ISSN 1816-5095 (print); ISSN 2500-0845 (online) https://doi.org/10.18008/1816-5095-2025-1-127-135 поступила 25.12.24 was received 25.12.24

# Преимущества мультимодальной визуализации в диагностике регматогенной отслойки сетчатки



Н.В. Нероева<sup>1</sup>

ва<sup>1</sup> О.В. Зайцева<sup>1,2</sup>





А.И. Ушаков<sup>1</sup>



С.В. Милаш

<sup>1</sup> ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр глазных болезней им. Гельмгольца» Министерства здравоохранения Российской Федерации ул. Садовая-Черногрязская, 14/19, Москва, 105062, Российская Федерация

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Министерства здравоохранения Российской Федерации ул. Долгоруковская, 4, Москва, 127006, Российская Федерация

# РЕЗЮМЕ

#### Офтальмология. 2025;22(1):127-135

Цель: изучить возможности современной мультимодальной ультраширокопольной системы визуализации глазного дна на основе конфокального сканирующего лазерного офтальмоскопа (cSLO) в пред- и послеоперационном обследовании пациентов с регматогенной отслойкой сетчатки (РОС). Пациенты и методы. Обследованы 20 пациентов (20 глаз) с РОС в возрасте 45,4 ± 14,8 года (12 женщин и 8 мужчин), прооперированных методом локального эписклерального пломбирования. В рамках предоперационного обследования всем пациентам выполнялось стандартное офтальмологическое обследование (в том числе включающее осмотр глазного дна с 3-зеркальной линзой Гольдмана и линзой 78 дптр). В качестве дополнительного метода диагностики проводили исследование на приборе Mirante (Nidek, Япония) до и через 3 дня после эписклерального пломбирования. Сравнивали количество пациентов с РОС, у которых были обнаружены первичные разрывы и зоны регматогенной периферической витреохориоретинальной дистрофии (ПВХРД) с помощью стандартной предоперационной офтальмоскопии и визуализации в различных диагностических режимах на мультимодальной ультраширокопольной платформе cSLO (цветное изображение cSLO, инфракрасная визуализация, ретрорежим, оптическая когерентная томография (ОКТ) макулярной области и периферии сетчатки). Результаты. Визуализация с помощью cSLO в различных диагностических режимах позволила обнаружить первичный разрыв сетчатки у всех 20 пациентов (100 %) с РОС, включая трех пациентов, у которых разрывы не были обнаружены в ходе стандартного предоперационного осмотра глазного дна с 3-зеркальной линзой Гольдмана и линзой 78 дптр. Мультимодальный подход позволил документально зафиксировать исходный ретинальный статус, границы отслоенной сетчатки, локализацию разрыва и зон ПВХРД. В послеоперационном периоде ультраширокопольная визуализация в комбинации с периферической ОКТ позволила объективно задокументировать прилегание сетчатки, блокирование разрывов и зон регматогенной ПВХРД валом вдавления. Вывод. Использование мультимодальных возможностей ультраширокопольной диагностической системы показало высокую информативность при обследовании пациентов с РОС, оно позволяет точно определить и документировать границы РОС, разрывы сетчатки, их морфометрические особенности, а также иные особенности ретинального статуса пациента, провести детальный мониторинг анатомического успеха операции после оперативного вмешательства.

Ключевые слова: регматогенная отслойка сетчатки, эписклеральное пломбирование, SLO, ультраширокое поле, мультимодальная визуализация

Для цитирования: Нероева Н.В., Зайцева О.В., Ушаков А.И., Милаш С.В. Преимущества мультимодальной визуализации в диагностике регматогенной отслойки сетчатки. *Офтальмология*. 2025;22(1):127–135. https://doi.org/10.18008/1816-5095-2025-1-127-135

**Прозрачность финансовой деятельности:** никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Конфликт интересов отсутствует.



# The Advantages of Multimodal Imaging in the Diagnosis of Rhegmatogenous Retinal Detachment

N.V. Neroeva<sup>1</sup>, O.V. Zaytseva<sup>1,2</sup>, A.I. Ushakov<sup>1</sup>, S.V. Milash<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases Sadovaya-Chernogryazskaya str., 14/19, Moscow, 105062, Russian Federation

> <sup>2</sup> Russian University of Medicine Dolgorukovskaya str., 4, Moscow, 127006, Russian Federation

#### ABSTRACT

### Ophthalmology in Russia. 2025;22(1):127-135

Purpose: To study the possibilities of a modern multimodal ultra-wide field fundus imaging system based on a confocal scanning laser ophthalmoscope (cSLO) in the pre- and postoperative examination of patients with rhegmatogenous retinal detachment (RRD). Patients and methods. 20 patients (20 eyes) with RRD aged 45.4 ± 14.8 years (12 women and 8 men) who underwent local scleral buckling were examined. As part of the preoperative examination, all patients underwent a standard ophthalmological examination (including an examination of the fundus with a Goldmann three mirror lens and a 78D lens). As an additional diagnostic method, a study was performed on a Mirante device (Nidek, Japan) before and 3 days after local scleral buckling. We compared the number of patients with RRD who had primary breaks and zones of rhegmatogenous peripheral degenerations detected using standard preoperative ophthalmoscopy and imaging in various diagnostic modes on a multimodal ultra-wide field cSLO platform (color image cSLO, infrared imaging, retro-mode, optical coherence tomography (OCT) of the macular area and the periphery of the retina). Result. cSLO imaging in various diagnostic modes revealed a primary retinal break in all 20 patients (100 %) with RRD, including three patients whose breaks were not detected during a standard preoperative fundus examination with a Goldmann three mirror lens and a 78D lens. The multimodal approach made it possible to document the initial retinal status, the boundaries of the detached retina, the localization of the breaks and the zones of the rhegmatogenous peripheral degenerations. In the postoperative period, ultra-wide field imaging in combination with peripheral OCT made it possible to objectively document the attachment of the retina, the blocking of breaks and areas of rhegmatogenous degeneration by through external scleral indentation. Conclusions. The use of the multimodal opportunities of the ultra-wide field diagnostic system has shown high informativity in the examination of patients with RRD, makes it possible to accurately identify and document the boundaries of RRD, retinal breaks, their morphometric features, as well as other features of the patient's retinal status, and to conduct detailed monitoring of the anatomical success of surgery after surgery.

