

РОЛЬ ФОКАЛЬНОЙ СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ СЕТЧАТКИ В ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МИКРОИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО ЛЕЧЕНИЯ МАКУЛЯРНОГО ОТЕКА СОСУДИСТОГО ГЕНЕЗА

Гуро М.Ю.,
Хзарджан Ю.Ю.,
Балалин А.С.

Волгоградский филиал ФГАУ «НМИЦ
«МНТК «Микрохирургия глаза»
имени академика С.Н. Фёдорова»
Минздрава России (400138, г. Волгоград,
ул. им. Землячки, 80, Россия)

Автор, ответственный за переписку:
Балалин Александр Сергеевич,
e-mail: a.s.balalin@gmail.com

РЕЗЮМЕ

Введение. Макулярный отёк (МО) сосудистого генеза наиболее часто встречается при диабетической ретинопатии и окклюзии вен сетчатки. Для оценки эффективности и безопасности проводимого лечения всегда учитывается динамика максимально скорректированной остроты зрения, однако, учитывая субъективность данного показателя, необходимо использовать объективные методы оценки морфофункционального состояния сетчатки. К ним относятся оптическая когерентная томография и микропериметрия.

Цель исследования. Оценить роль фокальной светочувствительности сетчатки (ФСЧ) в оценке эффективности микроимпульсного лазерного лечения МО сосудистого генеза.

Материал и методы. Группу исследования составили 110 пациентов (110 глаз), из них 74 пациента (74 глаза) с диабетическим макулярным отёком (ДМО) высотой до 500 мкм и 36 пациентов (36 глаз) – с МО до 500 мкм, возникшим на фоне окклюзии ветви центральной вены сетчатки. Пациенты были случайным образом разделены на две группы: в первой группе субпороговое микроимпульсное лазерное воздействие проводилось с помощью лазера зелёного диапазона ($\lambda = 532$ нм), во второй – с помощью лазера жёлтого диапазона ($\lambda = 577$ нм).

Результаты. В обеих группах МО статистически значимо уменьшился до 342 ± 11 мкм ($M \pm \sigma$), максимально скорректированная острота зрения и ФСЧ увеличились до $0,59 \pm 0,07$ и $23,9 \pm 1,7$ дБ ($M \pm \sigma$) соответственно. Статистически значимого различия в эффективности лечения в зависимости от длины лазера не выявлено.

Выводы. ФСЧ в зоне отёка нейроэпителия (НЭ) имеет обратную корреляцию с толщиной НЭ, является важным показателем оценки функционального состояния сетчатки в макуле и может использоваться для разработки персонализированного подхода к лечению пациента и оценки эффективности лечения МО. Применение субпорогового микроимпульсного лазерного воздействия для лечения МО сосудистого генеза высотой до 500 мкм эффективно и безопасно, так как позволяет статистически значимо уменьшить толщину НЭ в зоне отёка и улучшить клинико-функциональные показатели, значимо уменьшить повысить ФСЧ сетчатки.

Ключевые слова: макулярный отёк, СМЛВ, оптическая когерентная томография, микропериметрия

Статья поступила: 14.07.2021
Статья принята: 04.03.2022
Статья опубликована: 20.05.2022

Для цитирования: Гуро М.Ю., Хзарджан Ю.Ю., Балалин А.С. Роль фокальной светочувствительности сетчатки в оценке эффективности микроимпульсного лазерного лечения макулярного отёка сосудистого генеза. *Acta biomedica scientifica*. 2022; 7(2): 182-189. doi: 10.29413/ABS.2022-7.2.19

THE ROLE OF RETINAL FOCAL PHOTSENSITIVITY IN MICROPULSE TREATMENT OF VASCULAR GENESIS FOCAL MACULAR EDEMA

Guro M.Yu.,
Khazardzhan Yu.Yu.,
Balalin A.S.

Volgograd Branch of the S. Fyodorov
Eye Microsurgery Federal State
Institution (Imeni Zemlyachki str. 80,
Volgograd 400138, Russian Federation)

Corresponding author:
Alexander S. Balalin,
e-mail: a.s.balalin@gmail.com

ABSTRACT

Introduction. Vascular macular edema (ME) is the most common in diabetic retinopathy and retinal vein occlusion. To assess the efficacy and safety of ongoing treatment the dynamics of the best-corrected visual acuity is always taken into account, however, taking into consideration the subjectivity of this indicator, objective methods of assessing the morphofunctional state of the retina should be performed. These include optical coherence tomography and microperimetry.

The aim of the study is to evaluate the role of focal retinal photosensitivity (FRP) in assessing the efficacy of micropulse treatment of macular edema of vascular genesis.

Material and methods. The study group consisted of 110 patients (110 eyes) including 74 patients (74 eyes) with diabetic macular edema (DME) up to 500 μm and 36 patients (36 eyes) with ME up to 500 μm caused by branch retinal vein occlusion. The patients were divided into two groups randomly: in the first group micropulse was performed using a green laser ($\lambda = 532 \text{ nm}$), in the second group – a yellow laser ($\lambda = 577 \text{ nm}$).

