ and SS OCT Angio™) were analyzed.

Results. The FAZ area didn't differ significantly and when measured on Solix, Cirrus HD OCT and DRI OCT Triton plus, respectively, were 0.28 (0.24; 0.38) mm², 0.32 (0.26; 0.38) mm² and 0.35 (0.26; 0.41) mm². The FAZ perimeter was significantly smaller when measured on Solix (2.34 (2.05; 2.53) mm, $p = 0.01$). A significant correlation was revealed for the area and perimeter of the FAZ measured on different OCT-A devices ($R > 0.9$ and $R > 0.7$, respectively, $p < 0.01$). The SCP vessel density in the fovea and perifovea zones was significantly different between all OCT-A devices, while the indicators correlated between all devices only in the fovea zone ($R > 0.67$, $p < 0.05$).

Conclusion. Performing OCT-A in eyes with FTMH using the Solix, Cirrus HD OCT and DRI OCT Triton plus devices, the greatest agreement in values was found for the area and perimeter of the FAZ. Indicators of SCP vessel density in the retina surrounding the hole, when measured on different devices, differ significantly and do not agree with each other.

Keywords: full-thickness macular hole, OCT, optical coherence tomography-angiography, superficial capillary plexus, foveal avascular zone, FAZ.

* e-mail: taisiadok@mail.ru

СМР ранее описано восстановление капиллярной перфузии с уменьшением площади фовеальной аваскулярной зоны [7]. Тем не менее, значение регистрируемого изменения кровоснабжения макулярной области при СМР, в том числе для прогнозирования результатов хирургического лечения, остается недостаточно изученным.

Разработка и внедрение в клиническую практику оптической когерентной томографии-ангиографии (ОКТА) сделали возможным оценку микроциркуляторного русла сетчатки, при этом, в отличие от ангиографии с внутривенным введением красителей, исследование не является инвазивным, занимает меньше времени и позволяет количественно анализировать микроциркуляцию в различных слоях сетчатки [8]. Для проведения ОКТА используются различные ОКТ-машины, в которых выделение сосудистого сигнала на последовательных В-сканах реализуется посредством алгоритмов контрастирования, основанных, например, на эффектах доплеровского сдвига, дисперсии спеклов, дисперсии фаз, усиленного контраста спеклов, оптической микроангиографии [9]. Но отличие в разных моделях томографов алгоритмов визуализации сосудистого сигнала и методов автоматической сегментации слоев затрудняет корректное сопоставление количественных результатов исследований при наблюдении заболеваний макулы, включая СМР.

Цель

Изучить взаимосвязь количественных показателей региональной перфузии, регистрируемых с помощью различных ОКТ-ангиографов, при сквозных макулярных разрывах.

Материалы и методы

Проведено исследование 25 пациентов (25 глаз) с диагнозом СМР (19 женщин и 6 мужчин) в возрасте $63,5 \pm 5,43$ года (диапазон от 54 до 73 лет). Критерии включения в исследование: наличие диагноза СМР, отсутствие в анамнезе и на момент осмотра воспалительных заболеваний органа зрения, глаукомы, сосудистых заболеваний сетчатки, дистрофических заболеваний макулы, макулярной неоваскуляризации, аномалий рефракции свыше 3 дптр, качество сигнала при сканировании не ниже Q8 и прозрачные оптические среды.

Всем пациентам в условиях медикаментозного мидриаза (Тропикамид 0,5%) с использованием протокола 3×3 мм и 6×6 мм ОКТА-сканирование на томографах Solix (Optovue, США), Cirrus HD OCT (Carl Zeiss Meditec, США) и DRI OCT Triton plus (Topcon, Япония).

В томографе Solix для проведения ОКТА система AngioVue™ использует источник лазерного излучения с длиной волны 840 нм при скорости сканирования 120 000 А-сканов в секунду и аксиальном разрешении 5 мкм, выделение сосудистого сигнала происходит посредством алгоритма амплитудной декорреляционной ангиографии с разделением спектра (split-spectrum amplitude decorrelation angiography, SSADA). Для минимизации артефактов

при получении изображений в томографе предусмотрен алгоритм Dual Track, а протокол сканирования HD OCT angio предусматривает последовательное выполнение 4 сканов, каждый из которых включает 2 ортогональных паттерна, с их усреднением, при этом скан 3×3 мм имеет разрешение 400×400 пикселей.

