

УДК: 616.72(075.8):621.373.8

DOI: 10.37895/2071-8004-2023-27-1-46-52

Обзоры

## ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНОЙ ТЕРАПИИ ПРИ ОСТЕОАРТРИТЕ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

**Е.Н. Лазарева<sup>1</sup>, В.В. Макашова<sup>1</sup>, Е.Г. Осипова<sup>2</sup>**<sup>1</sup> ФБУН «Центральный научно-исследовательский институт эпидемиологии» Роспотребнадзора России, Москва, Россия<sup>2</sup> ООО «РИКТАМЕД», Москва, Россия

### Резюме

Представлен обзор исследований импульсного воздействия лазерного излучения в зависимости от длины волны при остеоартритах. Применение лазерного излучения с длиной волны от 600 нм стимулирует регенерацию костной ткани, использование длины волны свыше 800 нм способствует уменьшению слабости и атрофии скелетной мускулатуры с увеличением силы разгибателей и подвижности суставов. Сочетание импульсного воздействия источников лазерного излучения разных длин волн оказывает превалирующий анальгетический эффект над противовоспалительным в послеоперационном периоде при эндопротезировании.

**Ключевые слова:** остеоартрит, лазерная терапия, импульсное воздействие лазера, регенерация костной ткани, эндопротезирование

**Для цитирования:** Лазарева Е.Н., Макашова В.В., Осипова Е.Г. Применение лазерной терапии при остеоартрите (обзор литературы). *Лазерная медицина*. 2023; 27(1): 46–52. <https://doi.org/10.37895/2071-8004-2023-27-1-46-52>

**Контакты:** Лазарева Е.Н., e-mail: elniklazareva@yandex.ru

## LASER THERAPY IN OSTEOARTHRITIS (LITERATURE REVIEW)

**Lazareva E.N.<sup>1</sup>, Makashova V.V.<sup>1</sup>, Osipova E.G.<sup>2</sup>**<sup>1</sup> Central Research Institute of Epidemiology, Rospotrebnadzor, Moscow, Russia<sup>2</sup> ООО «РИКТАМЕД», Moscow, Russia

### Abstract

The authors present a review of the studies of the effect of pulsed laser light in osteoarthritis depending on its wavelength. Laser radiation with wavelength 600 nm stimulates regeneration of bone tissues; laser light wavelength over 800 nm reduces weakness and atrophy of skeletal muscles with a simultaneous increase of extensor strength and joint mobility. Combination of pulsed laser light of various wavelengths has a marked analgesic effect in anti-inflammatory processes at the postoperative period after endoprosthetic surgery.

**Keywords:** osteoarthritis, laser therapy, pulsed laser light, bone tissue regeneration, endoprosthetic surgery

**For citations:** Lazareva E.N., Makashova V.V., Osipova E.G. Laser therapy in osteoarthritis (literature review). *Laser Medicine*. 2023; 27(1): 46–52. [In Russ.]. <https://doi.org/10.37895/2071-8004-2023-27-1-46-52>

**Contacts:** Lazareva E.N., e-mail: elniklazareva@yandex.ru

Остеоартрит (ОА) является социально-экономической проблемой в связи с ухудшением качества жизни пациентов из-за присутствия постоянного болевого синдрома и, впоследствии, возможности инвалидизации. На сегодняшний день ОА диагностируется у 7 % общего населения, что составляет более 500 млн человек. При этом прогнозируется рост числа больных за счет увеличения продолжительности жизни и количества пациентов с избыточной массой тела [1]. В России заболеваниями суставов страдает более 16 млн человек, и каждое третье обращение к врачу связано с болями в суставах при нагрузке. Эпидемиологические исследования выявили зависимость заболеваемости ОА от возраста, где на пятидесятилетних пациентов приходится 27 % общей популяции. После шестидесяти лет ОА встречается практически у каждого второго пациента. Самой распространенной формой заболевания является ОА коленного сустава – у 76,8 % мужчин и у 68 % женщин; второе место занимает ОА суставов кистей рук:

при гендерном соотношении, соответственно, 50,3 и 27 %. По современным представлениям, патогенез ОА характеризуется клеточным стрессом и деградацией экстрацеллюлярного матрикса всех тканей сустава, возникающих на фоне макро- и микроповреждений. В результате нарушается адаптация суставного хряща к механической нагрузке со смещением баланса обмена хрящевой ткани в сторону катаболических процессов, что приводит к формированию функциональных и анатомических изменений суставов. Своевременная профилактика и терапия ОА может способствовать регрессу повреждений суставов, уменьшению частоты инвалидизации, что позволит улучшить качество жизни и сократить экономические затраты на лечение и реабилитацию для пациентов и государства [2].

Основные направления терапии ОА заключаются в комбинации фармакологических и нефармакологических методов лечения. Обязательным компонентом всех терапевтических программ является изменение образа жизни, снижение массы тела и физические

упражнения. Результаты крупномасштабного исследования показали, что потеря веса на 1 % снижает риски тотального эндопротезирования коленного сустава на 2 % [3].