Results. In both groups ME decreased significantly to $342 \pm 11 \mu\text{m}$ ($M \pm \sigma$), maximum corrected visual acuity and FRP increased to 0.59 ± 0.07 and $23.9 \pm 1.7 \text{ dB}$ ($M \pm \sigma$), accordingly. Statistically significant difference in treatment efficacy depending on laser length wasn't detected.

Conclusion. FRP in the area of edema of neuroepithelium (NE) has a direct correlation with NE thickness and is an important indicator of the retinal functional state and can be used to develop a personalized approach to patient treatment and assess the effectiveness of ME treatment. Application of micropulse for treatment of vascular genesis focal ME with height up to 500 μm is effective and safe, as it allows to decrease reliably the thickness of NE in the edema zone and improve clinical and functional indices, reliably increase FRP.

Key words: macular edema, subthreshold micropulse laser photocoagulation, optical coherence tomography, microperimetry

Received: 14.07.2021
Accepted: 04.03.2022
Published: 20.05.2022

For citation: Guro M.Yu., Khazardzhan Yu.Yu., Balalin A.S. The role of retinal focal photosensitivity in micropulse treatment of vascular genesis focal macular edema. *Acta biomedica scientifica*. 2022; 7(2): 182-189. doi: 10.29413/ABS.2022-7.2.19

ВВЕДЕНИЕ

Макулярный отёк (МО) сосудистого генеза возникает на фоне общесоматической патологии, поражающей сосудистую систему организма, заболеваний крови, идиопатических сосудистых аномалий. Наиболее часто встречающиеся сосудистые заболевания сетчатки – это диабетическая ретинопатия (ДР) и окклюзии вен сетчатки (ОВС) [1, 2].

Диабетическая ретинопатия – это не что иное, как микроангиопатия с преимущественным поражением мелких ретинальных сосудов. Изменения включают в себя капилляропатию в виде дегенеративных изменений сосудистой стенки в сочетании с локальными гематологическими нарушениями, вызванными гипергликемией. Как следствие, происходит окклюзия мелких капилляров с образованием мелкоочаговых зон ишемии, наличие которых, в свою очередь, ведёт к гиперпродукции вазопротрофирующих факторов, развитию неоваскуляризации и формированию МО [1–5].

Окклюзия вен сетчатки (ОВС) представляет собой острое нарушение кровотока в ретинальных венах. Развитию данного заболевания способствует наличие артериальной гипертензии, гиперлипидемии, сахарного диабета, состояний, сопровождающихся гиперкоагуляцией, васкулита. ОВС часто осложняется МО вне зависимости от того, есть ли значимые зоны ишемии у данного пациента [2].

Успешное лечение МО крайне важно, так как оно нацелено на сохранение, а часто и на улучшение центрального зрения, поэтому так много внимания уделяется данной проблеме в современной офтальмологии. Терапией первой линии в лечении МО при ДР и ОВС является интравитреальное введение ингибиторов ангиогенеза. При отсутствии ответа на лечение или при наличии противопоказаний к применению ингибиторов ангиогенеза возможно интравитреальное введение кортикостероидов [1, 2]. Данные методы лечения при всей своей эффективности являются инвазивными, проводятся в условиях операционной и имеют достаточно высокую стоимость. Поэтому в случае наличия МО небольшой высоты по данным оптической когерентной томографии (ОКТ) возможно применение лазернохирургического лечения МО. Наиболее современным и щадящим методом лазерного воздействия является субпороговое микроимпульсное лазерное воздействие (СМИЛВ) [1–12]. В настоящее время в распоряжении врачей-офтальмологов находятся лазеры с разными длинами волн, способные работать в микроимпульсном режиме. В работе нашей клиники используются два лазера: с длиной волны 532 нм, зелёный диапазон, и с длиной волны 577 нм, жёлтый диапазон. Для оценки эффективности и безопасности проводимого лечения всегда учитывается динамика максимально скорректированной остроты зрения (МКОЗ). Однако данный показатель субъективен и сильно зависит от состояний оптических сред. Поэтому необходимо включать в протокол исследования объектив-

