

Сканирующая лазерная офтальмоскопия в диагностике ламеллярного макулярного разрыва с эпиретинальной пролиферацией

Панова И. Е.

д.м.н., профессор, заместитель директора по научной работе

Самкович Е. В.

*к.м.н., врач-офтальмолог, 3-е офтальмохирургическое отделение,
ORCID 0000-0002-5573-5712*

Анкутдинова С. В.

к.м.н., врач-методист, организационно-методический отдел

Пензева К. В.

к.м.н., врач-офтальмолог, консультативно-диагностическое отделение

ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Санкт-Петербургский филиал

Автор для корреспонденции: Самкович Елена Владиславовна; **e-mail:** e.samkovich@mail.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Аннотация. Появление технологии оптической когерентной томографии (ОКТ) определило возможность прижизненного изучения морфоструктурных и морфометрических изменений центральной зоны сетчатки, в том числе эпиретинальной пролиферации. Сканирующая лазерная офтальмоскопия (СЛО) позволяет оценить изменения витреоретинального интерфейса и хориоретинального комплекса «на различной глубине», применение данного метода при ламеллярных макулярных разрывах (ЛМР) возможно не только для диагностики, но и для оценки характера изменений и степени распространенности процесса. **Цель.** Установить возможности СЛО в диагностике и оценке распространенности эпиретинальной пролиферации при ламеллярных макулярных разрывах в сопоставлении с данными ОКТ. **Материал и методы.** В исследование, проведенное на базе Санкт-Петербургского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК Микрохирургия глаза» им. С.Н. Федорова, включено 48 пациентов с установленным диагнозом ЛМР, при этом у 27 (52,6%) пациентов по данным ОКТ диагностирована эпиретинальная пролиферация. СЛО выполнили у 21 пациента с диагностированной по данным ОКТ эпиретинальной пролиферацией. **Результаты.** Наилучшая визуализация эпиретинальной пролиферации была достигнута при обработке изображения с уменьшением интенсивности красного и увеличением синего и зеленого цветов. При эпиретинальной пролиферации имела место более низкая максимально корригируемая острота зрения и выраженные структурные изменения сетчатки: фовеолярный бугорок у 6 (12,5%) пациентов, нарушение эллипсоидной зоны у 10 (20,8%) из 48 пациентов, при этом ее протяженность составила $110,26 \pm 19,85$ мкм. Установлена обратная корреляционная зависимость между значениями площади эпиретинальной пролиферации и показателем минимальной толщины сетчатки ($R = -0,7$, $P = 0,005$), что косвенно подтверждает постепенную потерю ретинальной ткани при ЛМР за счет развития эпиретинальной пролиферации. **Заключение.** Выполнение СЛО позволяет визуализировать эпиретинальную пролиферацию и определить ее площадь, что может быть полезно как в динамическом наблюдении ЛМР, так и в планировании хирургического лечения при данной патологии.

Ключевые слова: сканирующая лазерная офтальмоскопия, ламеллярные макулярные разрывы, эпиретинальная пролиферация

doi:

Для цитирования:

Актуальность

Появление технологии оптической когерентной томографии (ОКТ) определило возможность прижизненного изучения морфоструктурных изменений центральной зоны сетчатки при ряде патологических состояний и идентификации такой структуры витреоретинального интерфейса, как эпиретинальная пролиферация.

Эпиретинальная пролиферация, по данным ОКТ, представляет собой слой гомогенной, изорефлективной по отношению к сетчатке ткани различной толщины (в среднем 40-50 мкм), которая расположена кнутри от внутренней пограничной мембраны (ВПМ). В отличие от классической эпиретинальной мембраны, эпиретинальная пролиферация полностью прилежит к ВПМ не имея гипорефлективных промежутков между двумя анатомическими структурами [1,2].

Эпиретинальная пролиферация сначала была описана как «толстая» или «более толстая» эпиретинальная мембрана (ЭРМ), а затем переименована в «Сочетанную с ламеллярными макулярными разрывами (ЛМР) эпиретинальную пролиферацию» (Lamellar-macular Hole-associated Epiretinal Proliferation), так как считалось, что она присутствует только при ЛМР [3]. Однако, в дальнейшем было установлено, что наличие этого эпиретинального субстрата возможно и при другой патологии сетчатки, и было решено оставить название «эпиретинальная пролиферация» [4,5].

Важность детального изучения данной структуры при ЛМР определяется характером течения: в частности, установлено, что у пациентов с эпиретинальной пролиферацией наблюдается более низкая острота зрения по сравнению с пациентами без ее наличия при ЛМР [6-8].

Диагностика ЛМР, как правило основывается на данных ОКТ, позволяющей детально оценивать не только морфоструктурные, но и морфометрические показатели сетчатки [9-11].

Появление сканирующей лазерной офтальмоскопии (СЛО), основанной на использовании лазерных источников с различной длиной волны, позволяет оценить изменения витреоретинального интерфейса и хориоретинального комплекса, что способствует уточненной диагностике при ряде заболеваний: отслойке сетчатки, ретиношизисе, опухолях хориоидеи и др. [12,13].

Учитывая возможности СЛО в оценке патологических изменений «на различной глубине» представляется перспективным применение данного метода при ЛМР не только уточненной диагностики, но и для оценки характера изменений и степени распространенности процесса.

Цель

Установить возможности СЛО в диагностике и оценке распространенности эпиретинальной пролиферации при ламеллярных макулярных разрывах в сопоставлении с данными ОКТ.

