

<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2020-13-4-17-23>



Клинико-функциональное состояние сетчатки после неадекватно проведенной лазеркоагуляции периферических витреохориоретинальных дистрофий. Сообщение 2. Исследование микроциркуляции макулярной области

В.В. Нероев, Г.Ю. Захарова✉, Т.Д. Охоцимская, М.В. Зуева✉, И.В. Цапенко, В.А. Фадеева, Б.М. Магамадов
ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, ул. Садовая-Черногрозская, д. 14/19,
Москва, 105062, Россия

Цель работы — оценка влияния неадекватно проведенной лазеркоагуляции (ЛК) при периферических витреохориоретинальных дистрофиях (ПВХРД) на микроциркуляцию макулярной области у пациентов с миопией. **Материал и методы.** Состояние микрососудистого русла исследовали методом ОКТ-ангиографии (ОКТ-А), режим *Angio Retina*, площадь сканирования 6 × 6 мм. Плотность поверхностного сосудистого сплетения оценивали по протоколу 9 квадрантов и по сетке ETDRS. Определяли параметры фовеолярной аваскулярной зоны (ФАЗ). ОКТ-А сетчатки выполнили у 18 больных с ПВХРД, у которых были задокументированы признаки неадекватно проведенной ЛК сетчатки, такие как гиперкоагуляция, избыточное количество коагулятов при минимальных изменениях в сетчатке или массивная ЛК при нормальном глазном дне. Результаты исследований сравнивали с данными ОКТ-А, полученными у 10 пациентов с миопией без признаков ПВХРД (группа контроля 1) и у 75 здоровых лиц (группа контроля 2). **Результаты.** У всех пациентов с миопией (в основной группе и в группе контроля 1) показатели плотности кровотока были соответственно на 10–20 и 2–14 % ниже показателей группы контроль-2 ($p < 0,05$). Максимальное снижение плотности кровотока отмечено в зоне фовеа в глазах с гиперлазеркоагуляцией сетчатки ($p < 0,05$). В глазах с избыточной ЛК выявлено достоверное расширение ФАЗ и истончение сетчатки. **Заключение.** Результаты ОКТ-А свидетельствуют о негативном влиянии гиперлазеркоагуляции ПВХРД на состояние микроциркуляторного русла сетчатки в центральной зоне. Полученные данные коррелируют с представленными ранее результатами электрофизиологических исследований, свидетельствующими о функциональных изменениях в зоне фовеа после проведения неадекватной ЛК сетчатки.

Ключевые слова: периферические витреохориоретинальные дистрофии; лазеркоагуляция сетчатки; микроциркуляция; макулярная область; ОКТ-ангиография

Конфликт интересов: отсутствует.

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

Для цитирования: Нероев В.В., Захарова Г.Ю., Охоцимская Т.Д., Зуева М.В., Цапенко И.В., Фадеева В.А., Магамадов Б.М. Клинико-функциональное состояние сетчатки после неадекватно проведенной лазеркоагуляции периферических витреохориоретинальных дистрофий. Сообщение 2. Исследование микроциркуляции макулярной области. Российский офтальмологический журнал. 2020; 13 (4): 17-23. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2020-13-4-17-23>

Clinical and functional state of the retina after inadequate laser coagulation of peripheral vitreochorioretinal dystrophies. Part 2. A study of microcirculation of the macular area

Vladimir V. Neroev, Galina Yu. Zakharova✉, Tatiana D. Okhotsimskaya, Marina V. Zueva✉, Irina V. Tsapenko, Viktoriya A. Fadeeva, Biluhagh M. Magamadov

Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases, 14/19, Sadovaya-Chernogryazskaya St., Moscow, 105062, Russia
guzakharova@gmail.com

Purpose: to evaluate the effect of inadequately performed laser coagulation (LC) of peripheral vitreochorioretinal dystrophies (PVCRD) on the microcirculation of the macular region in patients with myopia. **Material and methods.** The state of the microvascular bed was investigated by OCT angiography (OCT-A), Angio Retina mode, scanning area 6 × 6 mm. The density of the surface vascular plexus was evaluated using a 9-quadrant protocol and an ETDRS grid. The parameters of the foveolar avascular zone (FAS) were determined. OCT-A of the retina was performed in 18 patients with PVCRD who had signs of inadequate retinal LC, such as hypercoagulation, an excessive number of coagulates with minimal changes in the retina, or massive LC in normal fundus eyes documented in their case histories. The research results were compared with the data of OCT-A obtained in 10 patients with myopia without signs of PVCRD (controls 1) and in 75 healthy individuals (controls 2). **Results.** In all patients with myopia (in the main group and controls 1), blood flow density indices were, respectively, 10–20 and 2–14 % lower than those in controls 2. The maximal decrease in blood flow density was found in the foveal zone in cases of hyper LC ($p < 0.05$). Also, in the eyes with excessive LC a significant expansion of the FAS and thinning of the retina were revealed. **Conclusion.** The results of the OCT-A study point to a negative effect of hyper LC of the PVCRD on the state of the microvasculature of the retina in the central zone. The obtained data correlate with our results of electrophysiological studies presented in the first part of this paper [ROJ, 2020; 13 (2): 45–52], which indicate functional changes in the fovea zone after inadequate laser coagulation in the peripheral areas of the retina.