Фармакологическая терапия направлена на уменьшение боли и воспаления, где центральное место занимают препараты из группы нестероидных противовоспалительных препаратов (НПВП). Они обладают выраженным анальгетическим эффектом, однако он достигается только на 10–14-е сутки после начала терапии. По результатам метаанализа, включавшего 72 рандомизированных контролируемых исследования, было доказано снижение эффективности НПВП с уменьшением функциональной способности суставов при приеме в течение 3–6 месяцев. Кроме того, лечение этими препаратами ассоциируется с увеличением риска нежелательных побочных реакций со стороны желудочно-кишечного тракта и сердечно-сосудистой системы, а также с возможным развитием острой почечной недостаточности, особенно в начале терапии [3, 4].

Симптоматические препараты замедленного действия (Symptomatic Slow Acting Drugs for OsteoArthritis, SYSADOA), такие как глюкозамин, хондроитинсульфат и диацереин, также были предложены в качестве раннего лечения ОА коленного сустава. Проведенный на протяжении трех лет метаанализ плацебо-контролируемых исследований лечения препаратами SYSADOA показал их незначительный положительный эффект у пациентов с ОА [5]. В то же время, по данным другого исследования, сочетание SYSADOA с НПВП в минимальных дозах позволило достигнуть выраженного анальгетического эффекта через 20 суток от начала терапии. Эксперты Российской Федерации по диагностике и лечению остеоартрита считают, что только длительный прием SYSADOA способствует замедлению прогрессирования ОА [2].

Пациентам с ОА при отсутствии противопоказаний показано физиотерапевтическое лечение. Фотобиомодулирующая терапия (ФБМТ) – немедикаментозное и нетепловое лечение, включающее применение лазерного и светодиодного излучения от видимого до инфракрасного спектра. На ранних этапах применения лазера в травматологии отмечалось увеличение количества и диаметра функционирующих капилляров, ускорение кровотока, стабилизация гистогематического барьера и функционального состояния сосудистой стенки, улучшение реологии крови. У пациентов после второй-третьей процедуры значительно уменьшался болевой синдром [6]. В экспериментальных и клинических исследованиях был доказан эффект ФБМТ в модуляции ряда медиаторов воспаления (TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$ , IL-6, IL-10, PGE2), что способствовало уменьшению боли [7, 8].

Боль при остеоартрите вызывает трудности в повседневной деятельности. Когда пациент старается избежать боли при ходьбе, происходит уменьшение

длины шага, увеличение опорной базы и удлинение времени, необходимого для фазы двойной поддержки. Это приводит к слабости сгибателей и разгибателей коленного сустава, что в свою очередь способствует снижению динамической стабильности и потере контроля над коленным суставом [9].

Физические упражнения в сочетании с низкоинтенсивной лазерной терапией (НЛТ) оказывают воздействие на снижение боли и уровня инвалидности у людей с ОА коленного сустава [10, 11]. Лазерное излучение может непосредственно воздействовать на мышечные клетки, стимулировать цитохромоксидазу, повышающую активность митохондрий, в результате чего увеличивается выработка энергии в мышечных волокнах [12].

Выявлена зависимость эффекта НЛТ от длины волны на мышечную силу и функциональную активность у пациентов с ОА коленного сустава легкой и умеренной степени тяжести. Использование длины волны 808 нм приводило к статистически значимому увеличению силы разгибателей колена по сравнению с группой контроля, где применялись волны длиной 660 нм, не оказывающие терапевтического воздействия на мышечную силу. Не исключено, что такие различия в терапевтических эффектах связаны с воздействием фотонов на биологические ткани. Когда фотоны попадают в биологическую ткань, их дальнейшая транспортировка зависит от эффектов отражения, рассеяния и поглощения. Спектр длины волны 808 нм находится в инфракрасном диапазоне, а 660 нм – в красном [13]. Установлено, что цитохромоксидаза и белки мембраны поглощают свет в красной и инфракрасной частях электромагнитного спектра. Они оказывают сходные биологические эффекты, но приводят к различной метаболической активности [12].

Известно, что лазерное лечение оказывает влияние на эффекты ходьбы. Не исключено, что сокращение времени ходьбы у пациентов в возрасте старше 50 лет с ОА коленного сустава связано с уменьшением боли и увеличением силы мышц колена на фоне НЛТ. Однако в ряде исследований лазерное излучение с длиной волны 808 нм не показало превосходящих эффектов по сравнению с 660 нм, что не исключает высокую вероятность влияния биопсихосоциальных факторов, связанных с высвобождением нейротрансмиттеров и активацией многих областей мозга [13]. С помощью функциональной магниторезонансной томографии было продемонстрировано улучшение в области средней лобной извилины головного мозга при воздействии физиотерапевтических процедур [14]. При восьминедельном применении НЛТ 808 нм, 5,6 Дж в сочетании с программой физических упражнений у пациентов с ОА коленного сустава отмечали улучшение параметров походки, таких как частота и продолжительность поддержки пораженной конечности. Это связали с тем, что такое

длительное лазерное лечение привело к уменьшению боли и усилению сокращения четырехглавой мышцы и подколенного сухожилия, в результате чего была предотвращена чрезмерная нагрузка на сустав во время физической активности высокой интенсивности. Оценено влияние комбинированной терапии на боль, скованность, функциональные и пространственно-временные параметры походки у пациентов с двухсторонним ОА коленного сустава. Больные были разделены на четыре группы: первая – контрольная группа, не получавшая лечения; вторая – «лазерная» группа; третья – выполняющая физические упражнения; четвертая – «лазерная» группа с физическими упражнениями. Через 8 недель во всех группах отмечали значительное увеличение скорости походки в сравнении с контрольной: Частота и продолжительность одиночной поддержки значительно увеличивались у больных четвертой группы [15].