Сканирование в томографе Cirrus HD OCT (Carl Zeiss Meditec, США) происходит с помощью источника лазерного излучения с длиной волны 840 нм со скоростью сканирования 68 000 А-сканов в секунду, аксиальное разрешение составляет 5 мкм. Программное обеспечение прибора Angioplex™ для выделения сигнала использует алгоритм ОКТ-микроангиографии (OCT-microangiography complex algorithm, OMAG). Для минимизации артефактов движения предусмотрена технология FastTrac. Сканирование 3×3 мм имеет разрешение 245×245 пикселей, при этом протокол сканирования предусматривает дистанцию между последовательными сканами 12,2 мкм, а каждый В-скан повторяется 4 раза в одной и той же позиции [10].

В томографе DRI OCT Triton plus (Topcon, Япония) предусмотрена система SS OCT Angio™ с использованием источника лазерного излучения с большей длиной волны – 1050 нм, скорость сканирования составляет 100 000 А-сканов в секунду, аксиальное разрешение 8 мкм. Контрастирование сосудов происходит с помощью алгоритма OCTARATM (OCT Angiography Ratio Analysis), а для минимизации артефактов используется система трекинга SMARTTrack с 4-кратным получением каждого скана в каждой позиции [11].

Анализировали вычисляемые автоматически программным обеспечением приборов площадь и периметр фовеальной аваскулярной зоны (ФАЗ), плотность капилляров в поверхностном капиллярном сплетении (ПКС) в зоне фовеа и перифовеа, в соответствии с ETDRS.

Статистическая обработка результатов исследования проводилась с использованием программы Statistica 12.0 (StatSoft Inc., США). Все количественные данные представлены в формате $M \pm SD$ и $Me (Q1; Q3)$. Оценку нормальности распределения в анализируемых выборках проводили с помощью теста Колмогорова-Смирнова. Сравнение показателей между группами выполнялось с помощью непараметрического U-критерия Манна-Уитни. Для определения связи между параметрами в группах использовали расчет рангового коэффициента корреляции. Статистически значимыми считали результаты с уровнем значимости $p < 0,05$.

Результаты

В исследуемой группе среднее значение максимально скорректированной остроты зрения составило $0,31 \pm 0,17$ при средней рефракции (сферозэквивалент) $-0,67 \pm 1,93$ дптр и ПЗО $23,48 \pm 1,02$ мм. В 2 случаях глаза с СМР были артификачными. По данным структурной ОКТ, апикальный диаметр разрыва составил $412,72 \pm 129,42$ мкм, базальный $835,38 \pm 129,43$ мкм, во всех случаях вокруг зоны разрыва присутствовал кистозный отек нейроретины.

