

УДК: 616.14-002-07

DOI: 10.37895/2071-8004-2021-25-3-15-20

# ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ДИАГНОСТИКЕ И ЛЕЧЕНИИ БОЛЬНЫХ С ДЕКОМПЕНСИРОВАННЫМИ ФОРМАМИ ХРОНИЧЕСКОЙ ВЕНОЗНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ

**В.А. Дуванский<sup>1,2</sup>, М.М. Мусаев<sup>3</sup>, М.М. Гутоп<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>ФГБУ «Государственный научный центр лазерной медицины им. О.К. Скобелкина  
Федерального медико-биологического агентства», Москва, Россия

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва, Россия

<sup>3</sup>Сеть клиник «ВиТерра», Москва, Россия

## Резюме

**Цель исследования.** Оценить степень нарушений регионарной микроциркуляции у больных с декомпенсированными формами хронической венозной недостаточности нижних конечностей и возможности их коррекции низкоинтенсивным лазерным излучением.

**Материалы и методы.** Проведен анализ результатов обследования и лечения 66 больных с декомпенсированными формами хронической венозной недостаточности нижних конечностей, 34 (51,5 %) из которых помимо традиционной терапии проводили лазерную стимуляцию микроциркуляции. Лазерное воздействие осуществляли с помощью инфракрасного лазера «Мустанг» с длиной волны 0,89 мкм, частотой 80 Гц, мощностью 10 Вт, экспозицией 2 мин на одну зону. Курс лазерной терапии включал 10 сеансов. Состояние микроциркуляции в тканях изучали при помощи компьютерного капилляроскопа, лазерного анализатора капиллярного кровотока и газоанализатора.

**Результаты.** Особенности микроциркуляции у больных с хронической венозной недостаточностью (С6) по данным компьютерной капилляроскопии состоят в глубоком угнетении тканевого кровотока, что выражается в полиморфизме структуры капилляров, нарушении соотношения размеров отделов капилляра, с увеличением венозного отдела, снижении плотности капиллярной сети в 1,8 раза, увеличении перикапиллярной зоны в 1,47 раза и снижении скорости капиллярного кровотока в артериальном отделе в 10,5 раза и в венозном отделе в 11,5 раза.

**Заключение.** У больных с декомпенсированными формами хронической венозной недостаточности нижних конечностей выявили значительные морфо-функциональные изменения микроциркуляции, включающие структурные изменения микрососудов, снижение плотности капиллярной сети, увеличение преваскулярной зоны, снижение скорости капиллярного кровотока, что приводит к нарушению трофики тканей, прогрессивному снижению  $T_{pO_2}$  и возникновению трофических язв. Применение лазерной стимуляции микроциркуляции в комплексном лечении больных с декомпенсированными формами хронической венозной недостаточности активизирует транскapиллярный обмен, способствует восстановлению структуры и функции микроциркуляторного русла за счет повышения миогенной активности гладкомышечных клеток артериол и прекапилляров, и нормализации артериоло-венозных взаимоотношений, что обеспечивает ускорение образования и созревания грануляционной ткани и эпителизации язв.

**Ключевые слова:** хроническая венозная недостаточность, микроциркуляция, лазерная терапия

**Для цитирования:** Дуванский В.А., Мусаев М.М., Гутоп М.М. Лазерные технологии в диагностике и лечении больных с декомпенсированными формами хронической венозной недостаточности нижних конечностей. *Лазерная медицина*. 2021; 25(3): 15–20. <https://doi.org/10.37895/2071-8004-2021-25-3-15-20>

**Контакты:** Дуванский В.А., e-mail: dvaendo@mail.ru

## LASER TECHNOLOGIES IN THE DIAGNOSTICS AND CARE OF PATIENTS WITH DECOMPENSATED FORMS OF CHRONIC VENOUS INSUFFICIENCY IN THE LOWER EXTREMITIES

**Duvansky V.A.<sup>1,2</sup>, Musaev M.M.<sup>3</sup>, Gutop M.M.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Skobelkin State Scientific Center of Laser Medicine, Moscow, Russia

<sup>2</sup>RUDN University, Moscow, Russia

<sup>3</sup>Medical Centre “Vi Terra”, Moscow, Russia

## Abstract

**Purpose.** To assess the degree of disorders in regional microcirculation in patients with decompensated forms of chronic venous insufficiency of lower extremities and potentials for their correction with low-level laser therapy (LLLT).

