

УДК 617-089.844

<https://doi.org/10.52420/umj.24.6.43>

<https://elibrary.ru/YDYXDW>



Оценка влияния лазерного излучения на показатели микроциркуляции у пациентов с III стадией хронического геморроя

Александр Александрович Засорин^{1✉}, Дмитрий Мстиславович Созонов²

¹ Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия

² Клиническая больница «РЖД-Медицина», Екатеринбург, Россия

✉ zas.aleksander2015@yandex.ru

Аннотация

Введение. Геморрой сопровождается нарушениями микроциркуляции. Современные методы лечения, требуют оценки микроциркуляторного русла.

Цель исследования — оценить эффективность и определить оптимальные параметры лазерной деструкции у пациентов с геморроем III стадии на основании показателей микроциркуляции.

Материалы и методы. В исследование включено 80 пациентов: основная группа разделена на 3 подгруппы по 20 человек с геморроем III стадии и 20 здоровых добровольцев (контрольная группа). Основная группа разделена в зависимости от мощности лазерной деструкции. Микроциркуляция оценивалась методом лазерной доплеровской флюметрии.

Результаты. Использование лазерной доплеровской флюметрии показало лучшие результатами при мощности 8 Вт.

Обсуждение. Применение лазерного излучения мощностью 8 Вт обеспечивает более быстрое восстановление микроциркуляции.

Заключение. Лазерная деструкция геморроидальных узлов способствует восстановлению микроциркуляции, с наилучшими результатами при мощности 8 Вт.

Ключевые слова: геморрой, лазерная деструкция, лазерная доплеровская флюметрия, показатели микроциркуляции

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии явных и потенциальных конфликтов интересов.

Соответствие принципам этики. Исследование выполнено в соответствии со стандартами клинической практики и принципами Хельсинкской декларации «Этические принципы проведения медицинских исследований с участием человека» (с изм. 2013 г.). Все пациенты подписали информированное добровольное согласие на включение, участие в исследовании и публикацию в анонимном виде. Соответствие всем этическим требованиям проведенной работы подтверждено локальным этическим комитетом Уральского государственного медицинского университета (протокол № 8 от 17 ноября 2023 г.).

Для цитирования: Засорин А. А., Созонов Д. М. Оценка влияния лазерного излучения на показатели микроциркуляции у пациентов с III стадией хронического геморроя // Уральский медицинский журнал. 2025. Т. 24, № 6. С. 43–52. DOI: <https://doi.org/10.52420/umj.24.6.43>. EDN: <https://elibrary.ru/YDYXDW>.

Evaluation of the Effect of Laser Radiation on Microcirculation Parameters in Patients with the Stage III Chronic Hemorrhoids

Aleksander A. Zasorin^{1✉}, Dmitry M. Sozonov²

¹ Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia

² RZD-Medicine Clinical Hospital, Ekaterinburg, Russia

✉ zas.aleksander2015@yandex.ru

Abstract

Introduction. Hemorrhoids are accompanied by impaired microcirculation. Modern treatment methods require an assessment of the microvasculature.

Purpose is to evaluate the efficacy and determine the optimal parameters of laser destruction in patients with stage III hemorrhoids based on microcirculation indicators.

Materials and methods. The study included 80 patients: the main group was divided into 3 subgroups of 20 persons each with stage III hemorrhoids, and 20 healthy volunteers (control group). The main group was divided depending on the power of laser destruction. Microcirculation was assessed by laser Doppler flowmetry.

Results. The use of laser Doppler flowmetry showed the best results at a power of 8 W.

Discussion. The use of laser radiation at a power of 8 W provides faster recovery of microcirculation.

Conclusion. Laser destruction of hemorrhoids contributes to the restoration of microcirculation, with the best results achieved at a power of 8 W.

Keywords: hemorrhoids, laser destruction, laser Doppler flowmetry, microcirculation indicators

Conflict of interest. The authors declare the absence of obvious or potential conflict of interest.

Conformity with the principles of ethics. The study was conducted in accordance with the standards of Good Clinical Practice and the principles of the World Medical Association Declaration of Helsinki "Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects" (as amended in 2013). All patients signed an informed voluntary consent for inclusion, participation in the study, and anonymous publication. Compliance with all ethical requirements of the work performed was confirmed by the Local Ethical Committee of the Ural State Medical University (Protocol No. 8 dated 17 November 2023).