ные методы оценки морфофункционального состояния сетчатки. К ним относятся ОКТ и микропериметрия с оценкой светочувствительности сетчатки и фиксации взора. ОКТ стала золотым стандартом диагностики патологии макулярной области благодаря тому, что позволяет быстро и неинвазивно оценить состояние всех структур сетчатки, выявить МО и измерить его высоту и площадь. Современный вариант ОКТ – это ОКТ с функцией ангиографии. Она позволяет оценить состояние сосудов макулярной и перимакулярной области, выявить и измерить зоны ишемии сетчатки. Однако ОКТ не способна дать объективную оценку функционального состояния сетчатки. Для выполнения этой задачи на помощь офтальмологу приходит микропериметрия. Данный метод позволяет оценить светочувствительность сетчатки в макуле и устойчивость фиксации взора. Последний показатель крайне важен для прогноза возможности пациента читать и заниматься другими видами деятельности, требующими хорошего зрения вблизи [13–16]. Из клинической практики нами замечено, что при небольших по площади МО светочувствительность сетчатки в макуле снижается преимущественно в зоне отёка, не очень сильно влияя на общее значение средней светочувствительности (ССЧ) в целом. Данная особенность может ввести в заблуждение относительно функционального состояния сетчатки, поэтому нами было принято решение оценивать не только ССЧ, но и фокальную светочувствительность (ФСЧ) сетчатки непосредственно в зоне отёка нейроэпителия (НЭ). Благодаря введению в клиническую практику оценки ФСЧ можно с точки зрения эффективности и безопасности более тонко и прицельно оценить результат лечения.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценить роль фокальной светочувствительности сетчатки в оценке эффективности микроимпульсного лазерного лечения макулярного отёка сосудистого генеза.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Группу исследования составили 110 пациентов (110 глаз), из них 74 пациента (74 глаза) с фокальным или диффузным ДМО < 500 мкм (31 мужчина, 43 женщины; возраст от 42 до 86 лет) и 36 пациентов (36 глаз) с фокальным или диффузным МО < 500 мкм, возникшим на фоне окклюзии ветви центральной вены сетчатки (ОВЦВС) (19 мужчин и 17 женщин; возраст от 59 до 73 лет).

Критериями включения в исследования явились:

- наличие диабетического макулярного отёка < 500 мкм;
- наличие макулярного отёка, возникшего на фоне ОВЦВС высотой до 500 мкм.

Критериями исключения из исследования явились:

- диабетический макулярный отёк или макулярный отёк, возникший на фоне ОВЦВС, высотой более 500 мкм, так как большой по высоте отёк НЭ препятствует адекватному проникновению лазерной энергии к пигментному эпителию и плохо поддаётся лечению лазерными методиками;

- наличие эпиретинального фиброза, так как данная патология может препятствовать восстановлению профиля сетчатки в исходе рассасывания интравитреальной жидкости;

- наличие витреоретинальной пролиферации, так как данная патология также проявляется в тракционном воздействии на сетчатку, в том числе в макулярной области, и препятствует восстановлению нормального профиля сетчатки;

- предшествующая лазерная коагуляция в макуле, выполненная в пороговом режиме по методике ETDRS или mETDRS, так как данная методика выполнения лазерной коагуляции вызывает необратимое повреждение пигментного эпителия и смежных структур – нейроэпителия и хориокапилляров;

- наличие выраженных помутнений оптических сред, являющихся препятствием для поступления лазерной энергии к сетчатке;

- аметропии более 15 дптр, так как в данном случае возникают сложности в адекватной оценке зрительных функций из-за часто присутствующей амблиопии, так и сложности в фокусировке диагностических приборов, оценивающих морфофункциональное состояние сетчатки;

- макулярный отёк другой этиологии;
- воспалительные заболевания переднего и заднего отрезка глаза.

Всем пациентам проведено комплексное офтальмологическое обследование: визометрия с определением максимально скорректированной остроты зрения на фороптере Reichert (США); тонометрия (NT-530, NIDEK CO. Ltd, Япония); биометрия (Lenstar LS-900, Haag-Streit, Швейцария); компьютерная периметрия («Периком», НПО СПЕЦМЕДПРИБОР, Россия), биомикроофтальмоскопия с линзой Гольдмана; оптическая когерентная томография с функцией ангиографии (ОКТ-ангио) на XR Avanti (Optovue, США). При оценке результатов ОКТ-ангио учитывались объём НЭ сетчатки в макуле, измеренный в режиме Retina Map, толщина нейроэпителия сетчатки в зоне отёка и наличие зон ишемии в режиме Angio Retina.

Для оценки светочувствительности макулы использовался протокол «Expert Exam» на системе MAIA (CenterVue, Италия). При первичном осмотре тестирование выполнялось по стандартной методике 4-2: определение полной световой чувствительности макулы, устойчивости фиксации, 10° сетка стимулов, расчёт среднего значения светочувствительности сетчатки. В послеоперационном периоде для выполнения тестирования без изменений параметров использовался режим «follow-up».

Фокальная светочувствительность сетчатки в зоне максимального отёка НЭ рассчитывалась отдельно

как среднее значение группы стимулов в проекции отёка нейроэпителия макулы. Для определения размеров и локализации зоны отёка НЭ использовались данные оптической когерентной томографии.