Материал и методы

В исследование, проведенное на базе Санкт-Петербургского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК Микрохирургия глаза» им. С.Н. Федорова», было включено 48 пациентов с установленным диагнозом ЛМР, при этом у 27 пациентов по данным ОКТ диагностирована эпиретинальная пролиферация.

Всем пациентам проводили стандартное офтальмологическое обследование, включавшее визометрию с измерением максимально корригируемой остроты зрения (МКОЗ), тонометрию, периметрию. Оптическая когерентная томография центральной зоны сетчатки, а также СЛО выполнялась на диагностическом офтальмологическом приборе Spectralis (Heidelberg Engineering GmbH, Германия).

Характер изменений микроанатомии сетчатки в области витреомакулярного интерфейса оценивали с помощью ОКТ. Данное исследование выполняли на двух приборах: Cirrus HD-OCT 4000 (Carl Zeiss Meditec, Германия) и RTVue 100 (Optovue, США). Во время исследования на приборе Cirrus HD-OCT использовали протокол Macular thickness analyses (Maculacube 512×128). Оценивали следующие морфометрические характеристики при ЛМР: максимальную толщину сетчатки, минимальную толщину сетчатки, максимальный диаметр ЛМР и диаметр ЛМР у основания. Измерения данных параметров выполняли в ручном режиме с помощью инструментов программного обеспечения прибора. В автоматическом режиме производился подсчет показателя «Объем макулы». Кроме этого, на приборе оценивали такие морфоструктурные параметры, как наличие фовеолярного бугорка, эпиретинальной мембраны, нарушение эллипсоидной зоны фоторецепторов.

Исследования на приборе RTVue 100 (Optovue, США) включали оценку наличия эпиретинальной пролиферации.

Для изучения эпиретинальной пролиферации выполняли сканирующую лазерную офтальмоскопию в режиме Multicolor imaging на диагностическом офтальмологическом приборе Spectralis (Heidelberg Engineering GmbH, Германия) у 21 пациента с диагностированной по данным ОКТ эпиретинальной пролиферацией. После выполнения снимка осуществляли его обработку с помощью программного обеспечения прибора. Для визуализации эпиретинальной пролиферации на полученном изображении уменьшали яркость красного цвета, увеличивали яркость синего и зеленого, а также исследовали

монохромные изображения в синем спектре. Для подтверждения границ эпиретинальной пролиферации и исключения ложноположительной ее диагностики снимки сканирующей лазерной офтальмоскопии сопоставляли со сканами ОКТ.

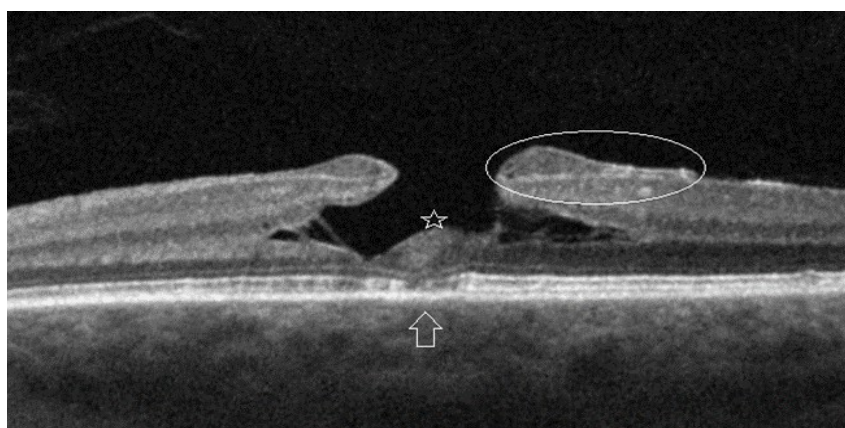
После визуализации эпиретинальной пролиферации, обнаружения ее границ и сопоставления со снимками ОКТ с помощью программного обеспечения прибора в ручном режиме обводили границы эпиретинальной пролиферации, прибор автоматически выполнял расчет ее площади. Измерения проводили два независимых исследователя.

Статическую обработку проводили в стандартных статистических программах. Для проверки формы распределения количественных данных использовали тест Колмогорова-Смирнова. Для поиска корреляционной зависимости применяли коэффициент корреляции Спирмена.

Результаты и обсуждение

Если эпиретинальная мембрана при ЛМР, как правило, может быть обнаружена офтальмоскопически, то диагностика эпиретинальной пролиферации у пациентов с ЛМР устанавливается на основании результатов ОКТ (рис.1). Согласно данному исследованию, она выявлена у 27 из 48 (56,2%) пациентов с ЛМР, при этом на снимках ОКТ эпиретинальная пролиферация визуализировалась в виде толстого, гомогенного и изорефлективного эпиретинального материала, расположенного кнутри от внутренней пограничной мембраны в непосредственной близости от ЛМР.

Рис. 1. ОКТ морфоструктурные характеристики центральной зоны сетчатки при ЛМР. Эпиретинальная пролиферация обведена овалом. Фовеолярный бугорок отмечен звездочкой. Нарушение эллипсоидной зоны показано стрелкой.



При ЛМР также наблюдались такие морфоструктурные изменения, как фовеолярный бугорок и нарушение эллипсоидной зоны. «Фовеолярный бугорок» наблюдался у 6

пациентов из 48 (12,5%), нарушение эллипсоидной зоны было диагностировано у 10 из 48 больных (20,8%), при этом ее протяженность составила $110,26 \pm 19,85$ мкм.

