

УДК 615.849.19: 616-036.82

DOI: 10.37895/2071-8004-2021-25-3-47-58

ВОЗМОЖНОСТИ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В РЕАБИЛИТАЦИОННО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОМ ЛЕЧЕНИИ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ БОЛЬНЫХ

Ю.Ю. Горчак¹, Г.П. Генс¹, Э.Н. Праздников¹, М.Л. Стаханов², Д.Н. Решетов¹, Д.А. Хланта¹, В.Б. Князьков³, С.Э. Овчаров¹

¹ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Минздрава России, Москва, Россия

²ЧУЗ «Центральная клиническая больница «РЖД-Медицина», Москва, Россия

³Клиника реабилитации в Хамовниках, Москва, Россия

Резюме

Несмотря на очевидные успехи в лечении онкологических больных и улучшение качества оказания медицинской помощи пациентам со злокачественными заболеваниями, остаются открытыми вопросы эффективности профилактики и лечения осложнений после хирургического вмешательства, химио- и радиотерапии, а также качества комплексной реабилитации пациентов. Одним из возможных способов решения этих вопросов является применение низкоинтенсивного лазерного излучения.

Лазерная терапия в России успешно применяется во многих областях современной клинической медицины более 50 лет, развиваясь и совершенствуясь. Основными преимуществами лазерной терапии являются простота, комфорт и безопасность для пациента, а также низкая стоимость метода.

Широкое использование низкоинтенсивного лазерного излучения имеет экспериментальное и клиническое обоснование. Знание принципов дозирования, методических особенностей проведения процедур, оправданность назначения и четкое соблюдение показаний и противопоказаний к назначению лазерной терапии способны обеспечить высокую эффективность данного метода.

Ключевые слова: онкология, лазерное излучение, лазерная терапия, качество жизни, радикальное лечение, реабилитация, профилактика

Для цитирования: Горчак Ю.Ю., Генс Г.П., Праздников Э.Н., Стаханов М.Л., Решетов Д.Н., Хланта Д.А., Князьков В.Б., Овчаров С.Э. Возможности низкоинтенсивного лазерного излучения в реабилитационно-восстановительном лечении онкологических больных. *Лазерная медицина*. 2021; 25(3): 47–58. <https://doi.org/10.37895/2071-8004-2021-25-3-47-58>

Контакты: Хланта Д.А., e-mail: daianakhlanta@gmail.com

LOW-LEVEL LASER LIGHT IN THE REHABILITATION OF CANCER PATIENTS

Gorchak Yu.Yu.¹, Guens G.P.¹, Prazdnikov E.N.¹, Stakhanov M.L.², Reshetov D.N.¹, Khlanta D.A.¹, Knyazkov V.B.³, Ovcharov S.E.¹

¹A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russia

²N.A. Semashko Central Clinical Hospital No 2 of Russian Railway Company, Moscow, Russia

³Rehabilitation Clinic in Khamovniki, Moscow, Russia

Abstract

Despite of an obvious success in the management of cancer patients and in the quality of medical care for them, however there are still open questions on the effectiveness of prevention and treatment of complications after surgery, chemotherapy, and radiotherapy, as well as on the quality of comprehensive rehabilitation of such patients. One of the possible ways to solve these issues is low-level laser therapy.

Laser therapy in Russia has been successfully used in many areas of modern clinical medicine for more than 50 years; it is still developing and improving. Main advantages of laser therapy are simplicity, comfort, and safety for patients, as well as low costs.

The widespread use of low-level laser light has experimental and clinical justification. Awareness in principles of dosing, methodological features of laser procedures, justified prescription and strict compliance with indications and contraindications can ensure high effectiveness of the discussed therapy in oncologic patients.

Key words: oncology, laser light, laser therapy, quality of life, radical treatment, rehabilitation, prevention

For citations: Gorchak Yu.Yu., Guens G.P., Prazdnikov E.N., Stakhanov M.L., Reshetov D.N., Khlanta D.A., Knyazkov V.B., Ovcharov S.E. Low-level laser light in the rehabilitation of cancer patients. *Lazernaya medicina*. 2021; 25(3): 47–58. [In Russ.]. <https://doi.org/10.37895/2071-8004-2021-25-3-47-58>

Contacts: Khlanta D.A., e-mail: daianakhlanta@gmail.com

История применения светотерапии уходит своими корнями далеко в глубину веков, когда солнце было первым и единственным источником света, применяемым древними врачами, как с лечебной, так и с профилактической целью. Первым врачом, описавшим гелиотерапию, был Гиппократ (460–370 гг. до н. э.). Особой популярностью этот метод пользовался у древних греков и римлян, для которых необходимой частью терм был зал для гелиотерапии – солярий (solarium). Первым научным исследованием, вышедшим в свет в конце XVIII в. и посвященным применению энергии светового излучения, была работа Бертрана (Bertrand). В опубликованном в 1799 г. в Париже труде «К вопросу о влиянии света на организм, атмосферу и различные химические тела» он попытался дать научное объяснение действия света на организм человека.

В работе «Руководство для устройства и применения всех видов ванн и лечебных вод, употребляемых здоровыми и больными», опубликованной в 1816 г. И.В. Деберейнером (Doebereiner), проведена научная оценка воздействия света на состояние человека. Анализируя действие света, И.В. Деберейнер продемонстрировал влияние тепла и светового воздействия на организм человека, чем заложил теоретические основы термо- и хромотерапии [1].

К концу второй половины XIX – началу XX вв., на альпийских курортах Австрии, Франции и Швейцарии стали создаваться клиники для гелиотерапии больных с длительно незаживающими ранами [2–5]. О биологическом действии энергии солнечных лучей уже был накоплен значительный материал, позволивший научно обосновать применение метода светолечения. В 1890-х гг. датский ученый Н.Р. Финзен опубликовал серию работ, посвященных применению светового излучения красного и ультрафиолетового диапазонов для лечения больных оспой и туберкулезом кожи, за что в 1903 г. ему была присуждена Нобелевская премия по физиологии и медицине.

Изобретение лазера в 1960 г. [6] придало новый импульс для медицинского применения света. В настоящее время различные виды лазерного излучения нашли применение в диагностике, хирургическом и терапевтическом лечении широкого спектра заболеваний, включая злокачественные новообразования. В последние десятилетия, с появлением новых источников монохроматического светового излучения, диапазон клинического применения терапевтических методов лечения значительно расширился [7–10]. Для лечения больных используют как низкоинтенсивное лазерное, так и монохроматическое некогерентное световое излучение.

Клиническое применение лазерного излучения сформировалось в самостоятельную дисциплину к концу XX в., объединив в себе как достижения в области создания новых источников излучения, так и разработку методов лазерного лечения и диагностики. В настоящее время нет ни одной области

клинической медицины, где применение лазерного излучения не оказало бы существенного вклада в повышение эффективности применяемых методов лечения и последующей полноценной реабилитации пациентов. В равной мере это справедливо и для лечения больных злокачественными новообразованиями, которое не может и не должно ограничиваться решением только специальных онкологических вопросов. Реабилитационные мероприятия у онкологических больных должны начинаться с момента постановки диагноза и продолжаться всю их последующую жизнь.

При выполнении хирургического вмешательства у больных опухолями головы и шеи и/или лучевой терапии у онкологических больных повреждаются многочисленные нервы, кровеносные и лимфатические сосуды, что приводит к развитию функциональных расстройств травмированных анатомических образований.

Выполнение стандартных оперативных вмешательств, таких как фасциально-фулярное иссечение клетчатки шеи, паратрахеальная лимфодиссекция или операция Крайла, предполагают отсеивание кожных лоскутов, практически не оставляя на них подкожной жировой клетчатки, что неизбежно нарушает микроциркуляцию в них и приводит к трофическим расстройствам. Это в свою очередь нередко приводит к развитию гнойно-некротических и деструктивных процессов. Удаление клетчатки шеи вместе с находящимися в ней лимфатическими узлами и сосудами невозможно без пересечения значительного количества мелких нервов, что ведет к нарушению иннервации не только тканей шеи, но и плечевого пояса и верхней конечности с соответствующей стороны. Нервы, не поврежденные механически, теряют свою функциональную способность за счет их сдавления рубцами, формирующимися в тканях в послеоперационном периоде. Как отмечает Л.С. Круглова с соавт. [11], через 3–6 месяцев после выполненной ларингэктомии и иссечения шейной клетчатки у 100 % больных наблюдается выраженное ограничение движений в плечевом суставе на стороне операции.