**Material and methods.** The authors analyzed results of examination and treatment of 66 patients with decompensated forms of chronic venous insufficiency in their lower extremities. 34 (51.5 %) patients, in addition to traditional therapy, had laser stimulation of microcirculation. For laser irradiation, infrared laser device “Mustang” (wavelength – 0.89  $\mu$ m, frequency – 80 Hz, power – 10 W, exposure – 2 min per zone) was used. In laser course, there were 10 sessions. The state of microcirculation in tissues was examined with a computerized capillaroscope, a laser analyzer of capillary blood flow and a gas analyzer.

**Results.** Microcirculation in patients with chronic venous insufficiency C6 has its specific features which, by findings of computerized capillaroscope, are manifested with deep suppression of tissue blood flow: namely, expressed polymorphism of capillary structures, violation of size

ratio of capillary sections, increased venous section, decreased density of the capillary network by 1.8 times, increased pericapillary zone by 1.47 times, decreased speed of capillary blood flow in the arterial section by 10.5 times and in the venous section by 11.5 times.

**Conclusion.** Patients with decompensated forms of chronic venous insufficiency in lower extremities were observed to have significant morphological and functional changes in microcirculation, including structural changes in microvessels, decreased density of capillary network, increased prevascular zone, decreased speed of capillary blood flow. As a result, these changes cause disorders in tissue trophism, progressive decrease in  $T_pO_2$  and development of trophic ulcers. Low-level laser stimulation of microcirculation in the complex treatment of patients with decompensated forms of chronic venous insufficiency activates transcapillary metabolism, helps to restore structures and functions of microvasculature by increasing the myogenic activity of smooth muscle cells of arterioles and precapillaries as well as by normalizing arterio-venous relationships what accelerates tissue granulation and ulcer epithelialization.

**Key words:** chronic venous insufficiency, microcirculation, laser therapy

**For citations:** Duvansky V.A., Musaev M.M., Gutop M.M. Laser technologies in the diagnostics and care of patients with decompensated forms of chronic venous insufficiency in the lower extremities. *Lazernaya medicina*. 2021; 25(3): 15–20. [In Russ.]. <https://doi.org/10.37895/2071-8004-2021-25-3-15-20>

**Contacts:** Duvansky V.A., e-mail: dvaendo@mail.ru

Высокая распространенность хронической венозной недостаточности (ХВН) в нашей стране подчеркивает важность точной и своевременной диагностики этой патологии, необходимость использования технологий лечения, которые могут быть использованы максимально широко не только врачами сердечно-сосудистого профиля, флебологами, но и общими хирургами и даже врачами других специальностей [1].

Расстройства микроциркуляции по сравнению с расстройствами центрального кровообращения изучены в значительно меньшей степени. Проявления нарушений микроциркуляции отличаются значительной вариабельностью. В них можно выделить структурные изменения самих капилляров, гемодинамические и реологические сдвиги, происходящие внутри микрососудов, а также изменения, касающиеся периваскулярной зоны [2, 3].

Изменения состояния кровотока в капиллярах и близлежащих кровеносных сосудах представляют огромный интерес в теоретическом плане, для понимания механизмов организации тканевого обмена [4, 5]. Исследования в данной области базируются на детальных знаниях морфофункциональных закономерностей функционирования кровеносных сосудов и понимании патогенеза расстройства в них кровотока [6, 7].