Изучение частоты встречаемости различных морфоструктурных изменений центральной зоны сетчатки у пациентов с ЛМР с учетом различных показателей МКОЗ в динамике (табл. 1), показало, что у больных с более низкой остротой зрения (до 0,7) различные ОКТ признаки (эпиретинальная пролиферация, эпиретинальная мембрана, фовеолярный бугорок и нарушение эллипсоидной зоны) диагностировались достоверно чаще. Данный факт, вероятно, обусловлен более длительным течением процесса и определяет важность идентификации данных патологических изменений, в частности, эпиретинальной пролиферации на различных сроках течения ЛМР.

Таблица 1. Частота ОКТ морфоструктурных изменений сетчатки у пациентов с ЛМР при различной МКОЗ в динамике.

Показатель	I группа (МКОЗ ниже 0,7) M±σ (N=25)	II группа (МКОЗ 0,7 и выше) M±σ (N=23)
Эпиретинальная пролиферация	18* (72%)	9 (39,1%)
Нарушение эллипсоидной зоны	10* (40%)	0
«Фовеолярный бугорок»	6* (24%)	0
Эпиретинальная мембрана	17* (68%)	5 (21,7%)

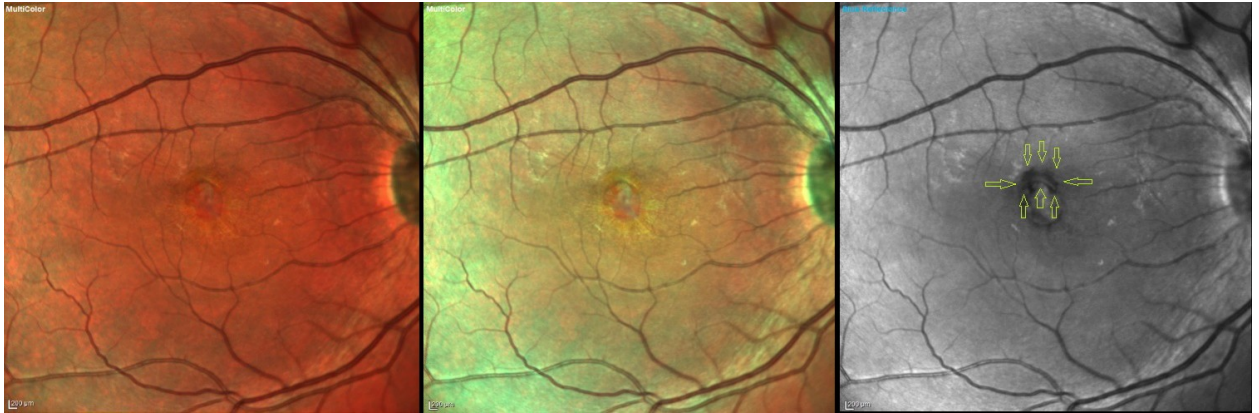
Примечание: * –достоверность различий между группами $p < 0,05$.

Появление в диагностическом арсенале приборов, позволяющих исследовать структуры глазного дна с применением лазера с различной длиной волны, определило применение сканирующей лазерной офтальмоскопии у 21 больного с ЛМР, сопровождающейся развитием эпиретинальной пролиферации, подтвержденной данными ОКТ.

Как показали наши исследования, в большинстве случаев эпиретинальная пролиферация получила наилучшую визуализацию в сине-зелёной цветовой обработке, при которой она идентифицировалась на фоне общего желто-зелёного или сине-зелёного, или красного фона глазного дна в виде полупрозрачной красно-коричневой или зеленоватой области, которая располагалась вокруг ламеллярного разрыва, либо граничила с ним (рис. 2 а, б).

В синем монохромном изображении эпиретинальную пролиферацию также удалось дифференцировать, однако данный спектр светового потока не позволял отличить эпиретинальную пролиферацию от эпиретинальной мембраны при ее наличии. На данных изображениях эпиретинальная пролиферация выглядела выраженным затемнением на фоне черно-белого изображения глазного дна (рис. 2 в).

Рис. 2. а) Стандартный снимок Multicolor imaging. Эпиретинальная пролиферация не видна. б) Режим Multicolor imaging с увеличенной яркостью синего и зеленого цветов. Эпиретинальная пролиферация угадывается сверху от ЛМР. в) В синем спектре. Эпиретинальная пролиферация сверху от ЛМР четко очерчена (показана желтыми стрелками).



Возможности прибора позволили определить площадь эпиретинальной пролиферации, которая вычислялась автоматически, после маркировки ее границ в ручном режиме с помощью инструментов программного обеспечения прибора Spectralis (рис. 3 а, 3 б). Установлено, что площадь эпиретинальной пролиферации в исследуемой группе варьирует в диапазоне от 0,25 до 33,68 мм² (3,76 (1,18;7,50) мм²) (рис. 3 б, 4 б).

Рис. 3 а. ОКТ снимок пациентки с обширной эпиретинальной пролиферацией. Показатель минимальной толщины сетчатки равен 86 мкм.