Нарушение иннервации обуславливает продолжительный сосудистый спазм, что в свою очередь способствует развитию воспалительно-тромботических осложнений. Повышенный тонус артерий и вен значительно затрудняет кровоток в сосудах плечевого пояса и верхней конечности, в еще большей степени нарушая микро-, и макроциркуляцию не только крови, но и лимфы [12, 13]. Нарушения лимфооттока обуславливают лимфорею и лимфедему.

Лучевая терапия, которая применяется у 70 % онкологических больных, имеет не менее существенное значение в развитии функциональных и органических нарушений. Любые варианты ее применения вызывают формирование постлучевого фиброза тканей, что неизбежно усугубляет расстройства микро- и макроциркуляции крови и лимфы и иннервации тканей,

возникшие в результате хирургической агрессии [14–17].

Выраженность морфологических и функциональных изменений зависит от способа облучения и индивидуальной чувствительности тканей больного к ионизирующему излучению. Однако почти у всех больных опухолями головы и шеи в послеоперационном периоде наблюдается ограничение амплитуды как активных, так и пассивных движений в суставах плечевого пояса [17, 18], что делает очевидной теснейшую взаимосвязь всех сосудистых и неврологических нарушений, возникающих в ответ на операционную и/или лучевую травму у больных, радикально леченых по поводу злокачественных опухолей головы и шеи, и развитием различных функционально-органических расстройств тканей шеи, плечевого пояса и верхней конечности на стороне оперативного вмешательства.

Все более возрастающий интерес практикующих врачей к методам лазеротерапии во многом обусловлен простотой, эффективностью, а также возможностью сочетанного применения с традиционными методами восстановительного лечения.

Низкоинтенсивное лазерное излучение (НИЛИ), воздействуя не только на ткани области патологического очага, но и на организм в целом, нормализует в них микроциркуляцию и восстанавливает адекватную иннервацию сосудов, а также оказывает положительное влияние на клеточный метаболизм и функциональную активность клеток, нормализуя течение репаративных процессов. При этом наблюдается противовоспалительное, анальгезирующее, иммуностимулирующее и иммуномодулирующее действие, а также восстановление функциональной активности тканей и органов [19–26].

К настоящему времени природа фотобиологического эффекта в организме человека представляется как многоступенчатый процесс: от поглощения квантов света, через первичные фотофизические и/или фотохимические реакции, промежуточные стадии, включающие образование фотосенсибилизированных продуктов и перенос энергии лазерного излучения в ткани с образованием физиологически активных соединений, включающих нейрогуморальные реакции. При этом воздействие НИЛИ носит триггерный характер и активирует сигнальные механизмы его усиления на различных уровнях, нормализуя течение метаболических процессов, снижая гипоксию тканей и увеличивая их регенераторный потенциал, обуславливая увеличение адаптивных возможностей. Ответом на низкоинтенсивное лазерное воздействие является интегральная системная реакция на всех уровнях организма, от клеточного до саморегулирующихся систем [27–30]. В качестве компонента комплексного реабилитационно-восстановительного лечения лазеротерапия нашла применение в различных областях клинической медицины [31–41].

К настоящему времени созданы матричные излучатели различных геометрических форм

для осуществления воздействия на ткани различных анатомических областей тела человека. Эти системы уже с успехом применялись при лечении больных с гнойно-некротическими и длительно незаживающими ранами [42], с неврологической патологией [43], кожными заболеваниями [44], диабетической стопой [45], в травматологической практике [46], в педиатрии [47–49], в кардиологии [50].

По данным целого ряда исследований [51–54] установлено, что эффект, аналогичный эффекту действия НИЛИ наблюдается при применении некогерентного монохроматического света, излучаемого узкополосными светодиодами, скомпонованными в матричные излучатели. Известно, что по мере проникновения вглубь биологической ткани когерентность и поляризация лазерного излучения сохраняется лишь до глубины 200–300 мкм, а далее эти свойства светового излучения исчезают, а эффекты, отмечаемые при лазеротерапии, обусловлены действием монохроматического, но неполяризованного и некогерентного света.

Результатами большого количества экспериментальных и клинических исследований было доказано отсутствие онкогенного действия лазерного излучения [55–60]. Безопасность применения низкоинтенсивного лазерного излучения для онкологических больных продемонстрирована и в работах зарубежных исследователей [61–63].

Опубликованные результаты экспериментальных и клинических исследований убедительно демонстрируют эффективность лазеротерапии, применяемой не только в комплексе с другими традиционными методами восстановительного лечения, но и в качестве самостоятельного метода.

Воздействие низкоинтенсивным лазерным излучением способствует восстановлению баланса различных функций и процессов, протекающих во всех структурах организации организма. В таблице 1 представлены наиболее характерные нарушения, выявленные у больных, перенесших хирургическое и/или лучевое лечение, и описанные в отечественной и зарубежной медицинской литературе результаты действия низкоинтенсивного лазерного излучения.

Отдельно следует отметить, что применение лазеротерапии возможно только при отсутствии объективных признаков прогрессирования опухолевого процесса, которое является абсолютным противопоказанием к использованию НИЛИ.

Положительное влияние низкоинтенсивного лазерного излучения на организм человека было успешно подтверждено результатами целого ряда экспериментальных и клинических исследований. Еще в конце XX в. В.А. Кольцов с соавт. [64], П.И. Толстых с соавт. [65] установили адаптивный механизм характера изменений в организме больного, наступающих в результате воздействия низкоэнергетического лазерного излучения.

Таблица 1

Характерные нарушения, возникающие у больных после хирургического и/или лучевого лечения и результаты действия низкоинтенсивного лазерного излучения красного ($\lambda = 660$ нм) и инфракрасного ($\lambda = 890$ нм) диапазонов

Table 1

Characteristic disorders that occur in patients after surgical and/or radiation treatment and the results of low-intensity laser radiation of the red ($\lambda = 660$ nm) and infrared ($\lambda = 890$ nm) ranges

Характерные нарушения, обусловленные хирургическим и/или лучевым лечением <i>Typical complications caused by surgical and/or radiation treatment</i>	Результат воздействия НИЛИ длиной волны 660 нм и 890 нм <i>Outcomes after low-level laser irradiation with wavelength 660 nm and 890 nm</i>
Воспаление мягких тканей в области операционной раны или зоны облучения <i>Inflammation of soft tissues in the area of surgical wound or irradiation zone</i>	Уменьшение длительности течения фаз воспалительного процесса (сокращение времени течения экссудативной фазы воспаления) <i>Shorter inflammatory phases (shorter the exudative phase of inflammation)</i>
Замедление репаративных процессов в тканях операционной раны при проведении курса предоперационной лучевой терапии <i>Slower reparative processes in surgical wound tissues after preoperative radiation therapy</i>	Стимуляция репаративных процессов, ускорение заживления раны <i>Stimulation of reparative processes, accelerated wound healing</i>
Нарушение иннервации при пересечении нервов в процессе операции, повреждение нервов ионизирующим излучением при лучевой терапии, сдавление нервов отеками тканей, трофические расстройства нервной ткани <i>Impaired innervation at the nerve dissection during surgery, nerve damage by ionizing radiation during radiation therapy, compression of nerves by edematous tissues, trophic disorders of nervous tissue</i>	Альгезирующий эффект, стимуляция репарации биологической ткани, в том числе и нервной, улучшение трофики, нормализация процессов клеточного и тканевого обмена, нормализация функции нервов <i>Analgesic effect, stimulation of biological tissue repair, including nervous tissue; trophic improvement, normalization of cellular and tissue metabolism, normalization of nerve function</i>
Недостаточность коллатерального крово- и лимфооттока <i>Insufficient collateral blood and lymph outflow</i>	Стимуляция образования новых капилляров и лимфовенозных анастомозов. <i>Stimulation of the formation of new capillaries and lympho-venous anastomoses</i>
Нарушение микроциркуляции крови и лимфы <i>Damaged blood and lymph microcirculation</i>	Нормализация микроциркуляции <i>Normalization of microcirculation</i>
Постлучевой и посттравматический (послеоперационный) фиброз тканей <i>Post-radiation and post-traumatic (postoperative) tissue fibrosis</i>	Стимуляция образования грануляционной ткани с формированием эластичного рубца <i>Stimulation of granulation tissue formation with elastic scars</i>
Расстройства регулирующей функции центральной нервной системы <i>Disorders in CNS regulatory function</i>	Нормализация функции ЦНС <i>Normalization of CNS function</i>
Общее ухудшение состояния больного, нарушение кровообращения в организме больного в целом <i>General deterioration of patient's condition, circulatory disorders in the patient's body</i>	Улучшение общего состояния больного, нормализация общего кровообращения, в том числе и мозгового <i>Improvement of patient's general condition, normalization of general blood circulation, including cerebral one</i>

Так, результатами исследований, проведенных В.И. Карандашовым с соавт. [66–68], В.В. Мараевым с соавт. [69, 70], А.В. Гавриленко с соавт. [71], продемонстрировано улучшение реологических свойств крови, определяющих усиление кровотока как в магистральных сосудах, так и в системе микроциркуляции, под действием низкоинтенсивного лазерного излучения длиной волны 450 нм и 890 нм. Отмечено положительное влияние используемых видов лазерного излучения на фагоцитарную активность клеток крови, стимуляцию ангиогенеза и течение воспалительной реакции в тканях длительно незаживающих язв и ран различного генеза.