For citation: Zasorin AA, Sozonov DM. Evaluation of the effect of laser radiation on microcirculation parameters in patients with the stage III chronic hemorrhoids. *Ural Medical Journal.* 2025;24(6):43–52. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.52420/umj.24.6.43>. EDN: <https://elibrary.ru/YDYXDW>.

© Засорин А. А., Созонов Д. М., 2025

© Zasorin A. A., Sozonov D. M., 2025

Введение

Хронический геморрой является одним из самых распространенных заболеваний населения и наиболее часто встречается в практике колопроктолога. Распространенность этой патологии составляет 130–145 человек на 1 000 взрослого населения, а его удельный вес в структуре колопроктологических заболеваний варьируется от 39 % до 41 %. Это заболевание одинаково часто встречается у мужчин и женщин. Среди хирургических вмешательств на современном этапе развития колопроктологии преобладают малоинвазивные вмешательства [1, 2], точкой приложения которых является уменьшение кровотока в геморроидальных узлах, уменьшение их объема и фиксации к стенке прямой кишки [3–5]. Одним из таких малоинвазивных методов является лазерная деструкция геморроидальных узлов, которая, согласно клиническим рекомендациям¹, может применяться на II и III стадиях заболевания [6–9]. Как и многие другие, эта методика позволяет снизить время реабилитации пациента, уменьшить число осложнений [10–13]. Однако оставляет желать лучшего число

¹ Геморрой : клин. рекомендации М-ва здравоохранения РФ / Ассоц. колопроктологов России. М., 2024. URL: <https://clck.ru/3Q4y3k> (дата обращения: 17.07.2025).

рецидивов заболевания, особенно на III стадии заболевания, которые составляют до 30 % от всех пациентов, перенесших лазерную геморроидопластику. При описании технологии лазерной деструкции геморроидальных узлов нет единого мнения относительно используемой мощности и длины волны [14–22], что также свидетельствует об отсутствии разработанных рекомендаций по использованию этого метода в лечении хронического геморроя. Несмотря на то что сосудистые нарушения являются одним из ключевых факторов патогенеза геморроя, особенно на его поздних стадиях, количество исследований, оценивающих состояние микроциркуляции при указанном заболевании, остается крайне ограниченным [23–25]. Также недостаточно изучено влияние лазерного излучения различной мощности на микроциркуляцию, несмотря на наличие описанных в литературе методик ее оценки. Все вышеизложенное подтверждает актуальность исследования.

Цель исследования — оценить эффективность лазерной деструкции мощностью 8, 9, 10 Вт у пациентов с хроническим геморроем III стадии на основании динамики показателей микроциркуляции слизистой анального канала и определить оптимальные параметры воздействия.

Материалы и методы

В исследование включено 80 пациентов: 60 с хроническим геморроем III стадии (основная группа) и 20 здоровых добровольцев (контрольная группа), сопоставимых по возрасту и полу. Основная группа разделена на 3 подгруппы по 20 человек в зависимости от мощности излучения (8, 9 и 10 Вт) для лечения хронического геморроя методом лазерной деструкции. Воздействие лазерным излучением на ткань геморроидальных узлов осуществлялось в подгруппах импульсным режимом с длиной волны 1 560 нм, шагом 3–5 мм и траекторией движения в виде веера. На один геморроидальный узел затрачивалось от 119 до 208 кДж энергии ($M \pm SD^1 = (135,65 \pm 24,45)$ кДж). Визуально результат вмешательства проявлялся значительным (примерно вдвое) уменьшением объема геморроидальных узлов. Выбор параметров лазерного воздействия базировался на анализе актуальных данных научной литературы² и учитывал технические особенности используемого лазерного хирургического оборудования. Формирование групп производилось методом случайной выборки с соблюдением принципов рандомизации.

В подгруппе 1 ($n = 20$), где воздействие на ткань узла проводилось мощностью 8 Вт, длительность 1 импульса составляла 1–2 с. при межимпульсном интервале 0,5–1,0 с. Поглощенная тканями энергия при использовании торцевого световода варьировалась от 119 до 208 кДж ($M \pm SD = (141,05 \pm 20,25)$ кДж). В подгруппе 2 ($n = 20$) применялась мощность лазерного излучения 9 Вт при тех же временных характеристиках импульса. Энергетическое воздействие на один геморроидальный узел находилось в пределах 120–203 кДж ($M \pm SD = (167,26 \pm 27,95)$ кДж). В подгруппе 3 ($n = 20$) мощность составляла 10 Вт, при этом энергетическая нагрузка варьировалась от 144 до 340 кДж ($M \pm SD = (211,00 \pm 27,70)$ кДж).