Диапазон интенсивности стимулов составлял от 0 до 36 дБ, где 0 дБ – это самые яркие стимулы, а 36 дБ – это самые тёмные. Стимулы, отмеченные символом «<0», указывают на максимальную интенсивность (0 дБ), не замеченную пациентом. Система MAIA имеет нормативную базу данных, предназначенную для сравнения результатов тестирования пациента с данными обследования здоровых людей соответствующей возрастной группы. В норме световая чувствительность сетчатки ≥ 25 дБ. Значение фиксации считается устойчивым, если более 75 % точек фиксации находятся в круге диаметром 2°.

Пациенты, обследованные по представленному протоколу, были разделены на две группы случайным образом. В первую группу были включены 40 пациентов (40 глаз) с ДМО, 18 пациентов (18 глаз) с МО на фоне ОВЦВС, которым СМЛВ проводилось с помощью установки Supra 532 (Quanter Medical, Франция). Во вторую группу вошли 34 пациента (34 глаза) с ДМО и 18 пациентов (18 глаз) с МО на фоне ОВЦВС. СМЛВ пациентам второй группы проводилось с помощью установки Supra 577 (Quanter Medical, Франция). Количество сеансов СМЛВ во всех группах составило от 1 до 3 в зависимости от скорости резорбции МО.

Перед СМЛВ пациентам с ДР по показаниям проводилась панретинальная лазеркоагуляция сетчатки (ПРЛК), пациентам с диагнозом ОВЦВС при выявлении зон ишемии проводилась пороговая лазеркоагуляция в зонах ишемии.

Параметры и методика проведения СМЛВ в обеих группах была одинаковой, отличалась лишь длина волны лазера.

Экспозиция (длительность пакета импульсов) составила 100 мс, коэффициент заполнения – 5 %, период импульса – 2 мс, длительность импульса – 0,1 мс, количество импульсов в пакете – 50. Мощность лазерной энергии подбиралась индивидуально в микроимпульсном режиме парамакулярно до появления едва заметной коагуляционной реакции в виде лёгкого побеления сетчатки в зоне нанесения лазерного аппликата. После этого значение мощности уменьшали до исчезновения коагуляционной реакции и проводили обработку зон отёка НЭ. Нанесение лазерных аппликатов выполнялось в шахматном порядке с расстоянием друг от друга в один аппликат. При распространении отёка НЭ в фовеолярную аваскулярную зону мощность лазерной энергии была дополнительно снижена на 50 %.

Через 1 месяц после вмешательства проводились контрольная ОКТ-ангио и микропериметрия.

Повторный сеанс СМЛВ проводился при определении остаточного отёка НЭ. В зависимости от динамики снижения отёка НЭ выполнялось от 1 до 3 повторных сеансов лечения с контролем морфофункционального состояния сетчатки через 1 месяц после каждого этапа лечения. Период наблюдения составил от 4 до 9 месяцев.

Статистический анализ данных проводился при помощи программ Statistica 10 (StatSoft Inc., США) и Numbers (Apple Inc., США) для количественных признаков: МКОЗ, толщина НЭ (мкм), объём НЭ (мм³), ССЧ (дБ), ФСЧ (дБ), фиксация взора (%). При статистической обработке полученных результатов применяли параметрический анализ с определением критерия Стьюдента (*t*) и уровня статистической значимости (*p*). Различия считались статистически значимыми при *p* < 0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Количественная оценка эффективности лечения проводилась по динамике МКОЗ, толщины НЭ сетчатки в

зоне максимального отёка, объёма НЭ в макуле по данным ОКТ, ССЧ макулы, ФСЧ в зоне отёка НЭ и фиксации взора по данным микропериметрии. В таблице 1 представлены результаты лечения пациентов с ДМО обеих групп через 1 месяц после последнего этапа лечения.

В таблице 2 представлены результаты лечения пациентов обеих групп с МО на фоне ОВЦВС через 1 месяц после последнего этапа лечения.

На рисунке 1 представлена обратная сильная корреляционная зависимость между толщиной НЭ и ФСЧ после СМЛВ у пациентов с ДМО.

Ни у одного пациента не наблюдалось осложнений после проведения СМЛВ. В обеих группах удалось добиться статистически значимого снижения толщины НЭ в зоне отёка и повышения ФСЧ (*t* > 2,0; *p* < 0,05).

