

DOI: 10.32364/2311-7729-2023-23-3-1

Селективная микроимпульсная индивидуальная ретинальная терапия при навигационном лечении центральной серозной хориоретинопатии с подбором параметров путем предварительного тестирования

П.Л. Володин, Е.В. Иванова

ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: оценить результаты селективной микроимпульсной индивидуальной ретинальной терапии (СМИРТ) при навигационном лечении центральной серозной хориоретинопатии (ЦСХРП) с подбором параметров путем предварительного тестирования.

Материал и методы: под наблюдением находился 61 пациент (61 глаз) в возрасте от 36 до 58 лет с острой ЦСХРП и прозрачными оптическими средами. Пациенты были разделены на 2 группы. В основной группе (31 глаз) лечение ЦСХРП проводили по технологии СМИРТ на лазерной установке. Для лечения применяли микроимпульсный режим, при котором, по данным компьютерного моделирования, происходит избирательное разрушение ретинального пигментного эпителия с минимальным повреждением нейросенсорной сетчатки и хориоидеи. Параметры подбирали каждому пациенту путем предварительного тестирования и оценки результатов по данным коротковолновой аутофлуоресценции (488 нм). Лазерные аппликаты наносили вплотную друг к другу, полностью покрывая точки фильтрации по данным флуоресцентной ангиографии. Пациентам контрольной группы (30 глаз) лазерное лечение не проводили. Контрольные обследования проводили через 1, 3, 6 и 12 мес. после включения в исследование.

Результаты исследования: полная резорбция субретинальной жидкости произошла во всех случаях в основной группе и на 10 (33,3%) глазах в контрольной группе через 1 год наблюдения. В основной группе максимально скорректированная острота зрения (МКОЗ) увеличилась с $0,85 \pm 0,02$ до $0,98 \pm 0,02$ ($p < 10^{-8}$), а центральная светочувствительность — с $24,34 \pm 0,33$ до $29,15 \pm 0,17$ дБ ($p < 6 \times 10^{-6}$) за 1 год после лечения. В контрольной группе через 1 год наблюдения МКОЗ снизилась с $0,84 \pm 0,02$ до $0,77 \pm 0,03$, а светочувствительность увеличилась незначительно с $25,09 \pm 0,32$ до $25,32 \pm 0,72$ дБ.

Заключение: навигационное лечение ЦСХРП по технологии СМИРТ с подбором параметров путем предварительного тестирования показало высокую эффективность и безопасность и может применяться при локализации точек фильтрации в фовеа.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: селективная микроимпульсная индивидуальная ретинальная терапия (СМИРТ), центральная серозная хориоретинопатия, микроимпульс, навигация, индивидуальный подход.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Володин П.Л., Иванова Е.В. Селективная микроимпульсная индивидуальная ретинальная терапия при навигационном лечении центральной серозной хориоретинопатии с подбором параметров путем предварительного тестирования. Клиническая офтальмология. 2023;23(3):112–118. DOI: 10.32364/2311-7729-2023-23-3-1.

Selective micropulse individual retinal therapy in the navigation-guided treatment for central serous chorioretinopathy with parameter selection by preliminary testing

P.L. Volodin, E.V. Ivanova

S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Aim: to evaluate the outcomes of selective micropulse individual retinal therapy (SMIRT) in navigation-guided treatment for central serous chorioretinopathy (CSCR) by selecting parameters by preliminary testing.

Patients and Methods: 61 patients (61 eyes) aged 36–58 with acute CSCR and transparent media were enrolled. The patients were divided into two groups. In the study group (31 eyes), CSCR treatment was performed using SMIRT technology and Laser system. Micropulse mode was applied. According to the computer simulation, this mode implies selective destruction of the retinal pigment epithelium with minimal damage to the neurosensory retina and choroid. Parameters were customized for each patient by preliminary testing and evaluation of the results by short-wavelength fundus autofluorescence (488 nm). Laser spots were applied close to each other to completely cover the leakage points revealed by fluorescein angiography. Control group patients (30 eyes) did not receive laser treatment. Follow-up examinations were performed 1, 3, 6, and 12 months after enrollment.

Results: after one year, complete resorption of subretinal fluid was reported in all eyes in the study group and 10 eyes (33.3%) in the control group. In the study group, the best-corrected visual acuity (BCVA) increased from 0.85 ± 0.02 to 0.98 ± 0.02 ($p < 10^{-8}$), while central photosensitivity increased from 24.34 ± 0.33 to 29.15 ± 0.17 dB ($p < 6 \times 10^{-6}$). In the control group, BCVA decreased from 0.84 ± 0.02 to 0.77 ± 0.03 , while photosensitivity slightly increased from 25.09 ± 0.32 to 25.32 ± 0.72 dB.

Conclusion: navigation-guided treatment for CSCR using the SMIRT technology with selecting parameters by preliminary testing has demonstrated high efficacy and safety. This tool can be used when leakage points are located in the fovea.

KEYWORDS: selective micropulse individual retinal therapy (SMIRT), central serous chorioretinopathy, micropulse, navigation, customized approach.

FOR CITATION: Volodin P.L., Ivanova E.V. Selective micropulse individual retinal therapy in the navigation-guided treatment for central serous chorioretinopathy with parameter selection by preliminary testing. *Russian Journal of Clinical Ophthalmology*. 2023;23(3):112–118 (in Russ.). DOI: 10.32364/2311-7729-2023-23-3-1.

ВВЕДЕНИЕ

Центральная серозная хориоретинопатия (ЦСХРП) — патология центральной зоны сетчатки, часто встречающаяся у лиц молодого трудоспособного возраста, преимущественно мужского пола. При длительном течении патологический процесс может стать причиной снижения зрительных функций [1–4]. ЦСХРП характеризуется идиопатической серозной отслойкой нейросенсорной сетчатки, которая может сопровождаться отслойкой ретинального пигментного эпителия (РПЭ). Известно, что важная роль в развитии ЦСХРП принадлежит локальным дефектам в клетках РПЭ с нарушением барьерной и насосной функций [5].

