

А.Н. БЕЛОВА, А.П. БАВРИНА, Н.Ю. ЛИТВИНОВА, А.В. БЕСПАЛОВА,  
Ю.А. ИСРАЕЛЯН, В.О. СУШИН, А.М. РЕЗЕНОВА, М.А. ШАБАНОВА

**МЕТОД ФОТОБИОМОДУЛЯЦИИ  
В ТЕРАПИИ МИОФАСЦИАЛЬНОГО БОЛЕВОГО СИНДРОМА:  
НАРРАТИВНЫЙ ОБЗОР\***

***Ключевые слова:** миофасциальная боль, миофасциальный болевой синдром, триггерная точка, фотобиомодуляция, низкоинтенсивная лазерная терапия.*

*Миофасциальная боль представляет собой один из самых распространенных вариантов хронической скелетно-мышечной боли, который значительно снижает качество жизни пациентов, препятствует активной кинезотерапии и трудно поддается лечению. Перспективным методом терапии миофасциального болевого синдрома (МФБС) является метод фотобиомодуляции (ФБМ), использующий в лечебных целях неионизирующие источники света (лазеры, светодиоды) и излучение в видимом, инфракрасном и близком к инфракрасному спектральных диапазонах. В обзоре кратко рассматриваются общие представления о ФБМ и результаты исследований, посвященных эффективности ФБМ при МФБС, обсуждаются возможные механизмы терапевтического эффекта низкоинтенсивного оптического излучения и необходимость выбора оптимальных параметров воздействия. Эффективность, неинвазивность и безопасность позволяет использовать ФБМ у пациентов пожилого возраста.*

**Актуальность проблемы терапии миофасциальных болей.** К числу самых распространенных медицинских проблем относится хронический болевой синдром, при этом среди болевых синдромов доминируют скелетно-мышечные боли, в частности миофасциальная боль (МФБ) [13, 45, 47, 49]. В возрастной группе 30–60 лет МФБ регистрируется у 37% мужчин и у 65% женщин, а среди лиц старше 65 лет распространенность МФБ составляет более 80% [13]. Источником МФБ являются скелетные мышцы и прилегающие фасции [5, 47, 48, 50]. МФБ характеризуется мышечной дисфункцией с формированием локальных болезненных уплотнений, так называемых триггерных точек (ТТ) в пораженных мышцах [9, 51, 54]. МФБ очень часто сопутствует остеоартрозу (ОА) [4, 19]. МФБ не только изнуряет пациентов и ухудшает качество их жизни, но и препятствует активным движениям в суставе, что, в свою очередь, может ускорять прогрессирование дегенеративных процессов в суставах и затруднять проведение кинезотерапии [4, 19].

МФБ может носить первичный либо вторичный характер. Первичная МФБ развивается на фоне хронической перегрузки скелетных мышц либо при их длительной иммобилизации. Вторичная МФБ обусловлена рефлекторным сокращением мышц на фоне соматической патологии: практически любая соматическая патология может сопровождаться миофасциальными болевыми синдромами (МФБС); болевая импульсация с пораженного висцерального органа или сустава приводит к защитному напряжению соответствующих

---

\* Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства здравоохранения Российской Федерации № 208.094.01 121130100281-9.

мышц для иммобилизации сустава или создания мышечного защитного напряжения вокруг больного органа [8, 9].

Хотя МФБ является не отдельной нозологической формой заболевания, а синдромом, международным сообществом разработаны *клинические диагностические критерии* этого патологического состояния. К основным клиническим критериям МФБ относятся: наличие в скелетной мышце пальпируемого «тугого» тяжа; обнаружение в области «тугого» тяжа участка повышенной чувствительности и характерного паттерна отраженной боли при стимуляции этого участка; осознание пациентом вызванной боли [43].

Патогенез МФБ до сих пор не вполне выяснен. Несмотря на то, что теория МФБ периодически подвергается критике [44], а в определениях понятия ТТ существует высокая вариабельность [18, 32], доминирует гипотеза, согласно которой начальным толчком в формировании ТТ служит острая или повторная перегрузка мышцы в условиях гипоперфузии и энергетического дефицита, которые обусловлены сдавлением сосудов мышц в результате их сокращения [8, 14]. В результате ишемии в мышце накапливается молочная кислота, продукты диссоциации которой активируют ноцицепторы (неинкапсулированные нервные окончания А-дельта и С-афферентных волокон, богато представленные в мышечных волокнах, фасциях и сухожилиях), а также провоцируют выброс из терминалей мотонейрона пептида, связанного с геном кальцитонина (ПСГК). Увеличение уровня ПСГК приводит к активации рецепторов ацетилхолина (АХ) и к ингибированию разрушающего его фермента (ацетилхолинэстеразы), следствием чего становится пролонгированное сокращение нитей актина и миозина в мышечных волокнах с образованием ТТ и плотных тяжей [8]. Кроме того, выброс АХ из окончаний мотонейронов активирует симпатическую иннервацию сосудов мышц, что поддерживает их сужение и гипоперфузию мышц, замыкая «порочный круг» [8, 14]. В зоне ТТ уменьшается количество аденозинтрифосфата (АТФ) и в результате нарушения функции ионного насоса в цитоплазме миоцитов накапливаются ионы кальция; это нарушает сократимость мышечного волокна и приводит к запуску воспалительных реакций с выделением веществ, воздействующих на ноцицепторы (брадикинин, фактор некроза опухоли альфа, воспалительные интерлейкины IL6, IL8, IL1beta, серотонин, норэпинефрин) [14].