В настоящее время определен эргогенный эффект лазерного излучения на скелетные мышцы. Однократное проведение НЛТ способствовало уменьшению накопления лактата и креатинкиназы в сыворотке крови перед тренировкой у здоровых лиц, что ускоряло восстановление мышц между тренировками. У пациентов с ОА регистрировали увеличение силы сокращения на 16,0 % в концентрических и на 14,5 % – в эксцентрических упражнениях, и возрастание на 18 % среднего крутящего момента четырехглавой мышцы в равной степени в обоих типах упражнений, связанных с физическими характеристиками НЛТ [16]. Данный эффект связан с усилением микроциркуляции, стимуляции цитохромоксидазы, активации митохондрий для синтеза АТФ. Показано, что однократное воздействие лазера на скелетные мышцы приводит к активации этих процессов. В результате устраняется слабость и атрофия четырехглавой мышцы с последующим улучшением функции коленного сустава у пациентов с ОА [17].

Важную роль в процессах построения костного матрикса и формирования новой ткани играют мезенхимальные стромальные клетки (МСК), которые могут быть рекрутированы в место повреждения кости из надкостницы, костного мозга – мезенхимальные стволовые клетки человека (hMSCs). В некоторых работах *in vivo* рассматривали влияние НЛТ на процессы регенерации костной ткани, используя источники разной природы, длин волн и параметров воздействия. Это привело к появлению множества протоколов лечения с неодинаковыми, а иногда и противоречивыми результатами. Но, несмотря на это, продолжают исследования влияния НЛТ на регенерацию костной ткани. В исследовании А. Тапi и соавт. продемонстрировано воздействие диодного лазера с длинами волн 405, 635 и 808 нм на жизнеспособность, пролиферацию, адгезию и остеогенную дифференцировку. Установлено, что наиболее благоприятное воздействие на сборку актинового цитоскелета с увеличением

богатых винкулином очаговых участков адгезии преимущественно на периферии клеток оказывает лазерное излучение с длиной волны 635 нм. Винкулин является основным механосенсорным белком адгезии, с помощью которого остеобласты определяют жесткость матрикса. Он влияет на регуляцию различных процессов остеобластов, включая их рост, миграцию и дифференцировку. При этом воздействие в инфракрасном диапазоне излучения (808 нм) вызывало не только перестройку цитоскелета с образованием массивных, четко очерченных филаментов F-актина, но и повышение экспрессии винкулина, который агрегировал в большие кластеры на концах филаментов. Эти процессы значительно снижали пролиферативную способность остеобластов [18]. Воздействие синего диапазона излучения (405 нм) вызывало изменения в остеобластах, сопоставимых с контрольными клетками. На МСК доноров излучение длиной волны 635 нм вызывало значительное увеличение клеточной пролиферации [18, 19]. Необходимо отметить, что в этих клетках регистрировали не только повышение экспрессии Runx-2, который является основным фактором транскрипции, связанным с дифференцировкой остеобластов, индуцирующей их принадлежность к остеогенной линии, а также увеличение отложения минерализованных остеоподобных узелковых структур [18]. Эти результаты согласуются с тем, что лазерное излучение красного диапазона (660 нм, 3 Дж/см<sup>2</sup>) стимулирует пролиферацию стволовых клеток жировой ткани человека (hASCs). Лазерное излучение синего (420 нм) и зеленого (540 нм) диапазона оказывает выраженное влияние на процессы дифференцировки по сравнению с красным спектром [20]. Определено, что низкоинтенсивное лазерное облучение модулирует экспрессию каналов TRPC1 в остеобластах, активность которых положительно влияет на кластеризацию винкулина и дифференцировку клеток [18]. На основании приведенных фактов НЛТ длиной волны 635 нм можно рассматривать в качестве эффективного варианта для стимулирования регенерации костной ткани.

Включение НЛТ в лечение ОА обеспечивает не только восстановление морфологической структуры тканей, но и способствует коррекции патогенетических механизмов прогрессирования этого заболевания, что позволяет повысить качество жизни пациентов и снизить их инвалидизацию. В настоящее время медицинская статистика свидетельствует о том, что ежегодные темпы роста производства аппаратов для лазерной терапии на порядок превышают темпы производства оборудования для всех остальных перспективных технологий. На рынке присутствуют несколько моделей аппаратов с определенными параметрами, определяющие их функциональные особенности. Так, например, терапевтические аппараты серии «МАТРИКС» с широким выбором лазерных излучающих головок давно и хорошо зарекомендовали