Keywords: peripheral vitreochorioretinal dystrophy; retinal laser coagulation; microcirculation; macular area; OCT-A; optical coherence tomography angiography; OCT-angiography

Conflict of interests: there is no conflict of interests.

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

For citation: Neroev V.V., Zakharova G.Yu., Okhotsimskaya T.D., Zueva M.V., Tsapenko I.V., Fadeeva V.A., Magamadov B.M. Clinical and functional state of the retina after inadequate laser coagulation of peripheral vitreochorioretinal dystrophies. Part 2. A study of microcirculation of the macular area. Russian ophthalmological journal. 2020; 13 (4): 17–23 (In Russian). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2020-13-4-17-23>

Широкое внедрение в практику метода лазеркоагуляции (ЛК) периферических витреохориоретинальных дистрофий (ПВХРД) позволило значительно снизить частоту развития регматогенной отслойки сетчатки (РОС). При этом надо отметить, что положительный результат ЛК ПВХРД связан не только с компетентной диагностикой, но и с правильной методикой ее выполнения и адекватным объемом вмешательства. Необоснованное проведение ЛК при благоприятно протекающих видах ПВХРД или тем более при нормальном глазном дне может привести к развитию осложнений, как в ранние, так и отдаленные сроки, что снижает эффективность этого метода лечения. Нами было показано, что даже адекватно выполненная ЛК опасных видов ПВХРД может приводить к угнетению функции сетчатки, причем не только в периферических отделах, но и в макулярной области [1]. Неадекватно проведенная ЛК сетчатки у пациентов с ПВХРД приводит к существенному изменению функциональной активности фоторецепторов и нейронов внутреннего ядерного слоя не только в зонах ее проведения, но и в макулярной области, приводя к развитию макулярных осложнений в более поздние сроки. По данным электрофизиологических исследований, наиболее выраженные изменения характерны

для ЛК сетчатки с гиперэффектом и с очень большим количеством коагулятов [2].

Особенности микроциркуляции в периферических отделах сетчатки и хориоидеи у лиц с миопией и ПВХРД методом лазерной доплеровской флоуметрии исследовали Л.В. Алишунин и О.В. Данилов [3]. Авторами выделены две группы больных с миопией — без ПВХРД и с «опасными» видами ПВХРД, а также контрольная группа с эметропией без патологических изменений на глазном дне. Миопическая рефракция колебалась от -1,12 до -12,5 дптр, составляя в среднем -5,4 дптр. Данное исследование выявило у пациентов с миопией статистически значимое повышение (по сравнению с контрольной группой) миогенного тонуса, который характеризует мышечный тонус прекапиллярных сфинктеров, регулирующих поступление крови в капиллярный сегмент сосудистого русла, и повышение значений сердечных ритмов, влияющих на линейную скорость капиллярного кровотока. Эти данные свидетельствуют о снижении количества функционирующих капилляров, замедлении линейной скорости капиллярного кровотока и, как следствие, ишемии тканей периферических отделов сетчатки и хориоидеи. У пациентов с миопией выявлено также значительное

снижение насыщения кислородом крови микроциркуляторного русла на фоне повышенного содержания гемоглобина в исследуемых тканях, что является проявлением их гипоксии. Эти нарушения наиболее выражены у больных с миопией, осложненной ПВХРД.

Исследование микроциркуляции в макулярной зоне стало возможным благодаря появлению новой методики — оптической когерентной томографии (ОКТ) с функцией ангиографии (ОКТ-А), которая позволяет неинвазивно получать изображение микрососудистого русла тканей глаза. Особый интерес представляет обеспечиваемая методом возможность количественной оценки микрокапиллярного кровотока [4]. Метод ОКТ-А уже внедрен в клиническую практику для исследования пациентов с возрастной макулярной дегенерацией [5], диабетической ретинопатией [6], окклюзией артерий и вен сетчатки [7], при воспалительных заболеваниях сетчатки и диска зрительного нерва (ДЗН) [8], глаукоме [9] для улучшения скрининга, диагностики и мониторинга течения заболевания.

Однако вопрос об изменениях микроциркуляторного русла в макулярной зоне у больных с миопией и ПВХРД остается малоизученным. В единичных работах с применением ОКТ-А установлено, что в глазах с миопией уменьшается плотность капилляров сетчатки, а дефицит кровотока в хориокапиллярах увеличивается [10–13]. Так, у больных с миопией высокой степени (от -6,0 до -16,0 дптр; в среднем -8,2 дптр), передне-задней осью глаза от 26,5 мм и более и при отсутствии дистрофических изменений на периферии и в центре сетчатки по сравнению с пациентами без миопии выявлялось статистически значимое уменьшение толщины субфовеолярной хориоидеи и плотности капилляров [10]. С помощью методики спекл-флоуграфии у больных диабетической ретинопатией показано, что ЛК сетчатки снижает ретинальный и хориоидальный кровоток, уменьшает субфовеальную толщину хориоидеи и изменяет ее морфологию [14, 15].

