

## Широкопольная визуализация с помощью лазерной системы NAVILAS



А.Н. Куликов



Д.С. Мальцев



М.А. Бурнашева



В.В. Волков

В.Ф. Даниличев, Р.Л. Трояновский

ФГБВОУ ВПО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова», кафедра офтальмологии  
ул. Боткинская, 21/1, Санкт-Петербург, 194044, Российская Федерация

### РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2019;16(2):210–217

**Цель:** изучить возможность широкопольной визуализации глазного дна с помощью лазерной системы NAVILAS. **Пациенты и методы.** В исследование включили пациентов с ранее диагностированными при непрямой офтальмоскопии состояниями: диабетической ретинопатией (6 глаз), окклюзией центральной вены сетчатки (ОЦВС) (5 глаз), меланомой хориоидеи (3 глаза), регматогенной отслойкой сетчатки (4 глаза), периферической хориоретинальной дистрофией (ПХРД) (10 глаз). На лазерной системе NAVILAS 532 для всех пациентов для широкого поля обзора использовали линзу HR Wide Field (VOLK, США), обеспечивающую визуализацию поля 160°. Оценивали возможность получения изображения, отражающего все изменения глазного дна, определяемые при непрямой офтальмоскопии, и угол обзора снимков по сравнению со стандартным снимком глазного дна 55°. Всем пациентам выполняли последовательно в ходе одной сессии получение центрального снимка, многопольных снимков. В подгруппе пациентов с ОЦВС и ПХРД по типу «решетки» была изучена возможность проведения лазерной коагуляции сетчатки в ходе одной сессии с широкопольной визуализацией. **Результаты.** Однопольное изображение, полученное на системе NAVILAS, позволяет визуализировать глазное дно с углом  $130,3 \pm 9,6^\circ$ , четырехпольная широкопольная визуализация — до  $150,1 \pm 8,9^\circ$ , динамическая широкопольная визуализация — до  $171,3 \pm 17,0^\circ$ . Признаки диабетической ретинопатии, окклюзии центральной вены сетчатки, меланомы сосудистой оболочки, отслойки сетчатки и периферической хориоретинальной дистрофии по типу «решетки» определялись на широкопольном изображении во всех случаях. Затруднения в визуализации участков ПХРД по типу «следа улитки» были связаны с незначительными морфологическими изменениями, трудно определяемыми на изображении с относительно малым увеличением. У 4 пациентов с ПХРД и 3 пациентов с ОЦВС в ходе одной сессии с получением изображения глазного дна была выполнена, соответственно, барьерная и панретиальная лазерная коагуляция. Хирургические цели были достигнуты во всех случаях. **Заключение.** Широкопольная визуализация с помощью лазерной системы NAVILAS продемонстрировала высокий потенциал в документировании наиболее распространенных заболеваний глазного дна и может рассматриваться как адекватная альтернатива существующим широкопольным фундус-намерам. Данный подход продемонстрировал возможность одновременного выполнения лазерного пособия в любой точке глазного дна, включая крайнюю периферию.

**Ключевые слова:** широкопольная визуализация, навигационная лазерная коагуляция, диабетическая ретинопатия, окклюзия центральной вены сетчатки, меланомы хориоидеи, регматогенная отслойка сетчатки, периферическая хориоретинальная дистрофия

**Для цитирования:** Куликов А.Н., Мальцев Д.С., Бурнашева М.А., Волков В.В., Даниличев В.Ф., Трояновский Р.Л. Широкопольная визуализация с помощью лазерной системы NAVILAS. *Офтальмология*. 2019;16(2):210–217. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2019-2-210-217>

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

**Конфликт интересов отсутствует**



# Wide-Field Imaging with NAVILAS Laser System

A.N. Kulikov, D.S. Maltsev, M.A. Burnasheva, **V.V. Volkov**, V.F. Danilichev, R.L. Troyanovskiy

Military Medical Academy, Department of Ophthalmology  
Botkinskaya str., 21/1, St. Petersburg, 194044, Russia