себя при лечении многих заболеваний. Аппараты серии «ЛАЗМИК» отличаются от своих аналогов расширенным диапазоном частот – до 10 КГц, что позволяет значительно повысить мощность импульсных лазеров до 10–15 Вт, необходимую в методиках «обезболивания» [21]. Также в практическом здравоохранении более 20 лет применяют аппараты магнито-инфракрасной терапии серии «РИКТА». В отличие от серии «МАТРИКС» и «ЛАЗМИК», аппараты «РИКТА» оснащены световым воздействием красного и инфракрасного диапазона, который необходим для улучшения физиологических процессов в различных тканях, в том числе, при ОА. Благодаря тандему низкоинтенсивного лазерного излучения и чрескожной нейроадаптивной электростимуляции (transcutaneous neuroadaptive electrical stimulation, TNES), эффект обезболивания сопровождается коррекцией патологических изменений. Эти аппараты относятся к классу 1М по ГОСТ IEC 60825-1, безопасных при любых обоснованно предсказуемых условиях работы, и широко используются как населением в домашних условиях, так и врачами не только в России, но и в странах Европы (в Германии, Франции, Швейцарии, Испании, Италии, Израиле). Эффективность аппаратов серии «РИКТА» подтверждена многочисленными научными и клиническими испытаниями, положительными отзывами. Например, у больных с хроническим гонартрозом в стадии обострения назначение одного курса лазеропунктуры с использованием аппарата «РИКТА-04» (импульсивный лазер инфракрасного спектра излучения) способствовало регрессу синовита в короткие сроки. Воздействие на 5–6 точек акупунктуры в течение одной минуты с мощностью ИК-светодиодного излучения 60 мВт, частотой 1 КГц и магнитной индукцией 35 мТл оказывало содействие в исчезновении выраженного болевого синдрома, отека и гиперемии кожных покровов в проекции больного сустава в статистически значимо более короткие сроки по сравнению с группой больных, не получавших рефлексотерапию [22]. По данным М.Ф. Ибрагимова и З.В. Шамсутдинова, применение магнито-инфракрасной лазерной терапии у больных с ОА в комплексе с грязевыми аппликациями и ваннами типа «Мацеста» способствовало не только раннему разрешению болевого синдрома и увеличению функциональной активности суставов, но и продолжительности сохранения положительного эффекта [23]. Положительный эффект НЛТс применением аппарата «РИКТА 02/1» в комплексе с хондропротекторами и НПВП наблюдали у больных гонартрозом и коксартрозом, которым проводили двукратное воздействие излучением частотой 50 Гц, а затем – 5 Гц и экспозицией по 1 минуте на тазобедренные и коленные суставы, в результате чего отмечали статистически значимое снижение индекса по шкале WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index) в 1,8 раза от первоначальных

значений [24]. Подобные результаты были получены при применении аппарата «МИЛТА», параметры которого аналогичны отечественной модели «РИКТА 04/4». В течение 10 суток у больных ОА на суставные щели пораженного сустава, внутреннего и наружного мыщелка бедра воздействовали НЛТ с частотой импульсов 600–1500 Гц и мощностью 20–40 Вт по 2–4 минуты. Дополнительно стимулировали зоны сегментарной иннервации L<sub>3</sub>–S<sub>2</sub> на стороне поражения с частотой импульсов 150 Гц, мощностью 40 Вт по 4 минуты. В результате отмечалось снижение боли, скованности в суставе и улучшение показателя повседневной активности по шкалам ВАШ (визуальная аналоговая шкала) и WOMAC [25].

При лечении 100 пациентов с дегенеративно-дистрофическими заболеваниями костно-мышечной системы применение аппарата «РИКТА 04/4» позволило добиться анальгезирующего эффекта в короткие сроки и сохранить его на протяжении длительного времени. Положительную динамику связывали с улучшением микроциркуляции за счет дилатации микросудов в результате индукции синтеза индуцибельной NO-синтазы и последующем увеличением продукции оксида азота [26].

Влияние лазера на повышение работоспособности, ускорение восстановления и ослабление окислительного стресса, вызванного физической нагрузкой, наблюдали у футболистов высшей категории. После проведения прогрессивного бегового теста в группе спортсменов, получавших однократное импульсное инфракрасное излучение, в сравнении с контролем, отмечали статистически значимое возрастание скорости поглощения кислорода мышцами, увеличение промежутка времени до их истощения, а также время и объем, при котором достигался анаэробный и аэробный порог. Кроме того, регистрировали значительное снижение активности креатинфосфокиназы и лактатдегидрогеназы, уровней тиобарбитуровой кислоты и карбонилированных белков, повышение активности супероксиддисмутазы и каталазы [27]. Это позволило рекомендовать применение НЛТ не только в лечении ОА, но и в спортивной, авиакосмической и дайвинг-медицине.

В настоящее время конечной точкой хронических дегенеративных заболеваний с прогрессирующей деформацией суставов и потерей их функции за счет износа хряща является эндопротезирование. Практически только через 3 месяца отмечается уменьшение боли у 79 % больных и у 45 % – избавление от хромоты [28]. В клинических рекомендациях «Коксартроз (03.09.2021)», утвержденных Минздравом РФ, из физиотерапевтических процедур в рамках реабилитации в послеоперационном периоде предложено проведение только импульсной магнитотерапии, ультрафиолетового облучения, локальной криотерапии с целью получения анальгетического, противовоспалительного,