Мусаев М.М. [72], применяя низкоинтенсивное лазерное излучение длиной волны 890 нм в комплексном лечении больных трофическими язвами, установил, что лазеротерапия способствует восстановлению структуры и функции артериол и прекапилляров, а также нормализации артериоло-венозных взаимоотношений, что в свою очередь обеспечивает ускорение образования и созревание грануляционной ткани и эпителизации язв в 2,1 раза по сравнению с традиционным методом лечения.

В процессе собственного исследования Т.М. Брук с соавт. [22] пришли к выводу, что действие низкоинтенсивного лазерного излучения длиной волны 890 нм

снижает тонус сосудов микроциркуляторного русла и одновременно с этим усиливает скорость кровотока по ним.

Притыко Д.А. с соавт. [58], применяя низкоинтенсивное лазерное излучение длиной волны 635 нм и 890 нм в лечении больных оральным мукозитом после химиотерапии, отметили выраженный анальгетический и репаративный эффект. Уже после 1-го сеанса лазеротерапии авторами было отмечено исчезновение жалоб у пациента, а после 4-го сеанса зарегистрирована полная регрессия клинических проявлений в виде заживления язвенного дефекта и восстановления структуры слизистой оболочки полости рта.

Машалов А.А. с соавт. [73] представили результаты успешного применения низкоинтенсивного лазерного излучения длиной волны 560–600, 633–635, 850–890 и 1264 нм, соответствующей полосам поглощения молекулярного кислорода, (светокислородный эффект) у 600 онкологических больных, как взрослых, так и детей, получавших химиолучевое лечение. В 99 % наблюдений авторы отметили положительный клинический эффект, обеспечивающий непрерывность курса лучевой терапии и свидетельствующий о радиопротекторном действии светокислородной терапии.

Чунихин А.А. с соавт. [74] на примере моделированного пародонтита у экспериментальных животных, используя лазерное излучение длиной волны 1265 нм, выявили ускорение репарации и васкуляризации тканей пародонта, что было подтверждено результатами морфологического исследования.

Результаты экспериментального исследования *in vivo*, проведенного А.М. Володченко с соавт. [75] на модели спинального инсульта, продемонстрировали, что использование для коррекции ишемических нарушений диодного лазерного излучения длиной волны 980 нм способствует увеличению количества нормальных нейронов, усилению микроциркуляции, повышению активности различных клеточных элементов, включая эндотелиоциты сосудов, что приводит к активации ангиогенеза с образованием нового кровеносного русла.

Kilík R. et al. [24] в своем исследовании изучали влияние низкоинтенсивного лазерного излучения длиной волны 635 нм на заживление ран у здоровых крыс и у крыс в условиях искусственно созданного диабета. Хронические раны, характеризующиеся длительным рецидивирующим течением, характерны для многих заболеваний, в том числе они нередко являются осложнением сахарного диабета. В результате исследования авторы пришли к выводу, что низкоинтенсивное лазерное излучение защищает от чрезмерной воспалительной реакции тканей, стимулирует васкуляризацию и формирование коллагеновых волокон.

В исследованиях *in vitro* Г.Е. Брилли с соавт. [76] и М. Grinholc [77] продемонстрирован феномен подавления роста метициллин-чувствительного

и метициллин-резистентного штаммов золотистого стафилококка светом низкоинтенсивного красного лазера длиной волны 660 нм, что выражалось в торможении скорости роста и уменьшения количества образующихся колоний.

Батырова М.Е. с соавт. [19], изучая показатели цитокинового профиля у больных с экссудативным плевритом различной этиологии, отметили, что под действием внутривенного облучения крови низкоинтенсивным лазерным излучением длиной волны 635 нм устраняется дисбаланс соотношения про- и противовоспалительных (интерлейкин-4) и провоспалительных (интерлейкин-1 β , фактор некроза опухоли- α) цитокинов за счет достоверного снижения содержания последних, что может являться подтверждением противовоспалительного действия лазерного излучения.

Beckmann K.H. et al. [25] опубликовали обзор литературы, в котором проанализированы 22 публикации, посвященные различным аспектам изучения и применения низкоинтенсивного лазерного излучения: 8 из них по изучению влияния *in vitro*, 6 экспериментальных исследований *in vivo* и 8 клинических исследований. Результаты экспериментов *in vitro* и *in vivo* свидетельствовали о клеточной миграции, пролиферации фибробластов, быстрых сроках эпителизации и организации соединительной ткани, васкуляризации и противовоспалительном действии за счет ингибирования простагландинов, и цитокинов, а также за счет прямого антибактериального действия посредством активации активных форм кислорода. В большинстве клинических наблюдений отмечен положительный эффект низкоинтенсивного лазерного излучения в лечении больных с диабетической стопой.

Мы проанализировали наиболее актуальные с нашей точки зрения работы, посвященные влиянию лазеротерапии на выраженность болевого синдрома, процессы заживления язв и васкуляризацию тканей – те эффекты, которые являются наиболее важными в лечении больных с послеоперационными нарушениями и поздними лучевыми повреждениями тканей и органов.

Применение лазеротерапии в клинической практике в СССР началось с 1972 г., когда приказом Министерства здравоохранения было разрешено применение низкоинтенсивного лазерного излучения, генерируемого гелий-неоновым лазером [78]. В настоящее время использование терапии низкоинтенсивным лазерным излучением регламентируется приказами Министерства здравоохранения РФ №№ 227 и 228 от 23.11.2004, и приказом № 197 от 27.03.2006, а также Клиническими рекомендациями, утвержденными на XIII Международном конгрессе «Реабилитация и санаторно-курортное лечение» (Москва, 24 сентября 2015 г., протокол № 1) и разрешено к применению как метод физиотерапии, в том числе и в акушерской практике.

Лазеротерапия неврологических, стоматологических, дерматологических больных применяется

в клиниках стран Америки, Европы и Азии. Главный неразрешенный вопрос для поддержки клинического использования низкоинтенсивного лазерного излучения, с точки зрения американских регуляторов, наблюдается в отсутствии однозначной достаточной доказательной базы, что, по мнению специалистов Управления по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США (FDA), в настоящее время ограничивает клиническое применение лазеротерапии в США.

Методы лазерной профилактики позволяют предотвращать возникновение осложнений оперативного вмешательства, химио- и радиотерапии, что значительно повышает качество жизни пациентов, позволяет не прерывать курс лечения и получать в итоге существенно лучшие результаты. При лечении пациентов с возникшими осложнениями лазеротерапия демонстрирует высокую эффективность, а также является незаменимым методом на этапе реабилитации. Высокая эффективность и безопасность лазеротерапии позволила включить метод в Федеральный проект «Борьба с онкологическими заболеваниями» (Приказ Минздрава России № 56н от 12 февраля 2019 г.) [79, 80].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основной целью работы онкологов является повышение эффективности лечения, увеличение продолжительности жизни пациентов и улучшение ее качества. На фоне успехов в развитии методов лечения онкологических заболеваний, вопросы повышения эффективности профилактических и реабилитационных мероприятий многие годы оставались нерешенными.

В последние годы наметилась тенденция к более широкому использованию физических факторов, как в лечении опухолевой патологии, так и реабилитации больных в различные сроки после операции.