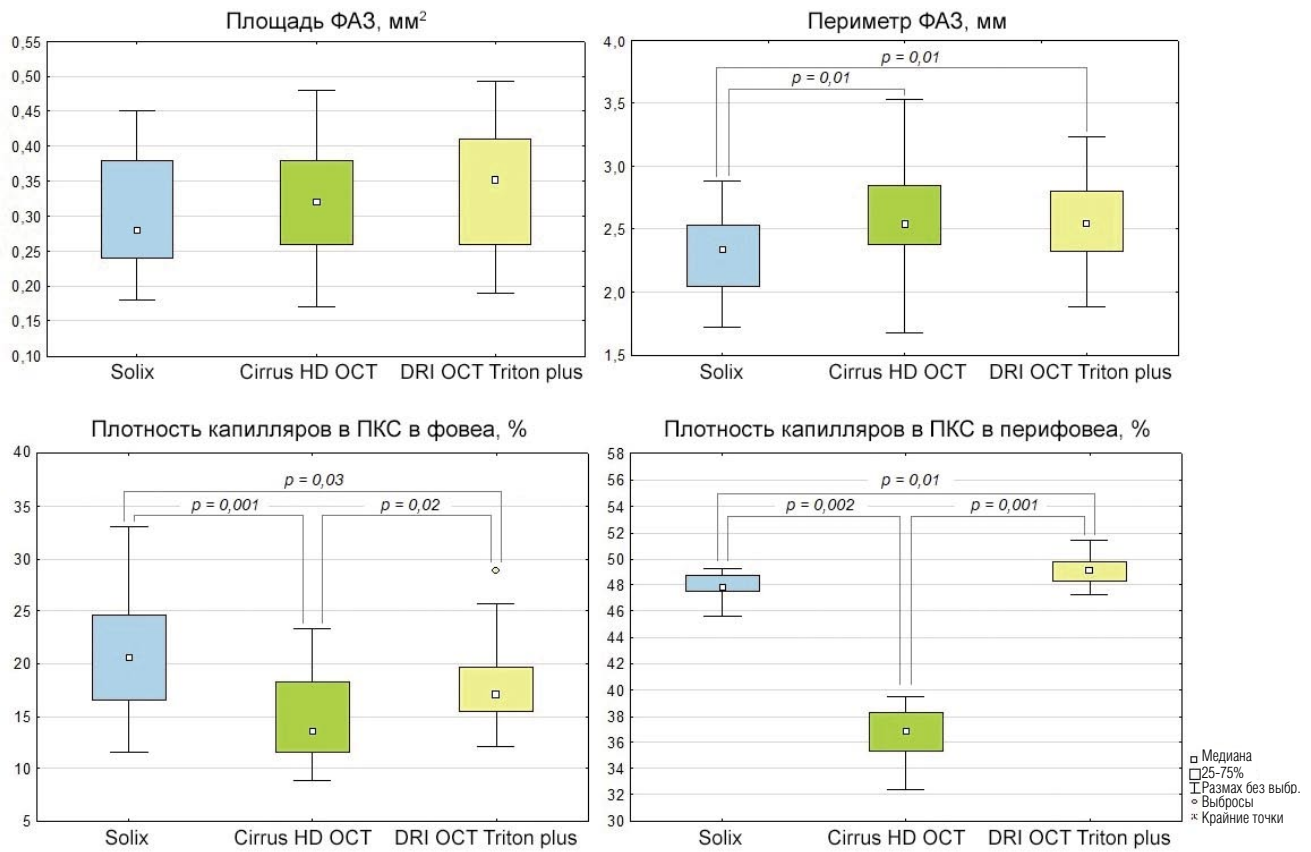


Рис. 1. Сопоставление показателей перфузии макулярной области, измеренных на различных ОКТ-ангиографах, при сквозных макулярных разрывах.

Среднее значение площади ФАЗ значимо не отличалось между приборами и составило для Solix 0,28 (0,24;0,38) мм², Cirrus HD OCT 0,32 (0,26;0,38) мм² и DRI OCT Triton plus 0,35 (0,26;0,41) мм² ($p > 0,05$; Рис. 1), при этом выявлена значимая корреляция значений площади ФАЗ между сравниваемыми ОКТ-ангиографами ($R > 0,9$, $p = 0,001$).

Показатели периметра ФАЗ составили для Cirrus HD OCT 2,54 (2,38;2,85) мм и DRI OCT Triton plus 2,55 (2,32;2,81) мм ($p > 0,05$). На Solix регистрировали значительно более низкие показатели в сравнении с остальными ОКТ-ангиографами (2,34 (2,05;2,53) мм, $p = 0,01$; Рис.1), что может быть связано с более правильной формой построения границ зоны ФАЗ. Значимая корреляция значений периметра ФАЗ выявлена между всеми сравниваемыми приборами: для пары Solix и Cirrus HD OCT $R = 0,79$ ($p = 0,001$), для пары Cirrus HD OCT и DRI OCT Triton plus $R = 0,82$ ($p = 0,001$) и для пары Solix и DRI OCT Triton plus $R = 0,66$ ($p = 0,001$).

В зоне фовеа среднее значение плотности капилляров в ПКС составило для Solix 20,54 (16,56;24,63)%, Cirrus HD OCT 13,60 (11,60;18,30)% и DRI OCT Triton plus 17,04 (15,44;19,75)%, при этом показатели значимо отличались между всеми ОКТ-ангиографами ($p < 0,02$; Рис. 1). Значимая корреляция значений в зоне фовеа выявлена между

всеми сравниваемыми приборами: для пары Solix и Cirrus HD OCT $R = 0,67$ ($p = 0,01$), для пары Cirrus HD OCT и DRI OCT Triton plus $R = 0,71$ ($p = 0,01$) и для пары Solix и DRI OCT Triton plus $R = 0,76$ ($p = 0,01$).

В зоне перифовеа среднее значение плотности капилляров в ПКС составило для Solix 47,80 (47,50; 48,80)%, Cirrus HD OCT 36,90 (35,30; 38,30)% и DRI OCT Triton plus 49,15 (48,35; 49,78)%, при этом показатели значимо отличались между всеми ОКТ-ангиографами ($p < 0,01$; Рис. 1) и не было выявлено значимой корреляции между ними.