противоотечного, ангиопротективного, репаративно-регенераторного эффектов. Однако опыт использования зарубежными клиницистами импульсного воздействия лазерных источников различных длин волн доказал свою эффективность не только в уменьшении боли, но и в восстановлении тканей. С помощью беспроводного портативного устройства «PainAway/PainCure» (Multi Radiance Medical, США), параметры воздействия которого аналогичны отечественной модели «РИКТА 04/4», в группе пациентов после артропластики тазобедренного сустава на пяти участках/точках по всей протяженности хирургического рубца с расстоянием 2 см между участками, проводили однократное облучение в течение 300 секунд с общей выделяемой энергией до 39,8 Дж. Сочетание импульсного воздействия источников разных длин волн способствовало не только статистически значимому снижению интенсивности боли более чем в 2 раза по шкале ВАШ, но и уменьшению уровней активности IL-8 и TNF- $\alpha$  на фоне незначимого снижения IL-6 [29]. Ранее подобную динамику наблюдали и другие исследователи. Сформировался взгляд о модулирующем эффекте импульсного лазерного излучения с преобладанием анальгетического воздействия по сравнению с противовоспалительным в послеоперационном периоде [30]. Улучшение контроля боли может сократить продолжительность госпитального периода, снизить финансовые затраты, ускорить функциональное восстановление и улучшить долгосрочные результаты. Это позволяет рекомендовать включение лазеромагнитотерапии с помощью аппарата «РИКТА» в комплексное лечение пациентов при эндопротезировании суставов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эпидемиологический прогноз остеоартрита свидетельствует о постоянном возрастании количества пациентов с прогрессирующей деформацией суставов. Поэтому важной является профилактика и лечение этого заболевания. Изучение воздействия импульсного лазерного облучения на патогенетические процессы формирования остеоартрита показали зависимость терапевтического эффекта от длины волны (600–800 нм), когда происходит стимуляция пролиферации стволовых клеток с увеличением отложения минерализованных остеоподобных узелковых структур, в результате чего улучшается регенерация костной ткани. Применение длины волны лазерного излучения более 800 нм способствует улучшению микроциркуляции и метаболической активности митохондрий, что ведет к уменьшению болевого синдрома и улучшению подвижности суставов при остеоартрите. Сочетание импульсного воздействия источников лазерного излучения разных длин волн оказывает превалирующий анальгетический эффект над противовоспалительным в послеоперационном периоде при эндопротезировании.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Global Burden of Disease Collaborative Network. *Global Burden of Disease Study 2019 (GBD 2019)*. 2020. URL: <https://ghdx.healthdata.org/gbd-2019>
2. Резолюция консенсуса экспертов Российской Федерации по диагностике и лечению остеоартрита для врачей первичного звена. *Терапия*. 2022; 5 (57): 119–128. DOI: 10.18565/therapy.2022.5.119-128
3. Salis Z., Sainsbury A., Keen H., et al. Weight loss is associated with reduced risk of knee and hip replacement: A survival analysis using Osteoarthritis Initiative data. *Int J Obes (Lond)*. 2022; 46 (4): 874–884. DOI: 10.1038/s41366-021-01046-3
4. Osani M.C., Vaysbrot E.E., Zhou M., et al. Duration of symptom relief and early trajectory of adverse events for oral nonsteroidal antiinflammatory drugs in knee osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis. *Arthritis Care Res (Hoboken)*. 2020; 72 (5): 641–651. DOI: 10.1002/acr.23884
5. Honvo G., Reginster J., Rabenda V., et al. Safety of symptomatic slow-acting drugs for osteoarthritis: Outcomes of a systematic review and meta-analysis. *Drugs Aging*. 2019; 36 (Suppl 1): 65–99. DOI: 10.1007/s40266-019-00662-z
6. *Актуальные вопросы медицинской науки и практики: сборник статей специалистов ТОГБУЗ «Городская клиническая больница имени архиепископа Луки г. Тамбова»*. Отв. ред. В.П. Зимин. Тамбов: Принт-Сервис; 2019.
7. De Almeida P., Lopes-Martins R.Á., Tomazoni S.S. et al. Low-level laser therapy and sodium diclofenac in acute inflammatory response induced by skeletal muscle trauma: Effects in muscle morphology and mRNA gene expression of inflammatory markers. *Photochem Photobiol*. 2013; 89 (2): 501–507. DOI: 10.1111/j.1751-1097.2012.01232.x
8. Tomazoni S.S., Frigo L., Dos Reis Ferreira T.C., et al. Effects of photobiomodulation therapy and topical non-steroidal anti-inflammatory drug on skeletal muscle injury induced by contusion in rats –part 1: Morphological and functional aspects. *Lasers Med Sci*. 2017; 32 (9): 2111–2120. DOI: 10.1007/s10103-017-2346-z
9. Alnahdi A.H., Zeni J.A., Snyder-Mackler L. Muscle impairments in patients with knee osteoarthritis. *Sports Health*. 2012; 4 (4): 284–292. DOI: 10.1177/1941738112445726
10. Bannuru R.R., Osani M., Vaysbrot E., et al. OARSI guidelines for the non-surgical management of knee, hip, and polyarticular osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage*. 2019; 27 (11): 1578–1589. DOI: 10.1016/j.joca.2019.06.011
11. Letizia Mauro G., Scaturro D., Gimigliano F., et al. Physical agent modalities in early osteoarthritis: A scoping review. *Medicina (Kaunas)*. 2021; 57 (11): 1165. DOI: 10.3390/medicina57111165
12. Smith K.C. Molecular targets for low-level light therapy. *Laser Ther*. 2010; 19 (3): 135–142. DOI: 10.5978/islsm.19.135
13. Jankaew A., You Y.L., Yang T.H., et al. The effects of low-level laser therapy on muscle strength and functional outcomes in individuals with knee osteoarthritis: A double-blind randomized controlled trial. *Sci Rep*. 2023; 13 (1): 165. DOI: 10.1038/s41598-022-26553-9
14. Kaptchuk T.J., Miller F.G. Placebo effects in medicine. *N Engl J Med*. 2015; 373 (1): 8–9. DOI: 10.1056/NEJMp1504023
15. Braghin R.M.B., Libardi E.C., Junqueira C., et al. The effect of low-level laser therapy and physical exercise on pain, stiffness, function, and spatiotemporal gait variables in subjects