ТАБЛИЦА 1
СРЕДНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ВИЗОМЕТРИИ, ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ТОМОГРАФИИ, СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ СЕТЧАТКИ В МАКУЛЕ И ФИКСАЦИИ ВЗОРА У ПАЦИЕНТОВ С ДМО I И II ГРУПП ДО И ПОСЛЕ СМЛВ, $M \pm \sigma$

Группы	I группа			II группа		
	до СМЛВ	после СМЛВ	Δ , %	до СМЛВ	после СМЛВ	Δ , %
МКОЗ	0,49 ± 0,03	0,52 ± 0,09	5,77 %	0,48 ± 0,07	0,56 ± 0,06	16,6 %
Объём НЭ, мм ³	11,76 ± 0,18	10,31 ± 0,34	-14,1 %	8,41 ± 0,71	6,44 ± 1,23	-23,4 %
Толщина НЭ, мкм	399 ± 12*	366 ± 7**	-9 %	380 ± 10*	342 ± 11**	-10 %
ССЧ, дБ	22,8 ± 2,6	23,58 ± 2,5	3,3 %	24,9 ± 0,7	25,3 ± 0,4	1,6 %
ФСЧ, дБ	16,1 ± 3,4*	21,78 ± 2,7**	26 %	15,8 ± 1,3*	20,8 ± 1,6**	24 %
Фиксация взора, %	87 ± 4,8	95,8 ± 1,9	9,2 %	95,5 ± 1,3	99,2 ± 0,6	3,7 %

Примечание. *, ** – различия между средними значениями статистически значимы (*t* > 2,0; *p* < 0,05)

TABLE 1
MEAN VALUES OF VISOMETRY, OPTICAL COHERENCE TOMOGRAPHY, RETINAL PHOTORESPONSE IN THE MACULA AND FIXATION IN I AND II GROUPS OF PATIENTS WITH DME BEFORE AND AFTER SUBTHRESHOLD MICROPULSE LASER PHOTOCOAGULATION, $M \pm \sigma$

ТАБЛИЦА 2
СРЕДНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ВИЗОМЕТРИИ, ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ТОМОГРАФИИ, СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ СЕТЧАТКИ В МАКУЛЕ И ФИКСАЦИИ ВЗОРА У ПАЦИЕНТОВ I И II ГРУПП С МО НА ФОНЕ ОВЦВС ДО И ПОСЛЕ СМЛВ, $M \pm \sigma$

Показатели	I группа			II группа		
	до СМЛВ	после СМЛВ	Δ , %	до СМЛВ	после СМЛВ	Δ , %
МКОЗ	0,42 ± 0,07	0,46 ± 0,09	8,7 %	0,54 ± 0,06	0,59 ± 0,07	8,5 %
Толщина НЭ, мкм	473 ± 16*	408 ± 17**	-15,9 %	412 ± 10*	366 ± 10**	-12,6 %
Объём НЭ, мм ³	11,1 ± 0,16	10,9 ± 0,16	-1,8 %	11,6 ± 0,41	10,6 ± 0,37	-9,4 %
ССЧ, дБ	21,0 ± 2,4	22,1 ± 3,2	5 %	24,7 ± 0,6	25,5 ± 0,4	3,1 %
ФСЧ, дБ	16,3 ± 2,9*	23,2 ± 1,6**	29,7 %	16,6 ± 2,4*	23,9 ± 1,7**	30,5 %
Фиксация взора, %	82,1 ± 7	95,1 ± 2,5	13,7 %	94,4 ± 2,4	99,8 ± 0,3	5,4 %

Примечание. *, ** – различия между средними значениями статистически значимы (*t* > 2,0; *p* < 0,05)

TABLE 2
MEAN VALUES OF VISOMETRY, OPTICAL COHERENCE TOMOGRAPHY, RETINAL PHOTORESPONSE IN THE MACULA AND FIXATION STABILITY IN I AND II GROUPS OF PATIENTS WITH ME AGAINST THE BACKGROUND OF BRANCH RETINAL VEIN OCCLUSION BEFORE AND AFTER SUBTHRESHOLD MICROPULSE LASER PHOTOCOAGULATION, $M \pm \sigma$

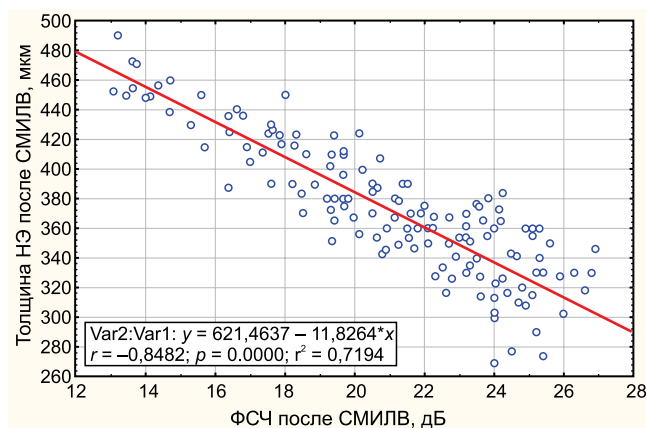


РИС. 1.
Корреляционная зависимость между толщиной НЭ (мкм) и ФСЧ (дБ) после СМЛВ у пациентов с ДМО

FIG. 1.
Correlation between NE thickness and FRP after subthreshold micropulse laser photocoagulation in patients with DME

При этом статистически значимого различия в обеих группах по динамике МКОЗ, среднего значения светочувствительности сетчатки, объёма НЭ не выявлено.