Поскольку даже адекватно выполненная ЛК при ПВХРД может негативно влиять на функциональную активность макулярной области [1] и это влияние усугубляется при избыточной ЛК сетчатки с гиперэффектом [2], **ЦЕЛЬЮ** данной работы было изучение особенностей микроциркуляции макулярной области у пациентов с ПВХРД и миопией после неадекватно проведенной ЛК.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В основную группу исследования вошли 18 больных (32 глаза) в возрасте от 20 до 62 лет (в среднем 35,5 года), из них 2 мужчин и 16 женщин. У пациентов выявлена миопическая рефракция: слабой (4 человека), средней (7 человек) или высокой степени (7 человек). Всем больным ранее была проведена ЛК сетчатки по месту жительства или в других медицинских учреждениях. У 7 пациентов после гиперлазеркоагуляции прошел год, у 7 — от 1 до 4 лет и у 4 пациентов — свыше 4 лет. При осмотре глазного дна выявлены и задокументированы признаки неадекватно проведенной ЛК сетчатки, которые включали гиперкоагуляцию, избыточное количество коагулятов при минимальных изменениях в сетчатке (рис. 1, А, Б) или даже массивную ЛК при нормальном глазном дне.

Группу сравнения (группа контроля 1) составили 10 пациентов (20 глаз) в возрасте от 26 до 63 лет (в среднем 38,6 года), из них 4 мужчин и 6 женщин. У пациентов выявлена миопическая рефракция: слабой (4 человека), средней (4 человека) и высокой (2 человека) степени без дистрофических изменений на глазном дне. Учитывая, что микроцирку-

ляция в центральной зоне глазного дна у больных с миопией может отличаться от глаз с нормальной рефракцией, данная контрольная группа была необходима, чтобы выявить собственно последствия периферической гиперлазеркоагуляции на макулярную зону, т. е. исключить влияние самой миопии на результаты исследования.

Кроме того, полученные результаты сравнивались с показателями контрольной группы 2, в которую вошли данные, полученные ранее у 75 практически здоровых лиц (150 глаз) без значимой офтальмопатологии, не страдающих сахарным диабетом или сердечно-сосудистыми заболеваниями в стадии суб- и декомпенсации [6]. Допускалось наличие аномалий рефракции слабой степени и начальной катаракты, не влияющей на качество изображения при ОКТ-А.

Всем пациентам проведено стандартное офтальмологическое обследование и ОКТ-А, которую выполняли на приборе RTVue XR Avanti (Optovue Inc, США) в режиме Angio Retina с площадью сканирования 6 × 6 мм. Плотность капиллярной сети поверхностного сосудистого сплетения макулярной зоны оценивали по двум протоколам: анализировали сначала всю зону сканирования с разбивкой на 9 квадрантов, а затем область, соответствующую размерной сетке исследования ETDRS с разбивкой на зоны фовеа, перифовеа и парафовеа (рис. 1, Г). Зона анализа определялась прибором автоматически. Оценивали также параметры фовеолярной аваскулярной зоны (ФАЗ): площадь, периметр, плотность капиллярного рисунка перифовеолярного кольца и толщину сетчатки в центральной зоне (см. рис. 1, В).

Статистический анализ проводили при помощи пакета прикладных программ Microsoft Office Excel 2011 для ОС Windows, а также статистического пакета STATISTICA 10.0 (Stat Soft Inc., США). Значения непрерывных величин представлены в виде $M \pm m$, где M — выборочное среднее арифметическое, m — стандартная ошибка среднего. Для сравнения исследуемых выборок использовали t -критерий Стьюдента и непараметрический U -критерий Манна — Уитни. Различия считали достоверными при $p \leq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования представлены в таблице.

При анализе данных по 9 квадрантам выявлено, что в группе пациентов с гиперкоагуляцией (рис. 1) плотность сосудистого рисунка в среднем на 5 % ниже, чем в группе контроля 1.

Разница между группами не была статистически достоверной, однако данная тенденция была устойчивой и проявлялась во всех квадрантах. Снижение составляло от 1,5 до 7 % по разным квадрантам. Наиболее выраженное снижение плотности кровотока отмечалось в центральном квадранте (рис. 1, Г, 2, А).

Сравнение данных ОКТ-А, полученных у пациентов с миопией с ПВХРД и без ПВХРД, т. е. в основной группе и группе контроля 1, с результатами ранее проведенного исследования у здоровых лиц, используемых здесь как контрольная группа 2 [6], показало существенное снижение показателей кровотока в глазах с миопией (рис. 3, А). В основной группе показатели кровотока в разных зонах были снижены в среднем на 10 % (до 20 %) по сравнению с данными контрольной группы 2, а в группе контроля 1 — на 7 % (от 2 до 14 %). Это означает, что у пациентов с историей неадекватной ЛК ПВХРД изменения были более выраженными, чем в случаях миопии без ПВХРД. Максимальное снижение показателей отмечено в зоне фовеа. Различия между группами были статистически достоверными ($p < 0,05$).