- with bilateral knee osteoarthritis: A blind randomized clinical trial. *Disabil Rehabil.* 2019; 41 (26): 3165–3172. DOI: 10.1080/09638288.2018.1493160
16. Leal-Junior E.C., Vanin A.A., Miranda E.F., et al. Effect of phototherapy (low-level laser therapy and light-emitting diode therapy) on exercise performance and markers of exercise recovery: A systematic review with meta-analysis. *Lasers Med Sci.* 2015; 30 (2): 925–939. DOI: 10.1007/s10103-013-1465-4
  17. Li C.-F., Chen Y.-J., Lin T.-Y., et al. Immediate responses of multi-focal low level laser therapy on quadriceps in knee osteoarthritis patients. *Kaohsiung J Med Sci.* 2019; 35 (11): 702–707. DOI: 10.1002/kjm2.12113
  18. Tani A., Chellini F., Giannelli M., et al. Red (635 nm), near-infrared (808 nm) and violet-blue (405 nm) photobiomodulation potentiality on human osteoblasts and mesenchymal stromal cells: A morphological and molecular in vitro study. *Int J Mol Sci.* 2018; 19 (7): 1946. DOI: 10.3390/ijms19071946
  19. Giannelli M., Chellini F., Sassoli C., et al. Photoactivation of bone marrow mesenchymal stromal cells with diode laser: Effects and mechanisms of action. *J Cell Physiol.* 2013; 228 (1): 172–181. DOI: 10.1002/jcp.24119
  20. Wang Y., Huang Y.Y., Wang Y., et al. Red (660 nm) or near-infrared (810 nm) photobiomodulation stimulates, while blue (415 nm), green (540 nm) light inhibits proliferation in human adipose-derived stem cells. *Sci Rep.* 2017; 7 (1): 7781. DOI: 10.1038/s41598-017-07525-w
  21. Москвин С.В., Пономаренко Г.Н. Лазерная терапия аппаратами серии «Матрикс» и «Лазмик». М.: Триада; 2015.
  22. Денисова Е.В. Аппаратные методы рефлексотерапии в комплексном лечении больных с гонартрозами. *Материалы первого всероссийского съезда врачей восстановительной медицины РЕАСПОМЕД.* М.; 2007: 85.
  23. Ибрагимов М.Ф., Шамсутдинов З.В. Результаты лечения магнито-инфракрасной лазерной терапией больных остеоартрозом в сочетании с природными факторами санаторий «Бакирово» (грязевыми аппликациями и H<sub>2</sub>S водой типа «Мацеста»). *Актуальные вопросы медицинской реабилитации, восстановительной медицины, курортологии и физиотерапии: материалы научно-практической конференции.* Под ред. Г.П. Котельникова. Самара; 2015: 62–63.
  24. Тигиева Н.М., Топров И.Н., Хетарурова З.В. Эффективность применения лазерного излучения в комплексном лечении больных остеоартрозом. *Кубанский научный медицинский вестник.* 2014; 1 (143): 165–167. DOI: 10.25207/1608-6228-2014-1-165-167
  25. Жданова Г.В. Лазероманнитерапия аппаратом «Милта» в реабилитации больных остеоартрозом коленного сустава. *Вестник гигиены и эпидемиологии.* 2018; 22 (2): 62–63.
  26. Брагин Л.Х., Гончарова А.Г., Брагин Д.Л. Физиологическое обоснование эффективности методов квантовой полифакторной терапии функциональных расстройств и травматических дисфункций. *Эколого-физиологические проблемы адаптации: материалы XVII Всероссийского симпозиума.* Рязань; 2017: 37–38.
  27. Tomazoni S.S., Machado C.S.M., Marchi T., et al. Infra-red low-level laser therapy (photobiomodulation therapy) before intense progressive running test of high-level soccer players: Effects on functional, muscle damage, inflammatory, and oxidative stress markers – a randomized controlled trial. *Oxid Med Cell Longev.* 2019; (2019): 6239058. DOI: 10.1155/2019/6239058
  28. Черкасов М.А., Тихилов П.М., Шубняков И.И. и др. Первичное эндопротезирование тазобедренного сустава: предоперационные ожидания пациентов и факторы, на них влияющие. *Кафедра травматологии и ортопедии.* 2018; 1 (31): 52–57. DOI: 10.17238/issn2226-2016.2018.1.52-57
  29. Langella L.G., Casalechi H.L., Tomazoni S.S., et al. Photobiomodulation therapy (PBMT) on acute pain and inflammation in patients who underwent total hip arthroplasty: A randomized, triple-blind, placebo-controlled clinical trial. *Lasers Med Sci.* 2018; 33 (9): 1933–1940. DOI: 10.1007/s10103-018-2558-x
  30. Leal-Junior E.C., Johnson D.S., Saltmarche A., Demchak T. Adjunctive use of combination of super-pulsed laser and light-emitting diodes phototherapy on nonspecific knee pain: Double-blinded randomized placebo-controlled trial. *Lasers Med Sci.* 2014; 29 (6): 1839–1847. DOI: 10.1007/s10103-014-1592-6