Одной из особенностей острой ЦСХРП является возможность спонтанного регресса без лечения [6]. По данным литературы, без лечения самопроизвольная полная резорбция субретинальной жидкости наблюдалась у 18,2% пациентов с ЦСХРП за 1 мес., у 27,3% за 3 мес. и у 63,6% за 1 год наблюдения [7] и у 14,2% за 1 мес., у 26% за 3 мес., у 41,5% за 6 мес. и у 53,2% за 11 мес. [8]. В обширном исследовании, проведенном на 295 глазах, спонтанная резорбция субретинальной жидкости у пациентов с ЦСХРП произошла в 52% случаев [9].

В клинической практике для лечения ЦСХРП широко применяется микроимпульсный режим лазерного излучения [10–17]. При технологии селективной микроимпульсной индивидуальной ретинальной терапии (СМИРТ) применяется селективный микроимпульсный режим, определенный с помощью компьютерного моделирования, при котором происходит избирательное разрушение РПЭ [18, 19]. На основе количественной оценки денатурированного белка в тканях хориоретинального комплекса определены параметры и режимы лазерного излучения, которые реализуются на серийных лазерных установках [20–24]. По данным компьютерного моделирования установлено, что для избирательного воздействия на РПЭ и минимального повреждения нейросенсорной сетчатки и хориоидеи необходимо учитывать прозрачность оптических сред и концентрацию меланина в РПЭ [24], т. е. индивидуальные особенности пациентов. Поэтому актуальным вопросом лазерной хирургии патологии сетчатки в целом и, особенно, ЦСХРП является персонализация лечения. Учитывая различную степень пигментации глазного дна, прозрачность оптических сред, рефракцию каждого пациента, перед лечением необходимо проводить предварительное тестирование микроимпульсного режима с оценкой индивидуальной реакции ткани хориоретинального комплекса на лазерное воздействие [25, 26]. Ранее было установлено, что аутофлюоресценция является наиболее чувствительным и информативным неинвазивным методом диагностики для оценки термического повреждения РПЭ микроимпульсным воздействием [27, 28]. Предварительное тестирование позволяет определить минимальные параметры, приводящие к повреждению РПЭ и достаточные для достижения клинического результата [25, 26].

С разработкой инновационных лазерных установок, оснащенных системой навигации, появилась возможность прицельно воздействовать на патологический очаг за счет высокоточного нанесения импульса в необходимую точку, не затрагивая окружающие ткани, и проводить топографически ориентированное лечение [25, 26, 29, 30]. Прецизионность воздействия обеспечивается предварительным планированием операции после наложения результатов флюоресцентной ангиографии (ФАГ), оптической когерентной томографии (ОКТ) и их сопоставления с цветной фотографией глазного дна пациента. Применение топографически ориентированного и патогенетически обоснованного лечения позволяет наносить аппликаты прицельно, не затрагивая интактные структуры, что уменьшает риск дополнительного коллатерального повреждения тканей.

Таким образом, применение навигационных возможностей при СМИРТ, технологии, разработанной на основе применения селективных микроимпульсных режимов на серийных лазерных установках с учетом индивидуальных особенностей каждого пациента, выводит на новый уровень лечение ЦСХРП. Современные разработки и оборудование позволяют проводить персонализированное лечение с прицельной доставкой лазерного излучения, воздействующего исключительно на РПЭ, с наименьшим количеством аппликатов, необходимых для достижения клинического результата.

Цель исследования: оценить клинические результаты СМИРТ при навигационном лечении ЦСХРП с подбором параметров путем предварительного тестирования.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В проспективное исследование был включен 61 пациент в возрасте от 36 до 58 лет с острой ЦСХРП. Все пациенты предъявляли жалобы на метаморфопсии, микропсии и появление пятна перед глазом. Длительность симптомов заболевания варьировала от 3 до 6 мес. По данным ОКТ, во всех случаях определялась отслойка нейросенсорной сетчатки в макуле со скоплением субретинальной жидкости под ней.

Критерии невключения в исследование: сопутствующая патология органа зрения, помутнение оптических сред, тяжелые соматические заболевания, хроническое течение ЦСХРП и ранее выполненное лазерное лечение, введение ингибиторов ангиогенеза и проведение фотодинамической терапии в анамнезе.

Случайным образом пациенты были разделены на 2 группы. Пациенты основной группы (31 глаз) были пролечены на навигационной лазерной системе Navilas 577s (OD-OS, Teltow, Германия) по технологии СМИРТ с предварительным тестированием. Использовали селективные микроимпульсные режимы, при которых происходит избирательное воздействие на РПЭ по данным компьютерного моделирования с учетом технических характеристик

лазерной установки: диаметр пятна 100 мкм, длительность импульса 50–100 мкс, интервал между импульсами 2000 мкс, рабочий цикл 2,4–4,8%, длительность пакета 10 мс, количество импульсов в пакете 5, мощность 0,4–1,9 Вт, длина волны 577 нм [24]. Результаты тестирования оценивали по данным коротковолновой аутофлюоресценции (488 нм). Пациентам контрольной группы лазерное лечение не проводили.

Для определения точек фильтрации выполняли ФАГ. Центральную толщину сетчатки (ЦТС) оценивали с помощью ОКТ на аппарате Cirrus HD-OCT 5000 (ZEISS, Германия). Коротковолновую аутофлюоресценцию (488 нм) и ФАГ выполняли на ретиноангиографе Spectralis® HRA (Heidelberg Engineering, Германия). Светочувствительность (СЧ) центральной зоны определяли на приборе MAIA (Center Vue, США).

ПРОВЕДЕНИЕ СМИРТ НА ЛАЗЕРНОЙ УСТАНОВКЕ NAVILAS 577S С ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМ ТЕСТИРОВАНИЕМ

Параметры для лечения по технологии СМИРТ подбирали индивидуально путем предварительного тестирования. На этапе планирования выполняли исследование коротковолновой аутофлюоресценции глазного дна. Для этого расширяли зрачок более 6 мм путем закапывания глазных капель фенилэфрина 2,5% и тропикамида 1%. Перед тестированием на лазерной установке выполняли цветную фотографию глазного дна. Определяли зоны, на которых отсутствуют видимые патологические изменения, с учетом результатов аутофлюоресценции. Затем планировали протокол тестирования путем постановки трех лазерных аппликаторов различной мощности и длительности микроимпульса на интактные участки глазного дна в области верхней или нижней сосудистых аркад. По указанному плану наносили тестовые аппликаты в группе по три, затем через 1–2 ч исследовали аутофлюоресценцию. Для получения контрастных снимков фоторегистрацию проводили многократно, с разными точками фокусировки и углами поворота камеры. На изображениях оценивали выраженность участков лазерного воздействия. Для лечения выбирали минимальные энергетические параметры, соответствующие аппликатам с видимым повреждением РПЭ на снимках аутофлюоресценции, выполненной после тестирования (рис. 1).

