

Зайцев А.Е.¹, Асанов О.Н.¹, Сандалов Е.Ж.², Зайцева А.В.³

КЛИНИЧЕСКИЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫСОКОИНТЕНСИВНОГО ЭРБИЕВОГО ЛАЗЕРА ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ХРОНИЧЕСКИХ РАН

¹Филиал ФГБВОУ ВО Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова в г. Москве, Москва, Россия

²ФГКУ «354-й Военно-клинический госпиталь» Минобороны России, Екатеринбург, Россия

³ФГБОУ ВО Астраханский государственный медицинский университет Минздрава России, Астрахань, Россия

Хронические раны являются весьма распространенной хирургической патологией. Некоторые виды лазерного излучения позволяют эффективно санировать раны и стимулировать процессы заживления. Высокоинтенсивный эрбиевый лазер способен комплексно воздействовать на ткани во всех фазах раневого процесса, вызывая ускоренное заживление хронических ран. **Цель работы.** Оценить эффективность применения высокоинтенсивного эрбиевого лазера для лечения пациентов с хроническими ранами различного генеза по сравнению с традиционным лечением. **Материал и методы.** Проведен анализ лечения 144 пациентов с хроническими ранами, которые были разделены на две группы. В 1-й группе ($n = 71$) применялся высокоинтенсивный эрбиевый лазер и перевязки с водорастворимыми мазями. Во 2-й группе ($n = 73$) проводилась стандартная хирургическая обработка с аналогичными перевязками. Результаты оценивали с помощью визуальной оценки раневых дефектов, планиметрии, бактериологического, цитологического исследований, оценки переносимости процедуры и выраженности болевого синдрома до и после лечения. **Результаты.** У пациентов 1-й группы достоверно раньше выявляли признаки заживления, а также чаще фиксировали случаи полной эпителизации ран. Лазерная обработка способствовала более эффективной деконтаминации раневых дефектов, а в цитологической картине чаще наблюдали признаки регенерации тканей. Пациенты лучше переносили применение эрбиевого лазера, чем хирургическую обработку, однако выраженность болевого синдрома после лечения не отличалась в группах. **Заключение.** Исследование подтвердило эффективность применения высокоинтенсивного эрбиевого лазера для лечения хронических ран. Данный способ может быть рекомендован для использования в хирургической практике наряду с другими техническими и медикаментозными средствами.

Ключевые слова: эрбиевый лазер; хронические раны; трофические язвы; сахарный диабет; диабетическая стопа; атеросклероз; венозные язвы.

Для цитирования: Зайцев А.Е., Асанов О.Н., Сандалов Е.Ж., Зайцева А.В. Клинический опыт применения высокоинтенсивного эрбиевого лазера для лечения хронических ран. *Клиническая медицина*. 2024;102(2):147–151.

DOI: <http://dx.doi.org/10.30629/0023-2149-2024-102-2-147-151>

Для корреспонденции: Зайцев Александр Евгеньевич — e-mail: doc.zaitsev@yandex.ru

Alexander E. Zaitsev¹, Oleg N. Asanov¹, Evgeny Zh. Sandalov², Anastasia V. Zaitseva³

CLINICAL EXPERIENCE OF USING HIGH-INTENSITY ERBIUM LASER FOR THE TREATMENT OF CHRONIC WOUNDS

¹Military Medical Academy named after S.M. Kirov (Moscow Branch) of the Ministry of Defense of Russia, Moscow, Russia

²354 Military Hospital, Ekaterinburg, Russia

³Astrakhan State Medical University, Astrakhan, Russia

Chronic wounds are a common surgical pathology. Some types of laser radiation allow for effective debridement of wounds and stimulation of healing processes. High-intensity erbium laser can comprehensively affect tissues in all phases of the wound process, leading to accelerated healing of chronic wounds. **The aim of the study** was to evaluate the effectiveness of using high-intensity erbium laser for treating patients with chronic wounds of various origins compared to traditional treatment. **Material and methods:** An analysis of the treatment of 144 patients with chronic wounds was conducted in two groups. In the 1st group ($n = 71$), a high-intensity erbium laser and dressings with water-soluble ointments were used. In the 2nd group ($n = 73$), standard surgical treatment with similar dressings was performed. Results were evaluated using visual assessment of wound defects, planimetry, bacteriological and cytological studies, assessment of procedure tolerability, and pain intensity before and after treatment. **Results:** patients in the 1st group showed signs of healing significantly earlier and more frequently achieved complete epithelialization of wounds. Laser treatment contributed to more effective decontamination of wound defects, and signs of tissue regeneration were more frequently observed in cytological images. Patients tolerated erbium laser treatment better than surgical treatment, although pain intensity after treatment did not differ between groups. **Conclusion:** The study confirmed the effectiveness of using high-intensity erbium laser for treating chronic wounds. This method can be recommended for use in surgical practice alongside other technical and pharmacological tools.