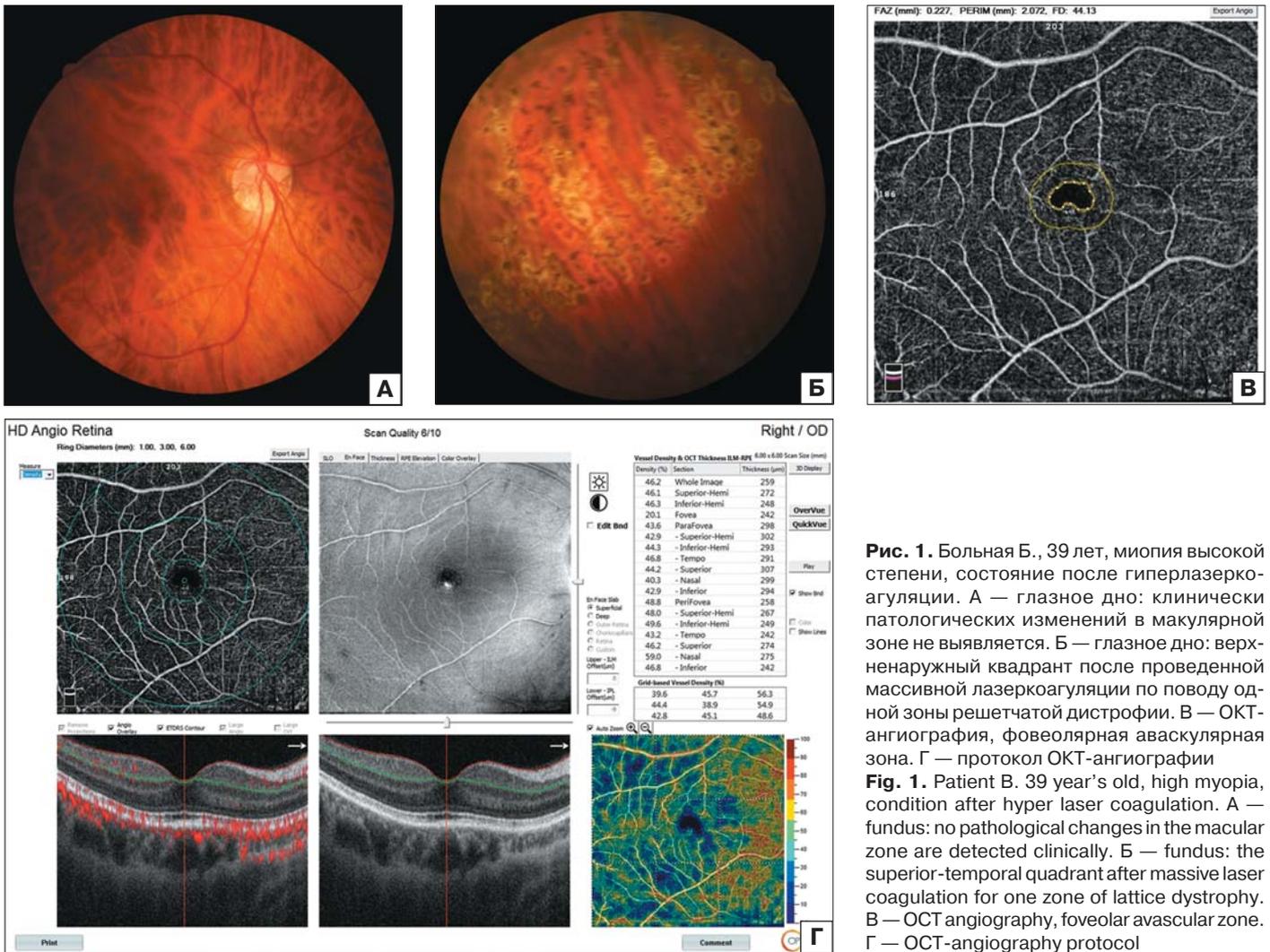


Рис. 1. Больная Б., 39 лет, миопия высокой степени, состояние после гиперлазеркоагуляции. А — глазное дно: клинически патологических изменений в макулярной зоне не выявляется. Б — глазное дно: верхненаружный квадрант после проведенной массивной лазеркоагуляции по поводу одной зоны решетчатой дистрофии. В — ОКТ-ангиография, фовеолярная аваскулярная зона. Г — протокол ОКТ-ангиографии

Fig. 1. Patient B. 39 year's old, high myopia, condition after hyper laser coagulation. A — fundus: no pathological changes in the macular zone are detected clinically. Б — fundus: the superior-temporal quadrant after massive laser coagulation for one zone of lattice dystrophy. В — OCT angiography, foveolar avascular zone. Г — OCT-angiography protocol

Таблица. Плотность микрососудистого русла у пациентов в разных группах
Table. Density of the microvascular bed in patients in different groups