Результаты ФАГ импортировали в лазерную установку Navilas 577s и выполняли цветную фоторегистрацию глазного дна. Используя программное обеспечение, накладывали и сопоставляли цифровые изображения ФАГ с цветной фотографией глазного дна (рис. 2А). С учетом полученных данных определяли локализацию точек фильтрации относительно сосудистой сети на цветной фотографии глазного дна и составляли план лечения (рис. 2В). Для этого выбирали паттерн из одного или нескольких аппликаторов, вплотную друг к другу (без интервала между ними), и располагали их таким образом, чтобы полностью покрыть точки фильтрации. Дополнительно устанавливали две зоны безопасности на участки глазного дна, на которые не должно попадать лазерное излучение. Одна зона безопасности — на диск зрительного нерва, другая — в области фовеальной аваскулярной зоны. Если лазерное лечение проводилось в фовеальной аваскулярной области, то зону безопасности устанавливали рядом в произвольном месте. Затем параметры устанавливали в паттерны на лазерной установке, включали режим активации лазера

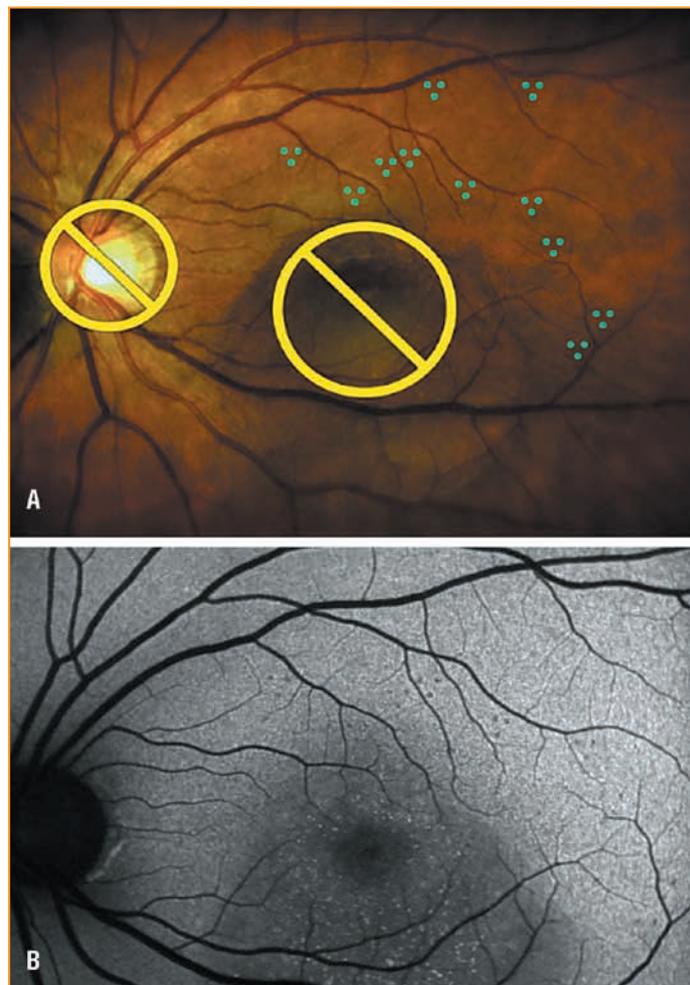


Рис. 1. Создание и оценка индивидуального протокола тестирования: А — план тестирования на навигационной лазерной системе Navilas 577s; В — аутофлюоресценция после тестирования

Fig. 1. Creation and evaluation of an individual testing protocol: А — test plan for Navilas® Laser System 577s; В — fundus autofluorescence after testing

с системой автотрекинга и нажатием на педаль наносили лазерные аппликаты согласно заданному плану. На протоколе лечения видна область нанесения аппликаторов и выбранные параметры (рис. 2С).

В контрольные сроки наблюдения через 1, 3, 6 и 12 мес. всем пациентам проводили исследование максимально скорректированной остроты зрения (МКОЗ), ОКТ и компьютерную микропериметрию.

Статистическую обработку полученных результатов осуществляли с использованием программы Microsoft Excel. Результаты описательной статистики представлены в виде $M \pm \sigma_x$, где M — среднее значение, σ_x — стандартная ошибка среднего. Для оценки статистической значимости различий между средними основной и контрольной групп применяли t-тест Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исходная характеристика пациентов основной и контрольной групп представлена в таблице.

Тестирование и лечение с помощью навигационной лазерной системы Navilas 577s не требовало постанов-

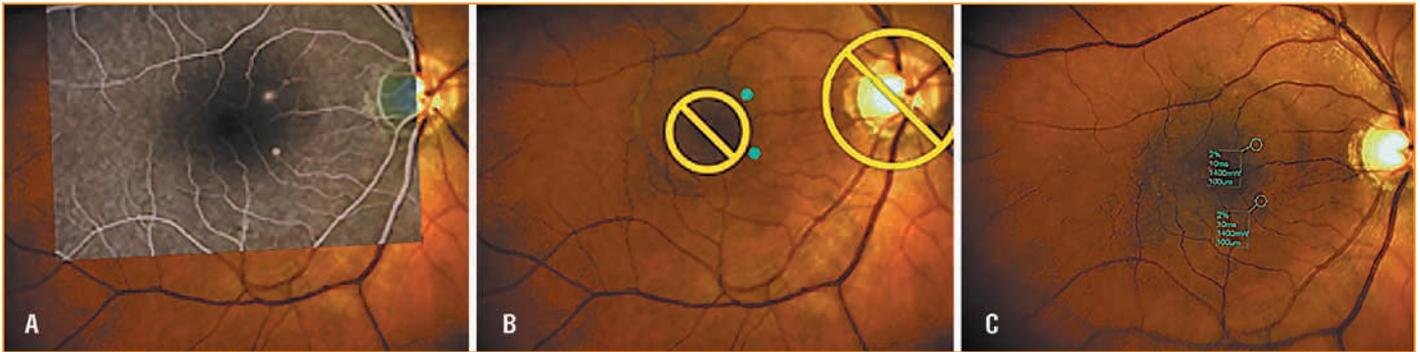


Рис. 2. Этапы планирования и протокол проведения навигационного лечения: А — наложение результатов ФАГ на цветную фотографию глазного дна; В — создание индивидуального плана лечения путем постановки лазерных паттернов на точки фильтрации по данным ФАГ; С — протокол лечения с индивидуально подобренными параметрами