## REFERENCES

1. Global Burden of Disease Collaborative Network. *Global Burden of Disease Study 2019 (GBD 2019).* 2020. URL: <https://ghdx.healthdata.org/gbd-2019>
2. Resolution of the consensus of experts of the Russian Federation on the diagnosis and treatment of osteoarthritis for primary care physicians. *Therapy.* 2022; 5 (57): 119–128. [In Russ.]. DOI: 10.18565/therapy.2022.5.119-128
3. Salis Z., Sainsbury A., Keen H., et al. Weight loss is associated with reduced risk of knee and hip replacement: A survival analysis using Osteoarthritis Initiative data. *Int J Obes (Lond).* 2022; 46 (4): 874–884. DOI: 10.1038/s41366-021-01046-3
4. Osani M.C., Vaysbrot E.E., Zhou M., et al. Duration of symptom relief and early trajectory of adverse events for oral nonsteroidal antiinflammatory drugs in knee osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis. *Arthritis Care Res (Hoboken).* 2020; 72 (5): 641–651. DOI: 10.1002/acr.23884
5. Honvo G., Reginster J., Rabenda V., et al. Safety of symptomatic slow-acting drugs for osteoarthritis: Outcomes of a systematic review and meta-analysis. *Drugs Aging.* 2019; 36 (Suppl 1): 65–99. DOI: 10.1007/s40266-019-00662-z
6. Topical issues of medical science and practice: a collection of articles by specialists of the TOGBUZ “Archbishop Luke City Clinical Hospital of Tambov”. Ed. by V.P. Zimin. Tambov: Print Service Publ.; 2019. [In Russ.].
7. De Almeida P., Lopes-Martins R.Á., Tomazoni S.S. et al. Low-level laser therapy and sodium diclofenac in acute inflammatory response induced by skeletal muscle trauma: Effects in muscle morphology and mRNA gene expression of inflammatory markers. *Photochem Photobiol.* 2013; 89 (2): 501–507. DOI: 10.1111/j.1751-1097.2012.01232.x
8. Tomazoni S.S., Frigo L., Dos Reis Ferreira T.C., et al. Effects of photobiomodulation therapy and topical non-steroidal anti-inflammatory drug on skeletal muscle injury induced by contusion in rats –part 1: Morphological and functional aspects. *Lasers Med Sci.* 2017; 32 (9): 2111–2120. DOI: 10.1007/s10103-017-2346-z
9. Alnahdi A.H., Zeni J.A., Snyder-Mackler L. Muscle impairments in patients with knee osteoarthritis. *Sports Health.* 2012; 4 (4): 284–292. DOI: 10.1177/1941738112445726