¹ M — среднее (англ. mean). SD — стандартное отклонение (англ. standard deviation).

² Гайн М. Ю. Лазерные технологии в комплексном лечении геморроя // Новости хирургии. 2013. Т. 21, № 1. С. 94–104. EDN: <https://elibrary.ru/PVQACZ>; Головко Е. Б., Коротков С. А., Харабет Е. И. Лазерная геморроидопластика (LHP) в амбулаторном лечении заболеваний аноректальной зоны // Колопроктология. 2019. Т. 18, № 3. С. 22–23. EDN: <https://elibrary.ru/SHDVWS>; Чепенин М. Ю., Горский В. А., Армашов В. П. Результаты лечения геморроя методом деструкции геморроидальных узлов с использованием диодного лазера // Колопроктология. 2020. Т. 19, № 2. С. 104–111. DOI: <https://doi.org/10.33878/2073-7556-2020-19-2-104-111>.

Возраст пациентов в группах сопоставим — ($50,4 \pm 8,6$) года; сроки заболевания составили ($6,9 \pm 2,7$) года; группы сопоставимы по срокам заболевания, полу и уровню коморбидности.

Критерий включения в контрольную группу — отсутствие заболеваний аноректальной области. В основную группу включены лица с хроническим геморроем III стадии. Пациенты с сахарным диабетом, сопутствующей аноректальной патологией или психическими расстройствами исключены из исследования.

Для оценки состояния микроциркуляторного русла в зоне воздействия лазерного излучения на ткани геморроидального узла применялся метод лазерной доплеровской флюометрии с компьютеризированной регистрацией показателей кровотока¹. В качестве регистрационного устройства использовался лазерный анализатор капиллярного кровотока ЛАКК-01 (Научно-производственное предприятие «Лазма», Россия) в комплексе с персональным компьютером. Регистрация сигнала осуществлялась в объеме ткани, равном 1 мм^3 , с последующим вычислением параметров микроциркуляции: ПМ, $A_{\max} \text{LF}$, а также $A_{\max} \text{LF/M} \times 100\%$, $\sigma/A_{\max} \text{LF}$ ² и ИЭМ.

ПМ — ключевой интегральный параметр, характеризующий тканевой кровоток как произведение линейной скорости эритроцитов и их концентрации в объеме ткани. Он отражает степень перфузии и является чувствительным маркером трофического обеспечения и восстановления после повреждения. $A_{\max} \text{LF}$ отражает миогенную активность прекапилляров и артериол, обусловленную сокращениями гладкомышечных клеток. Этот параметр оценивает состояние местной вазомоторной регуляции и прекапиллярных сфинктеров. Отношение $A_{\max} \text{LF}$ к ПМ ($A_{\max} \text{LF/M} \times 100\%$) характеризует вклад миогенного механизма в общий кровоток и отражает активность локальной регуляции. Его снижение указывает на доминирование пассивных компонентов и снижение адаптационного резерва. Соотношение $\sigma/A_{\max} \text{LF}$ позволяет оценить тонус микрососудов и влияние симпатической нервной системы на микроциркуляцию. Изменения этого показателя могут указывать на нейрогенетативную дисфункцию. Коэффициенты $A_{\max} \text{CF}_1/\sigma$ и $A_{\max} \text{HF}_1/\sigma$ ³ показывают степень влияния сердечной и дыхательной активности на кровоток и отражают пассивную модуляцию микроциркуляции. ИЭМ представляет собой отношение суммы амплитуд активных регуляторных механизмов (эндотелиальных, нейрогенных и миогенных) к общей сумме всех колебательных компонентов, включая пассивные. Снижение ИЭМ свидетельствует о нарушении авторегуляции и преобладании пассивной гемодинамики⁴.

Во время проведения исследования датчик лазерной доплеровской флюометрии размещался на расстоянии 0,5 см от поверхности геморроидального узла, подвергавшегося воздействию лазерного излучения. Запись сигнала осуществлялась в течение 3 мин., что позволяло получить репрезентативную информацию о состоянии капиллярного кровотока.

¹ Козлов В. И. Развитие системы микроциркуляции, а также результаты ранее проведенных исследований с использованием данной методики. М. : РУДН, 2012. 328 с.