## ABSTRACT

**Ophthalmology in Russia. 2019;16(2):210-217**

**Purpose:** to study the potential of wide-field imaging with NAVILAS laser system.

**Material and methods.** In this study we included patients diagnosed with indirect ophthalmoscopy as having one of the follows: diabetic retinopathy (6 eyes), central retinal vein occlusion (5 eyes), choroidal melanoma (3 eyes), rhegmatogenous retinal detachment (4 eyes), and peripheral chorioretinal degeneration (10 eyes). Using NAVILAS 532 laser system and a wide-field contact lens (HR Wide Field (VOLK)) a wide-field central image and a panoramic (consisted of 4 to 6 images) images were obtained in all patients. Fundus images were evaluated according to their diagnostic value versus indirect ophthalmoscopy and wideness of the viewing angle versus standard color fundus photography (55°). In each patient within a single session were obtained: 1) a central fundus image and 2) panoramic image (4-field and in dynamic mode). In a subgroup of patients with central retinal vein occlusion and lattice retinal degeneration, we studied the ability of simultaneous laser photocoagulation wide-field imaging. **Results.** A single field images obtained with NAVILAS allows to visualize up to  $130.3 \pm 9.6^\circ$  of the eye fundus while four-field and dynamic acquisition up to  $150.1 \pm 8.9^\circ$  and  $171.3 \pm 17.0^\circ$ , respectively. Representative findings of diabetic retinopathy, central retinal vein occlusion, choroidal melanoma, rhegmatogenous retinal detachment, and peripheral lattice degeneration were identified in all cases. Insufficient visualization was found for "snail track" degeneration because the subtle retina and choroid changes were hardly seen on the low magnified image. In 4 patients with lattice retinal degeneration and 3 patients with central retinal vein occlusion within a single session, both wide-field imaging and laser photocoagulation were performed. Surgical goals were achieved in all cases. **Conclusion.** Wide-field imaging with NAVILAS laser system demonstrated high potential in the documentation of the most widely spread eye fundus disease the and represents an adequate alternative for wide-field fundus cameras. Aside from wide-field imaging this approach also allows for simultaneous laser photocoagulation in entire eye fundus including far peripheral retina.

**Keywords:** wide-field imaging, navigated laser therapy, diabetic retinopathy, central retinal vein occlusion, choroidal melanoma, rhegmatogenous retinal detachment, peripheral chorioretinal degeneration

**For citation:** Kulikov A.N., Maltsev D.S., Burnasheva M.A., Volkov V.V., Danilichev V.F., Troyanovskiy R.L. Wide-Field Imaging with NAVILAS Laser System. *Ophthalmology in Russia*. 2019;16(2):210-217. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2019-2-210-217>

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

**There is no conflict of interests**

## ВВЕДЕНИЕ

Визуализация периферических участков глазного дна является важным компонентом офтальмологического обследования. Эта процедура необходима не только для оценки патологий, локализующихся исключительно на периферии глазного дна (таких как периферические хориоретинальные дистрофии), но и для полного анализа изменений заднего сегмента глаза при заболеваниях, охватывающих одновременно центральную и периферическую сетчатку (таких, как диабетическая ретинопатия или окклюзия центральной вены сетчатки (ОЦВС)).

Получение изображений участков глазного дна на большой площади, в том числе с захватом периферии, связано со значительными техническими трудностями. Это обусловлено тем, что большинство фундус-камер и сканирующих лазерных офтальмоскопов имеют ограниченное поле обзора. Таким образом, для визуализации обширных участков глазного дна и в особенности крайней периферии требуется множество снимков, впоследствии объединяемых оператором, что представляет технические сложности. Другими препятствиями для широкопольной визуализации являются ограничение поля обзора анатомическими структурами и искажение изображения краевыми участками хрусталика и роговицы при визуализации периферических участков сетчатки.

В настоящее время потребности в получении широкопольных изображений глазного дна, включая периферические участки, решаются с помощью широкопольной визуализации, которая является отдельным компонентом мультимодальной визуализации [1]. Ценной опцией широкопольной визуализации является также возможность выполнения флюоресцентной ангиографии (ФАГ), так как выраженность периферической ретиальной неперфузии является важным прогностическим фактором степени тяжести сосудистых заболеваний сетчатки, например ОЦВС [2, 3], и может использоваться для планирования лазерного лечения [4]. Однако препятствием для широкого распространения широкопольной визуализации является ограниченное число приборных решений, позволяющих получить изображение более 60 градусов.

Технически изображение при широкопольной визуализации может быть получено за счет использования специфического эллипсоидного зеркала (например, широкопольная камера California (Optos PLC, Великобритания)) или дополнительных линз (в том числе контактных, например диагностическая система Spectralis (Heidelberg Engineering, США)). Обычные фундус-камеры несовместимы с широкопольными контактными линзами, поэтому их использование для широкопольной визуализации не представляется возможным. Однако опцией

A.N. Kulikov, D.S. Maltsev, M.A. Burnasheva, **V.V. Volkov**, V.F. Danilichev, R.L. Troyanovskiy

Contact information: Dmitrii S. Maltsev [glaz.med@yandex.ru](mailto:glaz.med@yandex.ru)

**Wide-Field Imaging with NAVILAS Laser System**

включения в оптическую ось дополнительных линз обладает лазерная система NAVILAS. Эта система включает сканирующий лазерный офтальмоскоп, работающий в инфракрасном и полихромном режиме, совместима с различными широкопольными контактными линзами и применяется для выполнения лазерных вмешательств как на периферии, так и в центре глазного дна [5, 6]. Поскольку система разработана для использования с линзой, позволяющей визуализировать до 80° глазного дна, ее возможности при комбинации с линзами с большим углом обзора не известны. В связи с этим целью исследования было изучение возможностей широкопольной визуализации глазного дна с помощью лазерной системы NAVILAS.

## ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

### *Популяция исследования*

В исследование включили пациентов с ранее диагностированными при непрямой офтальмоскопии состояниями: 1) диабетическая ретинопатия (ДРП); 2) ОЦВС; 3) меланома хориоидеи; 4) регматогенная отслойка сетчатки; 5) периферическая хориоретинальная дистрофия (ПХРД). Критериями исключения были: выполненное ранее лечение по поводу основного заболевания или помутнения хрусталика более 2-й степени по LOCS III. После стандартного офтальмологического обследования с непрямой офтальмоскопией с использованием линзы 78 D (Ocular) и фотографирования центрального участка глазного дна на фундус-камере всем пациентам было выполнено получение широкопольных изображений с помощью лазерной системы NAVILAS.

### *Техника широкопольной визуализации*

Получение изображений глазного дна проводили в условиях медикаментозного мидриаза и местной анестезии после 3-кратной инстилляцией 1 % тропикамида («Мидриацил», Alcon, Бельгия) и 0,5 % проксиметакаина («Алкаин», Alcon) соответственно. Для получения изображений использовали лазерную систему NAVILAS 532, включающую сканирующий лазерный офтальмоскоп с насадкой для визуализации периферии глазного дна (NAVILAS Rapid PRP). Особенностью лазерной системы является необходимость включения контактной линзы в оптический путь устройства для визуализации глазного дна. Стандартная комплектация включает оригинальную широкопольную контактную линзу, аналогичную линзе Mainster 165, которая позволяет получать изображение с углом до 80°. Для широкого поля обзора использовали линзу HR Wide Field (VOLK, США), обеспечивающую визуализацию поля 160°. Поскольку фокусное расстояние линзы меньше, чем фокусное расстояние стандартной линзы лазерной системы, для приближения фокальной плоскости линзы к объективу лазерной системы потребовалась модификация лобового упора. С этой целью стандартный лобовой упор был заменен на удлиненный, что позволило приблизить глаз к фокальной плоскости линзы.

Всем пациентам выполняли последовательно в ходе одной сессии: 1) получение центрального снимка; 2) получение многопольных снимков. Многопольные снимки включали 4-польные снимки и снимки в динамическом диапазоне, полученные, соответственно, за счет перемещения лазерной системы и перемещения лазерной системы с одновременным смещением направления взгляда пациента. Для объединения снимков в панорамное изображение использовали программный пакет Adobe Photoshop CS2. Критерием успешности широкопольной визуализации считали получение изображения, отражающего все изменения глазного дна, определяемые при непрямой офтальмоскопии.

### *Сравнение поля обзора*

Угол обзора снимков, получаемых с помощью широкопольной визуализации с использованием системы NAVILAS, оценивали по сравнению со стандартным снимком 55°, полученным на фундус-камере TRC-50DX (Topcon, Япония). Для этой цели среди всех включенных в исследование пациентов была отобрана группа лиц с эмметропической рефракцией.

### *Широкопольная визуализация с узким зрачком*

На группе пациентов с узким ригидным зрачком была изучена возможность широкопольной визуализации в нестандартных условиях. Для этой цели была отобрана группа лиц, у которых после 3-кратной инстилляцией 1 % тропикамида ширина зрачка не превышала 4 мм. Оценку рефракции и диаметр зрачка оценивали с помощью авторефрактометра Tonoref II (NIDEK, Япония).

### *Лазерное лечение с широкопольной визуализацией*

В подгруппе пациентов с ОЦВС или ПХРД по типу «решетки» была изучена возможность проведения лазерной коагуляции сетчатки в ходе одной сессии с широкопольной визуализацией. Для этого после выполнения съемки глазного дна лазерную систему переводили в режим лечения и после подбора размера лазерного пятна, длительности и мощности лазерного излучения выполняли лазерную коагуляцию в соответствии с планом, определенным при непрямой офтальмоскопии. После завершения сессии лечения при непрямой офтальмоскопии оценивали достижение хирургической цели (соответствие результата коагуляции предварительному плану).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Всего в исследование было отобрано 29 пациентов (25 пациентов для оценки диагностических возможностей и дополнительно 4 пациента для оценки возможности широкопольной визуализации в условиях узкого ригидного зрачка). В исследование включили 5 пациентов (5 глаз) с ОЦВС, 3 пациентов (6 глаз) с диабетической ретинопатией (4 глаза с непролиферативной и 2 глаза с пролиферативной ДРП), 10 пациентов

(10 глаз) с ПХРД (из них 3 пациента с ПХРД по типу «решетки» и 7 пациентов с ПХРД по типу «след улитки»), 4 пациента (4 глаза) с регматогенной отслойкой сетчатки и 3 пациента (3 глаза) с меланомой сосудистой оболочки. У трех пациентов с ОЦВС съемку проводили до и после панретинальной лазерной коагуляции, также у 3 пациентов с ПХРД съемку выполняли до и после барьерной лазерной коагуляции.