Ни у одного пациента по данным ОКТ не было выявлено ятрогенного поражения пигментного эпителия.

ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты нашей работы подтвердили связь повышения толщины сетчатки в макулярной области при МО сосудистого генеза со снижением светочувствительности сетчатки, что согласуется с результатами ряда авторов [8, 11, 14, 17]. При этом нам удалось выявить наиболее выраженное снижение ФСЧ сетчатки в проекции максимального отёка НЭ сетчатки. К подобным выводам пришли авторы в результате исследований [8, 17]. ФСЧ сетчатки в зоне отека НЭ повышается в большей степени в результате лечения, чем ССЧ; этот показатель имеет обратную корреляцию с толщиной сетчатки в макуле. Повышение ФСЧ во всех группах оказалось статистически значимым, что делает данный показатель важным для оценки функционального состояния сетчатки в макуле и мониторинга эффективности лечения. Клинико-функциональные результаты лечения пациентов в обеих группах, в том числе такой параметр, как ССЧ сетчатки, показали безопасность СМЛВ, что согласуется с данными S. Vujosevic и соавт. [12], а также с выводами ряда отечественных и зарубежных коллег, изучавших безопасность применения СМЛВ [1, 2, 6, 8, 12–16, 18, 19]. Во всех группах наблюдения проведение СМЛВ позволило уменьшить толщину сетчатки в зоне отёка НЭ, сохранить, а в ряде случаев и улучшить МКОЗ, повысить ФСЧ.

Также нами не было выявлено статистически значимой разницы в результатах лечения пациентов в зависимости от длины волны лазера, на котором проводилось СМЛВ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработка эффективных и безопасных методик лечения патологии макулярной области неразрывно связана с поиском высокочувствительных методов исследования функционального состояния сетчатки в макуле. Оценка светочувствительности сетчатки при помощи микропериметрии – это один из таких современных неинвазивных методов. При этом исследователь может самостоятельно сузить площадь исследования светочувствительности до локальной зоны, поражённой отёком либо дистрофическим процессом другого генеза. Оценка ФСЧ сетчатки важна как для оценки эффективности лечения конкретного пациента, так и для повышения статистической значимости обработки результатов лечения группы пациентов и выявления преимуществ и недостатков сравниваемых методик лечения в зависимости от конечного функционального результата.

ВЫВОДЫ

ФСЧ в зоне отёка НЭ имеет обратную корреляцию с толщиной НЭ, является важным показателем оценки функционального состояния сетчатки в макуле и может использоваться для разработки персонализированного подхода к лечению пациента и оценки эффективности лечения МО. Применение СМЛВ для лечения МО сосудистого генеза высотой до 500 мкм эффективно и безопасно, так как позволяет статистически значимо уменьшить толщину НЭ в зоне отёка и улучшить клинико-функциональные показатели, статистически значимо повысить ФСЧ сетчатки. Не выявлено статистически значимой разницы в результатах лечения пациентов с МО лазером с длиной волны 532 и 577 нм.

Конфликт интересов

Авторы заявили об отсутствии потенциального конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балашевич Л.И., Измайлов А.С. *Диабетическая офтальмопатия*. СПб.: Человек; 2012.
2. Щуко А.Г. *Лазерная хирургия сетчатки*. Иркутск: Иркутский филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Фёдорова» Минздрава России; 2019.
3. Акопян В.С., Качалина Г.Ф., Педанова Е.К., Семенова Н.С., Кузьмин К.А., Буряков Д.А. Морфологические и иммуногистохимические особенности субпорогового микроимпульсного лазерного воздействия на сетчатку. *Современные технологии в офтальмологии*. 2015; (1): 15-16.
4. Буряков Д.А., Качалина Г.Ф., Педанова Е.К., Крыль Л.А. Оценка безопасности повторных сеансов субпорогового микроимпульсного лазерного воздействия при лечении диабетического макулярного отека. *Современные технологии в офтальмологии*. 2015; (3): 19-23.

5. Володин П.Л., Иванова Е.В., Кухарская Ю.И. Навигационное микроимпульсное лазерное воздействие в лечении макулярного отека вследствие окклюзии ветви центральной вены сетчатки. *Современные технологии в офтальмологии*. 2020; (4): 343.

6. Володин П.Л., Иванова Е.А., Кухарская Ю.И. *Способ лечения тромбоза ветви центральной вены сетчатки, осложненного макулярным отеком, с индивидуальным подбором параметров микроимпульсного режима на навигационной лазерной установке Navilas 577s*: Пат. № 2704705 Рос. Федерация; МПК А61F 9/008 (2006.01); патентообладатель Федеральное государственное автономное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр «Межотраслевой научно-технический комплекс «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации. № 2018142620; заявл. 04.12.2018; опубл. 30.10.2019. Бюл. № 31.