Работы последних лет показали, что микрососуды обладают чувствительностью к фотовоздействию. Воздействие лазерного излучения на микрососуды и возможность их фотодилатации приводит к активации микроциркуляции в тканях. Возможными точками приложения лазерного воздействия могут быть гладкие миоциты в стенке микрососудов, активация метаболизма в окружающих микрососуды клетках, повышение устойчивости гистогематического барьера, а также активация неоваскулогенеза, что ведет к реконструкции поврежденных звеньев микроциркуляторного русла [8]. Под воздействием лучей лазера местно улучшается кровообращение, активизируется фибринолитическая система крови. Лазерное излучение, активизируя ряд ферментных систем, усиливает интенсивность обменных процессов, способствуя регенерации тканей. Как показали исследования последних лет, корректирующая

терапия микроциркуляторных расстройств в зависимости от специфики и глубины поражения системы микроциркуляции может быть проведена у больных с ХВН с использованием низкоинтенсивного лазерного излучения [9].

Цель исследования – оценить степень нарушений регионарной микроциркуляции у больных с декомпенсированными формами хронической венозной недостаточности нижних конечностей и возможности их коррекции низкоинтенсивным лазерным излучением.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведен анализ результатов обследования и лечения 66 больных с декомпенсированными формами хронической венозной недостаточности нижних конечностей. В качестве клинической классификации ХВН нами использовалась международная классификация хронических заболеваний вен нижних конечностей: система CEAP. Все больные в нашем исследовании были с ХВН Стадия 6 (C6) [10]. Среди пациентов было 46 (69,7 %) женщин и 20 (30,3 %) мужчин. Средний возраст составил  $55,4 \pm 1,7$  года. Провели оценку показателей микроциркуляции методом компьютерной капилляроскопии (КК) на эпонихии I пальца стопы 24 больным. Применяли компьютерный капилляроскоп, разработанный ЗАО Центр «Анализ веществ» (Россия). Определяли: размер (диаметр) отделов капилляра; размер периваскулярной зоны; скорость движения крови; количество «слабей», проходящих через сосуд в единицу времени; длительность стаза. Морфологические типы капилляров оценивали по классификации A. Bollinger (1990) [11]. Использовали алгоритм оценки микрогемоциркуляции, разработанный В.И. Козловым [12], который наряду с качественной характеристикой композиции микрососудов и кровотока в них включал полуколичественный учет признаков, характеризующих гемодинамику в микрососудах, структурные изменения микрососудов, реологические сдвиги, состояние барьерной функции микрососудов, что позволяло рассчитать интегральный показатель – индекс микроциркуляции (ИМ), который суммарно характеризует степень накопления структурных и функциональных изменений

в микрососудах, а также оценить степень нарушения микроциркуляции и соотношение структурно-функциональных изменений микроциркуляции, позволяющее количественно определить удельный вклад основных групп признаков в общую картину нарушений микроциркуляции.

Лазерную доплеровскую флоуметрию (ЛДФ) проводили при помощи лазерного анализатора капиллярного кровотока «ЛАКК-02» (Россия) по методике, разработанной В. И. Козловым [2, 12]. Регистрировали данные лазерной доплеровской флоуметрии, полученные в покое и с применением окклюзионной пробы.

Транскутанное или чрескожное измерение парциального давления кислорода в тканях ( $Tc\ pO_2$ ) проводили с помощью полярографического электрода Кларка на газоанализаторе ТСМ-4 («Radiometer», Дания).

В зависимости от применяемых методик лечения больные были разделены на две группы (табл. 1).

Группа 1 (контрольная) была представлена 32 (48,5 %) пациентами, которым проводили традиционную терапию. Она включала в себя: эластичную компрессию нижних конечностей (эластичные бинты или компрессионный трикотаж 2-го класса); фармакотерапию; местное лечение.