#### Сравнение поля обзора

Для группы лиц с эмметропической рефракцией (4 пациента с ПХРД, 1 пациент с меланомой сосудистой оболочки) ширина поля обзора с помощью широкопольной визуализации сравнивалась со стандартным снимком центрального поля глазного дна. По результатам оценки угла обзора однополюсное изображение позволяет визуализировать в среднем  $130,3 \pm 9,6^\circ$  (рис. 1), четырехпольная широкопольная визуализация — до  $150,1 \pm 8,9^\circ$  и динамическая широкопольная визуализация — до  $171,3 \pm 17,0^\circ$ .

#### Окклюзия центральной вены сетчатки и диабетическая ретинопатия

При оценке глазного дна у пациентов с окклюзией центральной вены сетчатки широкопольная визуализация в полихромном режиме позволила визуализировать кровоизлияния по всей площади глазного дна и ишемические фокусы в центральных отделах во всех случаях (5 пациентов из 5 (100 %)) (рис. 2). Признаки ДРП в виде ретинальных кровоизлияний были определены во всех случаях. Однако широкопольная визуализация с помощью NAVIAS не позволила визуализировать новообразован-

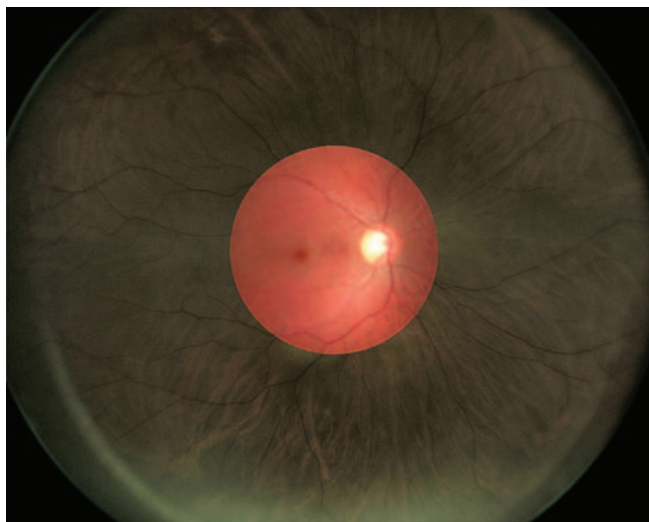
ные сосуды, расположенные вне диска зрительного нерва, ни в одном случае (0 из 2 глаз с пролиферативной ДРП).

#### Периферические хориоретинальные дистрофии

Визуализация ПХРД по типу «решетки» была успешно выполнена во всех случаях (3 глаза) (рис. 3). Участки ПХРД были визуализированы на всей протяженности как с помощью полихромной визуализации, так и с помощью инфракрасной широкопольной визуализации (зоны ПХРД визуализировались как четко ограниченные затемненные участки вытянутой формы, включающие мелкие более темные участки, соответствовавшие разрывам сетчатки и скоплениям пигмента). В соответствии с офтальмоскопической локализацией участки ПХРД были визуализированы на средней и крайней периферии. Визуализация ПХРД по типу «следа улитки» в полихромном режиме позволила полностью выявить очаги ПХРД на всей протяженности в 4 из 7 случаев, а в инфракрасном режиме — в 6 из 7 случаев (зоны ПХРД визуализировались как четко ограниченные неравномерно затемненные участки вытянутой формы). Затруднения в визуализации участков ПХРД по типу следа улитки были связаны с незначительными морфологическими изменениями, которые не определялись на изображении с малым увеличением, которым является изображение глазного дна в широкопольном режиме.

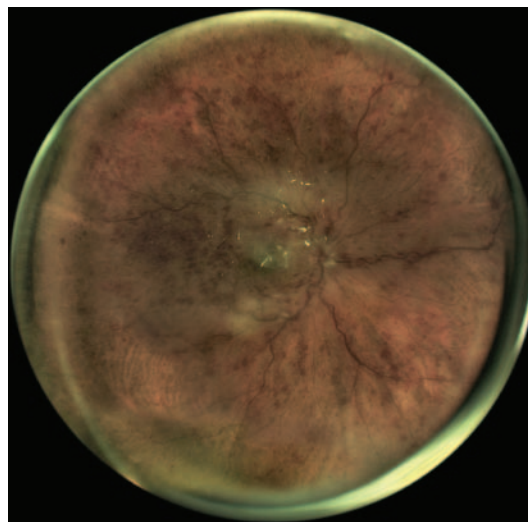
#### Отслойка сетчатки

Зона отслойки сетчатки, определяемая при широкопольной визуализации, в целом соответствовала определяемой при непрямой офтальмоскопии во всех случаях



**Рис. 1.** Широкопольная фотография глазного дна, полученная с помощью лазерной системы Navilas у здорового добровольца. На вставке для сравнения представлен стандартный снимок шириной  $50^\circ$ , полученный с помощью фундус-камеры