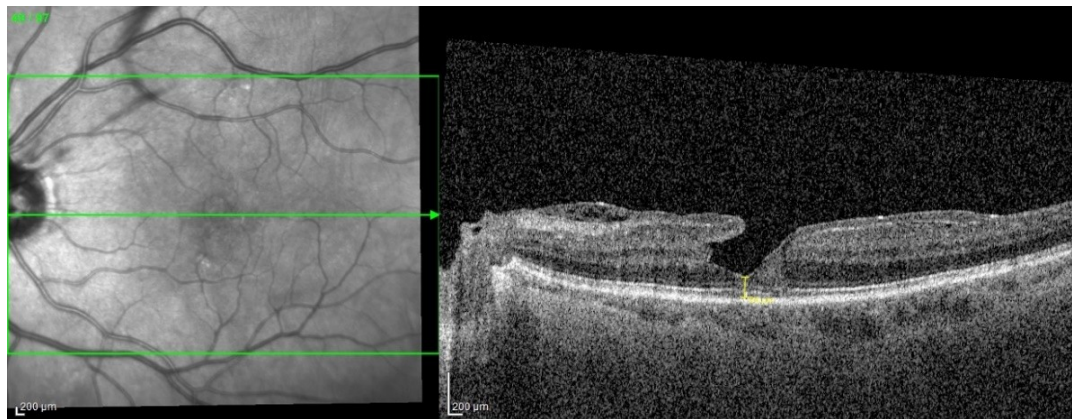


Рис. 3 б. СЛО – снимок пациентки с ЛМР и обширной эпиретинальной пролиферацией. Площадь эпиретинальной пролиферации составляет 33,68 мм².



Рис. 4 а. ОКТ снимок пациентки с начальной эпиретинальной пролиферацией. Показатель минимальной толщины сетчатки равен 146 мкм.

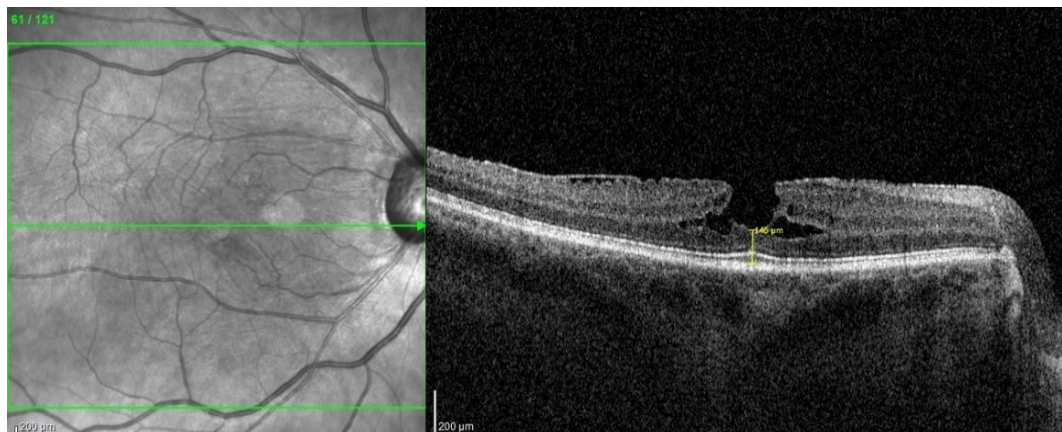
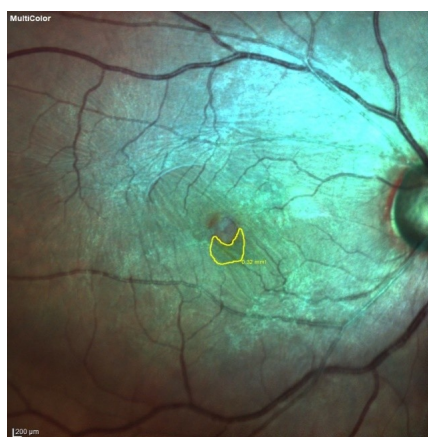


Рис. 4 б. СЛО – снимок пациентки с ЛМР и начальной эпиретинальной пролиферацией. Площадь эпиретинальной пролиферации составляет 0,32мм².



Корреляционный анализ показателей площади эпиретинальной пролиферации с морфоструктурными данными продемонстрировал сильную обратную зависимость между её протяженностью и показателем минимальной толщины сетчатки ($R = -0,7$, $P = 0,0003$). При этом, статистически значимой связи площади эпиретинальной пролиферации с МКОЗ не установлено.

Обсуждение

Развитие метода СЛО (Confocal Scanning Laser Ophthalmoscopy) началось в конце 70-х годов, когда R.H. Webb с коллегами предложили использовать лазерное излучение для сканирования сетчатки [14]. Несколько позже, в 1995 году с помощью данного метода получено изображение аутофлуоресценции глазного дна [15]. Основной принцип работы сканирующего офтальмоскопа основан на точечном лазерном сканировании сетчатки и регистрации отражённого или поглощённого излучения, проходящего через различные отверстия (апертуры) [16,17], при этом используются лазерные источники с разной длиной волны и различные апертуры (прямые и не прямые). В ходе данного исследования лазерный излучатель генерирует световой луч на сетчатку, а отражённый свет, проходя

через специальное отверстие (апертуру), декодируется для получения изображения. Точечное сканирование позволяет проводить количественную обработку информации на полученных изображениях. В некоторых аппаратах существует возможность выбора длины волны светового импульса для проведения исследования в заданном режиме работы [17-19].