Зоны исследования Zones of examination	Основная группа (глаза с миопией, ПВХРД и гиперлазеркоагуляцией) The main group (eyes with myopia, PVCRD and hyper laser coagulation)	Группа контроля 1 (больные с миопией без ПВХРД) Control group 1 (patients with myopia without PVCRD)	Группа контроля 2* (здоровые люди) Control group 2 (healthy people)
1	2	3	4
Сканирование зоны 6 × 6 мм с разбивкой на 9 квадрантов Scanning an area of 6 × 6 mm with a breakdown into 9 quadrants			
Superior-temporal	42,41 ± 1,08**	43,50 ± 1,10**	47,73 ± 0,64
Superior	48,14 ± 1,42**	50,00 ± 0,95**	52,78 ± 0,64
Superior-nasal	55,25 ± 0,82	54,20 ± 0,62	55,11 ± 0,42
Nasal	52,58 ± 1,02**	54,03 ± 0,64**	56,18 ± 0,61
Central	44,27 ± 1,47**	47,32 ± 1,34**	52,71 ± 0,45
Temporal	43,66 ± 1,27**	46,92 ± 0,91**	54,26 ± 0,52
Inferior-temporal	43,68 ± 0,90**	44,30 ± 0,80**	50,14 ± 0,66
Inferior	47,21 ± 1,42**	50,35 ± 0,89**	53,05 ± 0,56
Inferior-nasal	51,83 ± 1,32**	53,37 ± 0,83	55,21 ± 0,43
Сканирование по размерной сетке ETDRS Scanning on the ETDRS grid			
Whole Image	47,67 ± 0,95	49,22 ± 0,64	
Fovea	21,78 ± 2,18**	24,90 ± 1,50**	34,65 ± 1,28
Parafovea	48,39 ± 1,48**	51,75 ± 0,92**	56,26 ± 0,41
Superior-hemi	48,10 ± 1,67	51,51 ± 0,88	
Inferior-hemi	48,68 ± 1,37	51,99 ± 1,04	

1	2	3	4
Tempo	47,09 ± 1,72	50,50 ± 1,36	
Superior	47,79 ± 1,61	52,32 ± 0,90	
Nasal	49,92 ± 1,97	51,22 ± 1,27	
Inferior	48,89 ± 1,76	52,97 ± 1,15	
Фовеолярная аваскулярная зона (ФАЗ) Foveolar avascular zone (FAZ)			
FAZ area, mm ²	0,27 ± 0,02	0,16 ± 0,01	
FAZ perimeter, mm ²	2,02 ± 0,06	1,59 ± 0,07	
Vascular density in the area of the perifoveolar ring	52,26 ± 2,94	49,95 ± 1,33	
Толщина нейроэпителия в центральной зоне, мкм The thickness of the neuroepithelium in the central zone, microns			
Whole Image	277,30 ± 7,00	286,50 ± 3,39	
Fovea	244,85 ± 9,10	274,00 ± 5,92	
Parafovea	311,00 ± 7,68	328,10 ± 3,09	
Perifovea	277,80 ± 6,05	280,20 ± 3,52	

Примечание. * — в данном столбце приведены данные со ссылкой на работу [6], ** — $p < 0,05$, разница статистически достоверна по сравнению с группой контроля 2.

Note. * — this column contains data with reference to work [6], ** — $p < 0,05$, the difference is statistically significant compared to the control group 2.

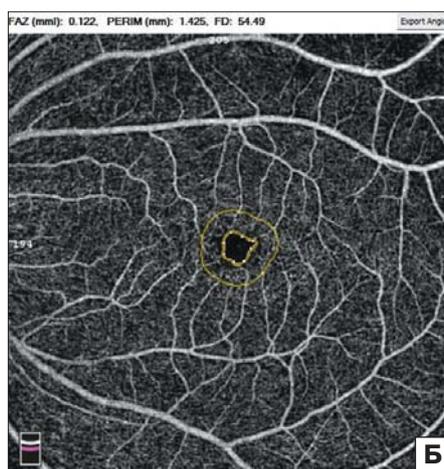
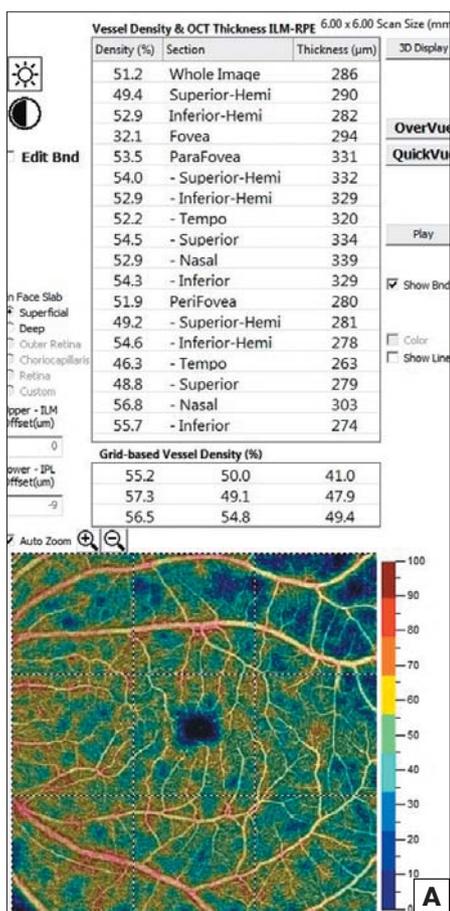


Рис. 2. ОКТ-ангиография пациента 3., 38 лет, миопия высокой степени. На глазном дне зон ПВХРД не выявлено. А — карта плотности микроциркуляторного русла. Б — фовеолярная аваскулярная зона

Fig. 2. OCT-angiography of the patient Z, 38 year's old, high myopia. On the fundus, no zones of PVCARD were detected. А — density map of the microvasculature. Б — foveolar avascular zone

Анализ данных по решетке ETDRS показал аналогичные закономерности: большее снижение плотности кровотока в основной группе по сравнению с группой контроля 1. В среднем показатели уменьшались на 7 % (от 3 до 9 % по периферическим зонам). В зоне фовеа эта тенденция была наиболее выраженной, и снижение составило в среднем 12,5 %. По сравнению с группой контроля 2 среднее снижение плотности кровотока составило 38 % в зоне фовеа,

20 % в зоне парафовеа для пациентов основной группы и 30 и 9 % соответственно для пациентов группы контроля 1 (различия статистически достоверны, $p < 0,05$).