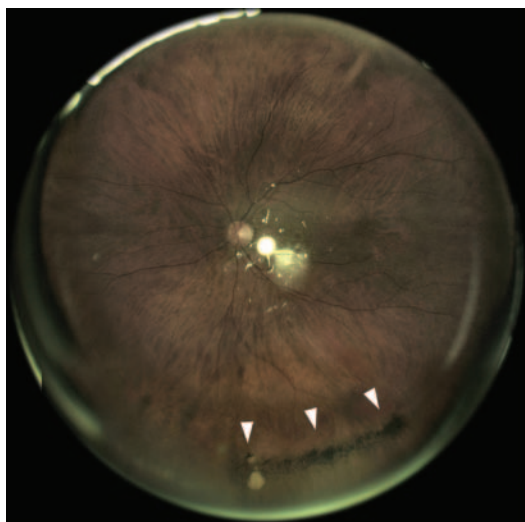
**Fig. 1.** Wide-field image obtained with NAVILAS laser system in a healthy volunteer. Insert represents a conventional 50-degrees fundus image obtained with fundus-camera



**Рис. 2.** Широкопольная фотография глазного дна у пациента с окклюзией центральной вены сетчатки. Определяются множественные интравитреальные кровоизлияния во всех отделах глазного дна

**Fig. 2.** Wide-field image obtained with NAVILAS laser system in a patient with central retinal vein occlusion. Note multiple intraretinal hemorrhages





**Рис. 3.** Широкопольная фотография глазного дна у пациента с периферической хориоретинальной дистрофией по типу «решетки». Участок дистрофии отмечен белыми стрелками

**Fig. 3.** Wide-field image obtained with NAVILAS laser system in a patient with lattice retinal degeneration. White arrows indicate the area of degeneration

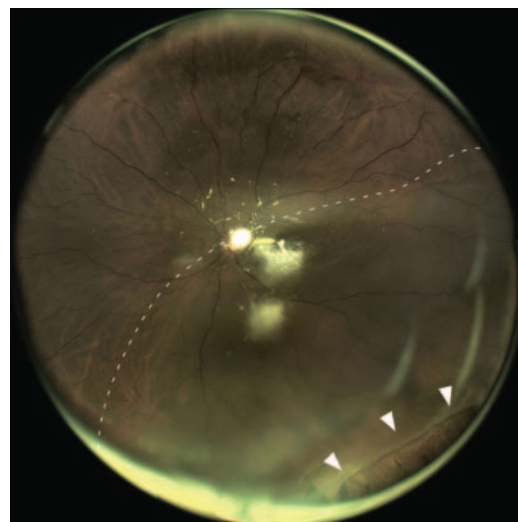
(рис. 4), а зона отслойки при инфракрасной визуализации — как зона матовой полупрозрачной сетчатки с дисторсией ретинальных сосудов на фоне ступешанного рисунка сосудистой оболочки и пигментного эпителия. Как при полихромной, так и при инфракрасной визуализации, границы плоско отслоенной сетчатки определялись с затруднением в связи с относительной сохранностью рисунка сосудистой оболочки и пигментного эпителия через плоско отслоенную сетчатку. При полихромной и инфракрасной визуализации сквозные дефекты сетчатки определялись как более темные по сравнению с отслоенной тканью сетчатки. В 2 случаях отсутствия видимых разрывов сетчатки (при офтальмоскопии без склеропрессии) был выявлен ретинодиализ протяженностью 4 и 2 часа условного циферблата. Инфракрасная широкопольная визуализация позволяет также идентифицировать фрагменты сетчатки в стекловидном теле, которые не визуализируются с помощью полихромной визуализации.

#### *Меланома сосудистой оболочки*

Как цветная, так и инфракрасная визуализация во всех случаях (3 из 3 (100 %)) позволила полностью визуализировать меланому сосудистой оболочки и определить ее границы (рис. 4). Однако наиболее четкие границы новообразования определялись при инфракрасной визуализации.

#### *Широкопольная визуализация с узким зрачком*

У 4 пациентов (6 глаз) была проведена съемка глазного дна в условиях узкого ригидного зрачка (3 глаза с ОЦВС и 3 глаза с ДРП), средний диаметр  $3,5 \pm 0,4$  мм.



**Рис. 4.** Широкопольная фотография глазного дна у пациента с ретрогенной отслойкой сетчатки. Зона отслойки ограничена пунктирной линией, разрыв (ретинодиализ) отмечен белыми стрелками

**Fig. 4.** Wide-field image obtained with NAVILAS laser system in patient rhegmatogenous retinal detachment. Dashed line delineates the area of retinal detachment, the retinal break (retinal dialysis) indicated with white arrows

В условиях узкого зрачка метод позволил визуализировать поле  $104,5 \pm 15,3^\circ$  независимо от применения полихромной или инфракрасной визуализации.