В большинстве приборов возможность исследования сетчатки осуществляется четырьмя лазерными источниками – синий лазер (490 нм), зелёный лазер (532 нм), красный лазер (660 нм) и инфракрасный лазер (790 нм). Различная длина волны определяет разный уровень глубины исследования за счёт смены лазерного источника [17].

Данная технология нашла свое применение при ряде патологических состояний: отеке сетчатки различного генеза, диабетической ретинопатии, возрастной макулодистрофии, отслойке сетчатки, ретиношизисе, глаукомной оптической нейрооптикопатии [12,13,17,20-22].

Как показало данное исследование, ЛМР сопровождаются формированием эпиретинальной пролиферации более чем у половины пациентов, при этом у данных больных имеет место более низкая МКОЗ и выраженные структурные изменения сетчатки, вероятно, отражающие тяжесть и длительность процесса.

Выполнение сканирующей лазерной офтальмоскопии в сопоставлении с данными ОКТ позволило осуществить ее визуализацию во всех случаях у больных с ЛМР. Наилучшая визуализация эпиретинальной пролиферации была достигнута при обработке изображения с уменьшением интенсивности красного и увеличением синего и зеленого цветов. По данным dell’Omo (2018), эпиретинальная пролиферация лучше видна на синем монохромном изображении, однако, такая обработка может приводить к ложноположительной диагностике эпиретинальной пролиферации при наличии эпиретинальной мембраны [23].

С помощью программного обеспечения прибора Spectralis стало возможным измерение площади визуализированной эпиретинальной пролиферации при данной патологии. Установленная обратная корреляционная зависимость между значениями площади эпиретинальной пролиферации и показателем минимальной толщины сетчатки ($R = -0,7$, $P = 0,005$) косвенно подтверждает постепенную потерю ретинальной ткани при ЛМР за счет развития эпиретинальной пролиферации. В пользу данного предположения также свидетельствуют установленные нами ранее низкие показатели минимальной толщины сетчатки у пациентов с нарушением эллипсоидной зоны, дальнейшее прогрессирование процесса в итоге приводит к формированию сквозного макулярного разрыва [1,24-25].

Выводы

Выполнение лазерной сканирующей офтальмоскопии позволяет визуализировать эпиретинальную пролиферацию, а также определить ее площадь, что может быть полезно как в динамическом наблюдении ЛМР, так и в планировании хирургического лечения при данной патологии.

Литература

1. Жоголев К.С., Байбородов Я.В. Ламеллярные макулярные разрывы: эволюция представлений о патогенезе и клинической картине. Развитие диагностических подходов. Современная классификация. *Офтальмологические ведомости* 2020; 13(2): 77-88, doi: 10.17816/OV16334
2. Gass J.D. Lamellar macular hole: a complication of cystoid macular edema after cataract extraction: a clinicopathologic case report. *Transactions of the American Ophthalmological Society* 1975; 73: 231-250, doi: 10.1001/archophth.1976.03910030391008
3. Pang C.E., Spaide R.F., Freund K.B. Epiretinal proliferation seen in association with lamellar macular holes: a distinct clinical entity. *Retina* 2014; 34(8): 1513-1523, doi: 10.1097/IAE.0000000000000163
4. Hubschman J.P., Govetto A., Spaide R.F., Schumann R., Steel D., Figueroa M.S., Sebag J., Gaudric A., Staurenghi G., Haritoglou C., Kadosono K., Thompson J.T., Chang S., Bottoni F., Tadayoni R. Optical coherence tomography-based consensus definition for lamellar macular hole. *Br J Ophthalmol* 2020; 104(12): 1741-1747, doi: 10.1136/bjophthalmol-2019-315432
5. Itoh Y., Levison A.L., Kaiser P.K., et al. Prevalence and characteristics of hyporeflective preretinal tissue in vitreomacular interface disorders. *Br J Ophthalmol* 2016; 100: 399-404, doi: 10.1136/bjophthalmol-2015-306986
6. Zampedri E., Romanelli F., Semeraro F., Parolini B., Frisina R. Spectral-domain optical coherence tomography findings in idiopathic lamellar macular hole. *Graefe's archive for clinical and experimental ophthalmology* 2017; 255(4): 699-707, doi: 10.1007/s00417-016-3545-1
7. Стоюхина А.С., Мусаткина И.В. Морфогенез меланом хориоидеи в свете оптической когерентной томографии. *Вестник офтальмологии* 2018; 134(5, ч.2):186-194.
8. Стоюхина А.С. Возможности ОКТ в дифференциальной диагностике ВМД и новообразований хориоидеи центральной локализации. *Точка зрения. Восток-Запад* 2018; (2): 87-90.
9. Балашевич Л.И., Байбородов Я.В., Жоголев К.С. Патология витреомакулярного интерфейса. Обзор литературы в вопросах и ответах. *Офтальмохирургия* 2014; (1): 109-114.
10. Шпак А.А., и др. Ламеллярные макулярные разрывы. *Офтальмохирургия* 2019; (2): 76-80.
11. Bottoni F., Deiro A.P., Giani A., Orini C., Cigada M., Staurenghi G. The natural history of lamellar macular holes: a spectral domain optical coherence tomography study. *Graefe's archive for clinical and experimental ophthalmology* 2013; 251(2): 467-475. doi: 10.1007/s00417-012-2044-2
12. Podoleanu A.G., Dobre G.M., Cucu R.G., Rosen R., Garcia P., Nieto J., Will D., Gentile R., Muldoon T., Walsh J., Yannuzzi L.A., Fisher Y., Orlock D., Weitz R., Rogers J.A., Dunne S., Boxer A. Combined multiplanar optical coherence tomography and confocal scanning ophthalmoscopy. *J Biomed Opt.* 2004 Jan-Feb; 9(1): 86-93, doi: 10.1117/1.1627778