7. Гуро М.Ю., Хзарджан Ю.Ю., Балалин А.С., Потапова В.Н. Эффективность лазерной хирургии при ишемической форме окклюзии ветвей центральной вены сетчатки. *Современные технологии в офтальмологии*. 2018; (4): 54.

8. Дога А.В., Качалина Г.Ф., Педанова Е.К., Буряков Д.А. Субпороговое микроимпульсное лазерное воздействие при лечении диабетического макулярного отека. *Современные технологии в офтальмологии*. 2015; (1): 58-61.

9. Figueira J, Khan J, Nunes S, Sivaprasad S, Rosa A, de Abreu JF, et al. Prospective randomised controlled trial comparing sub-threshold micropulse diode laser photocoagulation and conventional green laser for clinically significant diabetic macular oedema. *Br J Ophthalmol*. 2009; 93(10): 1341-1344. doi: 10.1136/bjo.2008.146712

10. Luttrull JK, Sinclair SH. Safety of transfoveal subthreshold diode micropulse laser for fovea-involving diabetic macular edema in eyes with good visual acuity. *Retina*. 2014; 34(10): 2010-2020. doi: 10.1097/IAE.0000000000000177

11. Yu AK, Merrill KD, Truong SN, Forward KM, Morse LS, Telander DG. The comparative histologic effects of subthreshold 532- and 810-nm diode micropulse laser on the retina. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2013; 54(3): 2216-2224. doi: 10.1167/iovs.12-11382

12. Vujosevic S, Frizziero L, Martini F, Bini S, Convento E, Cavarzeran F, et al. Single retinal layer changes after subthreshold micropulse yellow laser in diabetic macular edema. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina*. 2018; 49(11): e218-e225. doi: 10.3928/23258160-20181101-22

13. Alonso-Plasencia M, Abreu-González R, Gómez-Culebras MA. Structure-function correlation using OCT angiography and microperimetry in diabetic retinopathy. *Clin Ophthalmol*. 2019; (13): 2181-2188. doi: 10.2147/OPHTH.S220877

14. Okada K, Yamamoto S, Mizunoya S, Hoshino A, Arai M, Takatsuna Y. Correlation of retinal sensitivity measured with fundus-related microperimetry to visual acuity and retinal thickness in eyes with diabetic macular edema. *Eye*. 2006; 20(7): 805-809. doi: 10.1038/sj.eye.6702014

15. Vujosevic S, Bottega E, Casciano M, Pilotto E, Convento E, Midena E. Microperimetry and fundus autofluorescence in diabetic macular edema: Subthreshold micropulse diode laser versus modified early treatment diabetic retinopathy study laser photocoagulation. *Retina*. 2010; 30(6): 908-916. doi: 10.1097/IAE.0b013e3181c96986

16. Дедов И.И., Липатов Д.В. Современное состояние и перспективы развития офтальмохирургии при эндокринных нарушениях. *Сахарный диабет*. 2006; 9(3): 28-30.

17. Midena E, Vujosevic S. Microperimetry in diabetic retinopathy. *Saudi J Ophthalmol*. 2011; 25(2): 131-135. doi: 10.1016/j.sjopt.2011.01.010

18. Дедов И.И., Шестакова М.В. *Сахарный диабет*. М.: Универсим паблишед; 2003.

19. Klein R, Klein BE, Moss SE, Cruickshanks KJ. The Wisconsin Epidemiologic Study of Diabetic Retinopathy. XV. The longterm incidence of macular edema. *Ophthalmology*. 1995; 102(1): 7-16. doi: 10.1016/s0161-6420(95)31052-4

REFERENCES

1. Balashevich LI, Izmailov AS. *Diabetic ophthalmopathy*. Saint Petersburg: Chelovek; 2012. (In Russ.).

2. Shchuko AG. *Laser surgery of the retina*. Irkutsk; 2019. (In Russ.).

3. Akopyan VS, Kachalina GF, Pedanova EK, Semenova NS, Kuzmin KA, Buryakov DA. Morphological and immunohistochemical features of subthreshold micropulse laser action on the retina. *Sovremennye tekhnologii v oftal'mologii*. 2015; (1): 15-16. (In Russ.).

4. Buryakov DA, Kachalina GF, Pedanova EK, Kryl LA. Evaluation of the safety of repeated sessions of subthreshold micropulse laser exposure in the treatment of diabetic macular edema. *Sovremennye tekhnologii v oftal'mologii*. 2015; (3): 19-23. (In Russ.).

5. Volodin PL, Ivanova EV, Kukharskaya Yul. Navigational micropulse laser treatment in the treatment of macular edema due to occlusion of a branch of the central retinal vein. *Sovremennye tekhnologii v oftal'mologii*. 2020; (4): 343. (In Russ.).

6. Volodin PL, Ivanova EA, Kukharskaya Yul. *A method for treating thrombosis of a branch of the central retinal vein, complicated by macular edema, with individual selection of micropulse mode parameters on the Navilas 577s navigation laser unit*: Patent No. 2704705 of the Russian Federation. 2019; (31). (In Russ.).