Более выраженное снижение показателей обнаружено при анализе данных по размерной сетке ETDRS, чем по 9 квадрантам (см. таблицу). Вероятно, это связано с преобладанием изменений в центральной зоне, в фовеа. Относительная площадь центральной зоны в анализируемом скане больше при использовании размерной сетки ETDRS, поэтому сдвиг показателей получился более ощутимым. При индивидуальном анализе данных пациентов основной группы в зависимости от количества и вида гиперкоагуляции статистически значимые различия отсутствовали.

Однако более выраженные изменения отмечались у пациентов, которым ранее была проведена ЛК с гиперэффектом (большие, массивные, сливные лазеркоагуляты), по сравнению с теми пациентами, которым была проведена ЛК в избыточном объеме, но с применением адекватных параметров.

Показано увеличение площади ФАЗ в 1,5 раза и повышение связанного параметра — периметра ФАЗ в 1,2 раза в основной группе по сравнению с группой контроля 1.

И хотя показатели ни в основной группе, ни в группе контроля 1 не выходили за референсные значения контрольной группы 2, следует отметить данную неблагоприятную тенденцию (рис. 1, В, 2, Б, 3, Б). Выявлено снижение показателей толщины сетчатки в основной группе по сравнению с группой контроля 1. В среднем по скану снижение составляло 3 %. Для зоны перифовеа отличия были минимальны,

менее 1 %, однако в зоне фовеа изменения были существенные и составляли в среднем 10,7 %. Показатели толщины сетчатки в центральной зоне анализировали по дополнительному протоколу в режиме *Angio Retina*, поэтому абсолютные значения показателей несколько отличаются от наиболее часто используемых нормативов (протокол *Retina map*). Таким образом, выявлено статистически значимое снижение плотности кровотока у пациентов с миопией, причем не только в основной группе с гиперлазеркоагуляцией сетчатки, но и в группе контроля 1 по сравнению с группой контроля 2.

На фоне неадекватно проведенной ЛК ПВХРД отмечалось снижение показателей микроциркуляции в макулярной зоне по сравнению с группой контроля 1. Максимальное снижение наблюдалось в зоне фовеа, что коррелирует с результатами проведенных нами ранее функциональных исследований [2]. Следовательно, несмотря на то, что при офтальмологическом осмотре у пациентов не выявлялись патологические изменения в центральных отделах сетчатки, углубленное обследование свидетельствует о наличии изменений микрососудистого русла и функциональной активности нейронов, которые могут привести к нарушению макулярной функции и снижению зрения в отдаленном периоде. Можно предположить связь данных нарушений в макулярной области со специфичной анатомической изменений сетчатки после проведенной ЛК, включая изменение тангенциальных натяжений на периферии и, как следствие, перерастяжение сетчатки в центральной зоне глазного дна.

Таким образом, несмотря на то, что применение ЛК является основным методом лечения опасных форм ПВХРД и профилактики отслойки сетчатки, риск развития изменений в макулярной области доказывает необходимость разработки более четких показаний к проведению ЛК сетчатки при опасных видах ПВХРД. Особенно следует отметить нерациональность ее проведения при нормальном глазном дне и при неопасных видах ПВХРД, а также важность умения правильно подбирать режимы коагуляции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методом ОКТ-А получены новые данные, свидетельствующие о негативном влиянии гиперлазеркоагуляции ПВХРД на состояние микроциркуляторного русла сетчатки в центральной зоне. У пациентов с избыточной лазерной коагуляцией отмечена тенденция к снижению плотности кровотока по всем исследуемым зонам по сравнению с пациентами с миопией без ПВХРД и здоровыми лицами. Наиболее выраженные изменения в случаях гиперлазеркоагуляции обнаружены в зоне фовеа. В глазах с избыточной ЛК выявлено также расширение ФАЗ и истончение сетчатки. Полученные данные коррелируют с представленными нами ранее результатами электрофизиологических исследований, свидетельствующими о функциональных изменениях зоны фовеа после проведения ЛК сетчатки в периферических отделах глазного дна.