Keywords: rhegmatogenous retinal detachment, scleral buckling, SLO, ultra-wide field, multimodal visualization

For citation: Neroeva N.V., Zaytseva O.V., Ushakov A.I., Milash S.V. The Advantages of Multimodal Imaging in the Diagnosis of Rhegmatogenous Retinal Detachment. *Ophthalmology in Russia*. 2025;22(1):127–135. https://doi.org/10.18008/1816-5095-2025-1-127-135

**Financial Disclosure:** no author has a financial or property interest in any material or method mentioned. **There is no conflict of interests.** 

#### введение

Несмотря на значительные достижения витреоретинальной хирургии, эписклеральные технологии при регматогенной отслойке сетчатки (РОС) не теряют актуальности и на сегодняшний день с успехом выполняются при определенных клинических показаниях [1].

В частности, показанием к проведению локального эписклерального пломбирования является достаточно «свежая» локальная или распространенная РОС с одиночным разрывом или несколькими разрывами в смежных квадрантах глазного дна либо отрывом сетчатки от зубчатой линии. В случае множественных разрывов в разных квадрантах глазного дна оправдано круговое эписклеральное пломбирование. Одним из основных условий при выборе эписклерального подхода при хирургическом вмешательстве являются пролиферативная витреоретинопатия не выше стадии С2, а также относительно небольшой размер периферических дефектов сетчатки.

На сегодняшний день стандартом диагностического алгоритма предоперационного обследования при РОС

является комплексное обследование, включающее визометрию, рефрактометрию, тонометрию, периметрию (при достаточной остроте зрения), биомикроскопию, прямую и непрямую бинокулярную офтальмоскопию с линзами 60D, 78D или 90D, осмотр глазного дна с 3-зеркальной линзой Гольдмана, ультразвуковое исследование глазного яблока для исключения объемного образования хориоидеи, а при помутнении преломляющих сред глаза — для определения площади, высоты и конфигурации РОС и, при необходимости детальной оценки зрительных функций, электрофизиологическое исследование для решения вопроса о целесообразности проведения операции и прогноза зрительных функций после лечения [2].

Основным методом визуализации при поиске разрывов и/или зон регматогенной периферической витреохориоретинальной дистрофии (ПВХРД) является непрямая офтальмоскопия с помощью линз большой оптической силы, а также для более детального осмотра периферических отделов глазного дна — офтальмоскопия с помощью 3-зеркальной линзы Гольдмана [3]. Точная локализация и морфометрическая характеристика разрывов и зон регматогенной ПВХРД позволяют выработать оптимальную тактику хирургического лечения [4], сформировать план операции, определить локализацию и протяженность вала вдавления. Именно адекватный подбор длины эписклеральной пломбы и ее правильное расположение являются основными факторами анатомического успеха операции.

По данным литературы, анатомический успех эписклерального вмешательства достигает 82–89 % [5, 6].

Известны определенные законы топографии РОС в зависимости от локализации разрывов сетчатки [7]. Знание этих закономерностей позволяет хирургу быстрее обнаружить причину отслойки и выбрать оптимальную тактику хирургического лечения. Например, при верхних РОС, пересекающих меридиан 12 часов, или тотальных отслойках первичный разрыв в 93 % случаев располагается в пределах треугольника с вершиной на 12 часах и сторонами, удаленными на 1,5 часа в обе стороны от 12 часов. При нижних пузыревидных отслойках сетчатки разрыв располагается чаще в верхних квадрантах. Нижние отслойки, исходящие из нижнего разрыва, не имеют пузыревидной формы и не образуют складок.

Однако рутинный осмотр глазного дна с помощью бесконтактных линз либо 3-зеркальной линзы Гольдмана не всегда позволяет обнаружить дефект сетчатки. Основными причинами, затрудняющими выявление разрывов, являются их малые размеры, снижение прозрачности оптических сред, локализация на крайней периферии, плохая контрастность на фоне истонченной сетчатки, прикрытость разрывов складками сетчатки или преретинальной пролиферацией, маскировка дефектов сетчатки зонами дегенеративных изменений.

Неблокированные разрывы сетчатки являются причиной неприлегания сетчатки после первичной операции [8], поэтому выявление сквозных дефектов сетчатки на этапе предоперационного обследования, детальная оценка иных особенностей ретинального статуса исключительно важны для достижения стабильного прилегания сетчатки в результате эписклерального вмешательства.

Ограниченные возможности выявления разрывов сетчатки в процессе осмотра глазного дна с помощью диагностических линз в предоперационном периоде определяют актуальность поиска дополнительных методов визуализации.