До настоящего времени некоторые механизмы взаимодействия лазерного излучения с организмом человека еще не полностью раскрыты. Однако анализ многолетних собственных наблюдений и представленных в литературе результатов применения низкоинтенсивного лазерного излучения в качестве основного фактора реабилитационно-восстановительного лечения больных, перенесших хирургическое и/или лучевое лечение по поводу онкологического заболевания, позволяет сделать вывод, что при правильном выборе параметров лазерного излучения его применение безопасно и эффективно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаусман В., Фолк Р. Руководство по светолечению. Пер. с нем. Э.Б. Соловейчика, под ред. С.А. Бруштейна. М.: Л.: Гос. мед. изд-во; 1929: 394.
2. Bernhard O. Heliotherapie im Hochgebirge. Stuttgart, 1912.
3. Bernhard O. Sonnenlichtbehandlung In der Chirurgie. Stuttgart, 1923.
4. Rollier A. Die Heliotherapie der Tuberkulose. Bern, 1913.
5. Ролье А. Лечение солнцем хирургического туберкулеза. Петроград, 1923.
6. Maiman T.H. Stimulated optical radiation in ruby. *Nature*. 1960; 187 (4736): 493–494.
7. Абдуллаева С.А., Ешиев А.М. Применение светодиодного излучения с длиной волны 450 нм (синий цвет) в комплексном лечении больных с флегмонами дна полости рта. *Новые задачи современной медицины: материалы III Междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, декабрь 2014 г.)*. СПб.: Заневская площадь; 2014: 27–29.
8. Горчак Ю.Ю., Стаханов М.Л., Генс Г.П. и др. Низкоинтенсивное лазерное излучение в комплексной терапии больных с лучевыми повреждениями прямой кишки и мочевого пузыря. *Лазерная медицина*. 2018; 22 (1): 24–33. DOI: 10.37895/2071-8004-2018-22-1-24-33
9. Байбеков А.М., Карташев В.П., Пулатов Д.Т., Бутаев А.Х. Опыт использования светодиодного излучения в хирургии и других разделах медицины. *В мире научных открытий*. 2017; 9 (2): 54–69. DOI: 10.12731/wsd-2017-2-54-69
10. Губарев А.Ф. Некогерентные источники света для медицинских применений. Лекция. Томск: Изд-во Томского политехнического ун-та; 2017: 79.
11. Крулова Л.С., Шатохина Е.А. Использование физиотерапевтических методов в реабилитации больных с онкологической патологией. *Физиотерапия, бальнеология и реабилитация*. 2016; 15 (2): 97–101. DOI: 10.18821/1681-3456-2016-15-2-97-101
12. Вальдман В.А. Сосудистый тонус. Лимфатический, капиллярный, венозный. Л.: Медицина; 1960: 295.
13. Горчак Ю.Ю., Стаханов М.Л., Генс Г.П. и др. Низкоинтенсивное лазерное излучение в коррекции послеоперационных гемодинамических и реологических нарушений после хирургического вмешательства по поводу опухолей головы и шеи. *Сибирский онкологический журнал*. 2020; 19 (5): 28–34. DOI: 10.21294/1814-4861-2020-19-5-28-34
14. Раджабова З.А., Котов М.А., Митрофанов А.С. и др. Хирургическое лечение рака гортаноглотки: обзор литературы. *Опухоли головы и шеи*. 2019; 9 (2): 35–42. DOI: 10.17650/2222-1468-2019-9-2-35-42
15. *Терапевтическая радиология: национальное руководство*. Под ред. А.Д. Каприна, Ю.С. Мардынского. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2018: 704.
16. Сикорский Д.В., Подвязников С.О., Володин А.Н. и др. Послеоперационные осложнения в комбинированном лечении местно-распространенного и рецидивного орфарингеального рака. *Опухоли головы и шеи*. 2014; 3: 40–46.
17. Канищева Н.В., Сикорский Д.В., Скамницкий К.В. и др. Послеоперационная конформная лучевая терапия в лечении местно-распространенного плоскоклеточного орфарингеального рака. *Опухоли головы и шеи*. 2019; 9 (1): 74–78. DOI: 10.17650/2222-1468-2019-9-1-74-78
18. Романов И.С., Ширяев С.В., Вишневская Я.В. Преимущества биопсии «сторожевого» лимфатического узла перед фасциально-футлярным иссечением клетчатки шеи (обзор литературы). *Опухоли головы и шеи*. 2014; 2: 41–45. DOI: 10.17650/2222-1468-2014-0-2-41-45
19. Батырова М.Е., Гиреева Е.Ю., Исеева Т.И., Бурдули Н.М. Динамика некоторых показателей цитокинового профи-

- ля при экссудативном плеврите различной этиологии под воздействием внутривенного лазерного облучения крови (промежуточные результаты). *Лазерная медицина*. 2017; 21 (2): 28–30.
20. Дерюгина А.В., Сидей К.Р., Иващенко М.Н. и др. Лейкоцитарная формула крови при действии низкоинтенсивного лазерного излучения на фоне моделированного стресса. *Лазерная медицина*. 2017; 21 (4): 46–49.
21. Брук Т.М., Косорыгина К.Ю. Моделирующее влияние НИЛИ на энергетический обмен ЦНС при выполнении специфической физической нагрузки спортсменов-игровиков. *Лазерная медицина*. 2018; 22 (2): 22–24. DOI: 10.37895/2071-8004-2018-22-2-22-24
22. Брук Т.М., Литвин Ф.Б., Молотков О.В. Влияние низкоинтенсивного лазерного излучения на систему микроциркуляции у футболистов в зависимости от типа вегетативной регуляции сердечного ритма. *Лазерная медицина*. 2018; 23 (3): 9–14. DOI: 10.37895/2071-8004-2018-22-3-9-14
23. Beckmann K.H., Meyer-Hamme G., Schröder S. Low level laser therapy for the treatment of diabetic foot ulcers: A critical survey. *Evid Based Complement Alternat Med*. 2014; 2014: 626127. DOI: 10.1155/2014/626127
24. Kilík R., Lakyová L., Sabo J., et al. Effect of equal daily doses achieved by different power densities of low-level laser therapy at 635 nm on open skin wound healing in normal and diabetic rats. *Biomed Res Int*. 2014; 2014: 269253. DOI: 10.1155/2014/269253
25. Ошурко В.Б. Химическое и биологическое действие лазерного излучения: Учебное пособие. М.: МИФИ; 2008: 160.
26. Шахно Е.А. Физические основы применения лазеров в медицине. СПб.: НИУ ИТМО; 2012: 129.
27. Абдрахманова А.И., Амиров Н.Б. Современные представления о механизмах лазерного воздействия. *Вестник современной клинической медицины*. 2015; 8 (5): 7–12.
28. Павлов С.Е., Павлова Т.Н., Асеев В.В. Механизмы действия низкоэнергетического лазерного излучения на организм человека и результаты экспериментов по исследованию возможности повышения работоспособности атлетов. *Детский тренер*. 2012; 4: 69–82.
29. Москвин С.В. Механизмы терапевтического действия низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ). В кн.: С.В. Москвин, Т.А. Федорова, Т.С. Фотеева Плазмаферез и лазерное освечение крови. М. – Тверь: ООО «Издательство «Триада»; 2018: 7–23.
30. Герловин И.Л. Основы единой теории всех взаимодействий в веществе. Л.: Энергоатомиздат, Ленинградское отделение; 1990: 423.
31. Гизингер О.А., Зиганшин О.Р., Баранов А.В. и др. Клиническая эффективность комплексной терапии рецидивирующего генитального герпеса с использованием внутрисосудистого лазерного облучения крови. *Лазерная медицина*. 2018; 22 (2): 5–9. DOI: 10.37895/2071-8004-2018-22-2-5-9
32. Гизингер О.А., Карандашов В.И., Зиганшин О.Р. и др. Клинико-иммунологическая эффективность применения локального лазерного излучения низкой интенсивности с длиной волны 635 нм в терапии кандидозного поражения слизистых оболочек мочеполовой системы. *Лазерная медицина*. 2019; 23 (1): 6–12. DOI: 10.37895/2071-8004-2019-23-1-6-12
33. Власов А.П., Чигакова И.А., Кузнецов В.С. и др. Эффективность лазеротерапии в коррекции печеночной энцефалопатии в зависимости от тяжести механической желтухи панкреатогенного происхождения. *Лазерная медицина*. 2019; 23 (2): 12–16. DOI: 10.37895/2071-8004-2019-23-2-12-17
34. Власов А.П., Шейранов Н.С., Маркин О.В. и др. Лазерная терапия в коррекции функционального статуса печени при тяжелой механической желтухе панкреатогенного происхождения. *Лазерная медицина*. 2019; 23 (3): 15–20. DOI: 10.37895/2071-8004-2019-23-3-15-20
35. Данилин Н.А., Баранов А.В., Курдяев И.В., Абдулаева С.В. Консервативное лечение келоидных и гипертрофических рубцов с использованием низкоэнергетических лазеров. *Лазерная медицина*. 2018; 22 (3): 20–24. DOI: 10.37895/2071-8004-2018-22-3-20-25
36. Москвин С.В., Хадарцев А.А. Лазерный свет – можно ли им навредить? (обзор литературы). *Вестник новых медицинских технологий*. 2016; 23 (3): 265–283. DOI: 10.12737/21772
37. Разина И.Н., Ломиашвили Л.М., Недосеко В.Б. Нехирургические методы лечения осложнений дентальной имплантации. Перспективы применения инфракрасного лазерного излучения при лечении мукозита и периимплантита. *Лазерная медицина*. 2020; 24 (1): 49–56. DOI: 10.37895/2071-8004-2020-24-1-49-56
38. Смолина Г.Р., Москвин С.В. Преимущества красного матричного импульсного лазера в комплексном лечении женщин, больных хроническим эндометритом. *Лазерная медицина*. 2015; 19 (2): 17–23.
39. Фазылова Ю.В., Мусин И.Т. Применение диодных лазеров при лечении воспалительных заболеваний пародонта. *Молодой ученый*. 2016; 2 (106): 402–406.
40. Dalessandro A., Shiffman H., Steven R., et al. Periodontal tissue regeneration. *Laser*. 2018; 1: 20–22.
41. Mikami R., Mizutani K., Aoki A., et al. Low-level ultrahigh-frequency and ultrashort-pulse blue laser irradiation enhances osteoblast extracellular calcification by upregulated proliferation and differentiation via transient receptor potential vanilloid 1. *Lasers Surg Med*. 2018; 50 (4): 340–352. DOI: 10.1002/lsm.22775
42. Моторина И.Г., Расулов М.М., Гукасов В.М., Мякинкова А.Л. Эффективность фототерапии при лечении длительно незаживающих ран. *Инноватика и экспертиза*. 2017; 2 (20): 225–234.
43. Вельшер Л.З., Стаханов М.Л., Савин А.А., Шихеримов Р.К. Фототерапия в реабилитации больных, перенесших радикальное лечение по поводу рака молочной железы. *Лазерная медицина*. 2016; 20 (3): 59.
44. Решетникова Е.М., Утц С.Р., Слесаренко Н.А. Фототерапия в комплексном лечении больных красным плоским лишаем. *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2013; 9 (3): 530–533.
45. Рундо А.И., Косинец В.А. Применение комбинированной фототерапии в комплексном лечении пациентов с осложнениями синдрома диабетической стопы. *Новости хирургии*. 2016; 24 (2): 131–137. DOI: 10.18484/2305-0047.2016.2.131
46. Буркин И.А., Конева О.М., Симонова О.И. Поляризованный свет в восстановительном лечении детей с травма-