Fig. 2. Stages of planning and protocol of navigation-guided treatment: A — imposition of FA results on fundus photo; B — creation of an individual treatment plan by placing laser patterns on the leakage points based on FA; C — treatment protocol with customized parameters

Таблица. Общая характеристика пациентов

Table. Characteristics of patients

Признак / Parameter	Основная группа / Study group	Контрольная группа / Control group
Возраст, годы / Age, years	46,1±1,3	44,7±1,64
Мужчины/женщины / Men/Women	22/9	23/7
Отслойка РПЭ, количество глаз / RPE detachment, number of eyes	10 (32,3%)	12 (40%)
Субфовеальная локализация точек фильтрации, количество глаз Subfoveal localization of leakage points, number of eyes	7 (22,5%)	5 (16,7%)
МКОЗ / BCVA	0,85±0,02	0,84±0,02
ЦТС, мкм / CRT, μm	421,7±12,4	403,81±12,57
СЧ, дБ / Photosensitivity, dB	24,34±0,33	25,09±0,32

Note. RPE — retinal pigment epithelium, BCVA — best-corrected visual acuity, CRT — central retinal thickness.

ки роговичной контактной линзы, не сопровождалось дискомфортом для пациента. Лазерные аппликаты наносили вплотную друг к другу, полностью покрывая точку фильтрации по данным ФАГ. Во всех случаях в области нанесения лазерных аппликатов при осмотре глазного дна видимые изменения отсутствовали.

Полная резорбция субретинальной жидкости была достигнута через 2 нед. после лазерного лечения на 6 (19,3%) глазах, через 1 мес. на 19 (61,2%) глазах, через 3 мес. во всех случаях. Через 1 мес. после лечения у всех пациентов была отмечена положительная динамика. Острота зрения увеличилась в среднем до $0,89 \pm 0,02$. По данным ОКТ, ЦТС уменьшилась и составила в среднем $271,1 \pm 10,05$ мкм. СЧ по данным микропериметрии повысилась в среднем до $27,67 \pm 0,17$ дБ. Через 3 мес. средние значения МКОЗ повысились до $0,95 \pm 0,02$ ($p < 2,8 \times 10^{-5}$). По данным ОКТ, ЦТС составила $241,9 \pm 4,27$ мкм. СЧ повысилась в среднем до $28,29 \pm 0,28$ дБ ($p < 5,4 \times 10^{-7}$). Через 6 мес. средние значения МКОЗ повысились до $0,96 \pm 0,02$. ЦТС составила $238,55 \pm 4,36$ мкм. СЧ повысилась в среднем до $28,66 \pm 0,21$ дБ. Через 1 год средние значения МКОЗ повысились до $0,98 \pm 0,02$ ($p < 10^{-8}$ по сравнению с контрольной группой). По данным ОКТ, ЦТС составила $233,8 \pm 3,35$ мкм. СЧ повысилась в среднем до $29,15 \pm 0,17$ дБ ($p < 6,3 \times 10^{-6}$ по сравнению с контрольной

группой). В различные сроки наблюдения снижения СЧ в области лазерного лечения не наблюдалось. Участки лазерного воздействия в зоне лечения и тестирования не визуализировались как при биомикроскопии, так и на цифровых изображениях в отраженном инфракрасном свете, снимках аутофлюоресценции и флюоресцентных ангиограммах.

В контрольной группе у пациентов без лечения полная резорбция субретинальной жидкости отмечалась на 2 (6,7%) глазах через 1 мес., на 5 (16,6%) глазах через 3 мес., на 7 (23,3%) глазах через 6 мес., а через 1 год на 10 (33,3%) глазах. Прилегание нейросенсорной сетчатки с 6 мес. до 1 года наблюдалось на 5 глазах, однако на 2 глазах отмечен рецидив заболевания. Уменьшение средней ЦТС было отмечено на всех сроках наблюдения. Через 1 год наблюдения отмечено снижение средней МКОЗ с $0,84 \pm 0,02$ до $0,77 \pm 0,03$. Среднее значение СЧ незначительно повысилось. У пациентов, у которых произошла самопроизвольная резорбция субретинальной жидкости, отмечено повышение остроты зрения и СЧ. На глазах с длительным сохранением отслойки нейросенсорной сетчатки происходило снижение остроты зрения и СЧ. Динамика МКОЗ, ЦТС и СЧ у пациентов с ЦСХРП в основной и контрольной группах представлена на рисунке 3.