Группа 2 (основная) включала 34 (51,5 %) пациента, которым помимо традиционной терапии проводили лазерную стимуляцию микроциркуляции. Лазерное воздействие осуществляли с помощью инфракрасного лазера «Мустанг» (длина волны – 0,89 мкм, частота – 80 Гц, мощность – 10 Вт, экспозиция – 2 мин на одну зону). Терапевтическое воздействие осуществляли на область проекции крупных сосудов (бедренной и подколенной артерий) с обеих сторон, и на заднюю группу мышц голени с обеих сторон. Курс лазерной терапии включал 10 сеансов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При компьютерной капилляроскопии у больных с декомпенсированными формами ХВН (табл. 1) было обнаружено обеднение капиллярной сети, плотность капилляров в среднем составила  $4,3 \pm 0,15$  на  $1\text{ мм}^2$ , перикапиллярная зона расширяется до  $133,3 \pm 1,16$  мкм, что свидетельствует о наличии выраженного интерстициального отека. Скорость капиллярного кровотока была низкой, в среднем  $51,6 \pm 4,54$  мкм/с в артериальном и  $35,3 \pm 4,33$  мкм/с в венозном отделе. В просвете капилляров отмечали светлые форменные элементы крови, а также точечные геморрагии в окружности капилляров. Диаметр артериального отдела капилляров составлял  $17,5 \pm 0,61$  мкм, венозного –  $25,8 \pm 1,04$  мкм, переходного –  $26,3 \pm 0,94$  мкм. Морфологические типы капилляров – e, f (по Bollinger). Об изменениях в состоянии системной микроциркуляции у больных с декомпенсированными формами ХВН свидетельствовал и рост индекса микроциркуляции до  $1,3 \pm 0,01$ .

Таблица 1

**Провели оценку показателей микроциркуляции методом компьютерной капилляроскопии (КК) на эпонихии I**

Table 1

**Distribution of patients depending on the curative technique**

Методы лечения <i>Treatment technique</i>	Количество больных <i>Number of patients</i>	
	Абс. / Abs.	%
Традиционное лечение <i>Traditional treatment</i>	32	48,5
Традиционное лечение + лазерная стимуляция микроциркуляции <i>Traditional treatment + laser stimulation of microcirculation</i>	34	51,5
Всего / Total	66	100,0

На поздних стадиях ХВН (C5–C6) среди изменений в микроциркуляции преобладают реологические и ба-рьерные изменения, на фоне значительных гемодинамических и структурных.

Особенности микроциркуляции у больных с декомпенсированными формами ХВН выражались по данным КК в глубоком угнетении тканевого кровотока, что выражается в полиморфизме структуры капилляров, нарушении соотношения размеров отделов капилляра, с увеличением венозного отдела, снижении плотности капиллярной сети в 1,8 раза, увеличении перикапиллярной зоны в 1,47 раза и снижении скорости капиллярного кровотока в артериальном отделе в 10,5 раза и в венозном отделе в 11,5 раза.

Результаты исследования микроциркуляции методом лазерной доплеровской флоуметрии показали, что у больных с декомпенсированными формами ХВН реактивность микрососудов существенно понижается, что свидетельствует о глубоких нарушениях кровотока не только в магистральных сосудах, но и в системе микроциркуляции. Прогрессирующее снижение функционального резерва капиллярного кровотока происходит за счет нарушения состояния регуляторных механизмов сосудов. Расстройство микроциркуляции, в свою очередь, приводит к трофическим расстройствам мягких тканей, наблюдаемое при тяжелых стадиях ХВН. Снижение показателя микроциркуляции (ПМ) после проведения постуральной пробы свидетельствует о том, что на фоне имеющегося отека и расстройства микроциркуляции происходит снижение тканевого кровотока. Не исключен также сброс крови через поврежденные клапаны. При ЛДФ-метрии мы наблюдали прогрессивное «спектральное сужение» ЛДФ-граммы с существенным резким увеличением среднего показателя ПМ и дальнейшим снижением показателя среднего квадратичного отклонения, что свидетельствовало о глубоких

Таблица 2

**Динамика изменения показателей микроциркуляции у больных с венозными трофическими язвами  
(1-я группа больных) (голень, положение тела лежа, усиление ×1)**

Table 2

**Dynamics of changes in microcirculation indices in patients with venous trophic ulcers (Group 1)  
(lower leg, lying position, magnification ×1)**