² ПМ — показатель микроциркуляции. $A_{\max} \text{LF}$ — максимальная амплитуда низкочастотных колебаний (англ. amplitude maximum at cardiac frequency). $A_{\max} \text{LF/M} \times 100\%$ — показатель внутрисосудистого сопротивления в процентах. σ — среднее квадратичное отклонение амплитуды колебаний кровотока от среднего арифметического значения. ИЭМ — индекс эффективности микроциркуляции.

³ $A_{\max} \text{CF}_1$ — максимальная амплитуда кардиоритмов (англ. amplitude maximum at cardiac frequency). $A_{\max} \text{HF}_1$ — максимальная амплитуда дыхательных ритмов (англ. amplitude maximum at high frequency).

⁴ Лазерная доплеровская флюометрия в оценке состояния и расстройств микроциркуляции крови / В. И. Козлов, Г. А. Азизов, О. А. Гурова, Ф. Б. Литвин. М., 2012. 32 с. URL: <https://clck.ru/3Q55pY> (дата обращения: 17.07.2025).

Статистическая обработка данных выполнялась с использованием программного обеспечения BioStat (AnalystSoft Inc., США). Количественные показатели предварительно проверялись на соответствие нормальному распределению с помощью критерия Шапиро — Уилка. В качестве меры центральной тенденции использовались $M \pm SD$. Распределение исследуемых данных соответствовалоциальному. Для выявления различий между контрольной группой и тремя исследуемыми подгруппами основной, подвергшимися воздействию лазерного излучения мощностью 8, 9 и 10 Вт, применялся однофакторный дисперсионный анализ (англ. analysis of variance, ANOVA). При получении статистически значимых различий ($p < 0,050$) дополнительно проводился проспективный анализ с использованием критерия Тьюки, позволяющего оценить межгрупповые различия по всем возможным парам.

Результаты

Выявлено, что до операции у всех пациентов с хроническим геморроем III стадии (основная группа) наблюдаются выраженные изменения микроциркуляции аноректальной зоны, которые регистрируются в виде повышенных значений ПМ и сниженных показателей $A_{max}LF$ и $A_{max}LF/M$, что свидетельствует о нарушении миогенной регуляции и развитии венозного застоя. В основной группе показатель ИЭМ статистически значимо снижен по сравнению со здоровыми людьми в контрольной группе (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительная оценка показателей микроциркуляции в норме и при хроническом геморрое III степени до выполнения лазерной деструкции в группах, $M \pm SD$

Показатель	Контрольная группа ($n = 20$)	Основная группа			p (ANOVA)
		Подгруппа 1 (8 Вт) ($n = 20$)	Подгруппа 2 (9 Вт) ($n = 20$)	Подгруппа 3 (10 Вт) ($n = 20$)	
ПМ, перф. ед.	8,71±1,21	13,01±0,59*	11,31±0,64*	12,01±0,71*	<0,050
$A_{max}LF$, 1/мин.	0,54±0,08	0,34±0,03*	0,38±0,02*	0,36±0,04*	<0,050
$A_{max}LF/M \times 100\%$, 1/мин./перф. ед.	1,81±0,06	1,61±0,06*	1,64±0,05*	1,64±0,07*	<0,050
$\sigma/A_{max}LF$, безразм. коэф.	1,57±0,08	1,57±0,08	1,59±0,10	1,51±0,09	0,620
$A_{max}CF/\sigma$, безразм. коэф.	0,10±0,04	0,08±0,04	0,08±0,06	0,09±0,05	0,780
$A_{max}HF/\sigma$, безразм. коэф.	0,13±0,03	0,11±0,06	0,12±0,06	0,13±0,04	0,910
ИЭМ, безразм. коэф.	1,80±0,09	1,38±0,08*	1,31±0,09*	1,36±0,11*	<0,050

Примечание: * статистически значимые различия по сравнению с контрольной группой ($p < 0,050$) по результатам критерия Тьюки; анализ проводился после установления значимости по однофакторному ANOVA.

На следующем этапе исследования определены показатели микроциркуляции сразу после лазерной деструкции геморроидальных узлов. Мощность лазерного излучения составила 8, 9 и 10 Вт. При регистрации показателей микроциркуляции сразу после лазерной деструкции значения ПМ возрастали в зависимости от мощности воздействия, что отражало усиление венозного стаза. Значения показателей $A_{max}LF$ и $A_{max}LF/M$ продолжали снижаться, особенно при мощности 10 Вт, указывая на подавление активной вазомоторной регуляции. ИЭМ был наименьшим именно при воздействии лазерного излучения мощностью 10 Вт, также он был снижен в подгруппе 2 по сравнению с подгруппой 1 и значениями здоровых людей (табл. 2).