13. Rudolph G.; Kalpadakis P.; Bechmann M., Haritoglou C., Kampik A. Scanning laser ophthalmoscope-evoked multifocal ERG (SLO-mfERG) in patients with macular holes and normal individuals. *Eye (Lond)* 2003; 17(7): 801-8, doi: 10.1038/sj.eye.6700502
14. Webb R.H., Hughes G.W., Pomerantzeff O. Flying spot TV ophthalmoscope. *Appl Opt.* 1980; 19(17): 2991-7, doi: 10.1364/AO.19.002991
15. von Rückmann A., Fitzke F.W., Fan J., Halfyard A., Bird A.C. Abnormalities of fundus autofluorescence in central serous retinopathy. *Am J Ophthalmol.* 2002; 133(6): 780-6, doi: 10.1136/bjo.79.5.407
16. Алябьева Ж.Ю. Новые горизонты сканирующей лазерной офтальмоскопии. *РМЖ. Клиническая офтальмология* 2005; 6(1): 4.
17. Кочергин С.А., Слонимский С.Ю., Овсянко А.А., Гупало О.Д. Некоторые аспекты применения сканирующей лазерной офтальмоскопии в диагностике офтальмопатологии. *Офтальмология* 2017; 14(3): 227-232.
18. Анисимов А.А., Бойко Э.В., Чурашов С.В., и др. Конфокальная лазерная сканирующая офтальмоскопия как дополнительный метод диагностики регматогенной отслойки сетчатки. Актуальные проблемы офтальмологии: VIII Всерос. науч. конф. молодых ученых: Сб. науч. работ. Под ред. Б.Э. Малюгина. М.: Офтальмология, 2013: 26.
19. Астахов Ю.С., Лисочкина А.Б., Нечипоренко П.А. Исследование аутофлюоресценции глазного дна с помощью конфокального сканирующего лазерного офтальмоскопа. *Офтальмологические ведомости* 2008; 1(3): 40-45.
20. Гуро М.Ю., Потапова В.Н., Хзарджан Ю.Ю., Шарифова О.Ш. Значение регистрации аутофлюоресценции глазного дна и сканирующей лазерной офтальмоскопии в диагностике и лечении центральной серозной хориоретинопатии. *Вестник ОГУ* 2012; 148: 41-43.
21. Kelly J.P., Weiss A.H., Zhou Q., Schmode S., Dreher A.W. Imaging a child's fundus without dilation using a handheld confocal scanning laser ophthalmoscope. *Arch Ophthalmol.* 2003; 121(3): 391-6, doi: 10.1001/archophth.121.3.391
22. Nakakura S., Okamoto A., Nagasato D., Tabuchi H., Kiuchi Y. Hypotony maculopathy obtained by retro-mode retinal imaging. *Ophthalmolog.* 2015 Jan; 122(1): 216-7, doi: 10.1016/j.ophtha.2014.08.045
23. dell'Omo R., De Turris S., dell'Omo E., Costagliola C. Visualization of Lamellar Hole-Associated Epiretinal Proliferation With Blue-Reflectance Imaging. *Retina* 2018; 38(5): e34-e35, doi: 10.1097/IAE.0000000000002048
24. Жоголев К.С., Панова И.Е. Функциональные, ОКТ-морфометрические и структурные показатели сетчатки в мониторинге течения ламеллярных макулярных разрывов. *Современные технологии в офтальмологии* 2020; (1): 319-324.
25. Жоголев К.С., Байбородов Я.В. Современные представления о тактике лечения пациентов с несквозными макулярными разрывами: наблюдать или оперировать? *Офтальмологические ведомости* 2019; 12(1): 37-44.

Scanning Laser Ophthalmoscopy in the Assessment of Lamellar Macular Holes with Epiretinal Proliferation

Panova I. E.

Doctor of Medicine, Professor, Vice-Director for Science

Samkovich E. V.

*MD, PhD, Ophthalmologist,
ORCID 0000-0002-5573-5712*

Ankudinova S. V.

MD, PhD., Methodologist, Organizational and Methodological Department

Penzeva K. V.

MD, PhD, Ophthalmologist

S. Fyodorov "Eye Microsurgery" Federal State Institution, St. Petersburg Branch, Saint-Petersburg, Russian Federation

Corresponding Author: Samkovich Elena; **e-mail:** e.samkovich@mail.ru

Conflict of interest. None declared.

Funding. The study had no sponsorship.