В последние годы в практику офтальмологов внедряются современные мультимодальные диагностические платформы для бесконтактной визуализации глазного дна на основе конфокального сканирующего лазерного офтальмоскопа (cSLO), использующие ультраширокопольную оптику [9–11]. Увеличенное поле зрения позволяет быстро и неинвазивно получать изображения периферической сетчатки в диагностических целях.

Принцип работы SLO основан на точечном сканировании глазного дна лазерным излучением и использовании конфокальных технологий для регистрации интенсивности отраженного излучения записывающим устройством [11]. Конфокальная апертура SLO, в отличие от обычной фундус-камеры, блокирует любой рассеянный или отраженный за пределами фокальной плоскости свет, который может потенциально вызвать нечеткость изображения и повлиять на его качество, что позволяет получать четкие, детализированные и высококонтрастные изображения. Количество лазерных источников света и длина волны отличаются в зависимости от производителя. Способность проникать на разную глубину сетчатки дает мультиволновой лазерной офтальмоскопии дополнительные преимущества, позволяя локализовать патологические изменения на разных анатомических уровнях, не видимых при стандартной офтальмоскопии и на фундус-фотографиях.

cSLO обеспечивает регистрацию изображения глазного дна даже без мидриаза и при не совсем прозрачных средах (благодаря длинноволновым лазерным источникам), в противоположность традиционным фундус-камерам, чувствительным к количеству света, попадающего в глаз.

В ходе клинических исследований и обширной клинической практики такие платформы продемонстрировали высокую информативность в диагностике и мониторинге различных заболеваний глазного дна: возрастной макулярной дегенерации, диабетической ретинопатии, окклюзии вен сетчатки, ретинопатии недоношенных, наследственных дистрофий сетчатки и др. [9–11]. В литературе встречаются работы, подтверждающие преимущества широкопольной и ультраширокопольной визуализации в диагностике ПВХРД и РОС [10, 12–15].

Целью данного исследования стало изучение возможностей современной мультимодальной ультраширокопольной системы визуализации глазного дна на основе cSLO в пред- и послеоперационном обследовании пациентов, которым была проведена эписклеральная операция по поводу РОС.

#### ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

В исследование были включены двадцать глаз 20 пациентов с РОС, проходивших стационарное лечение в отделе патологии сетчатки и зрительного нерва  $\Phi$ ГБУ «НМИЦ ГБ им. Гельмгольца» Минздрава России. Возраст пациентов составил от 20 до 66 лет (в среднем 45,4 ± 14,8 года), среди них 12 женщин и 8 мужчин. Максимально корригированная острота зрения на глазах (МКОЗ) с РОС составила от 0,01 до 1,0 (в среднем 0,31 ± 0,15); 5 глаз с РОС были артифакичными.

Всем пациентам проведено локальное эписклеральное пломбирование, достигнуто анатомическое прилегание сетчатки. В послеоперационном периоде выполнена отграничительная лазерная коагуляция сетчатки вокруг разрыва на валу вдавления для формирования хориоретинальной спайки.

2025;22(1):127-135

В рамках предоперационного обследования всем пациентам выполнялось стандартное офтальмологическое обследование (сбор анамнеза, визометрия, пневмотонометрия, биомикроскопия, непрямая бинокулярная офтальмоскопия с помощью бесконтактной линзы 78 дптр, офтальмоскопия с 3-зеркальной линзой Гольдмана для детального осмотра периферии глазного дна). Положение оболочек, высота и протяженность отслойки сетчатки были документированы с помощью ультразвукового В-сканирования.

В качестве дополнительного метода обследования использовалась мультимодальная ультраширокопольная диагностическая платформа Mirante (Nidek, Япония). Эта система объединяет возможности cSLO и спектральной оптической когерентной томографии (ОКТ). В системе Mirante для получения изображений в разных диагностических режимах используются 4 отдельных лазерных источника с различной длиной волны: синий лазер — 488 нм, зеленый лазер — 532 нм, красный лазер — 670 нм и инфракрасный лазер — 790 нм. Для получения цветного изображения cSLO используются три лазерных источника: синий, зеленый и красный. Ретрорежим использует инфракрасное (ИК) лазерное излучение и эксцентричные апертуры (в работе использованы DR, DL) для создания псевдотрехмерных изображений сетчатки.

Для ультраширокопольной визуализации применяли специальный адаптер 163°.

Динамическая (в реальном времени) ультраширокопольная ИК-офтальмоскопия (790 нм) проводилась по всем сегментам глазного дна (по аналогии со стандартной офтальмоскопией) и записывалась на видео с помощью установленного программного обеспечения для записи с экрана.

Всем пациентам с РОС было проведено исследование на приборе Mirante в следующих режимах визуализации: динамическая ультраширокопольная ИК-офтальмоскопия, цветная фундус-фотография на основе cSLO (синий, зеленый и красный лазер), в том числе ультраширокого поля 163°, ретрорежим 163°, ОКТ макулярной области и периферии сетчатки.

Исследование на приборе Mirante и последующая интерпретация результатов были выполнены независимым оператором с большим опытом проведения мультимодальной визуализации.

Повторное исследование на диагностической системе осуществляли в ходе послеоперационного мониторинга пациента через 3 дня после хирургического вмешательства.