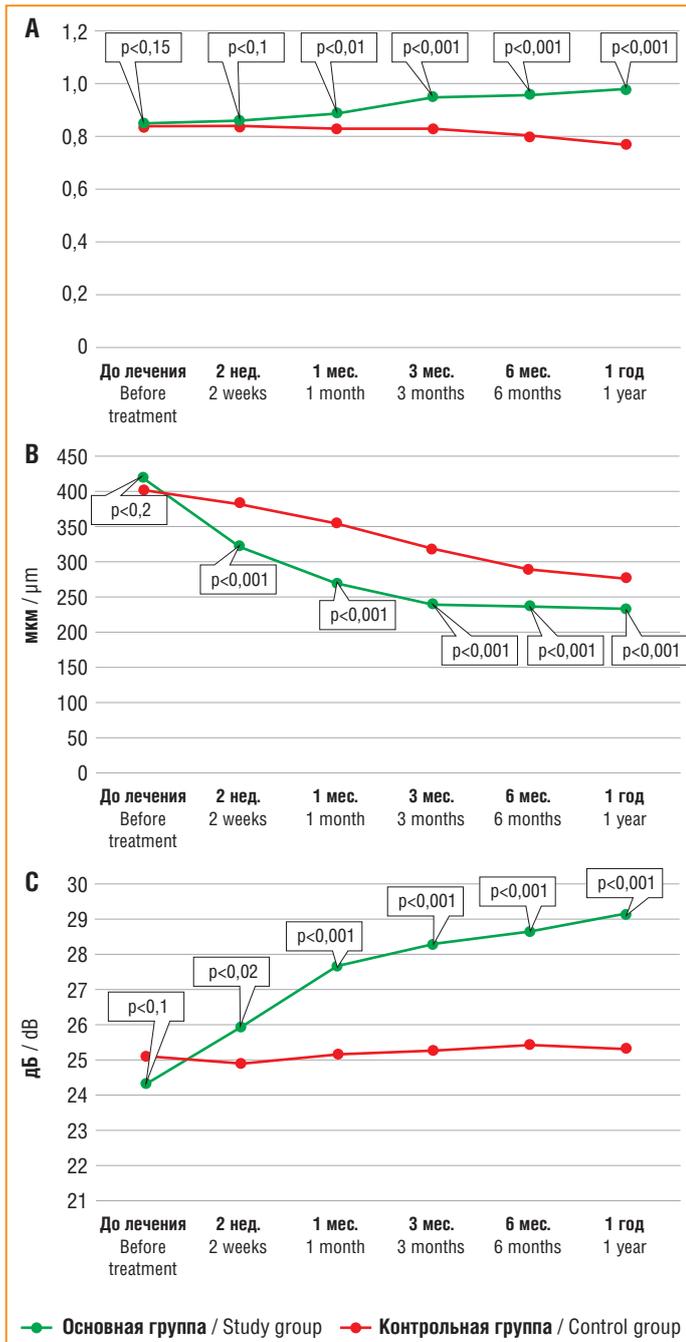


Рис. 3. Динамика МКОЗ (А), ЦТС (В) и СЧ (С) у пациентов с ЦСХРП в основной и контрольной группах

Fig. 3. Changes in BCVA (A), CRT (B), and retinal sensitivity (C) in CSCR patients of the study and control groups

ОБСУЖДЕНИЕ

Центральная серозная хориоретинопатия встречается, как правило, у пациентов молодого трудоспособного возраста, поэтому важно применять максимально бережные тканесохраняющие методики лечения. По данным литературы [7, 8], частота самопроизвольной резорбции субретинальной жидкости в первые 3 мес. составляет около 30%, в связи с чем широко применяется выжидательная тактика [6]. Однако, как свидетельствуют результаты исследований [31, 32], при наличии субретинальной жидкости происходит необратимое повреждение фоторецепторов с атрофией их наружных сегментов и снижением зрения [33], а также истончение наружного ядерного слоя,

коррелирующее со сроком заболевания [32]. В этой связи ряд авторов рекомендует переход к активной лечебной тактике при длительности отслойки нейросенсорной сетчатки более 3 мес. [34].

В нашем исследовании в контрольной группе с длительностью симптомов от 3 до 6 мес. полную резорбцию субретинальной жидкости в течение 1 года наблюдения констатировали у 33,3% пациентов. У пациентов с прилеганием нейроэпителлия происходило повышение МКОЗ и СЧ. На глазах с длительной персистенцией субретинальной жидкости отмечалось постепенное снижение зрительных функций (см. рис. 3), что согласуется с данными литературы [33].

Исходя из патогенеза заболевания, основной точкой приложения лазерного излучения является РПЭ [4, 5, 16]. В зоне лазерного воздействия клетки РПЭ пролиферируют, мигрируют и полностью закрывают дефект [35]. В результате восстанавливается их наносная и барьерная функция, что обеспечивает резорбцию субретинальной жидкости и прилегание нейроэпителлия. Термическое повреждение соседних структур (нейросенсорной сетчатки и хориоидеи) в данном случае нецелесообразно и является негативным последствием лечения.

Прицельно воздействовать на РПЭ с минимизацией повреждающего воздействия на прилежащие структуры ХРК позволяет использование селективных микроимпульсных режимов, которые применяются при технологии СМИРТ [24]. Для прицельного воздействия на РПЭ, несомненно, необходимо учитывать индивидуальные особенности каждого пациента. По данным литературы, коэффициент абсорбции лазерного излучения отличается практически в 3 раза в зависимости от этнической принадлежности и внешних признаков [36]. Также с возрастом уменьшается концентрация меланина [37]. Известно, что вследствие изменений оптических свойств хрусталика пропускание света линейно снижается с возрастом [38]. Концентрация меланина и прозрачность оптических сред являются основными (наиболее значимыми) факторами, определяющими прохождение и поглощение лазерного излучения [18, 19]. Следовательно, применяя одни и те же параметры микроимпульсного режима для лечения разных пациентов, следует ожидать различный уровень повреждения РПЭ и прилежащих структур. Поэтому применение технологии СМИРТ для конкретного пациента происходит с учетом его индивидуальных особенностей. Для этого выполняется тестирование микроимпульсного режима, и с помощью высокочувствительных методов диагностики оценивается индивидуальная реакция тканей на воздействие [25–28].

Центральная (фовеальная) аваскулярная область сетчатки отличается меньшим количеством слоев, большим скоплением колбочков, отвечает за максимальные зрительные функции, является самой функционально значимой и, следовательно, требует наиболее деликатного отношения. При работе в фовеальной аваскулярной зоне особенно важно использовать селективные режимы, с минимальной длительностью импульса, рабочим циклом и количеством импульсов при высокой мощности, которые применяются при СМИРТ [24]. Максимально избирательное и эффективное воздействие достигается индивидуальным подбором минимальных энергетических параметров, достаточных для достижения клинического результата [25, 26].