Key words: erbium laser; chronic wounds; trophic ulcers; diabetes; diabetic foot; atherosclerosis; venous ulcers.

For citation: Zaitsev A.E., Asanov O.N., Sandalov E.Zh., Zaitseva A.V. Clinical experience of using a high-intensity erbium laser for the treatment of chronic wounds. *Klinicheskaya meditsina*. 2024;102(2):147–151.

DOI: <http://dx.doi.org/10.30629/0023-2149-2024-102-2-147-151>

For correspondence: Alexander E. Zaitsev — e-mail: doc.zaitsev@yandex.ru

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Acknowledgments. The study had no sponsorship.

Гнойно-воспалительные заболевания кожи и мягких тканей традиционно занимают лидирующие позиции в структуре общехирургической патологии [1–3]. Увеличение доли сосудистых и эндокринных заболеваний, а также повышение среднего возраста населения приводит к росту количества пациентов с хроническими ранами и трофическими язвами различного генеза [4–6]. Кuration таких больных, как правило, требует длительного времени и значительных экономических затрат [7].

В ряде различных методов лечения хронических ран определенное место занимает лазерное излучение, при определенных параметрах которого можно эффективно санировать раны и стимулировать процессы заживления [8–10]. Некоторые виды лазерных аппаратов способны комплексно воздействовать на ткани и применимы во всех фазах раневого процесса [11, 12].

Высокоинтенсивный эрбиевый лазер с длиной волны 2,94 мкм и плотностью энергии до 20 Дж/см² в режиме ультракоротких (около 300 с) импульсов позволяет производить контролируемую некрэктомию и санацию раны путем выпаривания (абляции). При этом нет термического повреждения подлежащих тканей, что выгодно отличает данный тип лазеров от остальных. Следствием такого воздействия является эффективное удаление раневого детрита, нежизнеспособных тканей и микробных биопленок. Также в эрбиевом лазере имеется режим пространственно-модулированной абляции, или SMA-режим, суть которого заключается в преобразовании лазерного излучения в механические волны, распространяющиеся вглубь тканей. Интерференция таких волн вызывает эффект резонанса на глубине до 6 мм и создает участки микротравматизации в дерме, благодаря чему инициируются механизмы ускоренной регенерации. Работа лазера в SMA-режиме позволяет стимулировать заживление во второй и третьей фазах раневого процесса [13–15].

Эффективность метода в отношении влияния его на раневую процесс была подтверждена авторами ранее в рамках экспериментального исследования, проведенного на модели трофической гнойной раны у крыс (Патент РФ № 2753955 от 24.08.2021). Результаты визуальной оценки, планиметрии, бактериологического и цитологического исследований позволили судить об успешной элиминации возбудителя и ускоренном заживлении раневых дефектов. Важнейшей частью эксперимента было морфологическое исследование, в котором при помощи световой и электронной микроскопии была доказана способность эрбиевого лазера разрушать биопленочные структуры микроорганизмов, не вызывая при этом повреждения окружающих тканей.

Цель исследования — оценить эффективность применения высокоинтенсивного эрбиевого лазера для лечения пациентов с хроническими ранами по сравнению с традиционными методами лечения.

Материал и методы

В исследовании проведен анализ обследования, лечения и наблюдения 144 пациентов с длительно незажи-

вающими раневыми дефектами, возникшими на фоне синдрома диабетической стопы, венозной недостаточности и облитерирующего атеросклероза сосудов нижних конечностей. Больные проходили стационарное и амбулаторное лечение на базе отделения гнойной хирургии НМИЦ ВМТ им. А.А. Вишневого (г. Красногорск), клиники «Линлайн» (г. Екатеринбург) с 2018 по 2021 г.