Abstract

Optical coherence tomography (OCT) technology has determined the possibility of in vivo study of morphostructural and morphometric changes in the central zone of the retina, including epiretinal proliferation. Scanning laser ophthalmoscopy (SLO) allows assessing changes in the vitreoretinal interface and chorioretinal complex "at different depths", the use of this method for lamellar macular holes (LMR) can be used not only for diagnosis, but also for assessing changes and the extent of the process. **Purpose.** To determine the possibilities of SLO in diagnosing and assessing the prevalence of epiretinal proliferation in lamellar macular holes in comparison with OCT data. **Material and methods.** In a study conducted on the basis of S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Saint Petersburg branch, 48 patients with an established diagnosis of LMR were included, while epiretinal proliferation was diagnosed in 27 (52.6%) patients by OCT. SLO was performed in 21 patients with epiretinal proliferation diagnosed by OCT. **Results.** The best visualization of epiretinal proliferation was achieved by processing the image with a decrease in the intensity of red and an increase in blue and green. With epiretinal proliferation, there was a lower maximum correctable visual acuity and pronounced structural changes in the retina: a foveolar tubercle in 6 (12.5%) patients, a violation of the ellipsoidal zone in 10 (20.8%) of 48 patients, while its length was $110.26 \pm 19.85 \mu\text{m}$. An inverse correlation was established between the values of the epiretinal proliferation area and the index of the minimum retinal thickness ($R = -0.7$, $P = 0.005$), which indirectly confirms the gradual loss of retinal tissue during LMR due to the development of epiretinal proliferation. **Conclusion.** The performance of SLO allows visualization of epiretinal proliferation and determination of its area, which can be useful both in the dynamic observation of LMR and in planning surgical treatment for this pathology.

Keywords: scanning laser ophthalmoscopy, lamellar macular holes, epiretinal proliferation

References

- Zhogolev K.S., Bayborodov Ya.V. Lamel'nyye makulyarnye razryvy: evolyuciya predstavlenij o patogeneze i klinicheskoy kartine. Razvitie diagnosticheskikh podhodov. Sovremennaya klassifikaciya. [Lamellar macular holes: the evolution of ideas about pathogenesis and the clinical picture. The development of diagnostic approaches. Modern classification.] *Oftal'mologicheskie vedomosti [Ophthalmological gazette]* 2020; 13(2): 77-88, doi: 10.17816/OV16334 (In Russ.)
- Gass J.D. Lamellar macular hole: a complication of cystoid macular edema after cataract extraction: a clinicopathologic case report. *Transactions of the American Ophthalmological Society* 1975; 73: 231-250, doi: 10.1001/archophth.1976.03910030391008

3. Pang C.E., Spaide R.F., Freund K.B. Epiretinal proliferation seen in association with lamellar macular holes: a distinct clinical entity. *Retina* 2014; 34(8): 1513-1523, doi: 10.1097/IAE.000000000000163
4. Hubschman J.P., Govetto A., Spaide R.F., Schumann R., Steel D., Figueroa M.S., Sebag J., Gaudric A., Staurengi G., Haritoglou C., Kadosono K., Thompson J.T., Chang S., Bottoni F., Tadayoni R. Optical coherence tomography-based consensus definition for lamellar macular hole. *Br J Ophthalmol* 2020; 104(12): 1741-1747, doi: 10.1136/bjophthalmol-2019-315432
5. Itoh Y., Levison A.L., Kaiser P.K., et al. Prevalence and characteristics of hyporeflexive preretinal tissue in vitreomacular interface disorders. *Br J Ophthalmol* 2016; 100: 399-404, doi: 10.1136/bjophthalmol-2015-306986
6. Zampedri E., Romanelli F., Semeraro F., Parolini B., Frisina R. Spectral-domain optical coherence tomography findings in idiopathic lamellar macular hole. *Graefe's archive for clinical and experimental ophthalmology* 2017; 255(4): 699-707, doi: 10.1007/s00417-016-3545-1
7. Stoyukhina A.S., Musatkina I.V. Morfogenez melanom horioidei v svete opticheskoy kogherentnoj tomografii. [Morphogenesis of choroidal melanomas in OCT imaging.] *Vestnik Oftalmologii [Bulletin of ophthalmology]* 2018; 134(5, part. 2): 186-194, doi: 10.17116/oftalma2018134051186 (In Russ.)
8. Stoyukhina A.S. Vozmozhnosti OKT v differencial'noj diagnostike VMD i novoobrazovaniy horioidei central'noj lokalizacii. [OCT abilities in differential diagnostic of AMD and central localization choroidal tumors.] *Tochka Zreniya. Vostok-Zapad [Point of View. East-West]* 2018; 2: 87-90. doi: 10.25276/2410-1257-2018-2-87-90 (In Russ.)
9. Balashevich L.I., Baiborodov Ya.V., Zogolev K.S. Patologiya vitreomakulyarnogo interfejsa. Obzor literatury v voprosah i otvetah. [Vitreomacular interface pathology. Review of foreign literature in questions and answers.] *Oftal'mohirurgiya [Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery]* 2014; (4): 109-114. (In Russ.)
10. Shpak A.A., Shkvorchenko D.O., Vedernikova O.Y., Hurdaeva A.G. Lamellyarnye makulyarnye razryvy. [Lamellar macular holes.] *Oftal'mohirurgiya [Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery]* 2019; (2): 76-80, doi: 10.25276/0235-4160-2019-2-76-75 (In Russ.)
11. Bottoni F., Deiro A.P., Giani A., Orini C., Cigada M., Staurengi G. The natural history of lamellar macular holes: a spectral domain optical coherence tomography study. *Graefe's archive for clinical and experimental ophthalmology*. 2013; 251(2): 467-475, doi: 10.1007/s00417-012-2044-2
12. Podoleanu A.G., Dobre G.M., Cucu R.G., Rosen R., Garcia P., Nieto J., Will D., Gentile R., Muldoon T., Walsh J., Yannuzzi L.A., Fisher Y., Orlock D., Weitz R., Rogers J.A., Dunne S., Boxer A. Combined multiplanar optical coherence tomography and confocal scanning ophthalmoscopy. *J Biomed Opt.* 2004; 9(1): 86-93, doi: 10.1117/1.1627778
13. Rudolph G.; Kalpadakis P.; Bechmann M., Haritoglou C., Kampik A. Scanning laser ophthalmoscope-evoked multifocal ERG (SLO-mfERG) in patients with macular holes and normal individuals. *Eye (Lond.)* 2003; 17(7): 801-8, doi: 10.1038/sj.eye.6700502
14. Webb R.H., Hughes G.W., Pomerantzeff O. Flying spot TV ophthalmoscope. *Appl Opt.* 1980; 1; 19(17): 2991-7, doi:10.1364/AO.19.002991
15. von Rückmann A., Fitzke F.W., Fan J., Halfyard A., Bird A.C. Abnormalities of fundus autofluorescence in central serous retinopathy. *Am J Ophthalmol.* 2002; 133(6): 780-6, doi: 10.1136/bjo.79.5.407
16. Alyab'eva Zh.Yu. Novye gorizonty skaniruyushchej lazernoj oftal'moskopii. [New horizons of scanning laser ophthalmoscopy.] *RMZh. Klinicheskaya oftal'mologiya [Russian medical journal. Clinical ophthalmology]* 2005; 1: 4. (In Russ.)
17. Kochergin S.A., Slonimsky S.Yu., Ovsyanko A.A., Gupalo O.D. Nekotorye aspekty primeneniya skaniruyushchej lazernoj oftal'moskopii v diagnostike oftal'mopatologii. [Some aspects of scanning laser ophthalmoscopy in the