Применение СМИРТ на навигационной лазерной системе Navilas 577s имеет целый ряд преимуществ в сравнении с мануальным подходом. Во-первых, лече-

ние осуществляется прицельно, по четко заданному топографическому плану, основанному на использовании данных мультимодальной визуализации. Во-вторых, встроенная система высокоскоростного eye-трекинга полностью исключает случайное попадание лазерного луча на соседние интактные участки [25, 26, 29, 30]. При работе на стандартной лазерной установке и осмотре глазного дна часто практически невозможно визуализировать дефект РПЭ, соответствующий точке фильтрации. Поэтому сложно определить место воздействия в ходе лазерной операции, приходится пользоваться дополнительными анатомическими ориентирами и определять локализацию точки фильтрации приблизительно относительно сосудистой сети, сопоставляя визуально с распечаткой флюоресцентной ангиограммы пациента. При работе на стандартных лазерных системах невозможно выполнить лечение прицельно, не затронув области сетчатки, непосредственно прилежащие к точке просачивания, поэтому требуется нанесение большего количества лазерных аппликатов. Другая сложность, связанная с работой в микроимпульсном режиме, заключается в том, что, поскольку следы лазерного воздействия на сетчатке не видны, нельзя исключить возможность повторного попадания импульса на один и тот же участок. Мануальный режим не позволяет выполнить полный объем лечения по площади ввиду отсутствия визуализации уже нанесенных аппликатов, соответственно, могут остаться «необработанные» участки, что может снижать клинический эффект. Использование навигационной технологии позволяет полностью решить вышеуказанные проблемы за счет прицельного нанесения лазерных аппликатов точно в указанное место, в соответствии с предварительным планом, обеспечивая четкую топографическую ориентированность воздействия.

Персонализированный подход к лазерному лечению ЦСХРП, основанный на технологии СМИРТ с индивидуальным подбором параметров селективного микроимпульсного режима, позволяет избирательно воздействовать на РПЭ с наименьшими энергетическими параметрами и приводит к быстрой резорбции субретинальной жидкости, повышению остроты зрения и СЧ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как показали результаты проведенного нами исследования, у пациентов с ЦСХРП без лечения с сохранением субретинальной жидкости отмечалось постепенное снижение МКОЗ и СЧ. Установлено, что СМИРТ с подбором параметров путем предварительного тестирования приводит к резорбции субретинальной жидкости и повышению зрительных функций без повреждения сетчатки. Разработанный метод является эффективным и безопасным, позволяет проводить навигационное лазерное лечение ЦСХРП с использованием минимальных энергетических параметров, достаточных для достижения клинического эффекта, и может применяться в фовеа. ▲

Литература / References

1. Балашевич Л.И., Гацу М.В., Касимов Э.М., Искендерова Н.Г. Современные представления об этиологии и патогенезе центральной серозной хориоретинопатии. Офтальмохирургия. 2007;2:63–67.
[Balashevich L.I., Gatsy M.V., Kasimov E.M., Iskenderova N.G. Modern ideas about the etiology and pathogenesis of central serous chorioretinopathy. Ophthalmosurgery. 2007;2:63–67 (in Russ.).]

2. Гойдин А.П., Проничкина М.М., Яблокова Н.В., Крылова И.А. Современные представления об этиологии, патогенезе, клинике и лечении центральной серозной хориоретинопатии. Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2015;20(4):784–790.
[Goydin A.P., Pronichkina M.M., Yablokova N.V., Krylova I.A. Modern views about the etiology, pathogenesis, clinic and treatment of central serous chorioretinopathy. Bulletin of the Tambov University. Series: Natural and Technical Sciences. 2015;20(4):784–790 (in Russ.).]
3. Щуко А.Г., Злобина А.Н., Юрьева Т.Н. Этиопатогенетические подходы к диагностике и лечению острой и хронической центральной серозной хориоретинопатии. Обзор литературы. Офтальмология. 2013;10(2):14–19. DOI: 10.18008/1816-5095-2013-2-14-19.
[Shchuko A.G., Zlobina A.N., Iureva T.N. Etiopathogenetical approaches to the diagnosis and treatment of acute and chronic central serous chorioretinopathy. Review. Ophthalmology in Russia. 2013;10(2):14–19 (in Russ.).] DOI: 10.18008/1816-5095-2013-2-14-19.
4. Nicholson B., Noble J., Forooghian F., Meyerle C. Central serous chorioretinopathy: update on pathophysiology and treatment. Surv Ophthalmol. 2013;58(2):103–126. DOI: 10.1016/j.survophthal.2012.07.004.
5. Negi A., Marmor M.F. Experimental serous retinal detachment and focal pigment epithelial damage. Arch Ophthalmol. 1984;102(3):445–449. DOI: 10.1001/archophth.1984.01040030359038.
6. Van Rijssen T.J., van Dijk E.H.C., Yzer S. et al. Central serous chorioretinopathy: Towards an evidence-based treatment guideline. Prog Retin Eye Res. 2019;73:100770. DOI: 10.1016/j.preteyeres.2019.07.003.
7. Kim K.S., Lee W.K., Lee S.B. Half-dose photodynamic therapy targeting the leakage point on the fluorescein angiography in acute central serous chorioretinopathy: a pilot study. Am J Ophthalmol. 2014;157(2):366–373.e1. DOI: 10.1016/j.ajo.2013.10.013.
8. Ozkaya A., Alkin Z., Ozveren M. et al. The time of resolution and the rate of recurrence in acute central serous chorioretinopathy following spontaneous resolution and low-fluence photodynamic therapy: a case-control study. Eye (Lond). 2016;30(7):1005–1010. DOI: 10.1038/eye.2016.79.
9. Mohabati D., Boon C.J.F., Yzer S. Risk of Recurrence and Transition to Chronic Disease in Acute Central Serous Chorioretinopathy. Clin Ophthalmol. 2020;14:1165–1175. DOI: 10.2147/OPHTH.S242926.
10. Дога А.В., Качалина Г.Ф., Клепинина О.В. Центральная серозная хориоретинопатия. Современные аспекты диагностики и лечения. М.: Офтальмология; 2017.
[Doga A.V., Kachalina G.F., Klepinina O.V. Central serous chorioretinopathy. Modern aspects of diagnosis and treatment. M.: Ophthalmology; 2017 (in Russ.).]
11. Качалина Г.Ф., Желтов Г.И., Иванова Е.В. Современные подходы применения микроимпульсного режима при лечении заболеваний центральной зоны сетчатки. Таврический медико-биологический вестник. 2012;15:3(3):225–227.
[Kachalina G.F., Zheltov G.I., Ivanova E.V. Modern approaches to the use of micropulse mode in the treatment of diseases of the central zone of the retina. Tavricheskiy mediko-biologicheskii vestnik. 2012;15:3(3):225–227 (in Russ.).]
12. Маслова Н.А., Шихранов Г.Г., Шаков Г.В. и др. Применение субпорогового микроимпульсного лазерного воздействия длиной волны 577 нм с использованием паттерн-режима в лечении хронической серозной хориоретинопатии. Современные технологии в офтальмологии. 2017;1:191–193.
[Maslova N.A., Shikhranov G.G., Shakov G.V. et al. The use of subthreshold micropulse laser exposure with a wavelength of 577 nm using a pattern mode in the treatment of chronic serous chorioretinopathy. Modern technologies in ophthalmology. 2017;1:191–193 (in Russ.).]
13. Паштаев Н.П., Поздеева Н.А., Маслова Н.А., Тихонова А.Ю. Клиническая эффективность субпорогового микроимпульсного лазерного воздействия длиной волны 810 нм в лечении пациентов с хронической формой ЦСХ. В кн.: сб. науч. трудов науч.-практ. конф. с международным участием «Российский общенациональный офтальмологический форум». Т. 2. 2018:572–575.
[Pashtayev N.P., Pozdeeva N.A., Maslova N.A., Tikhonova A.Yu. Clinical efficacy of subthreshold micro-pulse laser radiation with a wavelength of 810 nm in the treatment of patients with chronic CSC. In: Collection of scientific papers scientific and practical conference with international participation "Russian National Ophthalmological Forum". Vol. 2. 2018:572–575 (in Russ.).]
14. Попова Н.В., Гойдин А.П. Применение микроимпульсного лазерного воздействия при центральной серозной хориоретинопатии. Практическая медицина. 2016;6(98):137–140.
[Popova N.V., Goydin A.P. Application of micro-pulse laser influence in central serous chorioretinopathy. Practical medicine. 2016;6(98):137–140 (in Russ.).]
15. Станишевская О.М., Черных В.В., Трунов А.Н. и др. Первый опыт субпорогового микроимпульсного лазерного воздействия длиной волны 577 нм в монотерапии и в комбинации с инъекциями обогащенной аутологичной тромбоцитарной плазмы в лечении центральной серозной хориоретинопатии. Практическая медицина. 2017;2:9(110):207–210.
[Stanishevskaya O.M., Chernykh V.V., Trunov A.N. et al. The first experience of subthreshold microimpulse laser action of 577 nm in monotherapy and in combination with injections of enriched autologous platelet plasma in treatment of central serous chorioretinopathy. Practical medicine. 2017;2:9(110):207–210 (in Russ.).]
16. Ambiya V., Goud A., Mathai A. et al. Microsecond yellow laser for subfoveal leaks in central serous chorioretinopathy. Clin Ophthalmol. 2016;11:10:1513–1519. DOI: 10.2147/OPHTH.S112431.
17. Kim J.Y., Park H.S., Kim S.Y. Short-term efficacy of subthreshold micropulse yellow laser (577-nm) photocoagulation for chronic central serous chorioretinopathy. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. 2015;253(12):2129–2135. DOI: 10.1007/s00417-015-2965-7.