Среди пациентов было 94 (65,3%) мужчины и 50 (34,7%) женщин от 27 до 84 лет. Средний возраст составил $55,8 \pm 13,3$ года. Количество больных с различными формами синдрома диабетической стопы составило 75 (52,1%) человек, с венозными язвами 45 (31,3%) человек и с язвами на фоне облитерирующего атеросклероза 24 (16,7%) человека. У всех пациентов были одиночные, сливные или множественные раневые дефекты нижних конечностей площадью от 3 до 65 см², длительность которых была в диапазоне от 3 до 54 мес. Перед началом местного лечения у пациентов устраняли или минимизировали факторы, влияющие на формирование хронических ран (обеспечивали нормализацию уровня глюкозы, снижение степени венозного застоя, улучшение артериального кровотока в нижних конечностях, в т.ч. и оперативным путем).

В соответствии с дизайном исследования все пациенты были разделены на две группы, сопоставимые по полу, возрасту, диагнозу, сопутствующим заболеваниям, а также длительности и размерам раневых дефектов. В 1-й (основной) группе ($n = 71$) раны обрабатывались высокоинтенсивным эрбиевым лазером в двух режимах в соответствии с фазой раневого процесса совместно с применением водорастворимых мазей (левомеколь). Во 2-й (контрольной) группе ($n = 73$) раневые дефекты изначально подвергались традиционной хирургической обработке (удаление фибрина и некротических тканей острым путем) и далее перевязывались с использованием водорастворимых мазей, как в основной группе. Период наблюдения составил 30 сут, а лазерная обработка ран и перевязки осуществлялись через день. Незажившие к концу периода наблюдения раны с большой площадью подготавливали к дермопластике свободным аутоотрансплантатом.

Критериями исключения служили: острые инфекционные заболевания, активный гнойный процесс, тяжелое состояние и вынужденное положение больного, декомпенсация хронических заболеваний, онкологический диагноз, иммунодефицит, беременность, а также глубокие раны с труднодоступными для лазерной обработки зонами.

Сравнительный анализ эффективности лечения хронических ран в группах проводили с помощью визуальной оценки динамики раневого процесса (определение сроков очищения ран, появления зрелых грануляций и начала краевой эпителизации), планиметрии (по цифровым фотографиям с помощью компьютерной программы *ImageJ*), определения размеров (малые — до 5 см², средние — от 5 до 20 см², крупные — от 20 до 50 см² и обширные — более 50 см²) и средней глубины ран, бактериологического исследования (уровень обсе-

ненности анализировали полуколичественным методом с диапазонами: 0 — нет роста; + — до 10^3 КОЕ; ++ — от 10^3 до 10^5 КОЕ; +++ — более 10^5 КОЕ с видовым определением раневой микрофлоры), цитологического исследования мазков-отпечатков раневой поверхности по методу М.П. Покровской и М.С. Макарова (с определением типа цитограммы) на 1-е, 15-е и 30-е сутки наблюдения. Субъективную оценку проводили с помощью опросника 10-балльной вербальной шкалы оценки боли (*Verbal Descriptor Scale*, 1990) до и после проведенного лечения, а также оценивали переносимость процедуры применения лазера и традиционной хирургической обработки с помощью специальной 4-балльной шкалы (1 — безболезненно, 2 — легкая болезненность, 3 — умеренная болезненность, 4 — выраженная болезненность).

Все изложенные клинические и демографические показатели представляли в виде количественных распределений и простых процентных соотношений. Для определения нормальности распределения использовали критерий Шапиро–Уилка. При сравнении двух независимых групп с ненормальным распределением использовали: для количественных признаков — U-критерий Манна–Уитни, для качественных признаков — χ^2 (с поправкой Йетса при менее 10 единиц наблюдения и двусторонний критерий Фишера при менее 5). Статистически достоверными различия считали при уровне $p < 0,05$. Для обработки данных и проведения методов статистического анализа было использовано программное обеспечение *Statistica 10.0*.

Результаты

По результатам визуальной оценки раневого процесса очищение от детрита наступало достоверно раньше ($p < 0,05$) в 1-й группе (на $3,93 \pm 1,35$ сут) по сравнению со 2-й (на $5,44 \pm 2,19$ сут). Возникновение свежих грануляций (на $6,24 \pm 1,5$ сут) и начальные признаки краевой эпителизации (на $8,52 \pm 1,9$ сут) также происходило быстрее ($p < 0,05$) в группе применения лазера, чем аналогичные показатели ($7,71 \pm 2,22$ сут и $10,4 \pm 3,05$ сут) в контрольной группе.