Периферическую ОКТ выполняли в комбинации с цветной фундус-фотографией сSLO, ИК-визуализацией и ретрорежимом как для детекции первичного ретинального разрыва, так и в послеоперационном периоде для оценки блокирования разрыва, выявления остаточной субретинальной жидкости и ее границ.

Проведено сравнение количества пациентов с РОС, у которых были обнаружены первичные разрывы и зоны регматогенной ПВХРД с помощью стандартной предоперационной офтальмоскопии и мультимодальной визуализации с использованием системы Mirante.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ

В ходе стандартной предоперационной офтальмоскопии разрывы сетчатки были выявлены у 17 из 20 пациентов (85%). У 3-х пациентов в ходе стандартного офтальмологического обследования разрывы сетчатки обнаружены не были: у 1 пациента в связи с пузыревидным характером РОС в сочетании с узким зрачком, у 2 пациентов из-за расположения разрывов на крайней периферии глазного дна и при наличии артифакии. У 7 (35%) пациентов, помимо разрывов сетчатки, были выявлены зоны регматогенной ПВХРД.

С помощью ультраширокопольной визуализации в различных диагностических режимах в комбинации с ОКТ документально подтверждены все ранее полученные офтальмоскопические находки и, кроме того, получена дополнительная информация, повлиявшая на выбор тактики оперативного вмешательства.

В процессе мультимодальной визуализации первичные разрывы сетчатки были обнаружены у всех 20 пациентов (100 %).

Цветная фундус-фотография на основе cSLO позволила документально зафиксировать исходный ретинальный статус, границы отслоенной сетчатки, локализацию разрыва и зон ПВХРД, иные особенности заболевания и наглядно продемонстрировать их пациенту.

Для поиска и четкой визуализации сквозных дефектов сетчатки и границ отслоенной сетчатки были использованы ретрорежим и ИК-визуализация. Для подтверждения или исключения сквозного характера дефекта и уточнения границ отслойки сетчатки проводили ОКТ на периферии глазного дна. Сквозной характер дефекта был подтвержден на томограмме во всех случаях. Кроме того, ОКТ зон ПВХРД позволила исключить в 3-х глазах наличие истончений и тракций.

В послеоперационном периоде ультраширокопольная визуализация в комбинации с периферической ОКТ позволила объективно задокументировать прилегание сетчатки, блокирование разрывов и зон регматогенной ПВХРД валом вдавления.

ОКТ использовалась также для уточнения состояния макулярной области до и после операции. Томография сетчатки после операции в 20 % случаев выявила наличие небольшого объема остаточной субретинальной жидкости центральнее вала вдавления. При этом контакт краев разрыва сетчатки с подлежащими тканями на валу вдавления, подтвержденный методом периферической ОКТ, позволил расценить данную жидкость как остаточную, что не потребовало дополнительных манипуляций.

#### КЛИНИЧЕСКИЕ ПРИМЕРЫ

1. Пациентка К., 29 лет, обратилась с жалобами на появление темной завесы сверху и снаружи. Острота зрения с максимальной коррекцией 0.6. При осмотре выявлена распространенная отслойка сетчатки во внутреннем отделе без захвата макулярной зоны с крупным дырчатым разрывом на 8:30 (рис. 1).

2. Пациентка Н., 42 года, обратилась с жалобами на появление темной завесы сверху, снижение остроты зрения. Острота зрения с максимальной коррекцией 0,5. При осмотре выявлена распространенная отслойка сетчатки в нижней половине глазного дна с частичным захватом макулярной зоны, крупным клапанным разрывом на 5 часах (рис. 2).

3. Пациент П., 66 лет, обратился с жалобами на появление темной завесы снизу. Острота зрения с максимальной коррекции 0,8. В анамнезе артифакия. При осмотре выявлена пузыревидная распространенная отслойка сетчатки в верхнем отделе, область фовеа прилежит (рис. 3).



Рис. 1. Пациентка К.: А — на панорамном цветном изображении cSLO визуализируется отслойка сетчатки от 6 до 10 часов (границы отслойки обозначены черными стрелками) с разрывом на 8:30 (красная стрелка); В — на изображении в ретрорежиме разрыв сетчатки визуализируется как гиперрефлективная область (красная стрелка), зона отслоенной сетчатки выглядит гипорефлективно (черные стрелки); С — на панорамном цветном изображении cSLO показан вал вдавления (синие стрелки) с заблокированным разрывом на 8:30 (красная стрелка); D — ОКТ макулярной зоны до и через 3 суток после операции

**Fig. 1.** Patient H.: A — the panoramic color image cSLO visualizes retinal detachment from 6 to 10 (the boundaries of the detachment are indicated by black arrows) with a break at 8:30 (red arrow); B — in the retro-mode image, the retinal break is visualized as a hyperreflective area (red arrow), the area of detached retina looks hyporeflective (black arrows); C — the panoramic color image cSLO shows blocked retinal break through external scleral indentation (blue arrows) with a blocked break at 8:30 (red arrow); D — the OCT of the macular area is presented before and 3 days after surgery

4. Пациентка М., 50 лет, обратилась с жалобами на резкое снижение зрения. Острота зрения 0,01 н/к, эксцентрично. При осмотре выявлена субтотальная отслойка сетчатки в нижнем и наружном отделах с захватом макулярной зоны (рис. 4).

5. Пациентка Х., 41 год, обратилась с жалобами на резкое снижение остроты зрения. Острота зрения 0,03 н/к, эксцентрично. При осмотре выявлена субтотальная отслойка сетчатки с захватом макулярной зоны, множественными разрывами и зонами решетчатой дистрофии (рис. 5).