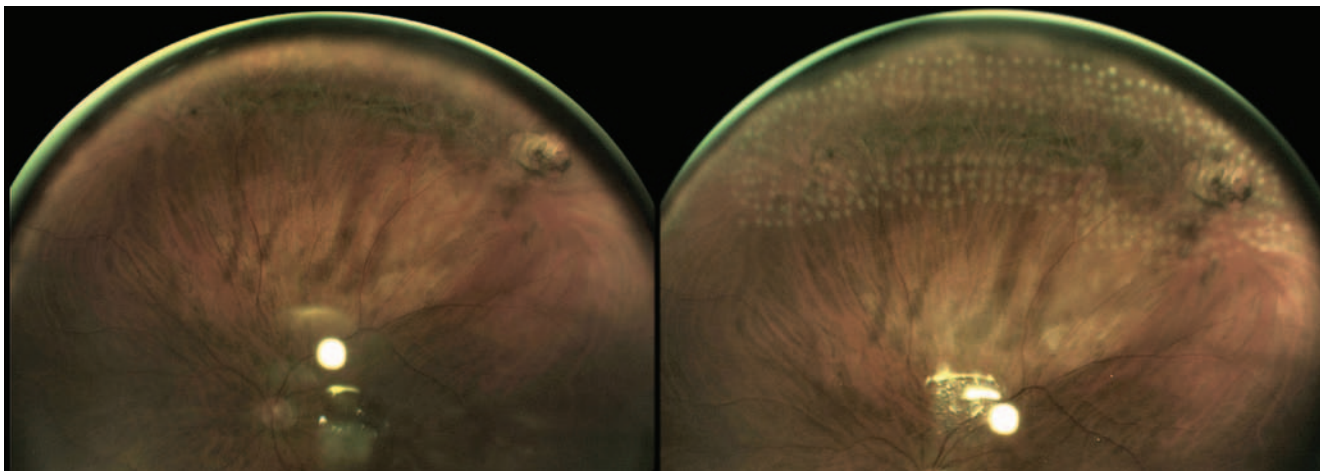
#### *Лазерное лечение с широкопольной визуализацией*

У 4 пациентов с ПХРД и 3 пациентов с ОЦВС в ходе одной сессии с получением изображения глазного дна была выполнена, соответственно, барьерная и панретинальная лазерная коагуляция. Во всех случаях послеоперационная оценка подтвердила полное соответствие распределения лазерных коагулятов предварительному плану (рис. 5).

## **ОБСУЖДЕНИЕ**

Данное исследование подтвердило возможность клинического применения широкопольной лазерной системы NAVILAS с целью широкопольной визуализации структур заднего сегмента глаза в норме и при патологии.

Предлагаемая модификация широкопольной визуализации представляет собой псевдополихромную и инфракрасную сканирующую лазерную офтальмоскопию с использованием широкопольной контактной линзы. Данная техника позволяет визуализировать изменения, характерные для наиболее распространенных видов патологии периферических участков глазного дна, таких как ОЦВС, ДРП, ПХРД, и не уступает по диагностическому потенциалу непрямой офтальмоскопии. В то же время, этот подход дает возможность получать изображение шириной до  $170^\circ$  в динамическом диапазоне, что облегчает задачи документации периферических изменений глазного дна и изменений сетчатки при сосудистой патологии. Дополнительные преимущества дает



**Рис. 5.** Широкопольная фотография глазного дна у пациента с периферической хориоретинальной дистрофией по типу «решетки». Изображения получены до (слева) и после (справа) выполнения барьерной лазерной коагуляции

**Fig. 5.** Wide-field image obtained with NAVILAS laser system in a patient with lattice retinal degeneration. Images acquired before (left) and after (right) laser photocoagulation

возможность инфракрасной визуализации, которая, как показало наше исследование, лучше выявляет изменения сосудистой оболочки, в частности, пигментированные образования и связанные с ПХРД изменения сосудистой оболочки.

Широкопольная визуализация с использованием лазерной системы NAVILAS позволяет проводить процедуру лазерной коагуляции, которая может быть реализована в рамках одной сессии с получением изображений. В ситуации, когда лечебная и диагностическая сессия выполняются с применением разных приборов, доступная визуализация зона сетчатки не всегда может быть коагулирована, в то же время, при широкопольной визуализации с использованием системы NAVILAS может быть проведена коагуляция всех видимых зон. Часть нашего исследования, направленная на изучение возможностей широкопольной лазерной коагуляции, показала полное достижение хирургических целей, поставленных при непрямой офтальмоскопии.

Применение широкопольной визуализации с помощью NAVILAS в условиях узкого зрачка связано с уменьшением площади зоны, доступной визуализации, по крайней мере, в статическом диапазоне. Однако, несмотря на это, зона, доступная широкопольной визуализации, в два раза превышает стандартный снимок фундус-камеры.

Широкопольная визуализация имеет существенное клиническое значение при сосудистых заболеваниях сетчатки, которые связаны с диссеминированными изменениями на глазном дне [7]. В частности, при ДРП оценивается распространенность и выраженность кровоизлияний, пролиферативные изменения и в случае возможности выполнения ФАГ — зоны ишемии. Таким образом, рутинная широкопольная визуализация позволяет проводить динамическое наблюдение и, в некоторых случаях, определять показания к ПРЛК, хотя в рамках