Изначально размеры ран у пациентов обеих групп были сопоставимы между собой ($p > 0,05$). В конце периода лечения и наблюдения, на 30-е сутки, в 1-й группе полное заживление раневых дефектов наблюдалось в 56% случаев, в то время как во 2-й группе полная эпителизация наблюдалась у 26% больных ($p < 0,05$). Одна-

ко такие результаты не означали двукратное преимущество лазерной обработки по сравнению с традиционным лечением, о чем свидетельствовало соотношение размеров незаживших ран. На 30-е сутки у пациентов среди незаживших дефектов преобладали малые, при этом значительно чаще они встречались во 2-й группе ($p < 0,05$). Соотношение других размеров ран оставалось сопоставимым в группах ($p > 0,05$), а среди обширных дефектов сохранялся лишь один, который наблюдали в группе традиционного лечения (табл. 1).

К концу периода наблюдения показатели средней площади и средней глубины среди незаживших ран в 1-й группе несколько превосходили аналогичные показатели во 2-й группе, однако достоверно значимых различий между ними выявлено не было ($p > 0,05$).

Совокупность данных, полученных в ходе визуальной оценки и планиметрии, указывала на то, что процессы заживления происходили в обеих группах на фоне лечения, однако применение высокоинтенсивного эрбиевого лазера ускоряло смену физиологических этапов регенерации хронических ран.

Анализ микрофлоры, полученный из ран обеих групп, позволил судить об изначально схожем качественном и количественном составе микроорганизмов, представленных преимущественно монокультурами *St. aureus*, *St. epidermidis*, *E. coli*, *En. faecalis*, *Pr. mirabilis*, *Acinetobacter* spp. ($p > 0,05$). На 15-е сутки в группе лазерной обработки около 66% ран становились стерильными, в то время как в группе традиционного лечения отрицательные посевы наблюдались только в 47% случаев ($p < 0,05$). На 30-е сутки отсутствие флоры наблюдалось в 74% случаев в 1-й группе и в 61% во 2-й группе ($p > 0,05$). Стоит отметить, что в конце периода наблюдения посевы выполняли только у пациентов с незажившими ранами, т.е. у 31 человека в опытной группе и у 54 человек в группе традиционного лечения (табл. 2).

Цитологическое исследование ран в 1-е сутки наблюдения показало схожую картину раневого процесса в обеих группах с преобладанием дегенеративно-воспалительного типа цитограмм ($p > 0,05$). На 15-е сутки этот тип цитограмм в 3 раза реже встречали в 1-й группе, чем во 2-й ($p < 0,05$), при этом наиболее часто наблюдали воспалительно-регенераторный тип, особенно в группе лазерного лечения ($p < 0,05$). На 30-е сутки среди всех пациентов с незажившими ранами, преимущественно

Таблица 1. Сравнение групп по количеству заживших и размерам незаживших ран

Table 1. Comparison of groups by the number of healed wounds and the size of unhealed ones

Показатели/Indicators		Общая группа Total group (n = 144)	1-я группа Group 1 (n = 71)	2-я группа Group 2 (n = 73)	p
Зажившие раны/Healed wounds, n (%)		59 (41,0)	40 (56,3)	19 (26,0)	< 0,001
Размеры незаживших Sizes of unhealed Wounds, n (%)	Малые, до 5 см ² /Small, up to 5 cm ²	41 (28,4)	13 (18,3)	28 (38,4)	0,01
	Средние, от 5 до 20 см ² /Medium, from 5 to 20 cm ²	35 (24,3)	15 (21,1)	20 (27,4)	0,38
	Крупные, от 20 до 50 см ² /Large, from 20 to 50 cm ²	8 (5,5)	3 (4,2)	5 (6,8)	0,49
	Обширные, более 50 см ² /Vast, over 50 cm ²	1 (0,7)	—	1 (1,4)	0,32