Заключение

При проведении ОКТА в глазах с СМР на приборах Solix, Cirrus HD OCT и Triton plus наибольшее соответствие значений выявлено для показателей площади и периметра ФАЗ. Показатели плотности капилляров в ПКС в сетчатке, окружающей разрыв, при измерении на разных приборах значимо отличаются и не согласуются между собой.

Источник финансирования: исследовательская работа проведена на личные средства авторского коллектива.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов (The authors declare no conflict of interest).

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Самойлов А.Н., Хайбрахманов Т.Р., Фазлеева Г.А., Самойлова П.А. Идиопатический макулярный разрыв: история и современное состояние проблемы // Вестник офтальмологии. — 2017. — Т.133. — №6 — С. 133–137. [Samoylov AN, Khaibrakhmanov TR, Fazleeva GA, Samoylova PA. Idiopathic macular hole: history and status quo review. Vestnik oftal'mologii. 2017;133(6):131–137. (In Russ).] <https://doi.org/10.17116/oftalma20171336131-137>.
2. Файзрахманов Р.Р., Павловский О.А., Карпов Г.О. Патогенетические механизмы макулярных разрывов: обзор текущих исследований. Российский офтальмологический журнал. 2023;16(2):183-187. [Fayzrakhmanov RR, Pavlovsky OA, Karpov GO. Pathogenetic mechanisms of macular holes: a review of recent research work. Russ Ophthalmol J 2023;16:183–7. (In Russ).] <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2023-16-2-183-187>.
3. Докторова Т.А., Суев А.А., Бойко Э.В., Сосновский С.В. Влияние ретинальной перфузии на биоэлектрическую активность сетчатки при сквозных макулярных разрывах // Офтальмологические ведомости. – 2022. – Т. 15. – №4. – С. 7-14. [Doktorova TA, Suetov AA, Boiko EV., Sosnovskii SV. The effect of retinal perfusion on the bioelectric activity of the retina in full-thickness macular holes. Ophthalmol J 2022;15:7–14. (In Russ).] <https://doi.org/10.17816/OV111903>.
4. Kim YJ, Jo J, Lee JY, Yoon YH, Kim JG. Macular capillary plexuses after macular hole surgery: An optical coherence tomography angiography study. Br J Ophthalmol 2018;102:966–70. <https://doi.org/10.1136/bjophth-2017-311132>.
5. Nair U, Sheth JU, Indurkar A, Soman M. Intraretinal cysts in macular hole: A structure-function correlation based on en face imaging. Clin Ophthalmol 2021;15:2953–62. <https://doi.org/10.2147/OPTH.S321594>.
6. Rizzo S, Savastano A, Bacherini D, Savastano MC. Vascular features of full-thickness macular hole by OCT angiography. Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retin 2017;48:62–8. <https://doi.org/10.3928/23258160-20161219-09>.
7. Шкворченко Д.О., Крупина Е.А., Фомин А.В. ОКТ-ангиография в оценке результатов хирургического лечения макулярных разрывов. Офтальмология. 2019;16(3):310-316. [Shkvorchenko DO, Krupina EA, Fomin A V. OCT angiography in evaluation of the macular holes treatment results. Oftalmologiya 2019;16:310–6. (In Russ).] <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2019-3-310-316>.
8. Spaide RF, Fujimoto JG, Waheed NK, Sadda SR, Staurengi G. Optical coherence tomography angiography. Prog Retin Eye Res 2018;64:1–55. <https://doi.org/10.1016/j.preteyeres.2017.11.003>.
9. Sampson DM, Dubis AM, Chen FK, Zawadzki RJ, Sampson DD. Towards standardizing retinal optical coherence tomography angiography: a review. Light Sci Appl 2022;11. <https://doi.org/10.1038/s41377-022-00740-9>.
10. Rosenfeld PJ, Durbin MK, Roisman L, Zheng F, Miller A, Robbins G, et al. ZEISS Angioplex™ Spectral Domain Optical Coherence Tomography Angiography: Technical Aspects. Dev Ophthalmol 2016;56:18–29. <https://doi.org/10.1159/000442773>.
11. Stanga PE, Tsamis E, Papayannis A, Stringa F, Cole T, Jalil A. Swept-Source Optical Coherence Tomography Angio™ (Topcon Corp, Japan): Technology Review. Dev Ophthalmol 2016;56:13–7. <https://doi.org/10.1159/000442771>.