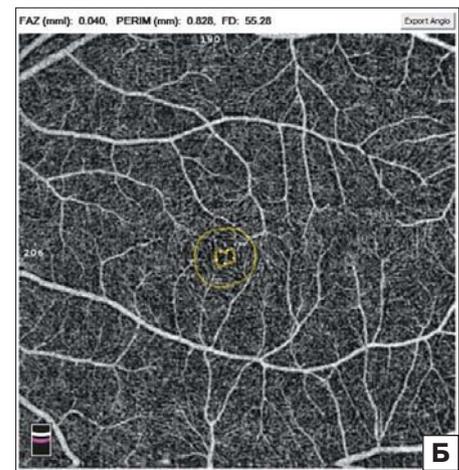
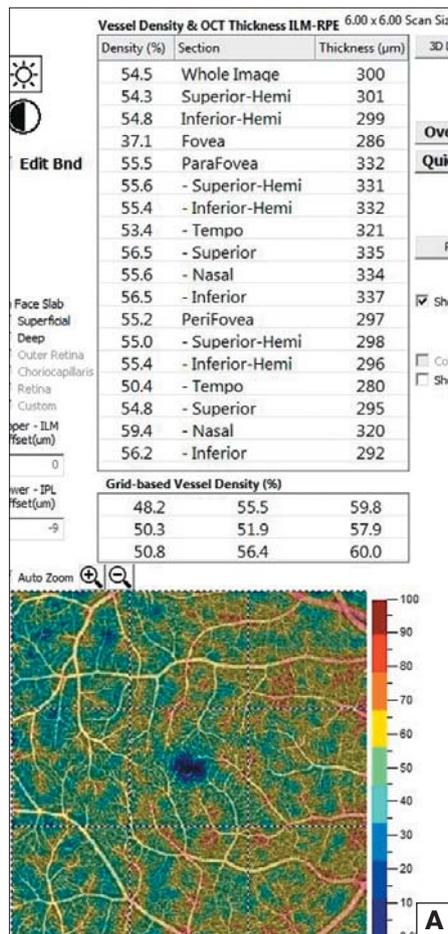


Рис. 3. ОКТ-ангиография пациентки М., 28 лет, эмметропия. На глазном дне зон ПВХРД не выявлено. А — карта плотности микроциркуляторного русла. Б — фовеолярная аваскулярная зона

Fig. 3. OCT angiography of patient M., 28 year's old, emmetropia. On the fundus, no zones of PVCRD were detected. A — density map of the microvasculature. Б — foveolar avascular zone

Литература/References

1. *Нероев В.В., Цапенко И.В., Захарова Г.Ю., Кондратьева Ю.П., Зуева М.В.* Изменение макулярной функции парного глаза у больных с регматогенной отслойкой сетчатки и периферическими витреохориоретинальными дистрофиями после проведения лазерной коагуляции сетчатки. Бюллетень СО РАМН. 2014; 34 (3): 76–80. [*Neroev V.V., Tsapenko I.V., Zakharova G.Yu., Kondratieva Yu.P., Zueva M.V.* Changes in the macular function of the paired eye in patients with regmatogenic retinal detachment and peripheral vitreochorioretinal dystrophy after laser retinal coagulation. Bulletin of SB RAMS. 2014; 34 (3): 76–80 (in Russian)].
2. *Нероев В.В., Захарова Г.Ю., Цапенко И.В., Зуева М.В., Охоцимская Т.Д., Магаматов Б.М.* Клинико-функциональное состояние сетчатки после неадекватно проведенной лазеркоагуляции периферических витреохориоретинальных дистрофий. Сообщение 1. Электроретинография. Российский офтальмологический журнал. 2020; 13 (2): 45–52. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2020-13-2-45-52> [*Neroev V.V., Zakharova G.Yu., Tsapenko I.V., Zueva M.V., Okhotsimskaya T.D., Magamadov B.M.* Clinical and functional state of the retina after inadequate laser coagulation of peripheral vitreochorioretinal dystrophies. Part 1. Electroretinography. Russian ophthalmological journal. 2020;13 (2): 45–52 (in Russian). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2020-13-2-45-52>]
3. *Алишунин Л.В., Данилов О.В.* Особенности микроциркуляции в периферических отделах сетчатки и хориоидеи у лиц с миопией, сочетающейся с витреохориоретинальными дегенерациями. Современные технологии в офтальмологии. 2014; (2): 94–6. [*Alishunin L.V., Danilov O.V.* Features of microcirculation in the peripheral parts of the retina and choroid in individuals with myopia combined with vitreoretinal degenerations. Modern technologies in ophthalmology. 2014; (2): 94–6 (in Russian)].
4. *Tokayer J., Jia Y., Dhalla A.H., Huang D.* Blood flow velocity quantification using split-spectrum amplitude-decorrelation angiography with optical coherence tomography. Biomed. Opt. Express. 2013; 4 (10): 1909–24. doi: 10.1364/BOE.4.001909
5. *Jia Y., Bailey S.T., Wilson D.J., et al.* Quantitative optical coherence tomography angiography of choroidal neovascularization in age-related macular degeneration. Ophthalmology. 2014; 121 (7): 1435–44. doi: 10.1016/j.ophtha.2014.01.034
6. *Нероев В.В., Охоцимская Т.Д., Фадеева В.А.* Оценка микрососудистых изменений сетчатки при сахарном диабете методом ОКТ-ангиографии.