Таблица 2. Сравнение групп по степени обсемененности ран в динамике

Table 2. Comparison of groups according to wound infection rate over time

Сроки наблюдения Observation period	Группа Group	Обсемененность ран/Wound infection rate, <i>n</i> (%)			
		высокая/high	средняя/moderate	низкая/low	отсутствие роста/no growth
1-е сутки/1 st day	1-я (<i>n</i> = 71)	51 (71,8)	14 (19,7)	4 (5,6)	2 (2,8)
	2-я (<i>n</i> = 73)	44 (60,3)	20 (27,4)	8 (11,0)	1 (1,4)
	<i>p</i>	0,14	0,28	0,25	0,54
15-е сутки/15 th day	1-я (<i>n</i> = 71)	0	4 (5,6)	20 (28,2)	47 (66,2)
	2-я (<i>n</i> = 73)	2 (2,7)	17 (23,3)	21 (28,8)	34 (46,6)
	<i>p</i>	0,16	< 0,001	0,94	0,02
30-е сутки/30 th day	1-я (<i>n</i> = 31)		0	8 (25,8)	23 (74,2)
	2-я (<i>n</i> = 54)	0	4 (7,4)	17 (31,5)	33 (61,1)
	<i>p</i>	–	0,12	0,58	0,22

Таблица 3. Сравнение групп по типу цитогрaмм в динамике

Table 3. Comparison of groups by cytogram type over time

Сроки наблюдения Observation period	Группа Group	Тип цитогрaммы/Cytogram type, <i>n</i> (%)				
		НТ/NT	ДВТ/DIT	ВТ/IT	ВРТ/IRT	РТ/RT
1-е сутки/1 st day	1-я (<i>n</i> = 71)	5 (7,1)	53 (74,6)	13 (18,3)	0	0
	2-я (<i>n</i> = 73)	7 (9,6)	59 (80,8)	7 (9,6)	0	0
	<i>p</i>	0,58	0,37	0,13	–	–
15-е сутки/15 th day	1-я (<i>n</i> = 71)	0	5 (7,1)	21 (29,6)	41 (57,8)	4 (5,6)
	2-я (<i>n</i> = 73)	0	16 (21,9)	27 (37,0)	29 (39,7)	1 (1,4)
	<i>p</i>	–	0,01	0,35	0,03	0,18
30-е сутки/30 th day	1-я (<i>n</i> = 31)	0	0	3 (9,7)	16 (51,2)	12 (38,7)
	2-я (<i>n</i> = 54)	0	0	16 (29,6)	30 (55,5)	8 (14,8)
	<i>p</i>	–	–	0,03	0,73	0,01

Примечание. НТ — некротический тип; ДВТ — дегенеративно-воспалительный тип; ВТ — воспалительный тип; ВРТ — воспалительно-регенераторный тип; РТ — регенераторный тип.

Note. NT — necrotic type; DIT — degenerative-inflammatory type; IT — inflammatory type; IRT — inflammatory-regenerative type; RT — regenerative type.

встречались воспалительно-регенераторный и регенераторный типы мажков, последний из которых наблюдался чаще в основной группе ($p < 0,05$) (табл. 3).

Субъективная оценка переносимости процедуры показала, что лазерная санация ран в режиме абляции проходила безболезненно для 69% пациентов, тогда как традиционная хирургическая обработка не вызывала болевых ощущений лишь у трети пациентов, а в ряде случаев требовала дополнительного обезболивания ($p < 0,05$).

Выраженность болевого синдрома у пациентов обеих групп до лечения значимо не отличалась ($p > 0,05$). Наиболее часто имела место отвлекающая боль (5 из 10), о которой заявили 24 человека в 1-й группе и 30 человек во 2-й группе до начала лечения. В конце периода наблюдения пациенты уже чаще характеризовали боль как легкую (3 из 10), примерно в 40% случаев, без достоверных признаков различия в обеих группах ($p > 0,05$).

Заключение

Полученные в ходе исследования данные подтвердили эффективность применения высокоинтенсивного эрбиевого лазера для лечения хронических ран различ-

ного происхождения. По сравнению с традиционной хирургической обработкой и стандартными перевязками у пациентов после лазерной обработки достоверно раньше происходил сдвиг раневого процесса с «мертвой точки»: раны быстрее очищались от детрита и фибринозного налета, начинали гранулировать и раньше возникали признаки краевой эпителизации. Полное заживление в течение периода наблюдения происходило только у пациентов с небольшими по площади дефектами, однако в опытной группе эпителизация ран наблюдалась практически вдвое чаще, чем в группе традиционного лечения. При этом усредненные размеры незаживших раневых дефектов были примерно одинаковыми в обеих группах. Переносимость процедуры лазерной обработки была значительно лучше, чем традиционная хирургическая обработка ран острым путем, но выраженность болевого синдрома в конце периода наблюдения не отличалась в группах. Результаты бактериологического и цитологического исследований подтвердили изначально схожую картину по степени обсемененности ран и характеру раневого процесса в обеих группах. Дальнейшие результаты на 15-е и 30-е сутки подтвердили эффективность лечения па-

циентов, однако достоверно более высокие показатели наблюдались в группе применения лазера.