# обсуждение

Использование мультимодальной ультраширокопольной диагностической системы в практике предоперационного обследования пациентов с РОС позволяет детально визуализировать и документировать все изменения на глазном дне, включая крайнюю периферию: границы и топографию отслойки, гофры/складки сетчатки,



Рис. 2. Пациентка Н.: А — на цветном изображении cSLO визуализируется зона отслоенной сетчатки от З до 8 часов (черные стрелки) с клапанным разрывом на 5 часах (красная стрелка); В — на ИК-изображении клапанный разрыв сетчатки виден в виде гиперрефлективной области (красная стрелка), а зона отслоенной сетчатки визуализируется как гипорефлективная (черные стрелки) область; С — на цветном изображении cSLO показан вал вдавления (синие стрелки) с заблокированным разрывом (красная стрелка); D — периферическая ОКТ зоны разрыва сетчатки до и через З дня после эписклерального пломбирования

**Fig. 2.** Patient N.: A — the color image cSLO visualizes the area of detached retina from 3 to 8 (black arrows) with a flap retinal break at 5 (red arrow); B — in the IR image, the retinal break is visible as a hyperreflective area (red arrow), and the area of detached retina is visualized as a hyporeflective (black arrows) area; C — the color image cSLO shows blocked retinal break (red arrow) through external scleral indentation (blue arrows); D — peripheral OCT of the retinal break zone before and 3 days after scleral buckling



Рис. 3. Пациент П.: А — на цветном изображении cSLO визуализируется высокая отслойка сетчатки в верхнем отделе (черные стрелки) с разрывом на 1 часе на крайней периферии (красная стрелка). Представлена ОКТ области разрыва; В — в ретрорежиме разрыв сетчатки визуализируется как округлый гиперрефлективный участок (красная стрелка), а зона отслоенной сетчатки выглядит гипорефлективной областью (черные стрелки); С — на цветном изображении cSLO показан вал вдавления (синие стрелки) с заблокированным разрывом (красная стрелка); D — представлена ОКТ макулярной зоны до и через 3 дня после эписклерального пломбирования

**Fig. 3.** Patient P.: A — is a high retinal detachment in the upper part (black arrows) visualized on the color image with a break at 1 at the retinal periphery (red arrow). The OCT of the break is presented; B — in retro-mode, the retinal break is visualized as a rounded hyperreflective area (red arrow), and the area of detached retina looks like a hyporeflective area (black arrows); C — the color image cSLO shows blocked retinal break (red arrow) through external scleral indentation (blue arrows); D — the OCT of the macular area is presented before and 3 days after scleral buckling





Рис. 4. Пациентка М.: А — на цветном изображении cSLO визуализируется область отслоенной сетчатки (черные стрелки) с разрывом на 7 часах (красная стрелка). Представлена периферическая ОНТ разрыва и складок сетчатки; В — на цветном изображении cSLO показан вал вдавления (синие стрелки) с заблокированным разрывом (красная стрелка). На скане ОНТ в области макулы через 3 суток после операции выявлена локальная остаточная субретинальная жидность.

**Fig. 4.** Patient M.: A — the area of detached retina (black arrows) with a break at 7 (red arrow) is visualized on the color image cSLO. The peripheral OCT of retinal break and folds is presented; B — the color image cSLO shows blocked retinal break (red arrow) through external scleral indentation (blue arrows). An OCT scan revealed local residual subretinal fluid in the macula area 3 days after surgery.

Рис. 5. Пациентка Х.: А и В — на цветных фундус-фотографиях cSLO визуализируется отслойка сетчатки (черные стрелки) от 5 до 1 часа с множественными разрывами (красные стрелни) в проекции решетчатых дистрофий; С — ретромодальное изображение разрыва сетчатки (красная стрелка) в области решетчатой дистрофии. Отслойка сетчатки визуализируется как гипорефлективная область со множеством складок (черная стрелка); D — на панорамном цветном изображении cSLO показан вал вдавления (синие стрелки) с заблокированными разрывами (красные стрелки) и зонами решетчатой дистрофии. На скане ОКТ в области макулы через 3 суток после операции выявлена остаточная субретинальная жидкость

**Fig. 5.** Patient X.: A and B — retinal detachment (black arrows) from 5 to 1 with multiple breaks (red arrows) in the projection of lattice degeneration of the retina is visualized on color fundus photos cSLO; C — retromodal image of retinal break (red arrow) in the area of lattice degeneration. Retinal detachment is visualized as a hyporeflective area with many folds (black arrow); D — the panoramic color image cSLO shows an external scleral indentation (blue arrows) with blocked breaks (red arrows) and areas of lattice degeneration. An OCT scan revealed residual subretinal fluid in the macula area 3 days after surgery

Н.В. Нероева, О.В. Зайцева, А.И. Ушаков, С.В. Милаш Контактная информация: Ушаков Александр Игоревич winter215@yandex.ru Преимущества мультимодальной визуализации в диагностике регматогенной отслойки сетчатки локализацию и морфометрическую характеристику разрывов и зон ПВХРД. В этой работе информативность данного диагностического метода превосходит результаты стандартного офтальмологического обследования благодаря мультимодальному диагностическому подходу, скорости и бесконтактному характеру исследования, возможности офтальмоскопии на узкий зрачок, без света (динамическая ИК-офтальмоскопия) и в условиях неполной прозрачности оптических сред. Визуализация с помощью cSLO в различных диагностических режимах позволила обнаружить первичный разрыв сетчатки у всех 20 пациентов (100 %) с РОС, включая трех пациентов, у которых разрывы не были обнаружены в ходе стандартного предоперационного осмотра глазного дна с 3-зеркальной линзой Гольдмана и линзой 78 дптр.