diagnostics of ophthalmopathology.] *Oftal'mologiya [Ophthalmology]* 2017; 14(3): 227-232, doi: 10.18008/1816-5095-2017-3-227-232 (In Russ.)

18. Anisimov A.A, Boiko E.V, Churashev S.V., et al. Konfokal'naya lazernaya skaniruyushchaya oftal'moskopiya kak dopolnitel'nyj metod diagnostiki regmatogennoj otslojki setchatki. Aktual'nye problemy oftal'mologii: VIII Vseros. nauch. konf. molodyh uchenyh: Sb. nauch. rabot. Pod red. B.E. Malyugina. [Confocal laser scanning ophthalmoscopy as an additional diagnostic method for rhegmatogenous retinal detachment. Actual problems of ophthalmology: VIII All-Russia scientific conference of Young Scientists: Coll. scientific work. Edited by B.E. Malyugin.] Moscow: Ophthalmology, 2013: 26. (In Russ.)

19. Astakhov Yu.S., Lisochnikina A.B., Nechiporenko P.A. Issledovanie autoflyuorescencii glaznogo dna s pomoshch'yu konfokal'nogo skaniruyushchego lazernogo oftal'moskopa. [The study of fundus autofluorescence by confocal scanning laser ophthalmoscope.] *Oftal'mologicheskie vedomosti [Ophthalmological gazette]* 2008; 1(3): 40-45. (In Russ.)

20. Guro M.Yu., Potapova V.N., Khazardzhan Yu.Yu., Sharifova O.Sh. Znachenie registracii autoflyuorescencii glaznogo dna i skaniruyushchej lazernoj oftal'moskopii v diagnostike i lechenii central'noj seroznoj horioretinopatii. [The value of recording fundus autofluorescence and scanning laser ophthalmoscopy in the diagnosis and treatment of central serous chorioretinopathy.] *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of the Orenburg State University]* 2012; (12): 41-43. (In Russ.)

21. Kelly J.P., Weiss A.H., Zhou Q., Schmode S., Dreher A.W. Imaging a child's fundus without dilation using a handheld confocal scanning laser ophthalmoscope. *Arch Ophthalmol.* 2003;121(3): 391-6, doi: 10.1001/archophth.121.3.391

22. Nakakura S., Okamoto A., Nagasato D., Tabuchi H., Kiuchi Y. Hypotony maculopathy obtained by retro-mode retinal imaging. *Ophthalmology* 2015; 122(1): 216-7, doi: 10.1016/j.ophtha.2014.08.045

23. dell'Omo R., De Turris S., dell'Omo E., Costagliola C. Visualization of Lamellar Hole-Associated Epiretinal Proliferation With Blue-Reflectance Imaging. *Retina* 2018; 38(5): e34-e35, doi: 10.1097/IAE.0000000000002048

24. Zhogolev K.S., Panova I.E. Funkcional'nye, OKT-morfometricheskie i strukturnye pokazateli setchatki v monitoringe techeniya lamellyarnyh makulyarnyh razryvov. [Functional, OCT-morphometric and structural parameters of the retina in monitoring the course of lamellar macular holes.] *Sovremennyye tekhnologii v oftal'mologii [Modern technologies in ophthalmology]* 2020; (1): 319-324, doi: 10.25276/2312-4911-2020-2-319-324 (In Russ.)

25. Zhogolev K.S., Bayborodov Ya.V. Sovremennyye predstavleniya o taktike lecheniya pacientov s neskvoznymi makulyarnymi razryvami: nablyudat' ili operirovat'? [Modern notions about the tactics of treatment of patients with non-full thickness macular holes: to observe or to operate?] *Oftal'mologicheskie vedomosti [Ophthalmological gazette]* 2019; 12(1): 37-44, doi: 10.17816/OV2019137-44 (In Russ.)