В целом, полученные данные оказались сопоставимы с результатами экспериментального исследования, ранее проведенного авторами. Излучение эрбиевого лазера эффективно разрушало микробные биопленки в экспериментальных ранах и позитивно влияло на раневой процесс, применяясь с современными антисептиками и водорастворимыми мазями. Совокупный опыт, полученный в ходе использования эрбиевого лазера на модели трофической гнойной раны у животных и в клинической работе, подтверждает более высокую эффективность метода по сравнению с традиционным лечением. Предложенный способ лечения ран различного генеза может быть рекомендован для использования в хирургической практике наряду с другими техническими и медикаментозными средствами.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Соблюдение прав человека и животных. Исследование соответствовало Хельсинкской декларации 1975 г. и ее пересмотренному варианту 2000 г., а также этическим стандартам Локального этического комитета ФГБУ «ГВКГ им. Н.Н. Бурденко» (протокол № 247).

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Jones R.E., Foster D.S., Longaker M.T. Chronic wounds: innovations in diagnostics and therapeutics. *JAMA*. 2018;320(14):1481–1482. DOI: 10.1001/jama.2018.12426. PMID: 30326512
2. Atkin L. Chronic wounds: the challenges of appropriate management. *Br. J. Community Nurs*. 2019;24(9):26–32. DOI: 10.12968/bjcn.2019.24.Sup9.S26. PMID: 31479336
3. Binder B. Behandlung chronischer Wunden [Treatment of chronic wounds]. *Dtsch. Med. Wochenschr*. 2023;148(4):183–192. DOI: 10.1055/a-1932-8006
4. Haalboom M. Chronic wounds: innovations in diagnostics and therapeutics. *Curr. Med. Chem*. 2018;25(41):5772–5781. DOI: 10.2174/0929867324666170710120556. PMID: 28699502
5. Стяжкина С.Н., Кирьянов Н.А., Байрамкулов Э.Д. и др. Особенности лечения больного с синдромом диабетической стопы с учетом изменений в мягких тканях. *Вестник современной клинической медицины*. 2018;11(4):55–58. [Stjzhkina S.N., Kir'janov N.A., Bajramkulov Je.D., et al. Features of treatment of a patient with diabetic foot syndrome taking into account changes in soft tissues. *Vestnik sovremennoj klinicheskoy mediciny*. 2018.11(4):55–58. (In Russian)]. DOI: 10.20969/VSKM.2018.11(2).55-58
6. Изосимов В.В., Умеров Э.Э., Грищенко С.Г. Клинико-биохимические аспекты комплексной терапии осложненных форм хронической венозной недостаточности нижних конечностей. *Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье»*. 2017;4(4):52–56. [Izosimov V.V., Umerov E.E., Grivenko S.G. Clinical and biochemical aspects of complex therapy of complicated forms of chronic venous insufficiency of lower extremities. *Kurskii nauchno-prakticheskii vestnik «Chelovek i ego zdorov'e»*. 2017;4(4):52–56. (In Russian)]. DOI: 10.21626/vestnik/2017-4/10
7. Olsson M., Järbrink K., Divakar U., Bajpai R., Upton Z., Schmidtchen A., Car J. The humanistic and economic burden of chronic wounds: A systematic review. *Wound Repair. Regen*. 2019;27(1):114–125. DOI: 10.1111/wrr.12683. PMID: 30362646
8. Santana C., Fatima D., Silva T. et al. Tissue Responses to Post-operative Laser Therapy in Diabetic Rats Submitted to Excisional Wounds. *PLoS One*. 2015;10(4):e0122042. DOI: 10.1371/journal.pone.0122042
9. Оболенский В.Н. Современные методы лечения хронических ран. *Медицинский совет*. 2016;(10):148–154. [Obolenskij V.N. Modern methods of treatment of chronic wounds. *Medicinskij sovet*. 2016;(10):148–154. (In Russian)]. DOI: 10.21518/2079-701X-2016-10-148-154
10. Насыров М.В., Лукьянчиков В.Н. Фотодинамическая терапия при лечении венозных трофических язв. *Интерактивная наука*. 2016;(10):45–47. [Nasyrov M.V., Luk'yanchikov V.N. Photodynamic therapy in the treatment of venous trophic ulcers. *Interaktivnaya nauka*. 2016;(10):44–47. (In Russian)]. DOI: 10.21661/r-115076
11. Milne T.J., Coates D.E., Leichter J.W., Soo L., Williams S.M., Seymour G.J., Cullinanet M.P. Periodontopathogen levels following the use of an Er:YAG laser in the treatment of chronic periodontitis. *Aust. Dent. J*. 2016;61(1):35–44. DOI: 10.1111/adj.12306
12. Luis R.M., Stephen S., Davis B.S. et al. Assessment of ablative fractional CO₂ laser and Er:YAG laser to treat hypertrophic scars in a red duroc pig model. *Journal of Burn Care & Research*. 2018;39(6):954–962. DOI: 10.1093/jbcr/iry012
13. Пикирения И.И., Земляник А.Н., Хомченко В.В. Возможность регенерации печени у экспериментальных животных с индуцированным циррозом при воздействии пространственно модулированного излучения эрбиевого лазера. *Новости хирургии*. 2015;23(2):131–137. [Pikirenia I.I., Zemlyanik A.N., Khomchenko V.V. The Ability to Regenerate the liver in experimental animals with induced cirrhosis under the influence of the spatially modulated erbium laser. *Novosti Khirurgii*. 2015;23(2):131–137. (In Russian)].
14. Alcolea J.M., Hernández E., Martínez-Carpio P.A., Vélez M., Khomchenko V., Sola A., Trelles M.A. Treatment of chronic lower extremity ulcers with A New Er: yag laser technology. *JMLL*. 2017;26(3):211–222. DOI: 10.5978/islsm.17-OR-17
15. Зайцев А.Е., Асанов О.Н. Перспективы применения высокоинтенсивного эрбиевого лазера для лечения хронического раневого процесса. *Вестник НМХЦ им. Н.И. Пирогова*. 2021;2(16):128–131. [Zajcev A.E., Asanov O.N. The perspectives for of applications of the high-intensity erbium laser for treatment of chronic wounds. *Vestnik NMHC im. N.I. Pirogova*. 2021;2(16):128–131. (In Russian)]. DOI: 10.25881/20728255_2021_16_2_128