Традиционная офтальмоскопия остается золотым стандартом для исследования глазного дна, однако в случаях РОС не всегда обеспечивает достаточную визуализацию границ отслоенной сетчатки, зон ПВХРД и разрывов. Визуализация глазного дна с использованием ультраширокопольной оптики может быть дополнением или даже альтернативой привычной офтальмоскопии [16]. В ряде работ у пациентов с РОС были показаны взаимозаменяемые результаты обследования с помощью ультраширокопольного cSLO и непрямой офтальмоскопии. Kornberg и соавт. обнаружили, что ультраширокопольные изображения улучшили выявление особенностей РОС по сравнению с непрямой офтальмоскопией [13]. Abadia и соавт. сообщили о схожих результатах. Ультраширокопольная визуализация и стандартный осмотр глазного дна определяли характеристики РОС в полном соответствии с интраоперационным обследованием [14]. Ohsugi и соавт. применили технологию глубокого обучения к ультраширокопольным изображениям и достигли высоких показателей выявления РОС [17]. Аналогичным образом в недавно проведенной работе была продемонстрирована способность модели искусственного интеллекта локализовать и описывать РОС на ультраширокопольных изображениях, сравнимую с производительностью врача-офтальмолога [18]. Ультраширокопольная визуализация в комбинации с макулярной ОКТ дает сопоставимые результаты между удаленной (виртуальной) и очной послеоперационной оценкой результатов витреоретинальных вмешательств с чувствительностью 91 % и специфичностью 100 % для обнаружения отслоений сетчатки и со 100 % специфичностью и 100 % чувствительностью для обнаружения новых разрывов сетчатки или недостаточного лазерного лечения [19].

Одни авторы свидетельствуют о высоких показателях обнаружения ПВХРД при использовании ультраширокопольной оптики cSLO [15, 20, 21]. Напротив, другие авторы не согласны с тем, что ультраширокопольная визуализация представляет собой замену клинической офтальмоскопии из-за возможного пропуска некоторых периферических ретинальных поражений [13, 22, 23]. Одной из основных проблем является плохая визуализация верхней и нижней периферии, связанная, как правило, с «артефактами ресниц» [13, 22, 23]. Шанс обнаружения изменений в височном и носовом квадрантах глазного дна значительно выше. Во многих исследованиях проводили фиксацию изображений только в первичном положении взора. Процент обнаружения патологических изменений на периферии глазного дна значительно увеличивался при анализе нескольких изображений с разной точкой фиксации [24]. Более половины разрывов были пропущены, когда оценивалось только одно изображение, и примерно три из четырех разрывов были обнаружены с двумя изображениями [24].

Важно отметить, что в нашей работе мы проводили полноценную ультраширокопольную ИК-офтальмоскопию в реальном времени 360° периферии сетчатки с последующей фиксацией в псевдоцветном изображении и ретро-режиме выявленных изменений и зон интереса; с верификацией границ РОС, участков ПВХРД и разрывов с помощью ОКТ. Для минимизации влияния «артефактов ресниц» при визуализации верхних и нижних отделов глазного дна мы приподнимали верхнее веко и наклоняли адаптер.

В предоперационной диагностике РОС особенные преимущества имеет использование ретрорежима и ИКвизуализации [25, 26]. В наших клинических примерах зона отслоенной сетчатки в ИК и ретрорежиме четко визуализируется как гипорефлективная область (более темная) из-за присутствия субретинальной жидкости, которая рассеивает излучение в инфракрасном диапазоне. В случаях невысоких и субклинических отслоек сетчатки в проекции ПВХРД границы были видны только в ретрорежиме благодаря его способности четко отображать края раздела внутриглазных структур.

Ранее Д.С. Мальцевым и соавт. была показана высокая информативность ретромодальной визуализации в отношении выявления локальных бессимптомных отслоек сетчатки и разрывов в сравнении с непрямой офтальмоскопией [26]. В этом исследовании ретрорежим позволял выявлять наружные ретинальные складки, которые были не видны на цветных изображениях cSLO и при традиционной офтальмоскопии. Наружные гофры сетчатки являются важным предиктором послеоперационной МКОЗ [27]. Ретинальные разрывы как на ИК-изображениях, так и на псевдотрехмерных выглядят гиперрефлективными (светлыми) участками вследствие беспрепятственного прохождения лучей через область дефекта сетчатки и последующего отражения от нижележащих пигментного эпителия и хориоидеи. Сквозной дефект ярко «подсвечивается» на фоне гипорефлективной зоны отслоенной сетчатки, что в значительной степени облегчает поиск и локализацию разрывов в ходе ИК-офтальмоскопии. Дальнейшее проведение ОКТ в области предполагаемого разрыва позволяет подтвердить сквозной характер дефекта.