Таблица 2

Сравнительная оценка показателей микроциркуляции после лазерной деструкции, $M \pm SD$

Показатель	Контрольная группа ($n = 20$)	Основная группа			p (ANOVA)
		Подгруппа 1 (8 Вт) ($n = 20$)	Подгруппа 2 (9 Вт) ($n = 20$)	Подгруппа 3 (10 Вт) ($n = 20$)	
ПМ, перф. ед.	8,71±1,21	12,34±0,60*	14,56±0,54*	15,31±1,01*	<0,001
A_{max} LF, 1/мин.	0,54±0,08	0,38±0,06*	0,31±0,03*	0,26±0,05*	<0,001
A_{max} LF/M × 100 %, 1/мин./перф. ед.	1,81±0,06	1,61±0,06*	1,59±0,04*	1,54±0,06*	≈0,046
σ/A_{max} LF, безразм. коэф.	1,57±0,08	1,49±0,18	1,59±0,10	1,61±0,09	≈0,001
A_{max} CF ₁ /σ, безразм. коэф.	0,10±0,04	0,09±0,05	0,07±0,04	0,09±0,04	≈0,0076
A_{max} HF ₁ /σ, безразм. коэф.	0,13±0,03	0,12±0,04	0,13±0,06	0,14±0,05	≈0,960
ИЭМ, безразм. коэф.	1,80±0,09	1,48±0,10*	1,28±0,09*	1,16±0,15*	<0,001

Примечание: * статистически значимые различия по сравнению с контрольной группой ($p < 0,050$) по результатам критерия Тьюки.

Следующим временным интервалом для проведения исследования были 4-е сутки постоперационного периода. Выбор этого времени для осмотра и регистрации изменений микроциркуляции связан с этапом ранней реабилитации, приведенным в клинических рекомендациях¹. На 4-е сутки после операции во всех группах сохранялся высокий уровень ПМ, особенно выраженный при 10 Вт. A_{max} LF и ИЭМ оставались низкими, что свидетельствовало о продолжающемся дисбалансе микроциркуляции. Наименьшие изменения наблюдались в подгруппе 1 (8 Вт) (табл. 3).

Таблица 3

Сравнительная оценка показателей микроциркуляции в группах на 4-е сутки после лазерной деструкции, $M \pm SD$

Показатель	Контрольная группа ($n = 20$)	Основная группа			p (ANOVA)
		Подгруппа 1 (8 Вт) ($n = 20$)	Подгруппа 2 (9 Вт) ($n = 20$)	Подгруппа 3 (10 Вт) ($n = 20$)	
ПМ, перф. ед.	8,71±1,21	11,34±0,53*	15,56±0,54*	16,01±1,01*	<0,001
A_{max} LF, 1/мин.	0,54±0,08	0,45±0,06*	0,25±0,03*	0,23±0,05*	<0,001
A_{max} LF/M × 100 %, 1/мин./перф. ед.	1,81±0,06	1,69±0,06	1,59±0,04*	1,57±0,04*	<0,050
σ/A_{max} LF, безразм. коэф.	1,57±0,08	1,54±0,18	1,59±0,10	1,61±0,09	0,720
A_{max} CF ₁ /σ, безразм. коэф.	0,10±0,04	0,09±0,05	0,07±0,04	0,08±0,03	0,660
A_{max} HF ₁ /σ, безразм. коэф.	0,13±0,03	0,12±0,04	0,14±0,05	0,13±0,04	0,840
ИЭМ, безразм. коэф.	1,80±0,09	1,51±0,08*	1,16±0,09*	1,10±0,15*	<0,001

Примечание: * статистически значимые различия по сравнению с контрольной группой ($p < 0,050$) по результатам критерия Тьюки.

На 30-е сутки в подгруппе 1 (8 Вт) значения ПМ и ИЭМ приблизились к норме, что свидетельствует о завершении reparативных процессов. В подгруппах 2 (9 Вт) и 3 (10 Вт)

¹ Геморрой ... URL: <https://clck.ru/3Q4y3k> (дата обращения: 17.07.2025).

сохранялись остаточные нарушения — повышенный ПМ и сниженный ИЭМ, — отражающие неполную компенсацию сосудистой функции (табл. 4).