- Российский офтальмологический журнал. 2017; 10 (2): 40–5. <https://doi/10.21516/2072-0076-2017-10-2-40-45> [Neroev V.V., Okhotsimskaya T.D., Fadeeva V.A. Assessment of microvascular changes of the retina in diabetes mellitus by OCT-angiography. Russian ophthalmological journal. 2017; 10 (2): 40–5 (in Russian). <https://doi/10.21516/2072-0076-2017-10-2-40-45>]
7. Casselholmde Salles M., Kyanta A., Amrén U., Epstein D. Optical coherence tomography angiography in central retinal vein occlusion: correlation between the foveal avascular zone and visual acuity. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2016; 57 (9): OCT242-246. doi: 10.1167/iovs.15-18819
 8. Accorinti M., Gilardi M., De Geronimo D., et al. Optical coherence tomography angiography findings in active and inactive ocular Behçet disease. Ocul. Immunol. Inflamm. 2019; 27: 1–12. doi: 10.1080/09273948.2019.1612452
 9. Rao H.L., Pradhan Z.S., Suh M.H., et al. Optical coherence tomography angiography in glaucoma. J. Glaucoma. 2020; Feb 12. doi: 10.1097/IJG.0000000000001463 [Epub ahead of print]
 10. Li M., Yang Y., Jiang H., et al. Retinal microvascular network and microcirculation assessments in high myopia. Am. J. Ophthalmol. 2017; 174: 56–67. doi: 10.1016/j.ajo.2016.10.018.
 11. Yang Y., Wang J., Jiang H., et al. Retinal microvasculature alteration in high myopia. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 2016; 57 (14): 6020–30. doi: 10.1167/iovs.16-19542
 12. Guo Y., Sung M.S., Park S.W. Assessment of superficial retinal microvascular density in healthy myopia. Int. Ophthalmol. 2019; 39 (8): 1861–70. doi: 10.1007/s10792-018-1014-z
 13. Mikoshiba Y., Iwase T., Ueno Y., et al. A randomized clinical trial evaluating choroidal blood flow and morphology after conventional and pattern scan laser panretinal photocoagulation. Sci. Rep. 2018; 8: 14128. doi: 10.1038/s41598-018-32487-y
 14. Yamada Y., Suzuma K., Onizuka N., et al. Evaluation of retinal blood flow before and after panretinal photocoagulation using pattern scan laser for diabetic retinopathy. Curr. Eye Res. 2017; 42 (12): 1707–12. doi: 10.1080/02713683.2017.1358373
 15. Iwase T., Kobayashi M., Yamamoto K., Ra E., Terasaki H. Effects of photocoagulation on ocular blood flow in patients with severe non-proliferative diabetic retinopathy. PLoS One. 2017; 12 (3): e0174427. doi: 10.1371/journal.pone.0174427

Вклад авторов в работу: В.В. Нероев — дизайн исследования, научное редактирование; Г.Ю. Захарова — проведение исследований, анализ литературы, написание текста; Т.Д. Охотимская — сбор материала, анализ данных; М.В. Зуева — анализ литературы, написание текста; И.В. Цапенко — анализ данных, редактирование; В.А. Фадеева — сбор материала, анализ данных; Б.М. Магаматов — сбор материала, анализ литературы.

Authors' contribution: V.V. Neroev — development of research design, scientific editing; G.Yu. Zakharova — research performing, analysis of literature data; T.D. Okhotsimskaya — data collection and analysis; M.V. Zueva — analysis of literature data, writing the article; I.V. Tsapenko — data collection, editing; V.A. Fadeeva — data collection and analysis; B.M. Magamadov — literature data collection and analysis.

Поступила: 24.03.2020

Переработана: 30.03.2020

Принята к печати: 06.04.2020

Originally received: 24.03.2020

Final revision: 30.03.2020

Accepted: 06.04.2020

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, ул. Садовая-Черногрязская, д. 14/19, Москва, 105062, Россия

Владимир Владимирович Нероев — академик РАН, д-р мед. наук, профессор, директор

Галина Юрьевна Захарова — канд. мед. наук, ведущий научный сотрудник отдела патологии сетчатки и зрительного нерва

Татьяна Дмитриевна Охотимская — канд. мед. наук, врач-офтальмолог отдела патологии сетчатки и зрительного нерва

Марина Владимировна Зуева — д-р биол. наук, профессор, начальник отдела клинической физиологии зрения им. С.В. Кравкова

Ирина Владимировна Цапенко — канд. биол. наук, старший научный сотрудник отдела клинической физиологии зрения им. С.В. Кравкова

Виктория Александровна Фадеева — аспирант отдела патологии сетчатки и зрительного нерва

Билухаж Мовлидович Магаматов — аспирант отдела патологии сетчатки и зрительного нерва

Для контактов: Галина Юрьевна Захарова,
guzakharova@gmail.com;

Марина Владимировна Зуева,
visionlab@yandex.ru

Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases, 14/19, Sadovaya-Chernogryazskaya St., Moscow, 105062, Russia

Vladimir V. Neroev — Academician of RAS, Dr. of Med. Sci., professor, director

Galina Yu. Zakharova — Cand. of Med. Sci., leading researcher, department of the retina and optic nerve pathology

Tatiana D. Okhotsimskaya — Cand. of Med. Sci., ophthalmologist, department of the retina and optic nerve pathology

Marina V. Zueva — Dr. of Biol. Sci., professor, head of the department of clinical physiology of vision named after S.V. Kravkov

Irina V. Tsapenko — Cand. of Biol. Sci., senior researcher, department of clinical physiology of vision named after S.V. Kravkov

Viktoriya A. Fadeeva — PhD student, department of the retina and optic nerve pathology

Biluhagh M. Magamadov — PhD student, department of the retina and optic nerve pathology

Contact information: Galina Yu. Zakharova,
guzakharova@gmail.com;

Marina V. Zueva,
visionlab@yandex.ru