18. Ivanova E.V., Volodin P.L. Development of the selective micropulse individual retinal therapy depends on age and type on the Fitzpatrick scale. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2023;261:2:381–390. DOI: 10.1007/s00417-022-05800-9.
19. Ivanova E.V., Volodin P.L. Selective Micropulse Individual Retinal Therapy development based on the analysis of the micropulse mode testing and computer simulation. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2021;62:8:2179.
20. Володин П.Л., Иванова Е.В. Компьютерное моделирование лазерного воздействия в режиме единичного микроимпульса и реакции белков хориоретинального комплекса для селективного и эффективного воздействия на клетки ретинального пигментного эпителия. *Лазерная медицина.* 2018;22(1):61–65. DOI: 10.37895/2071-8004-2018-22-1-61-65.
- [Volodin P.L., Ivanova E.V. Computer simulation of laser action in the regime of sir micropulse and reactions of proteins chorioretinal comp for selective and effective action on the retinal pigment epithelium cells. *Laser Medicine.* 2018;22(1):61–65 (in Russ.)]. DOI: 10.37895/2071-8004-2018-22-1-61-65.
21. Желтов Г.И., Глазков В.Н., Иванова Е.В. Селективное действие лазерных импульсов на ретинальный пигментный эпителий. *Физические основы. ARS-MEDICA.* 2012;3(58):78–85.
- [Zheltov G.I., Glazkov V.N., Ivanova E.V. Selective effect of laser pulses on retinal pigment epithelium. *Physical basics. ARS-MEDICA.* 2012;3(58):78–85 (in Russ.)].
22. Иванова Е.В., Володин П.Л. Физическое моделирование для оценки воздействия микроимпульсных режимов лазерного излучения на хориоретинальный комплекс человеческого глаза на основе теории активированных комплексов. *Лазерная медицина.* 2022;26(3-4):47–55. DOI: 10.37895/2071-8004-2022-26-3-4-47-55.
- [Ivanova E.V., Volodin P.L. Physical modelling to assess the effect of micropulse modes of laser radiation at the chorioretinal complex of the human eye based on the theory of activated complex. *Laser Medicine.* 2022;26(3-4):47–55 (in Russ.)]. DOI: 10.37895/2071-8004-2022-26-3-4-47-55.
23. Качалина Г.Ф., Желтов Г.И., Иванова Е.В. Оптимизация режимов лазера IRIS Medical IQ 577 для избирательного воздействия на пигментный эпителий сетчатки. *Офтальмология. Восточная Европа.* 2015;4(27):69–77.
- [Kachalina G.F., Zheltov G.I., Ivanova E.V. Optimization of operating modes of IRIS Medical IQ 577 laser for selective action onto retinal pigment epithelium. *Ophthalmology. Eastern Europe.* 2015;4(27):69–77 (in Russ.)].
24. Ivanova E.V., Volodin P.L., Guskov A.V. Determination of Micropulse Modes with Targeted Damage to the Retinal Pigment Epithelium Using Computer Modeling for the Development of Selective Individual Micropulse Retinal Therapy. *Curr Eye Res.* 2022;1:47(1):107–114. DOI: 10.1080/02713683.2021.1962360.
25. Володин П.Л., Дога А.В., Иванова Е.В. и др. Персонализированный подход к лечению хронической центральной серозной хориоретинопатии на основе навигационной технологии микроимпульсного лазерного воздействия. *Офтальмология.* 2018;15(4):394–404. DOI: 10.18008/1816-5095-2018-4-394-404.
- [Volodin P.L., Doga A.V., Ivanova E.V. et al. The Personalized Approach to the Chronic Central Serous Chorioretinopathy Treatment Based on the Navigated Micropulse Laser Technology. *Ophthalmology in Russia.* 2018;15(4):394–404 (in Russ.)]. DOI: 10.18008/1816-5095-2018-4-394-404.
26. Volodin P.L., Ivanova E.V. Clinical evaluation of individualized and navigated microsecond pulsing laser for acute central serous chorioretinopathy. *Ophthalmic Surgery Lasers and Imaging Retina.* 2020;51:512–520. DOI: 10.3928/23258160-20200831-06.
27. Володин П.Л., Иванова Е.В., Соломин В.А. Возможности современных методов диагностики и компьютерной обработки данных с помощью программы «Фемто-скан» для выявления слабых термических повреждений клеток ретинального пигментного эпителия. *Лазерная медицина.* 2018;22(1):52–56. DOI: 10.37895/2071-8004-2018-22-1-52-56.
- [Volodin P.L., Ivanova E.V., Solomin V.A. Possibilities of modern diagnostic techniques and comp data processing using "FemtoScan" programs for reveal weak thermal injuries in cells of the retinal pigment epithelium. *Laser Medicine.* 2018;22(1):52–56 (in Russ.)]. DOI: 10.37895/2071-8004-2018-22-1-52-56.
28. Framme C., Schüle G., Brinkmann R. et al. Fundus Autofluorescence After Selective RPE Laser Treatment. *Ophthalmology.* 2002;99:11:854–160. DOI: 10.1007/s00347-002-0684-z.
29. Помыткина Н.В., Кравченко И.З., Сорокин Е.Л. Опыт применения навигационной системы NAVILAS для проведения микроимпульсного лазерного воздействия у пациентов с центральной серозной хориопатией. *Современные технологии в офтальмологии.* 2020;2(33):119–123. DOI: 10.25276/2312-4911-2020-1-119-123.
- [Pomytkina N.V., Kravchenko I.Z., Sorokin E.L. Experience in using the navigation system NAVILAS for micropulse laser exposure in patients with central serous choriopathy. *Modern technologies in ophthalmology.* 2020;2(33):119–123 (in Russ.)]. DOI: 10.25276/2312-4911-2020-1-119-123.
30. Chhablani J., Rani P.K., Mathai A. et al. Navigated focal laser photocoagulation for central serous chorioretinopathy. *Clin Ophthalmol.* 2014;8:1543–1547. DOI: 10.2147/OPHT.S67025.
31. Baran N.V., Gürlü V.P., Esgin H. Long-term macular function in eyes with central serous chorioretinopathy. *Clin Exp Ophthalmol.* 2005;33(4):369–372. DOI: 10.1111/j.1442-9071.2005.01027.x.
32. Hata M., Oishi A., Shimozone M. et al. Early changes in foveal thickness in eyes with central serous chorioretinopathy. *Retina.* 2013;33(2):296–301. DOI: 10.1097/IAE.0b013e31826710a0.
33. Wang M.S., Sander B., Larsen M. Retinal atrophy in idiopathic central serous chorioretinopathy. *Am J Ophthalmol.* 2002;133(6):787–793. DOI: 10.1016/s0002-9394(02)01438-1.
34. Wang M., Munch I.C., Hasler P.W. et al. Central serous chorioretinopathy. *Acta Ophthalmol.* 2008;86(2):126–145. DOI: 10.1111/j.1600-0420.2007.00889.x.
35. Roeder J., Michaud N.A., Flotte T.J., Birngruber R. Response of the retinal pigment epithelium to selective photocoagulation. *Arch Ophthalmol.* 1992;110(12):1786–1792. DOI: 10.1001/archophth.1992.01080240126045.
36. Geeraets W., Williams R., Chan G. et al. The relative absorption of thermal energy in retina and choroid. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1962;1:340–347.
37. Sarna T., Burke J.M., Witold Korytowski W. et al. Loss of Melanin From Human RPE With Aging: Possible Role of Melanin Photooxidation. *Exp Eye Res.* 2003;76(1):89–98. DOI: 10.1016/s0014-4835(02)00247-6.
38. Weale R.A. Age and the transmittance of the human crystalline lens. *J Physiol.* 1988;395(1):577–587. DOI: 10.1113/jphysiol.1988.sp016935.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Володин Павел Львович — д.м.н., заведующий отделом лазерной хирургии сетчатки ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 127486, Россия, г. Москва, Бескудниковский б-р, д. 59а; ORCID iD 0000-0003-1460-9960.