Таблица 4

**Сравнительная оценка показателей микроциркуляции в группах
на 30-е сутки после лазерной деструкции, $M \pm SD$**

Показатель	Контрольная группа ($n = 20$)	Основная группа			p (ANOVA)
		Подгруппа 1 (8 Вт) ($n = 20$)	Подгруппа 2 (9 Вт) ($n = 20$)	Подгруппа 3 (10 Вт) ($n = 20$)	
ПМ, перф. ед.	8,71±1,21	8,31±0,42	12,56±0,54*	12,11±0,51*	<0,050
$A_{max} LF$, 1/мин.	0,54±0,08	0,54±0,04	0,35±0,03*	0,33±0,04*	<0,050
$A_{max} LF/M \times 100\%$, 1/мин./перф. ед.	1,81±0,06	1,86±0,05	1,59±0,04*	1,57±0,04*	<0,050
$\sigma/A_{max} LF$, безразм. коэф.	1,57±0,08	1,54±0,10	1,56±0,10	1,54±0,09	0,910
$A_{max} CF_1/\sigma$, безразм. коэф.	0,10±0,04	0,09±0,04	0,07±0,04	0,08±0,03	0,660
$A_{max} HF_1/\sigma$, безразм. коэф.	0,13±0,03	0,13±0,04	0,14±0,05	0,13±0,04	0,880
ИЭМ, безразм. коэф.	1,80±0,09	1,82±0,15*	1,56±0,09*	1,40±0,18	<0,001

Примечание: * статистически значимые различия по сравнению с контрольной группой ($p < 0,050$) по результатам критерия Тьюки.

Обсуждение

Полученные данные подтверждают наличие выраженных микроциркуляторных нарушений у пациентов с хроническим геморроем III стадии¹. До операции у этих пациентов регистрировались признаки венозного застоя и ослабления миогенной регуляции, что также подтверждало достоверное снижение ИЭМ в сравнении с нормальными значениями.

Применение лазерной деструкции как малоинвазивного метода лечения хронического геморроя III стадии оказывает дозозависимое влияние на микроциркуляцию. При мощности 8 Вт наблюдалось умеренное и обратимое нарушение сосудистой регуляции микроциркуляции сразу после операции и на 4-е сутки с восстановлением параметров к 30-м суткам. При 9 Вт изменения были выраженнее и сохранялись дольше. Наиболее неблагоприятный профиль наблюдался при 10 Вт — с выраженным снижением ИЭМ, устойчивыми признаками стаза и недостаточной компенсацией. Оптимальные показатели восстановления сосудистой регуляции достигнуты при мощности 8 Вт. В подгруппе 1 наблюдалось минимально выраженное ингибирирование вазомоторной активности, а показатели ПМ и ИЭМ стабилизировались к 30-м суткам. Увеличение мощности лазерного излучения до 9 и 10 Вт достоверно приводило к значительным нарушениям микроциркуляции, включающим в себя развитие стойкого венозного стаза и снижение коэффициента ИЭМ. Важно отметить, что высокая мощность лазерного излучения в подгруппе 3 (10 Вт) способствовала более длительному восстановительному процессу, вероятно, из-за избыточного термического повреждения сосудов. Это подтверждается результатами измерений ПМ, $A_{max} LF$ и ИЭМ, которые оставались измененными даже к 30-м суткам после процедуры.

Отсутствие статистически значимых изменений частотных показателей ($\sigma/A_{max} LF$, $A_{max} CF_1/\sigma$, $A_{max} HF_1/\sigma$) указывает на сохранность пассивных механизмов (нейрогенной и дыхательной регуляции), несмотря на термическое воздействие.

¹ Геморрой. Диагностика и лечение / подред. Ю. А. Шелыгина, А. Ю. Титова, Л. А. Благодарного, С. И. Ачкасова. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2022. 216 с. EDN: <https://elibrary.ru/MBARSL>.

Таким образом, параметры микроциркуляции демонстрируют высокую чувствительность к мощности лазерного воздействия, что требует строгого обоснования выбора энергии для лечебных процедур.

Заключение

В проведенном исследовании показано, что наилучшие результаты восстановления микроциркуляции слизистой анального канала к 30-м суткам достигаются при лазерном воздействии мощностью 8 Вт. При таких условиях наблюдалась нормализация ПМ, A_{\max}^{LF} и ИЭМ. При использовании мощности 9 и 10 Вт сохранялись признаки венозного застоя и снижение вазомоторной регуляции. Лазерная доплеровская флюметрия позволила объективно зафиксировать эти изменения.