- тическими повреждениями. *Поликлиника*. 2016; 1 (4): 47–50.
47. Вахова Е.Л., Лян Н.А., Микитченко Н.А. Инновационные технологии фототерапии в комплексном санаторно-курортном лечении и медицинской реабилитации детей. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физкультуры*. 2016; 93 (2): 48–49.
48. Хан М.А., Вахова Е.Л., Лян Н.А. Селективная хромотерапия в медицинской реабилитации часто болеющих детей. *Аллергология и иммунология в педиатрии*. 2015; 4 (43): 36–43.
49. Хан М.А., Чубарова А.И., Погонченкова И.В. и др. Современные технологии светотерапии в медицинской реабилитации детей. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физкультуры*. 2017; 94 (6): 45–52. DOI: 10.17116/kurort201794645-52
50. Мамедьярова И.А. Сочетанное применение кинезо- и лазеротерапии в коррекции нарушений регионарной гемодинамики при дилатационной кардиомиопатии. *Лазерная медицина*. 2020; 24 (1): 18–25. DOI: 10.37895/2071-8004-2020-24-1-18-25
51. Chaves M.E., Araujo A.R., Pinacastelli A.C.C., Pinotti M. Effects of low-power light therapy on wound healing: LASER x LED. *An Bras Dermatol*. 2014; 89 (4): 616–623. DOI: 10.1590/abd1806-4841.20142519
52. Dungal P., Chaudary J., Slezak P., et al. Low level light therapy by LED of different wavelength induced angiogenesis and improves ischemic wound healing. *Lasers Surg Med*. 2014; 46 (10): 773–780. DOI: 10.1002/lsm.22299
53. Владимиров Ю.А., Клебанов Г.И., Борисенко Г.Г., Осипов А.Н. Молекулярные и клеточные механизмы воздействия лазерного излучения низкой интенсивности (Обзор). *Биофизика*. 2004; 49 (2): 339–350.
54. 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
55. Зырянов Б.Н., Евтушенко В.А., Кицманюк З.Д. Низкоинтенсивная лазерная терапия в онкологии. Томск: СТТ; 1998: 336.
56. Литвинова Т.М., Косенко И.А., Фурманчук Л.А. Эффективность лечения рака тела матки с неблагоприятным прогнозом комплексным методом, включающим лазерную гемотерапию. *ARS Medica*. 2012; 3: 132–133.
57. Поберская В.А., Климонюк Г.И., Хаджинова Н.А. и др. Организация санаторно-курортной помощи больным после радикального лечения онкологических заболеваний. *Медицинская реабилитация, курортология, физиотерапия*. 2011; 4: 54–57.
58. Притыко Д.А., Сергеенко Е.Ю., Тимохин Е.В., Гусев Л.И. Лазерная терапия при лечении осложнений химиотерапии в детской онкологии. *Лазерная медицина*. 2017; 21 (3): 8–12.
59. Грушина Т.И. Злокачественные опухоли и физиотерапия. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2013; 1: 70–79.
60. Гусев Л.И., Притыко Д.А., Шароев Т.А. Лазерная гемотерапия в клинической онкологии. *Российский онкологический журнал*. 2013; 6: 48–53.
61. Lanzaforme R.J. Photobiomodulation and cancer and other musings. *Photomed Laser Surg*. 2011; 29 (1): 3–4. DOI: 10.1089/pho.2011.9922
62. Bensadoun R.J., Nair R.G. Low-level laser therapy in the prevention and treatment of cancer therapy-induced mucositis: 2012 state of the art based on literature review and meta-analysis. *Curr Opin Oncol*. 2012; 24 (4): 363–370. DOI: 10.1097/CCO.0b013e328352eaa3
63. Fekrazad R., Naghdi N., Nokhbatolfoghahaei H., Bagheri H. The combination of laser therapy and metal nanoparticles in cancer treatment originated from epithelial tissues: A literature review. *J Lasers Med Sci*. 2016; 7 (2): 62–75. DOI: 10.15171/jlms.2016.13
64. Кольцов В.А., Александров М.Т., Мясковский А.В. и др. Применение низкоинтенсивного лазерного излучения в педиатрии: методические рекомендации. М.: Радио и связь; 1991: 19.
65. Толстых П.И., Кривихин В.Т., Луцевич Э.В. и др. Лазерное излучение и антиоксиданты в лечении гнойно-некротических процессов в нижних конечностях у больных с сахарным диабетом. М.: Орбита; 1998: 245.
66. Карандашов В.И., Александров Н.П., Островский Е.И. и др. Сравнительный анализ эффективности применения оптического излучения синего и красного диапазонов на реологические свойства крови и клиническое течение бронхиальной астмы. *Лазерная медицина*. 2016; 20 (1): 38–42.
67. Карандашов В.И., Александрова Н.П., Островский Е.И. Влияние оптического излучения синего диапазона на гемодиализацию у больных хронической артериальной недостаточностью. *Лазерная медицина*. 2018; 22 (2): 10–13. DOI: 10.37895/2071-8004-2018-22-2-10-13
68. Карандашов В.И., Александрова Н.П., Островский Е.И. Влияние оптического излучения синего диапазона на реологию крови и клиническое течение инфекционно-аллергического миокардита. *Лазерная медицина*. 2019; 23 (2): 6–11. DOI: 10.37895/2071-8004-2019-23-2-6-11
69. Мараев В.В., Стешин А.В., Мусаев М.М. Лазерные технологии в лечении больных с синдромом диабетической стопы. *Лазерная медицина*. 2017; 21 (3): 44–47.
70. Мараев В.В., Елисеев В.И., Мусаев М.М. Лазерные технологии в лечении длительно незаживающих язв различного генеза. *Лазерная медицина*. 2018; 22 (2): 13–18. DOI: 10.37895/2071-8004-2018-22-2-13-18
71. Гавриленко А.В., Мусаев М.М., Вахратьян П.Е. Лазерные технологии в лечении трофических язв венозной этиологии. *Лазерная медицина*. 2015; 19 (4): 58–62.
72. Мусаев М.М. Низкоинтенсивное лазерное излучение в комплексном лечении больных с венозными язвами. *Лазерная медицина*. 2016; 20 (2): 16–20.
73. Машалов А.А., Балакирев С.А., Иванов А.В. и др. Светокислородная лазерная терапия в профилактике и лечении лучевых реакций и осложнений у онкологических больных. *Лазерная медицина*. 2013; 17 (1): 10–14.
74. Чунихин А.А., Базилян Э.А., Иванов А.В., Шилов И.П. Лазерная терапия квазинепрерывным излучением 1265 нм в лечении болезней пародонта (экспериментальное исследование). *Лазерная медицина*. 2019; 23 (2): 31–36. DOI: 10.37895/2071-8004-2019-23-2-31-36
75. Володченко А.М., Кузьмин А.Н., Козель А.И. и др. Активация ангиогенеза в ишемизированном спинном мозге