7. Guro MYu, Khzardzhan YuYu, Balalin AS, Potapova VN. Efficiency of laser surgery in ischemic form of occlusion of the central retinal vein branches. *Sovremennye tekhnologii v oftal'mologii*. 2018; (4): 54. (In Russ.).

8. Doga AV, Kachalina GF, Pedanova EK, Buryakov DA. Subthreshold micropulse laser exposure in the treatment of diabetic macular edema. *Sovremennye tekhnologii v oftal'mologii*. 2015; (1): 58-61. (In Russ.).

9. Figueira J, Khan J, Nunes S, Sivaprasad S, Rosa A, de Abreu JF, et al. Prospective randomised controlled trial comparing sub-threshold micropulse diode laser photocoagulation and conventional green laser for clinically significant diabetic macular oedema. *Br J Ophthalmol*. 2009; 93(10): 1341-1344. doi: 10.1136/bjo.2008.146712

10. Luttrull JK, Sinclair SH. Safety of transfoveal subthreshold diode micropulse laser for fovea-involving diabetic macular edema in eyes with good visual acuity. *Retina*. 2014; 34(10): 2010-2020. doi: 10.1097/IAE.0000000000000177

11. Yu AK, Merrill KD, Truong SN, Forward KM, Morse LS, Telander DG. The comparative histologic effects of subthreshold 532- and 810-nm diode micropulse laser on the retina. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2013; 54(3): 2216-2224. doi: 10.1167/iovs.12-11382

12. Vujosevic S, Frizziero L, Martini F, Bini S, Convento E, Cavarzeran F, et al. Single retinal layer changes after subthreshold micropulse yellow laser in diabetic macular edema. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina*. 2018; 49(11): e218-e225. doi: 10.3928/23258160-20181101-22
13. Alonso-Plasencia M, Abreu-González R, Gómez-Culebras MA. Structure-function correlation using OCT angiography and microperimetry in diabetic retinopathy. *Clin Ophthalmol*. 2019; (13): 2181-2188. doi: 10.2147/OPHTH.S220877
14. Okada K, Yamamoto S, Mizunoya S, Hoshino A, Arai M, Takatsuna Y. Correlation of retinal sensitivity measured with fundus-related microperimetry to visual acuity and retinal thickness in eyes with diabetic macular edema. *Eye*. 2006; 20(7): 805-809. doi: 10.1038/sj.eye.6702014
15. Vujosevic S, Bottega E, Casciano M, Pilotto E, Convento E, Midena E. Microperimetry and fundus autofluorescence in diabetic macular edema: Subthreshold micropulse diode laser versus modified early treatment diabetic retinopathy study laser photocoagulation. *Retina*. 2010; 30(6): 908-916. doi: 10.1097/IAE.0b013e3181c96986
16. Dedov II, Lipatov DV. Current state and prospects for the development of ophthalmic surgery for endocrine disorders. *Diabetes mellitus*. 2006; 9(3): 28-30. (In Russ.).
17. Midena E, Vujosevic S. Microperimetry in diabetic retinopathy. *Saudi J Ophthalmol*. 2011; 25(2): 131-135. doi: 10.1016/j.sjopt.2011.01.010
18. Dedov II, Shestakova MV. *Diabetes mellitus*. Moscow: Universim published; 2003. (In Russ.).
19. Klein R, Klein BE, Moss SE, Cruickshanks KJ. The Wisconsin Epidemiologic Study of Diabetic Retinopathy. XV. The longterm incidence of macular edema. *Ophthalmology*. 1995; 102(1): 7-16. doi: 10.1016/s0161-6420(95)31052-4

Сведения об авторах

Гуро Марина Юрьевна – врач-офтальмолог, Волгоградский филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Фёдорова» Минздрава России, e-mail: marina-guro@list.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4929-740X>

Хзарджан Юлия Юрьевна – заведующая офтальмологическим отделением лазерной хирургии, Волгоградский филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Фёдорова» Минздрава России, e-mail: hzardjan@isee.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2996-5960>

Балалин Александр Сергеевич – врач-офтальмолог, Волгоградский филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Фёдорова» Минздрава России, e-mail: a.s.balalin@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0941-4184>

Information about the authors

Marina Yu. Guro – Ophthalmologist, Volgograd Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, e-mail: marina-guro@list.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4929-740X>

Yulia Yu. Khazardzhan – Head of the Ophthalmological Unit of Laser Surgery, Volgograd Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, e-mail: hzardjan@isee.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2996-5960>

Alexander S. Balalin – Ophthalmologist, Volgograd Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, e-mail: a.s.balalin@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0941-4184>

Вклад авторов

Гуро М.Ю. – концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, написание текста, редактирование.

Хзарджан Ю.Ю. – концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, редактирование.

Балалин А.С. – статистическая обработка, редактирование.