Показатели ЛДФ <i>LDF indices</i>		Значения показателей <i>Indices values</i> <i>n</i> = 32		
		до лечения <i>before treatment</i>	после курса <i>after treatment</i>	через 6 мес. <i>in 6 months</i>
ПМ (ПЕ) <i>Microcirculation indices (PerfU)</i>		15,9 ± 0,64	14,8 ± 0,2*	15,8 ± 0,45
СКО (ПЕ) <i>MAD (PerfU)</i>		0,11 ± 0,05	0,25 ± 0,07*	0,16 ± 0,03*
$K_v$ <i>Variation coefficient</i>		1,2 ± 0,6	1,9 ± 0,7	1,3 ± 0,4
ИФМ / IFM $A_{LF}/A_{HF}+A_{CF}$		0,82 ± 0,06	0,86 ± 0,14**	0,81 ± 0,04
Динамика постуральной пробы (%) <i>Dynamics in postural sample (%)</i>		+11,8	+10,4	+11,6
Ритмические составляющие ЛДФ-грамм (вклад в %) <i>Rhythmic components of LDF-gram</i> <i>(contribution in %)</i>	VLF-колебания <i>VLF-oscillations</i>	33,9	34,3	34,1
	LF-колебания <i>LF-oscillations</i>	31,1	32,1	31,2
	HF-колебания <i>HF-oscillations</i>	23,2	22,2	23,5
	CF-колебания <i>CF-oscillations</i>	11,8	11,4	11,2

**Примечание:** достоверность отличия от показателей до лечения: \* –  $p < 0,001$ , \*\* –  $p < 0,01$ .

**Note:** reliability of the difference from indicators before treatment: \* –  $p < 0.001$ , \*\* –  $p < 0.01$ .

расстройствах микроциркуляции. Отмечали выраженное подавление вазомоторного ритма и повышение высокочастотных колебаний (HF- и CF-ритм). Снижение индекса флаксометрии свидетельствует о подавлении «активных» вазомоторных механизмов регуляции тканевого кровотока. Компенсаторное усиление «пассивных» механизмов модуляции тканевого кровотока способствует его некоторой стабилизации, однако не может в полной мере компенсировать сниженный уровень. Это же было подтверждено проведением постуральной пробы, при которой происходит увеличение величины веноартериальной реакции.

Результаты исследования транскутанного напряжения кислорода у больных с декомпенсированными формами ХВН можно охарактеризовать как «критические». Показатели  $T_s$   $pO_2$  снижаются в коже паравенозной зоны до  $2,5 \pm 0,3$  (1–5) мм рт. ст. В норме у здоровых добровольцев  $T_s$   $pO_2$  на голени составляет 50–80 мм рт. ст. в горизонтальном положении.

Анализ показателей регионарной микроциркуляции после лечения показал, что группе больных, где применяли традиционное лечение, к 14-м суткам отмечена незначительная положительная динамика в показателях регионарной микроциркуляции. Однако эти изменения были крайне незначительны; так, показатель микроциркуляции в области голени в среднем

составлял  $14,4 \pm 0,2$  перфузионных единицы (ПЕ), уровень флакса (СКО) –  $0,25 \pm 0,07$  ПЕ, коэффициент вариации ( $K_v$ ) –  $0,32 \pm 0,11$ , что свидетельствует о недостаточной нормализации как структуры, так и функционирования системы микроциркуляции. Слабо изменился ПМ в неповрежденной коже голени, в периферических тканях он снизился более значительно за счет купирования воспалительных явлений в язве. Характер нейрогенной регуляции микроциркуляции практически не изменился. Вклад высокочастотных ритмов оставался значительным (дыхательный – 22,2 %, кардиоритм – 11,4 %). Данные изменения показателей микроциркуляции и ее ритмических составляющих свидетельствуют о снятии воспаления и незначительном улучшении трофики тканей, но не о восстановлении эффективной микроциркуляции. При контрольном исследовании через 6 месяцев у данной группы больных отмечается возвращение всех показателей ЛДФ-граммы и амплитудно-частотного спектра практически на исходный уровень. Динамика показателей ЛДФ представлена в таблице 2.