Иванова Елена Владимировна — к.м.н., врач-офтальмолог отделения лазерной хирургии сетчатки ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 127486, Россия, г. Москва, Бескудниковский б-р, д. 59а; ORCID iD 0000-0001-9044-340.

Контактная информация: Володин Павел Львович, e-mail: volodinpl@mntk.ru.

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

Конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила 30.05.2023.

Поступила после рецензирования 23.06.2023.

Принята в печать 18.07.2023.

ABOUT THE AUTHORS:

Pavel L. Volodin — Dr. Sc. (Med.), Head of the Department of Laser Retinal Surgery, S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 59a, Beskudnikovskiy blvd, Moscow, 127486, Russian Federation; ORCID iD 0000-0003-1460-9960.

Elena V. Ivanova — Cand. Sc. (Med.), ophthalmologist of the Department of Laser Retinal Surgery, S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 59a, Beskudnikovskiy blvd, Moscow, 127486, Russian Federation; ORCID iD 0000-0001-9044-340.

Contact information: Pavel L. Volodin, e-mail: volodinpl@mntk.ru.

Financial Disclosure: no authors have a financial or property interest in any material or method mentioned.

There is no conflict of interest.

Received 30.05.2023.

Revised 23.06.2023.

Accepted 18.07.2023.