- крыс после воздействия лазерного излучения ближнего инфракрасного диапазона. *Лазерная медицина*. 2015; 19 (2): 33–36.
76. Бриль Г.Е., Егорова А.В., Тучина Е.С. и др. Подавление роста штаммов золотистого стафилококка светом низкоинтенсивного красного лазера. *Лазерная медицина*. 2016; 20 (2): 54–56.
 77. Grincholc M., Rodziejewicz A., Forys K., Rapacka-Zdonczyk A., et al. Fine-tuning recA expression in *Staphylococcus aureus* for antimicrobial photoinactivation: importance of photo-induced DNA damage in the photoinactivation mechanism. *Appl Microbiol Biotechnol*. 2015; 99 (21): 9161–9176. DOI: 10.1007/s00253-015-6863-z
 78. Девятков Н.Д. Применение электроники в медицине и биологии. *Электронная техника. Серия 1. СВЧ-техника*. 1993; 455 (1): 66–76.
 79. Кочетков А.В., Москвин С.В., Стражев С.В. Лазерная терапия на стационарном и амбулаторном этапах реабилитации онкологических больных: учебно-методическое пособие. М. – Тверь: ООО «Издательство «Триада»; 2020: 24.
 80. Москвин С.В., Стражев С.В. Лазерная терапия в онкологии. Серия «Эффективная лазерная терапия». Т. 12. М.: ИП Москвин С.В.; Тверь: Триада; 2020: 960.
- ## REFERENCES
1. Gausman V. Guide to light therapy. Moscow; Leningrad: State Medical Publishing House, 1929: 394. [In Russ.].
 2. Bernhard O. Heliotherapie im Hochgebirge. Stuttgart, 1912.
 3. Bernhard O. Sonnenlichtbehandlung In der Chirurgie. Stuttgart, 1923.
 4. Rollier A. Die Heliotherapie der Tuberkulose. Bern, 1913.
 5. Rollier A. Sun treatment of tuberculosis. Petrograd, 1923. [In Russ.].
 6. Maiman T.H. Stimulated optical radiation in ruby. *Nature*. 1960; 187 (4736): 493–494.
 7. Abdullaev S.A., Yeshiyev A.M. Application of led radiation with wavelength 450 nm (blue light) in the complex treatment of patients with phlegmons of the mouth floor. *Novye zadachi sovremennoy meditsiny: materialy III Mezhdunar. nauch. konf. (g. Sankt-Peterburg, dekabr' 2014 g.)*. Saint Petersburg, 2014: 27–29. [In Russ.].
 8. Gorchak Yu.Yu., Stakhanov M.L., Guens G.P., et al. Low-intensity laser radiation in the complex therapy of patients with radiation injuries of the rectum and bladder. *Lazernaya medicina*. 2018; 22 (1): 24–33. [In Russ.]. DOI: 10.37895/2071-8004-2018-22-1-24-33
 9. Baibekov A.M., Kartashev V.P., Pulatov D.T., Butaev A.Kh. LED radiation in surgery and other areas of medicine. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2017; 9 (2): 54–69. [In Russ.]. DOI: 10.12731/wsd-2017-2-54-69.
 10. Gubarev A.F. Incoherent light sources for medical applications. Lecture. Tomsk, 2017. [In Russ.].
 11. Kruglova L.S., Shatokhina E.A. Physiotherapeutic techniques in the rehabilitation of patients with oncological pathology. *Russian Journal of Physiotherapy, Balneology and Rehabilitation*. 2016; 15 (2): 97–101. [In Russ.]. DOI: 10.18821/1681-3456-2016-15-2-97-101
 12. Waldman V.A. Vascular, lymphatic, capillary, venous tone. Leningrad: Medicine; 1960: 295. [In Russ.].
 13. Gorchak Yu.Yu., Stakhanov M.L., Guens G.P., et al. Low-intensity laser radiation in the correction of postoperative hemodynamic and rheological disorders after surgical intervention for head and neck tumors. *Siberian Journal of Oncology*. 2020; 19 (5): 28–34. [In Russ.]. DOI: 10.21294/1814-4861-2020-19-5-28-34
 14. Radjabova Z.A., Kotov M.A., Mitrofanov A.S., et al. Surgical treatment of laryngopharyngeal cancer: literature review. *Head and Neck Tumours (HNT)*. 2019; 9 (2): 35–42. [In Russ.]. DOI: 10.17650/2222-1468-2019-9-2-35-42
 15. Kaprin A.D., Mardynsky Yu.S. (Eds) Therapeutic radiology: national guidelines. Moscow: GEOTAR-Media; 2018: 704. [In Russ.].
 16. Sikorsky D.V., Podvyaznikov S.O., Volodin A.N., et al. Post-operative complications in the combined treatment of locally advanced and recurrent oropharyngeal cancer. *Head and Neck Tumours (HNT)*. 2014; 3: 40–46. [In Russ.].
 17. Kanishcheva N.V., Sikorski D.V., Skamnicksi K.V., et al. Post-operative conformal radiation therapy in the treatment of locally advanced squamous cell oropharyngeal cancer. *Head and Neck Tumours (HNT)*. 2019; 9 (1): 74–78. [In Russ.]. DOI: 10.17650/2222-1468-2019-9-1-74-78
 18. Romanov I.S., Shiryayev S.V., Vishnevskaya Ya.V. The advantages of sentinel lymph node biopsy over functional neck dissection (a review of literature). *Neck Tumours (HNT)*. 2014; 2: 41–45. [In Russ.]. DOI: 10.17650/2222-1468-2014-0-2-41-45
 19. Batyrova M.E., Gireeva E.Yu., Isaeva T.I., Burduli N.M. Dynamics of some cytokine profile indicators in exudative pleuritis of various etiology under intravenous laser blood irradiation (intermediate results). *Lazernaya medicina*. 2017; 21 (2): 28–30. [In Russ.].
 20. Deryugina A.V., Sidey K.R., Ivashchenko M.N., et al. Leukocyte blood formula under low-level laser radiation and simulated stress. *Lazernaya medicina*. 2017; 21 (4): 46–49. [In Russ.].
 21. Brook T.M., Kosorygina K.Yu. LLLT modeling effect at energy metabolism in the central nervous system at specific physical activity of athletes-game players. *Lazernaya medicina*. 2018; 22 (2): 22–24. [In Russ.]. DOI: 10.37895/2071-8004-2018-22-2-22-24.
 22. Brook T.M., Litvin F.B., Molotkov O.V. The effect of low-level laser therapy at the microcirculation system in football players depending on the type of autonomic regulation of heart rate. *Lazernaya medicina*. 2018; 23 (3): 9–14. [In Russ.]. DOI: 10.37895/2071-8004-2018-22-3-9-14
 23. Beckmann K.H., Meyer-Hamme G., Schröder S. Low level laser therapy for the treatment of diabetic foot ulcers: A critical survey. *Evid Based Complement Alternat Med*. 2014; 2014: 626127. DOI: 10.1155/2014/626127
 24. Kilik R., Lakyová L., Sabo J., et al. Effect of equal daily doses achieved by different power densities of low-level laser therapy at 635 nm on open skin wound healing in normal and diabetic rats. *Biomed Res Int*. 2014; 2014: 269253. DOI: 10.1155/2014/269253
 25. Oshurko V.B. Chemical and biological action of laser radiation: a manual. Moscow: MIFI; 2008: 160. [In Russ.].
 26. Shakhno E.A. Physical basis for laser application in medicine. St. Petersburg: Institute of Precision Mechanics and Optics; 2012: 129. [In Russ.].