Таким образом, мощность 8 Вт можно рассматривать как оптимальную для достижения лечебного эффекта и сохранения микроциркуляторного баланса, что подчеркивает необходимость индивидуального выбора параметров лазерной деструкции с учетом выраженности патологических изменений и потенциала восстановления локальной гемодинамики.

Список источников | References

1. Lohsiriwat V. Hemorrhoids: From basic pathophysiology to clinical management. *World Journal of Gastroenterology*. 2012;18(17):2009–2017. DOI: <https://doi.org/10.3748/wjg.v18.i17.2009>.
2. Zagriadskii EA, Bogomazov AM, Golovko EB. Conservative treatment of hemorrhoids: Results of an observational multicenter study. *Advances in Therapy*. 2018;35(12):1979–992. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12325-018-0794-x>.
3. Rodoman GV, Kornev LV, Shalaeva TI, Malushenko RN. Efficiency of combined methods of hemorroid treatment using HAL-RAR and laser destruction. *Pirogov Russian Journal of Surgery*. 2017;(5):47–51. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17116/hirurgia2017547-51>.
4. Acheson AG, Scholefield JH. Management of haemorrhoids. *BMJ*. 2008;336(7640):380–383. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmj.39465.674745.80>.
5. He YH, Tang ZJ, Xu XT, Huang DQ, Zhang LS, Tang QZ, et al. A randomized multicenter clinical trial of RPH with the simplified milligan-morgan hemorrhoidectomy in the treatment of mixed hemorrhoids. *Surgical Innovation*. 2017;24(6):574–581. DOI: <https://doi.org/10.1177/1553350617731205>.
6. Titov AYU, Kostovich IV. Submucosal laser ablation of internal hemorrhoids. *Pirogov Russian Journal of Surgery*. 2020;(3):89–96. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17116/hirurgia202003189>.
7. Vasiliev SV, Nedozimovanyy AI, Popov DE, Sorkin RG, Gor IV. Laser submucosal destruction of chronic hemorrhoids stage II–III. *Koloproktologiya*. 2019;18(2):21–26. DOI: <https://doi.org/10.33878/2073-7556-2019-18-2-21-26>.
8. Ram E, Kayzer M, Zager Y, Anteby R, Nachmany I, Carter D, et al. Laser hemorrhoidoplasty for II–IV grade hemorrhoids: Should we treat them the same? *Updates in Surgery*. 2023;75(3):635–642. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13304-023-01480-0>.
9. Rubbini M, Ascanelli S. Classification and guidelines of hemorrhoidal disease: Present and future. *World Journal of Gastrointestinal Surgery*. 2019;11(3):117–121. DOI: <https://doi.org/10.4240/wjgs.v11.i3.117>.
10. Gravié JE, Lehur PA, Huten N, Papillon M, Fantoli M, Descottes B, et al. Stapled hemorrhoidopexy versus Milligan-Morgan hemorrhoidectomy: A prospective, randomized, multicenter trial with 2-year postoperative follow up. *Annals of Surgery*. 2005;242(1):29–35. DOI: <https://doi.org/10.1097/01.sla.0000169570.64579.31>.
11. Poskus T, Danys D, Makunaite G, Mainelis A, Mikalauskas S, Poskus E, et al. Results of the double-blind randomized controlled trial comparing laser hemorrhoidoplasty with sutured mucopexy and excisional hemorrhoidectomy. *International Journal of Colorectal Disease*. 2020;35(3):481–490. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00384-019-03460-6>.
12. Plapler H, Hage R, Duarte J, Lopes N, Masson I, Cazarini C, et al. A new method for hemorrhoid surgery: Intrahemorrhoidal diode laser. *Photomedicine and Laser Surgery*. 2009;27(5):819–823. DOI: <https://doi.org/10.1089/pho.2008.2368>.