При проведении ЛДФ у пациентов после окончания курса лазерной терапии ПМ в области неповрежденной кожи голени нормализовался и значительно снизился, составив  $13,1 \pm 0,62$  ПЕ. Уровень флакса (СКО) увеличился до  $0,96 \pm 0,08$  ПЕ. Показатели



Таблица 3

**Динамика изменения показателей микроциркуляции у больных с венозными трофическими язвами (2-я группа больных) (голень, положение тела лежа, усиление ×1)**

Table 3

**Dynamics of changes in microcirculation indices in patients with venous trophic ulcers (Group 2) (lower leg, lying position, magnification ×1)**

Показатели ЛДФ <i>LDF indices</i>		Значения показателей <i>Indices value</i> <i>n = 34</i>		
		до лечения <i>before treatment</i>	после курса <i>after treatment</i>	через 6 мес. <i>in 6 months</i>
ПМ (ПЕ) <i>Microcirculation indices (PerfU)</i>		15,9 ± 0,64	13,1 ± 0,62*	14,2 ± 0,58
СКО (ПЕ) <i>MAD (PerfU)</i>		0,11 ± 0,05	0,36 ± 0,05	0,28 ± 0,07
$K_v$ <i>Variation coefficient</i>		1,2 ± 0,6	1,4 ± 0,09	1,3 ± 0,07
ИФМ / IFM $A_{LF}/A_{HF}+A_{CF}$		0,82 ± 0,06	0,98 ± 0,21*	0,92 ± 0,24
Динамика постуральной пробы (%) <i>Dynamics in postural sample (%)</i>		+11,8	+5,6	+9,3
Ритмические составляющие ЛДФ-грамм (вклад в %) <i>Rhythmic components of LDF-gram (contribution in %)</i>	VLF-колебания <i>VLF-oscillations</i>	33,9	37,1	36,3
	LF-колебания <i>LF-oscillations</i>	31,1	36,8	34,2
	HF-колебания <i>HF-oscillations</i>	23,2	17,0	19,4
	CF-колебания <i>CF-oscillations</i>	11,8	9,1	10,2

**Примечание:** \* – достоверность отличия от показателей до лечения ( $p < 0,001$ ).

**Note:** \* – reliability of the difference from indicators before treatment ( $p < 0.001$ ).

ритмических составляющих ЛДФ-граммы после курса лазерной рефлекторной стимуляции микроциркуляции свидетельствует об изменении расстройств согласованности ритмических составляющих в следующем порядке: рос вклад низкочастотных (LF-) и очень низкочастотных (VLF-) колебаний – до 36,8 и 37,1 % соответственно, с одновременным снижением вклада высокочастотных (HF-) до 17,0 % и колебаний капиллярного кровотока в кардиоритме (CF-) до 9,1 %. Выявленная динамика указывает на повышение сердечно-сосудистого тонуса и эффективности работы системы микроциркуляции. Стимулирующее влияние лазерной рефлекторной стимуляции микроциркуляции на тканевой кровоток подтверждается и анализом результатов постуральной пробы после курса лечения. При этом отмечается снижение величины вено-артериальной реакции у пациентов с С6 ХВН – на 9,3 %, по сравнению с результатами постуральной пробы до лечения. При анализе данных, полученных через 6 месяцев, отметили увеличение ПМ, в среднем на 10–12 %, с одновременным снижением СКО и  $K_v$ . Применение частотно-амплитудного анализа ритмических составляющих флуксуометрии свидетельствует о некотором увеличении вклада спектра в зоне HF- и CF-ритмов и снижении его в зоне VLF- и LF-ритма, что сопровождается и некоторым

снижением ИФМ. Подобная динамика свидетельствует о целесообразности проведения повторного курса лазерной рефлекторной стимуляции микроциркуляции через 6 месяцев. Динамика показателей ЛДФ представлена в таблице 3.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