В послеоперационном периоде мультимодальное обследование дает возможность уточнить и документировать ретинальный статус, блокирование разрыва и зон ПВХРД на валу вдавления, имеет высокую информативность в выявлении и мониторинге остаточной субретинальной жидкости.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование мультимодальных возможностей ультраширокопольной диагностической системы (цветное изображение cSLO, ИК-визуализация, ретрорежим, ОКТ) показало высокую информативность при обследовании пациентов с РОС. Мультимодальная диагностика позволяет точно определить и документировать границы

- Fallico M, Alosi P, Reibaldi M, Longo A, Bonfiglio V, Avitabile T, Russo A. Scleral Buckling: A Review of Clinical Aspects and Current Concepts. J Clin Med. 2022; 11(2):314. doi: 10.3390/jcm11020314.
- Gariano RF, Kim CH. Evaluation and management of suspected retinal detachment. Am Fam Physician. 2004;69(7):1691–1698.
- Natkunarajah M, Goldsmith C, Goble R. Diagnostic effectiveness of noncontact slitlamp examination in the identification of retinal tears. Eye (Lond). 2003 Jul;17(5):607-609. doi: 10.1038/sj.eye.6700456.
- Saxena S, Lincoff H. Finding the retinal break in rhegmatogenous retinal detachment. Indian J Ophthalmol. 2001;49(3):199–202.
- Znaor L, Medic A, Binder S, Vucinovic A, Marin Lovric J, Puljak L. Pars plana vitrectomy versus scleral buckling for repairing simple rhegmatogenous retinal detachments. *Cochrane Database Syst Rev.* 2019;3(3):CD009562. doi: 10.1002/14651858. cd009562.pub2.
- Шукин АД. Современная экстрасклеральная хирургия в лечении регматогенной отслойки сетчатки: оценка эффективности применения и функциональные результаты. Офтальмологические ведомости. 2019;12(4):23–28.
  Shchukin AD. Modern extrascleral surgery in the treatment of regmatogenous retinal detachment: efficacy evaluation and functional results. Ophthalmology Reports. 2019;12(4):23–28 (In Russ.). doi: 10.17816/OV18780.
- Lincoff H, Gieser R. Finding the retinal hole. Arch Ophthalmol. 1971;85:565–569. doi: 10.1001/archopht.1971.00990050567007.
- Takkar B, Azad S, Shashni A, Pujari A, Bhatia I, Azad R. Missed retinal breaks in rhegmatogenous retinal detachment. *Int J Ophthalmol.* 2016;9(11):1629–1633. doi: 10.18240/ijo.2016.11.15.
- Patel SN, Shi A, Wibbelsman TD, Klufas MA. Ultra-widefield retinal imaging: an update on recent advances. *Ther Adv Ophthalmol.* 2020;12:2515841419899495. doi: 10.1177/2515841419899495.
- Kumar V, Surve A, Kumawat D, Takkar B, Azad S, Chawla R, Shroff D, Arora A, Singh R, Venkatesh P. Ultra-wide field retinal imaging: A wider clinical perspective. *Indian J Ophthalmol.* 2021 Apr;69(4):824–835. doi: 10.4103/ijo.IJO\_1403\_20.
- Terasaki H, Sonoda S, Tomita M, Sakamoto T. Recent Advances and Clinical Application of Color Scanning Laser Ophthalmoscope. J Clin Med. 2021;10(4):718. doi: 10.3390/jcm10040718.
- Salvanos P, Navaratnam J, Ma J, Bragadóttir R, Moe MC. Ultra-widefield autofluorescence imaging in the evaluation of scleral buckling surgery for retinal detachment. *Retina*. 2013;33 (7):1421–427. doi: 10.1097/iae.0b013e318283138d.
- Kornberg DL, Klufas MA, Yannuzzi NA, Orlin A, D'Amico DJ, Kiss S. Clinical Utility of Ultra-Widefield Imaging with the Optos Optomap Compared with Indirect Ophthalmoscopy in the Setting of Non-Traumatic Rhegmatogenous Retinal Detachment. Semin Ophthalmol. 2016;31(5):505–512. doi: 10.3109/08820538.2014.981551.
- Abadia B, Desco MC, Mataix J, Palacios E, Navea A, Calvo P, Ferreras A. Non-Mydriatic Ultra-Wide Field Imaging Versus Dilated Fundus Exam and Intraoperative Findings for Assessment of Rhegmatogenous Retinal Detachment. *Brain Sci.* 2020 Aug 5;10(8):521. https://doi.org/10.3390/brainsci10080521

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Нероева Наталия Владимировна

кандидат медицинских наук, руководитель отдела патологии сетчатки и зрительного нерва https://orcid.org/0000-0003-1038-2746

#### Зайцева Ольга Владимировна

134

кандидат медицинских наук, заместитель директора по организационно-методической работе, ведущий научный сотрудник отдела патологии сетчатки и зрительного нерва, доцент кафедры глазных болезней https://orcid.org/0000-0003-4530-553X РОС, разрывы сетчатки, их морфометрические особенности, а также иные особенности ретинального статуса пациента, провести детальный мониторинг анатомического успеха оперативного вмешательства. Детальная оценка предоперационного ретинального статуса у пациента с РОС является необходимым условием выбора оптимальной тактики хирургического и анатомического лечения.

#### УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Нероева Н.В. — концепция и дизайн исследования, научное редактирование; Зайцева О.В. — концепция и дизайн исследования, научное редактирование, написание текста;

Ушаков А.И. — сбор и обработка материала, написание текста;

Милаш С.В. — сбор и обработка материал; написание текста; подготовка иллюстраций; оформление списка литературы; редактирование.

#### ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Fogliato G, Borrelli E, Iuliano L, Ramoni A, Querques L, Rabiolo A, Bandello F, Querques G. Comparison Between Ultra-Widefield Pseudocolor Imaging and Indirect Ophthalmoscopy in the Detection of Peripheral Retinal Lesions. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina*. 2019;50(9):544–549. doi: 10.3928/23258160-20190905-02.
- Brown K, Sewell JM, Trempe C, Peto T, Travison TG. Comparison of image-assisted versus traditional fundus examination. *Eye Brain*. 2013;5:1–8. doi: 10.2147/ eb.s37646.
- Ohsugi H, Tabuchi H, Enno H, Ishitobi N. Accuracy of deep learning, a machinelearning technology, using ultra-wide-field fundus ophthalmoscopy for detecting rhegmatogenous retinal detachment. *Sci Rep.* 2017;7(1):9425. doi: 10.1038/s41598-017-09891-x.
- Li H, Cao J, You K, Zhang Y, Ye J. Artificial intelligence-assisted management of retinal detachment from ultra-widefield fundus images based on weakly-supervised approach. Front Med (Lausanne). 2024;11:1326004. doi: 10.3389/fmed.2024.1326004.
- Anguita R, Ahmed S, Makuloluwa A, Hind J, Roth J, Wickham L. Prospective validation of a virtual post-operative clinic in vitreoretinal surgery. *Eye (Lond)*. 2024;38(17):3258–3262. doi: 10.1038/s41433-024-03272-1.
- Kumar J, Kohli P, Babu N, Krishnakumar K, Arthur D, Ramasamy K. Comparison of two ultra-widefield imaging for detecting peripheral retinal breaks requiring treatment. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2021;259 (6):1427–1434. doi: 10.1007/s00417-020-04938-8.
- Elhady, Amr M.; Elnaggar, Osama R. Fundus screening for peripheral retinal lesions in myopic patients before refractive surgery using ultra-wide field scanning laser ophthalmoscopy. *Delta Journal of Ophthalmology*. 2024;25(4):229–234. doi: 10.4103/djo.djo\_32\_24.
- Yang D, Li M, Wei R, Xu Y, Shang J, Zhou X. Optomap ultrawide field imaging for detecting peripheral retinal lesions in 1725 high myopic eyes before implantable collamer lens surgery. *Clin Exp Ophthalmol.* 2020;48(7):895–902. doi: 10.1111/ceo.13809.
- 23. Lin AC, Kalaw FGP, Schönbach EM, Song D, Koretz Z, Walker E, Breazzano MP, Scott NL, Borooah S, Ferreyra H, Spencer DB, Goldbaum MH, Nudleman ED, Freeman WR, Toomey CB. The Sensitivity of Ultra-Widefield Fundus Photography Versus Scleral Depressed Examination for Detection of Retinal Horseshoe Tears. Am J Ophthalmol. 2023 Nov;255:155–160. doi: 10.1016/j.ajo.2023.07.010.
- 24. Karatepe Hashas AS, Popovic Z, Abu-Ishkheidem E, Bond-Taylor M, Svedberg K, Jarar D, Zetterberg M. A new diagnostic method for retinal breaks in patients with posterior vitreous detachment: Ultra-wide-field imaging with the Zeiss Clarus 700. *Acta Ophthalmol.* 2023;101(6):627–635. doi: 10.1111/aos.15652.
- Banda HK, Shah A, Shah GK. Application of wide-field infrared reflectance imaging in retinoschisis, retinal detachments, and schisis detachments. *Int J Retina Vitre*ous. 2019;5(Suppl 1):42. doi: 10.1186/s40942-019-0188-5.
- Maltsev DS, Kulikov AN, Burnasheva MA, Chhablani J. Retro-mode scanning laser ophthalmoscopy in evaluation of peripheral retinal lesions. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2021; 259(2):301–306. doi: 10.1007/s00417-020-04872-9.
- Cho M, Witmer MT, Favarone G, Chan RP, D'Amico DJ, Kiss S. Optical coherence tomography predicts visual outcome in macula-involving rhegmatogenous retinal detachment. Clin Ophthalmol. 2012;6:91–96. doi: 10.2147/opth.s28173.

## **ABOUT THE AUTHORS**

Neroeva Natalia V.

PhD, head of the pathology of the retina and optic nerve department https://orcid.org/0000-0003-1038-2746

Zaytseva Olga V. PhD, deputy director, leading researcher of the pathology of the retina and optic nerve department, Assistant Professor https://orcid.org/0000-0003-4530-553X

Контактная информация: Ушаков Александр Игоревич winter215@yandex.ru

Преимущества мультимодальной визуализации в диагностике регматогенной отслойки сетчатки

Н.В. Нероева, О.В. Зайцева, А.И. Ушаков, С.В. Милаш

#### Офтальмология/Ophthalmology in Russia

#### Ушаков Александр Игоревич

младший научный сотрудник отдела патологии сетчатки и зрительного нерва https://orcid.org/0000-0003-0556-0149

#### Милаш Сергей Викторович

кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела патологии рефракции, бинокулярного зрения и офтальмоэргономики https://orcid.org/0000-0002-3553-9896

Ushakov Aleksandr I. junior researcher of the pathology of the retina and optic nerve department https://orcid.org/0000-0003-0556-0149

#### Milash Sergei V.

PhD, senior researcher of the refraction pathology, binocular vision and ophthalmoergonomics department https://orcid.org/0000-0002-8864-4518