13. Salgueiro P, Ramos MI, Castro-Poças F, Libânio D. Office-based procedures in the management of hemorrhoidal disease: Rubber band ligation versus sclerotherapy — systematic review and meta-analysis. *GE — Portuguese Journal of Gastroenterology*. 2022;29(6):409–419. DOI: <https://doi.org/10.1159/000522171>.
14. Avital S, Inbar R, Karin E, Greenberg R. Five-year follow-up of Doppler-guided hemorrhoidal artery ligation. *Techniques in Coloproctology*. 2012;16(1):61–65. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10151-011-0801-6>.
15. Jahanshahi A, Mashhadizadeh E, Sarmast MH. Diode laser for treatment of symptomatic hemorrhoid: A short term clinical result of a mini invasive treatment, and one year follow up. *Polish Journal of Surgery*. 2012;84(7):329–332. Available from: <https://clck.ru/3QAYnz> (accessed 17 July 2025).
16. Hodgson WJ, Morgan J. Ambulatory hemorrhoidectomy with CO₂ laser. *Diseases of the Colon & Rectum*. 1995;38(12):1265–1269. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02049150>.
17. Symeonidis D, Spyridakis M, Zacharoulis D, Tzovaras G, Samara AA, Valaroutsos A, et al. Milligan-Morgan hemorrhoidectomy vs. hemorrhoid artery ligation and recto-anal repair: A comparative study. *BMC Surgery*. 2022;22(1):416. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12893-022-01861-z>.
18. Gambardella C, Brusciano L, Brillantino A, Parisi S, Lucido FS, Del Genio G, et al. Mid-term efficacy and postoperative wound management of laser hemorrhoidoplasty vs conventional excisional hemorrhoidectomy in grade III hemorrhoidal disease: The twisting trend. *Langenbeck's Archives of Surgery*. 2023;408(1):140. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00423-023-02879-4>.
19. Jin L, Qin K, Wu R, Yang H, Cui C, Wang Z, et al. Laser hemorrhoidoplasty vs. rubber band ligation: A randomized trial comparing 2 mini-invasive treatment for grade II hemorrhoids. *BMC Surgery*. 2024;24(1):164. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12893-024-02425-z>.
20. Maloku H, Gashi Z, Lazovic R, Islami H, Juniku-Shkololli A. Laser hemorrhoidoplasty procedure vs open surgical hemorrhoidectomy: A trial comparing 2 treatments for hemorrhoids of third and fourth degree. *Acta Informatica Medica*. 2014;22(6):365–367. DOI: <https://doi.org/10.5455/aim.2014.22.365-367>.
21. Cherepenin MYu, Gorskiy VA, Armashov VP. Results of hemorrhoid treatment by destruction of hemorrhoidal nodes using a diode laser. *Koloproktologiya*. 2020;19(2):104–111. DOI: <https://doi.org/10.33878/2073-7556-2020-19-2-104-111>.
22. Plapler H, Hage R, Duarte J, Lopes N, Masson I, Cazarini C, et al. A new method for hemorrhoid surgery: Intrahemorrhoidal diode laser, does it work? *Photomedicine and Laser Surgery*. 2009; 27(5):819–823. DOI: <https://doi.org/10.1089/pho.2008.2368>.
23. Wilkerson PM, Strbac M, Reece-Smith H, Middleton SB. Doppler-guided haemorrhoidal artery ligation: Long-term outcome and patient satisfaction. *Colorectal Disease*. 2009;11(4):394–400. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1463-1318.2008.01602.x>.
24. Lie H, Caesarini EF, Purnama AA, Irawan A, Sudirman T, Jeo WS, et al. Laser hemorrhoidoplasty for hemorrhoidal disease: A systematic review and meta-analysis. *Lasers in Medical Science*. 2022;37(9):3621–3630. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10103-022-03643-8>.
25. Trigui A, Rejab H, Akrout A, Trabelsi J, Zouari A, Majdoub Y, et al. Laser utility in the treatment of hemorrhoidal pathology: A review of literature. *Lasers in Medical Science*. 2022;37(2):693–699. DOI: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10103-021-03333-x>.

Информация об авторах

Александр Александрович Засорин — доктор медицинских наук, доцент кафедры хирургических болезней, институт хирургии, Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия.

E-mail: zas.aleksander2015@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9561-6064>

Дмитрий Мстиславович Созонов — хирург, Клиническая больница «РЖД-Медицина», Екатеринбург, Россия.

E-mail: saur0n620@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5409-8206>

Information about the authors

Alexander A. Zasorin — Doctor of Sciences (Medicine), Associate Professor of the Department of Surgical Diseases, Institute of Surgery, Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: zas.aleksander2015@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9561-6064>

Dmitry M. Sozonov — Surgeon, RZD-Medicine Clinical Hospital, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: saur0n620@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5409-8206>

Рукопись получена: 9 июля 2025. Одобрена после рецензирования: 18 сентября 2025. Принята к публикации: 30 октября 2025.

Received: 9 July 2025. Revised: 18 September 2025. Accepted: 30 October 2025.