У больных с декомпенсированными формами хронической венозной недостаточности нижних конечностей выявили значительные морфо-функциональные изменения микроциркуляции, включающие структурные изменения микрососудов, снижение плотности капиллярной сети, увеличение преваскулярной зоны, снижение скорости капиллярного кровотока, что приводит к нарушению трофики тканей, прогрессивному снижению  $T_s pO_2$  и возникновению трофических язв. Применение лазерной стимуляции микроциркуляции в комплексном лечении больных с декомпенсированными формами ХВН активизирует транскapиллярный обмен, способствует восстановлению структуры и функции микроциркуляторного русла за счет повышения миогенной активности гладкомышечных клеток артериол и прекапилляров, и нормализации артериоло-венозных взаимоотношений, что обеспечивает ускорение образования и созревания грануляционной ткани и эпителизации язв.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Варикозное расширение вен нижних конечностей: Клинические рекомендации*, 2021–2022–2023. М.: Минздрав РФ; 2021: 63.
2. Халепов О.В., Молотков О.В., Зинчук В.В. и др. Микроциркуляция и функция эндотелия: теоретические основы, принципы диагностики нарушений, значение для клинической практики: научно-методическое пособие: Смоленск: ООО «Дуэт-Принт»; 2015: 111.
3. Schoina M., Loutradis C., Memmos E., et al. Microcirculatory function deteriorates with advancing stages of chronic kidney disease independently of arterial stiffness and atherosclerosis. *Hypertens Res*. 2021; 44 (2): 179–187. DOI: 10.1038/s41440-020-0525-y
4. Козлов В.И., Астахов В.В. Фотоактивирующее влияние низкоинтенсивного лазерного излучения на систему микроциркуляции и лимфоидные органы. *Лазерная медицина*. 2020; 24 (1): 9–17. DOI: 10.37895/2071-8004-2020-24-1-9-17
5. Дуванский В.А., Дзагидзе Н.С., Бисеров О.В. и др. Микроциркуляция гнойных ран по данным лазерной доплеровской флоуметрии. *Лазерная медицина*. 2007; 11 (1): 46–49.
6. Дуванский В.А., Дзагидзе Н.С., Мусаев М.М. Изменения регионарной микроциркуляции у больных с венозными трофическими язвами нижних конечностей. *Лазерная медицина*. 2008; 12 (1): 43–46.
7. Дуванский В.А., Азизов Г.А. Особенности регионарной микроциркуляции у больных хронической венозной недостаточностью стадии С6. *Лазерная медицина*. 2011; 15 (1): 12–15.
8. Дуванский В.А. Фотодинамическая терапия и NO-терапия в комплексном лечении больных с трофическими язвами венозного генеза. *Лазерная медицина*. 2004; 8 (1–2): 5–8.
9. Дуванский В.А. Влияние импульсной магнитотерапии на микроциркуляцию у больных с венозными язвами по данным лазерной доплеровской флоуметрии. *Регионарное кровообращение и микроциркуляция*. 2006; 1 (17): 45–48.
10. Козлов В.И. Алгоритм компьютерной TV-микроскопии сосудов микроциркуляторного русла. *Морфология*. 2006; 129 (4): 64–65.
11. Lurie F., Passman M., Meisner M., et al. The 2020 update of the CEAP classification system and reporting standards. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord*. 2020; 8 (3): 342–352. DOI: 10.1016/j.jvsv.2019.12.075
12. Bollinger A., Fagrell B. Clinical capillaroscopy. Toronto, 1990: 166.
5. Duvansky V.A., Dzagnidze N.S., Biserov O.V., et al. Microcirculation of purulent wounds by laser Doppler flowmetry (LDF). *Lazernaya medicina*. 2007; 11 (1): 46–49. [In Russ.].
6. Duvansky V.A., Dzagnidze N.S., Musaev M.M. Changes in regional microcirculation in patients with venous trophic ulcers of the lower extremities. *Lazernaya medicina*. 2008; 12 (1): 43–46. [In Russ.].
7. Duvansky V.A., Azizov G.A. Features of regional microcirculation in patients with chronic venous insufficiency, stage C6. *Lazernaya medicina*. 2011; 15 (1): 12–15. [In Russ.].
8. Duvansky V.A. Photodynamic therapy and NO-therapy in the complex treatment of patients with trophic ulcers venous genesis. *Lazernaya medicina*. 2004; 8 (1-2): 5–8. [In Russ.].
9. Duvansky V.A. Effects of pulsed magnetotherapy at the microcirculation in patients with venous ulcers by laser Doppler flowmetry findings. *Regional blood circulation and microcirculation*. 2006; 1 (17): 45–48. [In Russ.].
10. Kozlov V.I. Algorithm of computer TV-microscopy of vessels of the microcirculatory flow. *Morphology*, 2006; 129 (4): 64–65. [In Russ.].
11. Lurie F., Passman M., Meisner M., et al. The 2020 update of the CEAP classification system and reporting standards. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord*. 2020; 8 (3): 342–352. DOI: 10.1016/j.jvsv.2019.12.075
12. Bollinger A., Fagrell B. Clinical capillaroscopy. Toronto, 1990: 166.