27. *Abdrakhmanova A.I., Amirov N.B.* Modern ideas on the mechanisms of laser exposure. *Bulletin of Contemporary Clinical Medicine*. 2015; 8 (5): 7–12. [In Russ.].
28. *Pavlov S.E., Pavlova T.N., Aseev V.V.* Mechanisms of action of low-level laser light at the human body and results of experimental study on the improving of athletes' activity. *Detskiy trener*. 2012; 4: 69–82. [In Russ.].
29. *Moskvin S.V.* Mechanisms of therapeutic effect of low-level laser light. In: S.V. Moskvin, T.A. Fedorova, T.S. Fateev Plasmapheresis and laser effects at blood. Moscow – Tver: Publishing house "Triada"; 2018: 7–23. [In Russ.].
30. *Gerlovin I.L.* Principles of the unified theory of all interactions in substance. Leningrad: Publishing house "Energoatomizdat"; 1990: 423. [In Russ.].
31. *Giesinger O.A., Ziganshin O.R., Baranov A.V., et al.* Clinical efficacy of complex therapy of recurrent genital herpes using intravascular laser blood irradiation. *Lazernaya medicina*. 2018; 22 (2): 5–9. [In Russ.]. DOI: 10.37895/2071-8004-2018-22-2-5-9
32. *Giesinger O.A., Karandashov V.I., Ziganshin O.R., et al.* Clinical and immunological effectiveness of local low-level laser irradiation with wavelength 635 nm in the treatment of candidiasis lesion of the mucous membranes in the genitourinary system. *Lazernaya medicina*. 2019; 23 (1): 6–12. [In Russ.]. DOI: 10.37895/2071-8004-2019-23-1-6-12
33. *Vlasov A.P., Chigakova I.A., Kuznetsov V.S., et al.* Effectiveness of laser therapy for the correction of hepatic encephalopathy depending on the severity of mechanical jaundice of pancreatogenic origin. *Lazernaya medicina*. 2019; 23 (2): 12–16. [In Russ.]. DOI: 10.37895/2071-8004-2019-23-2-12-17
34. *Vlasov A.P., Sheiranov N.S., Markin O.V., et al.* Laser therapy in the correction of the functional status of the liver in severe mechanical jaundice of pancreatogenic origin. *Lazernaya medicina*. 2019; 23 (3): 15–20. [In Russ.]. DOI: 10.37895/2071-8004-2019-23-3-15-20
35. *Danilin N.A., Baranov A.V., Kurdyayev I.V., Abdulaeva S.V.* Conservative treatment of keloid and hypertrophic scars using low-energy lasers. *Lazernaya medicina*. 2018; 22 (3): 20–24. [In Russ.]. DOI: 10.37895/2071-8004-2018-22-3-20-25
36. *Moskvin S.V., Khadartsev A.A.* Laser light. Can it make harm (literature review)? *Journal of New Medical Technologies*. 2016; 23 (3): 265–283. [In Russ.]. DOI: 10.12737/21772
37. *Razina I.N., Lomiashvili L.M., Nedoseko V.B.* Non-surgical methods of treatment of complications of dental implantation. Prospects of infrared laser irradiation in the treatment of mucositis and peri-implantitis. *Lazernaya medicina*. 2020; 24 (1): 49–56. [In Russ.]. DOI: 10.37895/2071-8004-2020-24-1-49-56
38. *Smolina G.R., Moskvin S.V.* Advantages of red matrix pulsed laser in the comprehensive treatment of women with chronic endometritis. *Lazernaya medicina*. 2015; 19 (2): 17–23. [In Russ.].
39. *Fazylova Yu.V., Musin I.T.* Diode lasers in the treatment of inflammatory periodontal diseases. *Young Scientist*. 2016; 2 (106): 402–406. [In Russ.].
40. *Dalessandro A., Shiffman H., Steven R., et al.* Periodontal tissue regeneration. *Laser*. 2018; 1: 20–22.
41. *Mikami R., Mizutani K., Aoki A., et al.* Low-level ultrahigh-frequency and ultrashort-pulse blue laser irradiation enhances osteoblast extracellular calcification by upregulated proliferation and differentiation via transient receptor potential vanilloid 1. *Lasers Surg Med*. 2018; 50 (4): 340–352. DOI: 10.1002/lsm.22775
42. *Motorina I.G., Rasulov M.M., Gukasov V.M., Myakinkova A.L.* The effectiveness of phototherapy in the treatment of non-healing wounds. *Innovatics and Expert Examination*. 2017; 2 (20): 225–234. [In Russ.].
43. *Welsher L.Z., Stakhanov M.L., Savin A.A., Shikkerimov R.K.* Phototherapy in the rehabilitation of patients who had radical treatment for breast cancer. *Lazernaya medicina*. 2016; 20 (3): 59. [In Russ.].
44. *Reshetnikova E.M., Uts S.R., Slesarenko N.A.* Phototherapy in the treatment of patients with lichen planus. *Saratov Journal of Medical Scientific Research*. 2013; 9 (3): 530–533. [In Russ.].
45. *Rundo A.I., Kosinets V.A.* Combination phototherapy in the complex treatment of patients with complicated diabetic foot syndrome. *Novosti khirurgii*. 2016; 24 (2): 131–137. [In Russ.]. DOI: 10.18484/2305-0047.2016.2.131
46. *Burkin I.A., Koneva O.M., Simonova O.I.* Polarized light in rehabilitation of children with traumatic injuries. *Poliklinika*. 2016; 1 (4): 47–50. [In Russ.].
47. *Vakhova E.L., Lian N.A., Mikitchenko N.A.* Innovative technologies in the comprehensive sanatorium care and medical rehabilitation of children. *Voprosy kurortologii, fizioterapii, i lechebnoi fizicheskoi kultury*. 2016; 93 (2): 48–49. [In Russ.].
48. *Khan M.A., Vakhova E.L., Lian N.A.* Selective chromotherapy in medical rehabilitation of frequently ill children. *Allergology and Immunology in Paediatrics*. 2015; 4 (43): 36–43. [In Russ.].
49. *Khan M.A., Chubarova A.I., Pogonchenkova I.V., et al.* Modern technologies of light therapy in medical rehabilitation of children. *Voprosi balneologii, fizioterapii i lechebnoy fizkulturi*. 2017; 94 (6): 45–52. [In Russ.]. DOI: 10.17116/kurort201794645-52
50. *Mamedyarova I.A.* Combined application of kinesio- and laser therapy in the correction of regional hemodynamic disorders in dilated cardiomyopathy. *Lazernaya medicina*. 2020; 24 (1): 18–25. [In Russ.]. DOI: 10.37895/2071-8004-2020-24-1-18-25
51. *Chaves M.E., Araujo A.R., Pinacastelli A.C.C., Pinotti M.* Effects of low-power light therapy on wound healing: LASER x LED. *An Bras Dermatol*. 2014; 89 (4): 616–623. DOI: 10.1590/abd1806-4841.20142519
52. *Dungel P., Chaudary J., Slezak P., et al.* Low level light therapy by LED of different wavelength induced angiogenesis and improves ischemic wound healing. *Lasers Surg Med*. 2014; 46 (10): 773–780. DOI: 10.1002/lsm.22299
53. *Vladimirov Yu.A., Klebanov G.I., Borisenko G.G., Osipov A.N.* Molecular and cellular mechanisms of the effect of low-intensity laser radiation (Review). *Biophysics*. 2004; 49 (2): 339–350. [In Russ.].
54. *Kozlov V.I., Astashov V.V.* Photoactivating effects of low-level laser light 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
55. *Zyryanov B.N., Yevtushenko V.A., Kitzmanyuk Z.D.* Low-level laser therapy in oncology. Tomsk: STT; 1998: 336. [In Russ.].
56. *Litvinova T.M., Kosenko I.A., Furmanchuk L.A.* Effectiveness of treatment of endometrial cancer with poor prognosis with