данного исследования возможность идентификации неоваскуляризации сетчатки с помощью описанного метода не была подтверждена. При ОЦВС широкопольная визуализация также дает возможность проанализировать распространенность интравитреальных кровоизлияний и ишемических фокусов с целью косвенной оценки выраженности ретинальной ишемии [8]. Конечной целью использования широкопольной визуализации при ОЦВС является определение показаний к ПРЛК и планирование ее проведения. И хотя применение с этой целью ФАГ представляется оптимальным, в рамках широкопольной визуализации с NAVILAS использование косвенных индикаторов периферической неперфузии, таких как морфометрическая характеристика периферических кровоизлияний [2], может снизить потребность в проведении широкопольной ФАГ. ПРЛК остается ведущим методом лечения пролиферативных осложнений ПДР и ОЦВС, а в последнее время позиционируется также как метод, способный оказать положительное влияние на лечение диабетического макулярного отека и макулярного отека, ассоциированного с ОЦВС. При этом эффективность метода зависит от точности и объема выполнения коагуляции. Контроль полноты ПРЛК может эффективно и точно осуществляться с помощью широкопольной визуализации. В первую очередь, это относится к селективному варианту ПРЛК, направленному на коагуляцию периферических зон ретинальной капиллярной неперфузии. Поскольку инфракрасная офтальмоскопия позволяет визуализировать пигментные изменения, ее широкопольная модификация может быть предпочтительным методом в контроле ПРЛК, так как легко переносится пациентом.

Поскольку новообразования сосудистой оболочки могут локализоваться на любом участке глазного дна, включая периферические участки, широкопольная визуализация дает преимущества для динамического

наблюдения за ними. Это связано с точным позиционированием относительно внутриглазных ориентиров (сосуды, ДЗН, изменения сетчатки) и возможностью полной оценки всего контура новообразования, независимо от его размеров. Кроме того, существенные преимущества дает возможность съемки в инфракрасном режиме, которая обеспечивает не только точнее визуализировать границы образований, но и, вероятно, выявлять новообразования, плохо различимые офтальмоскопически.

Ранее была показана диагностическая ценность широкопольной визуализации для дифференциальной диагностики ретиношизиса и отслойки сетчатки. В нашем исследовании широкопольная визуализация с NAVILAS показала возможность документировать форму отслойки и идентифицировать экстремально периферически расположенные изменения сетчатки — ретинодиализ.

Недостатком нашего подхода является невозможность выполнять широкопольную ФАГ, хотя возможность выполнения ангиографии в системе представлена для центральных участков глазного дна. Широкопольная ФАГ позволяет визуализировать зоны ретиальной капиллярной неперфузии, сосудистого просачивания и ретиальную неоваскуляризацию на большой площади глазного дна одновременно. Это дает возможность определять показания к ПРЛК при ДРП, ОЦВС, вазоокклюзивных ретиноваскулитах и проводить контроль ее адекватности. Более того, широкопольная ФАГ позволяет использовать селективный подход к панретиальной лазерной коагуляции при этих состояниях. Поскольку в патогенезе ПТРП и ДРП большая роль отводится продукции фактора роста эндотелия сосудов участками ишемизированной сетчатки, именно их изолированная коагуляция могла бы оказаться наиболее целесообразной. Кроме того, недостатком является контактный характер процедуры. Хотя мы использовали единственную модель контактной линзы, метод потенциально может быть адаптирован к различным широкопольным моделям линз, что позволяет искать компромисс между шириной угла обзора и детализацией изображения в каждом конкретном случае.

Существует ограниченное число приборов, способных обеспечивать получение изображения более 120°

в одном снимке. Среди них наиболее известна Retcam (Clarity Medical Systems, Inc., США) — контактная фундус-камера, позволяющая получать изображение шириной 130°. В последнее время достаточно широкое распространение получила широкопольная камера California и ее модификации (Optos, США) — бесконтактный сканирующий лазерный офтальмоскоп, обеспечивающий получение изображения с углом до 200°. Кроме того, дополнительным решением для стандартных сканирующих лазерных офтальмоскопов является использование контактной линзы Ocular Staurenghi 230 SLO (Ocular Instruments Inc., США). Ocular Staurenghi 230 SLO позволяет получать изображение, сходной с камерой California ширины, однако ее использование признается технически затруднительным. По сравнению с камерой California предлагаемая нами методика хотя и обеспечивает визуализацию несколько меньшей площади глазного дна, но, вместе с тем, дает меньшее искажение изображения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Широкопольная визуализация с помощью лазерной системы NAVILAS продемонстрировала высокий потенциал в документации наиболее распространенных заболеваний глазного дна, включая диабетическую ретинопатию, окклюзию центральной вены сетчатки, периферические хориоретинальные дистрофии и новообразования сосудистой оболочки. Данный подход основан на использовании контактной широкопольной линзы и фундус-камеры, интегрированной в лазерную систему, и позволяет получать изображение с углом обзора до 170°. Ключевой особенностью, отличающей этот способ широкопольной визуализации, является возможность симультанного выполнения лазерного пособия в любой точке всей визуализируемой площади глазного дна, включая крайнюю периферию.

## УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Куликов А.Н. — написание текста, научное редактирование; Мальцев Д.С. — написание текста, подготовка иллюстраций; Бурнашева М.А. — техническое редактирование, оформление библиографии, подготовка иллюстраций; Волков В.В. — научное редактирование; Даниличев В.Ф. — научное редактирование; Трояновский Р.Л. — научное редактирование.

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Patel M., Kiss S. Ultra-wide-field fluorescein angiography in retinal disease. *Curr Opin Ophthalmol.* 2014 May;25(3):213–220. DOI: 10.1097/ICU.0000000000000042
- Tsui I., Kaines A., Havunjan M.A., Hubschman S., Heilweil G., Prasad P.S., Oliver S.C., Yu F., Bitrian E., Hubschman J.P., Friberg T., Schwartz S.D. Ischemic index and neovascularization in central retinal vein occlusion. *Retina.* 2011;31(1):105–110. DOI: 10.1097/IAE.0b013e3181e36c6d
- Kwon S., Wykoff C.C., Brown D.M., van Hemert J., Fan W., Sadda S.R. Changes in retinal ischaemic index correlate with recalcitrant macular oedema in retinal vein occlusion: WAVE study. *Br J Ophthalmol.* 2018 Aug;102(8):1066–1071. DOI: 10.1136/bjophthalmol-2017-311475
- Brown D.M., Ou W.C., Wong T.P., Kim R.Y., Croft D.E., Wykoff C.C.; DAVE Study Group. Targeted Retinal Photocoagulation for Diabetic Macular Edema with Periph-
- eral Retinal Nonperfusion: Three-Year Randomized DAVE Trial. *Ophthalmology.* 2018 May;125(5):683–690. DOI: 10.1016/j.ophtha.2017.11.026
- Kulikov A.N., Maltsev D.S., Boiko E.V. Navigated Pattern Laser System versus Single-Spot Laser System for Postoperative 360-Degree Laser Retinopexy. *J Ophthalmol.* 2016;2016:9871976. DOI: 10.1155/2016/9871976
- Boiko E.V., Maltsev D.S. Retro-Mode Scanning Laser Ophthalmoscopy Planning for Navigated Macular Laser Photocoagulation in Macular Edema. *J Ophthalmol.* 2016;2016:3726353. DOI: 10.1155/2016/3726353
- Shoughy S.S., Arevalo J.F., Kozak I. Update on wide- and ultra-widefield retinal imaging. *Indian J Ophthalmol.* 2015;63:575–581. DOI: 10.4103/0301-4738.167122
- Witmer M.T., Kiss S. Wide-field imaging of the retina. *Surv Ophthalmol.* 2013 Mar-Apr;58(2):143–154. DOI: 10.1016/j.survophthal.2012.07.003

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ**

ФГБВОУ ВПО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова»  
Куликов Алексей Николаевич  
доктор медицинских наук, доцент, начальник кафедры офтальмологии, главный  
офтальмолог Министерства обороны Российской Федерации  
ул. Боткинская, 21/1, Санкт-Петербург, 194044, Российская Федерация

ФГБВОУ ВПО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова»  
Мальцев Дмитрий Сергеевич  
кандидат медицинских наук, врач-офтальмолог  
ул. Боткинская, 21/1, Санкт-Петербург, 194044, Российская Федерация

ФГБВОУ ВПО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова»  
Бурнашева Мария Андреевна  
врач-офтальмолог  
ул. Боткинская, 21/1, Санкт-Петербург, 194044, Российская Федерация

ФГБВОУ ВПО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова»  
**Волков Вениамин Васильевич**  
доктор медицинских наук, профессор  
ул. Боткинская, 21/1, Санкт-Петербург, 194044, Российская Федерация

ФГБВОУ ВПО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова»  
Даниличев Владимир Федорович  
доктор медицинских наук, профессор  
ул. Боткинская, 21/1, Санкт-Петербург, 194044, Российская Федерация

ФГБВОУ ВПО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова»  
Трояновский Роман Леонидович  
доктор медицинских наук, профессор  
ул. Боткинская, 21/1, Санкт-Петербург, 194044, Российская Федерация

**ABOUT THE AUTHORS**

Military Medical Academy  
Kulikov Alexei N.  
MD, associate professor, head of ophthalmology department  
Botkinskaya str., 21/1, St Petersburg, 194044, Russia

Military Medical Academy  
Maltsev Dmitrii S.  
Ph.D., ophthalmologist  
Botkinskaya str., 21/1, St Petersburg, 194044, Russia

Military Medical Academy  
Burnasheva Maria A.  
ophthalmologist  
Botkinskaya str., 21/1, St Petersburg, 194044, Russia

Military Medical Academy  
**Volkov Veniamin V.**  
MD, professor  
Botkinskaya str., 21/1, St Petersburg, 194044, Russia

Department of Ophthalmology, Military Medical Academy  
Danilichev Vladimir F.  
MD, professor  
Botkinskaya str., 21/1, St Petersburg, 194044, Russia

Department of Ophthalmology, Military Medical Academy  
Trojanovskiy Roman L.  
MD, professor  
Botkinskaya str., 21/1, St Petersburg, 194044, Russia