## Конфликт интересов

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

## Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

## Соответствие нормам этики

Авторы подтверждают, что соблюдены права людей, принимавших участие в исследовании, включая получение информированного согласия в тех случаях, когда оно необходимо, и правила обращения с животными в случаях их использования в работе.

## Compliance with ethical principles

The Authors confirm that respect the rights of the people participated in the study, including obtaining informed consent when it is necessary and the rules of treatment of animals when they are used in the study.

## Сведения об авторах

**Дуванский Владимир Анатольевич** – доктор медицинских наук, профессор, заместитель директора по научной работе, руководитель отделения эндоскопической хирургии, ФГБУ «Государственный научный центр лазерной медицины им. О.К. Скобелкина Федерального медико-биологического агентства»; заведующий кафедрой эндоскопии, эндоскопической и лазерной хирургии, ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов»; e-mail: rudnendo@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5880-2629>

**Мусаев Мирзабала Мустафа оглы** – кандидат медицинских наук, врач сердечно-сосудистый хирург, Центр флебологии «ВиТерра»; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5430-4913>

**Гутоп Максим Максимович** – младший научный сотрудник отделения эндоскопической хирургии, ФГБУ «Государственный научный центр лазерной медицины им. О.К. Скобелкина Федерального медико-биологического агентства»; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2773-1877>

## Information about the authors

**Duvanskiy Vladimir** – Dr. Sc. (Med.), Professor, Deputy Director, Skobelkin State Scientific Center of Laser Medicine; Head of the Department of Endoscopy, Endoscopic and Laser Surgery, RUDN University; e-mail: rudnendo@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5880-2629>

**Musaev Mirzabala** – Cand. Sc. (Med.), Cardio-Vascular Surgeon, Flebologic Center Vi Terra; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5430-4913>

**Gutop Maxim** – Junior Researcher at the Department of Endoscopy, Skobelkin State Scientific Center of Laser Medicine; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2773-1877>

## REFERENCES

1. Varicose veins of the lower extremities: Clinical Guidelines, 2021–2022–2023. Moscow: Ministry of Health of the Russian Federation; 2021: 163. [In Russ.].
2. Khalepo O.V., Molotkov O.V., Zinchuk V.V., et al. Microcirculation and endothelial function: theoretical foundation, principles of impairment diagnostics, importance for clinical practice: scientific and methodological manual. Smolensk: Duet-Print; 2015: 111.
3. Schoina M., Loutradis C., Memmos E., et al. Microcirculatory function deteriorates with advancing stages of chronic kidney disease independently of arterial stiffness and atherosclerosis. *Hypertens Res*. 2021; 44 (2): 179–187. DOI: 10.1038/s41440-020-0525-y
4. Kozlov V.I., Astashov V.V. Photoactivating effects of low-level laser irradiation at the microcirculation system and lymphoid organs. *Lazernaya medicina*. 2020; 24 (1): 9–17. [In Russ.]. DOI: 10.37895/2071-8004-2020-24-1-9-17