Поступила 29.09.2023

Принята в печать 19.12.2023

Информация об авторах

Зайцев Александр Евгеньевич — начальник хирургического отделения филиала №1 ФГКУ «419 ВГ» Минобороны России (г. Ейск), внешний соискатель кафедры хирургии с курсом онкологии и лучевой диагностики ВМА им. С.М. Кирова» Минобороны России (филиал, г. Москва), <http://orcid.org/0000-0001-8728-6870>, SPIN: 4831-3770

Асанов Олег Николаевич — канд. мед. наук, доцент, доцент кафедры хирургии с курсом онкологии и лучевой диагностики ВМА им. С.М. Кирова» Минобороны России (филиал, г. Москва), <http://orcid.org/0000-0002-4741-3932>, SPIN: 5873-2280

Сандалов Евгений Жоржович — врач-хирург ФГКУ «354 ВКГ» Минобороны России, SPIN: 6536-8211

Зайцева Анастасия Валерьевна — студент, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный медицинский университет» Минздрава России, <http://orcid.org/0000-0002-9805-3543>

Information about the authors

Alexander E. Zaitsev — Head of the Surgical Department of the branch No. 1 of the “419 Military Hospital” of the Ministry of Defense of Russia (Yeysk); external candidate of the Department of Surgery with a course of Oncology and Radiation Diagnostics of the Military Medical Academy (Moscow branch), <http://orcid.org/0000-0001-8728-6870>, SPIN: 4831-3770

Oleg N. Asanov — PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Surgery with the course of Oncology and Radiation Diagnostics of the Military Medical Academy (Moscow branch), <http://orcid.org/0000-0002-4741-3932>, SPIN: 5873-2280

Evgeny Zh. Sandalov — surgeon of 2354 Military Hospital, (Yekaterinburg), SPIN: 6536-8211

Anastasia V. Zaitseva — student of Astrakhan State Medical University of the Ministry of Healthcare of Russia, <http://orcid.org/0000-0002-9805-3543>