10. *Bannuru R.R., Osani M., Vaysbrot E., et al.* OARSJ guidelines for the non-surgical management of knee, hip, and polyarticular osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage*. 2019; 27 (11): 1578–1589. DOI: 10.1016/j.joca.2019.06.011
11. *Letizia Mauro G., Scaturro D., Gimigliano F., et al.* Physical agent modalities in early osteoarthritis: A scoping review. *Medicina (Kaunas)*. 2021; 57 (11): 1165. DOI: 10.3390/medicina57111165
12. *Smith K.C.* Molecular targets for low-level light therapy. *Laser Ther*. 2010; 19 (3): 135–142. DOI: 10.5978/islsm.19.135
13. *Jankaew A., You Y.L., Yang T.H., et al.* The effects of low-level laser therapy on muscle strength and functional outcomes in individuals with knee osteoarthritis: A double-blind randomized controlled trial. *Sci Rep*. 2023; 13 (1): 165. DOI: 10.1038/s41598-022-26553-9
14. *Kaptchuk T.J., Miller F.G.* Placebo effects in medicine. *N Engl J Med*. 2015; 373 (1): 8–9. DOI: 10.1056/NEJMp1504023
15. *Braghin R.M.B., Libardi E.C., Junqueira C., et al.* The effect of low-level laser therapy and physical exercise on pain, stiffness, function, and spatiotemporal gait variables in subjects with bilateral knee osteoarthritis: A blind randomized clinical trial. *Disabil Rehabil*. 2019; 41 (26): 3165–3172. DOI: 10.1080/09638288.2018.1493160
16. *Leal-Junior E.C., Vanin A.A., Miranda E.F., et al.* Effect of phototherapy (low-level laser therapy and light-emitting diode therapy) on exercise performance and markers of exercise recovery: A systematic review with meta-analysis. *Lasers Med Sci*. 2015; 30 (2): 925–939. DOI: 10.1007/s10103-013-1465-4
17. *Li C.-F., Chen Y.-J., Lin T.-Y., et al.* Immediate responses of multi-focal low level laser therapy on quadriceps in knee osteoarthritis patients. *Kaohsiung J Med Sci*. 2019; 35 (11): 702–707. DOI: 10.1002/kjm2.12113
18. *Tani A., Chellini F., Giannelli M., et al.* Red (635 nm), near-infrared (808 nm) and violet-blue (405 nm) photobiomodulation potentiality on human osteoblasts and mesenchymal stromal cells: A morphological and molecular in vitro study. *Int J Mol Sci*. 2018; 19 (7): 1946. DOI: 10.3390/ijms19071946
19. *Giannelli M., Chellini F., Sassoli C., et al.* Photoactivation of bone marrow mesenchymal stromal cells with diode laser: Effects and mechanisms of action. *J Cell Physiol*. 2013; 228 (1): 172–181. DOI: 10.1002/jcp.24119
20. *Wang Y., Huang Y.Y., Wang Y., et al.* Red (660 nm) or near-infrared (810 nm) photobiomodulation stimulates, while blue (415 nm), green (540 nm) light inhibits proliferation in human adipose-derived stem cells. *Sci Rep*. 2017; 7 (1): 7781. DOI: 10.1038/s41598-017-07525-w
21. *Moskvin S.V., Ponomarenko G.N.* Laser therapy with devices of the Matrix and Lazmic series. Moscow: Triada Publ.; 2015. [In Russ.].
22. *Denisova E.V.* Hardware methods of reflexotherapy in the complex treatment of patients with gonarthrosis. *Materialy pervogo vserossiyskogo s"ezda vrachey vosstanovitel'noy meditsiny REASPOMED*. Moscow; 2007: 85. [In Russ.].
23. *Ibragimov M.F., Shamsutdinov Z.V.* Results of treatment with magneto-infrared laser therapy of patients with osteoarthritis in combination with natural factors sanatorium "Bakirovo" (mud applications and H<sub>2</sub>S water of the "Matsesta" type). *Aktual'nye voprosy meditsinskoj reabilitatsii, vosstanovitel'noy meditsiny, kurortologii i fizioterapii: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Ed. by G.P. Kotelnikov. Samara; 2015: 62–63. [In Russ.].
24. *Tigieva N.M., Totrov I.N., Khetagurova Z.V.* The effectiveness of laser radiation in the complex treatment of patients with osteoarthritis. *Kuban Scientific Medical Bulletin*. 2014; 1 (143): 165–167. [In Russ.]. DOI: 10.25207/1608-6228-2014-1-165-167
25. *Zhdanova G.V.* Laser magnetotherapy with the "Milta" device in the rehabilitation of patients with osteoarthritis of the knee joint. *Bulletin of Hygiene and Epidemiology*. 2018; 22 (2): 62–63. [In Russ.].
26. *Bragin L.H., Goncharova A.G., Bragin D.L.* Physiological substantiation of the effectiveness of quantum multifactorial therapy of functional disorders and traumatic dysfunctions. *Ekologo-fiziologicheskie problemy adaptatsii: materialy XVII Vserossiyskogo simpoziuma*. Ryazan; 2017: 37–38. [In Russ.].
27. *Tomazoni S.S., Machado C.S.M., Marchi T., et al.* Infra-red low-level laser therapy (photobiomodulation therapy) before intense progressive running test of high-level soccer players: Effects on functional, muscle damage, inflammatory, and oxidative stress markers – a randomized controlled trial. *Oxid Med Cell Longev*. 2019; (2019): 6239058. DOI: 10.1155/2019/6239058
28. *Cherkasov M.A., Tikhilov R.M., Shubnyakov I.I., et al.* Primary hip replacement: Preoperative expectations of patients and factors influencing them. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2018; 1 (31): 52–57. [In Russ.]. DOI: 10.17238/issn2226-2016.2018.1.52-57
29. *Langella L.G., Casalechi H.L., Tomazoni S.S., et al.* Photobiomodulation therapy (PBMT) on acute pain and inflammation in patients who underwent total hip arthroplasty: A randomized, triple-blind, placebo-controlled clinical trial. *Lasers Med Sci*. 2018; 33 (9): 1933–1940. DOI: 10.1007/s10103-018-2558-x
30. *Leal-Junior E.C., Johnson D.S., Saltmarche A., Demchak T.* Adjunctive use of combination of super-pulsed laser and light-emitting diodes phototherapy on nonspecific knee pain: Double-blinded randomized placebo-controlled trial. *Lasers Med Sci*. 2014; 29 (6): 1839–1847. DOI: 10.1007/s10103-014-1592-6

**Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest**

The authors declare no conflict of interest.

**Сведения об авторах**

**Лазарева Елена Николаевна** – доктор медицинских наук; ведущий научный сотрудник, ФБУН «Центральный научно-исследовательский институт эпидемиологии» Роспотребнадзора России; e-mail: elniklazareva@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6081-1740>

**Макашова Вера Васильевна** – доктор медицинских наук, профессор; ведущий научный сотрудник, ФБУН «Центральный научно-исследовательский институт эпидемиологии» Роспотребнадзора России; e-mail: veramakashova@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0982-3527>

**Осипова Екатерина Григорьевна** – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник, ООО «РИКТАМЕД»; e-mail: egdok@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7505-5119>

**Information about the authors**

**Lazareva Elena** – Dr. Sc. (Med.), Leading Researcher, Central Research Institute of Epidemiology, Rospotrebnadzor; e-mail: elniklazareva@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6081-1740>

**Makashova Vera** – Dr. Sc. (Med.), Professor, Leading Researcher, Central Research Institute of Epidemiology, Rospotrebnadzor; e-mail: veramakashova@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0982-3527>

**Osipova Ekaterina** – Cand. Sc. (Med.), Leading Researcher, ООО "RIKTAMED"; e-mail: egdok@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7505-5119>