- the complex method involving laser hemotherapy. *ARS Medica*. 2012; 3: 132–133. [In Russ.].
57. Poberskaya V.A., Klimonyuk G.I., Khadzhinova N.A., et al. Management of sanatorium care for patients after radical treatment of oncological diseases. *Meditsinskaya reabilitatsiya, kurortologiya, fizioterapiya*. 2011; 4: 54–57. [In Russ.].
 58. Prityko D.A., Sergeenko E.Y., Timokhin E.V., Gusev L.I. Laser therapy in the treatment of chemotherapeutic complications in pediatric oncology. *Lazernaya medicina*. 2017; 21 (3): 8–12. [In Russ.].
 59. Grushina T.I. Malignant tumors and physiotherapy *Voprosi balneologii, fizioterapii i lechebnoy fizkulturi*. 2013; 1: 70–79. [In Russ.].
 60. Gusev L.I., Pritiko D.A., Sharoev T.A. Laser hemotherapy in clinical oncology. *Russian Journal of Oncology (Rossiiskii Onkologicheskii Zhurnal)*. 2013; 6: 48–53. [In Russ.].
 61. Lanzafame R.J. Photobiomodulation and cancer and other musings. *Photomed Laser Surg*. 2011; 29 (1): 3–4. DOI: 10.1089/pho.2011.9922
 62. Bensadoun R.J., Nair R.G. Low-level laser therapy in the prevention and treatment of cancer therapy-induced mucositis: 2012 state of the art based on literature review and meta-analysis. *Curr Opin Oncol*. 2012; 24 (4): 363–370. DOI: 10.1097/CCO.0b013e328352eaa3
 63. Fekrazad R., Naghdi N., Nokhbatolfoghahaei H., Bagheri H. The combination of laser therapy and metal nanoparticles in cancer treatment originated from epithelial tissues: A literature review. *J Lasers Med Sci*. 2016; 7 (2): 62–75. DOI: 10.15171/jlms.2016.13
 64. Koltsov V.A., Alexandrov M.T., Myaskovsky A.V., et al. Application of low-level laser therapy in pediatrics: Methodological recommendations. Moscow: Publishing house "Radio i sviaz"; 1991; 19. [In Russ.].
 65. Tolstykh P.I., Krivikhin V.T., Lutsevich E.V., et al. Laser radiation and antioxidants in the treatment of purulent-necrotic processes in the lower extremities in patients with diabetes mellitus. Moscow: Publishing house "Orbita"; 1998: 245. [In Russ.].
 66. Karandashov V.I., Alexandrov N.P., Ostrovsky E.I., et al. Comparative analysis of the effectiveness of optical radiation of blue and red ranges at rheological properties of blood and at the clinical course of bronchial asthma. *Lazernaya medicina*. 2016; 20 (1): 38–42. [In Russ.].
 67. Karandashov V.I., Alexandrov N.P., Ostrovsky E.I. Effects of blue-band optical light at hemocirculation in patients with chronic arterial insufficiency. *Lazernaya medicina*. 2018; 22 (2): 10–13. [In Russ.]. DOI: 10.37895/2071-8004-2018-22-2-10-13
 68. Karandashov V.I., Alexandrov N.P., Ostrovsky E.I. Effects of blue-band optical light at blood rheology and clinical course of infectious-allergic myocarditis. *Lazernaya medicina*. 2019; 23 (2): 6–11. [In Russ.]. DOI: 10.37895/2071-8004-2019-23-2-6-11
 69. Maraev V.V., Steshin A.V., Musaev M.M. Laser technologies in the treatment of patients with diabetic foot syndrome. *Lazernaya medicina*. 2017; 21 (3): 44–47. [In Russ.].
 70. Maraev V.V., Yeliseenko V.I., Musaev M.M. Laser technologies in the treatment of non-healing ulcers of various genesis. *Lazernaya medicina*. 2018; 22 (2): 13–18. [In Russ.]. DOI: 10.37895/2071-8004-2018-22-2-13-18
 71. Gavrilenko A.V., Musaev M.M., Vakhryatyan P.E. Laser technologies in the treatment of trophic ulcers of venous etiology. *Lazernaya medicina*. 2015; 19 (4): 58–62. [In Russ.].
 72. Musaev M.M. Low-level laser therapy in the complex treatment of patients with venous ulcers. *Lazernaya medicina*. 2016; 20 (2): 16–20. [In Russ.].
 73. Mashalov A.A., Balakirev S.A., Ivanov A.V., et al. Laser therapy in the prevention and treatment of radiation reactions and complications in cancer patients. *Lazernaya medicina*. 2013; 17 (1): 10–14. [In Russ.].
 74. Chunikhin A.A., Bazikyan E.A., Ivanov A.V., Shilov I.P. Laser quasi-continuous radiation 1265 nm in the treatment of periodontal diseases (experimental study). *Lazernaya medicina*. 2019; 23 (2): 31–36. [In Russ.]. DOI: 10.37895/2071-8004-2019-23-2-31-36
 75. Volodchenko A.M., Kuzmin A.N., Kozel A.I., et al. Activation of angiogenesis in the ischemic spinal cord of rats after exposure to near-infrared laser light. *Lazernaya medicina*. 2015; 19 (2): 33–36. [In Russ.].
 76. Brill G.E., Yegorova A.V., Tuchina E. S., et al. Suppression of Staphylococcus aureus growth with low-level red laser light. *Lazernaya medicina*. 2016; 20 (2): 54–56. [In Russ.].
 77. Grincholc M., Rodziejewicz A., Forsys K., Rapacka-Zdonczyk A., et al. Fine-tuning recA expression in Staphylococcus aureus for antimicrobial photoinactivation: importance of photo-induced DNA damage in the photoinactivation mechanism. *Appl Microbiol Biotechnol*. 2015; 99 (21): 9161–9176. DOI: 10.1007/s00253-015-6863-z
 78. Devyatkov N.D. Application of electronics in medicine and biology. *Elektronnaya tekhnika. Series 1. Microwave technology*. 1993; 455 (1): 66–76. [In Russ.].
 79. Kochetkov A.V., Moskvina S.V., Strazhev S.V. Laser therapy at inpatient and outpatient stages of rehabilitation of cancer patients. Educational and methodical manual. Moscow – Tver: Publishing House "Triada"; 2020: 24. [In Russ.].
 80. Moskvina S.V., Strazhev S.V. Laser therapy in oncology. *Series "Effective laser therapy". Vol. 12*. Moscow: IP Moskvina S.V.; Tver: Publishing House "Triada"; 2020: 960. [In Russ.].

Конфликт интересов

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Сведения об авторах

Горчак Юрий Юльевич – кандидат медицинских наук, доцент кафедры онкологии и лучевой терапии, ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Минздрава России; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4818-0093>

Генс Елена Петровна – доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой онкологии и лучевой терапии, ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Минздрава России; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8708-2712>

Праздников Эрик Нариманович – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой оперативной хирургии и топографической анатомии, ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Минздрава России

Стаханов Михаил Леонидович – доктор медицинских наук, профессор, онколог-хирург консультативно-диагностического отделения, ЧУЗ «Центральная клиническая больница «РЖД-Медицина»»

Решетов Дмитрий Николаевич – кандидат медицинских наук, доцент кафедры онкологии и лучевой терапии, ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Минздрава России

Хланта Даяна Арсеновна – ординатор, старший лаборант кафедры онкологии и лучевой терапии, ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Минздрава России; e-mail: daianakhlanta@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9106-5277>

Князьков Владимир Борисович – кандидат медицинских наук, врач-оториноларинголог, Клиника реабилитации в Хамовниках

Овчаров Сергей Эдуардович – кандидат медицинских наук, доцент кафедры оперативной хирургии и топографической анатомии, ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Минздрава России; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7127-4453>

Information about authors

Gorchak Yuri – Cand. Sc. (Med.), Assistant Professor at the Department of Oncology and Radiation Therapy, A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4818-0093>

Guens Gelena – Dr. Sc. (Med.), Professor, Head of the Department of Oncology and Radiation Therapy, A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8708-2712>

Prazdnikov Eric – Dr. Sc. (Med.), Professor, Head of the Department of Operative Surgery and Topographic Anatomy, A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry

Stakhanov Mikhail – Dr. Sc. (Med.), Professor, Oncological Surgeon at the Consultative and Diagnostic Department, N.A. Semashko Central Clinical Hospital No 2 of Russian Railway Company

Reshetov Dmitry – Cand. Sc. (Med.), Assistant Professor at the Department of Oncology and Radiation Therapy, A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry

Khianta Daiana – Resident, senior Laboratory Assistant at the Department of Oncology and Radiation Therapy, A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry; e-mail: daianakhlanta@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9106-5277>

Knyazkov Vladimir – Cand. Sc. (Med.), Otorhinolaryngologist, Rehabilitation Clinic in Khamovniki

Ovcharov Sergey – Cand. Sc. (Med.), assistant Professor at the Department of Operative Surgery and Topographic Anatomy, A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7127-4453>