Согласно современной гипотезе, ТТ могут порождать дополнительные ноцицептивные афферентные пути, т.е. формировать так называемую добавочную подкожную систему болевой афферентации (*subcutaneous accessory pain system*, англ.) [11]. Эта гипотеза может объяснить коморбидность МФБ и тревожно-депрессивных расстройств: показано, что между эпидермисом (который образуется в процессе эмбриогенеза из эктодермы) и лимбической областью головного мозга существуют двусторонние связи [37, 42]. В свете этих данных при лечении МФБ воздействие на кожные покровы приобретает патогенетическое обоснование [14].

Высокая стоимость лечения делает МФБ не только медицинской, но и социальной проблемой [45]. Тем не менее многие аспекты патогенеза, диагностики и терапии МФБ остаются недостаточно изученными [21]. Стандартных схем лечения МФБ не существует. Фармакотерапия включает назначение таких средств, как нестероидные противовоспалительные препараты, миорелаксанты, бензодиазепины, антидепрессанты, пластыри с лидокаином, ботулинический токсин типа А; нефармакологические модальности включают физи-

ческие упражнения, ультразвуковое воздействие, прокалывание ТТ сухой иглой, остеопатические манипуляции [9, 14]. Однако доказательной базы эффективности того или иного метода терапии МФБ нет, часто лечение оказывается малоэффективным [14]. Кроме того, лекарственные препараты обладают побочными эффектами, а прокалывания ТТ и введение ботулинического токсина относятся к инвазивным технологиям, что ограничивает их применение, в особенности у лиц пожилого возраста. В связи с этим особую актуальность приобретает разработка новых эффективных, безопасных и имеющих научное обоснование методов терапии МФБ. К числу таких методов относят метод фотобиомодуляции [11].

**Общие представления о механизмах действия низкоинтенсивного оптического излучения.** Термином «фотобиомодуляция» (ФБМ) обозначают форму световой терапии, использующую монохроматичный свет видимого и инфракрасного диапазонов от источников неионизирующего излучения (лазеры, светодиоды) и индуцирующую в живых тканях нетепловой процесс с участием эндогенных хромофоров, который сопровождается фотофизическими и фотохимическими явлениями на различных биологических уровнях [38]. Феномен изменения функциональной активности клеток под воздействием света, открытый более полувека назад венгерским исследователем Endre Mester, первоначально рассматривался как свойство лазерного излучения в красном спектре (600–700 нм) и был положен в основу метода низкоинтенсивного лазерного излучения, или НИЛИ (Low Level Laser Therapy, или LLLT) [27]. В дальнейшем в виде источников низкоинтенсивного оптического излучения все шире стали использовать светодиоды. В настоящее время для ФБМ чаще всего используют низкоинтенсивный (10–500 мВт) свет с длиной волн в диапазоне от красного до ближнего инфракрасного (БИК) спектров (660–905 нм), поскольку эти длины волны способны проникать в кожу, мягкие и плотные ткани; оптимальной для воздействия на мышечную ткань считается длина волны 810 нм [11, 27, 28].

Механизмы положительного действия низкоинтенсивного оптического излучения (НОИ) до сих пор остаются не вполне ясными [12]. По современным представлениям, в клетках живых организмов имеются акцепторы определенных длин волн электромагнитного излучения, или фотоакцепторы [25]; одним из первых возможных фотакцепторов была заявлена цитохром с-оксидаза [41]. Предполагается, под действием НОИ от цитохром с-оксидазы отделяется оксид азота, который восстанавливает транспорт электронов и увеличивает мембранный потенциал митохондрий, что впоследствии приводит к активации синтеза АТФ и увеличению потока кальция в клетку [27]. На данный момент описанный выше механизм является гипотезой и требует дополнительных исследований.

Другим известным фотоакцептором является супероксиддисмутаза (СОД) [1]. Данная гипотеза связана с возможностью активации активного центра фермента путем депротонирования гистидиновых остатков при облучении светом красного диапазона. Однако теория активации СОД пока не получила экспериментального подтверждения *in vitro*, что вызывает сомнения в первичности СОД как акцептора низкоинтенсивного красного света.

Согласно еще одной гипотезе, под действием НОИ происходит фотолиз нитрозильных комплексов гемопротеинов и цитохрома, что также приводит к активации синтеза АТФ и интенсификации потока кальция в клетку [2]. Однако для подтверждения данной теории основная часть исследований проводилась лишь для низкоинтенсивного света синего, зеленого и инфракрасного диапазонов.

Одной из наиболее доказанных к настоящему времени является фотодинамическая теория действия НОИ [6]. В рамках данной гипотезы, в качестве первичных акцепторов НОИ выступают эндогенные фотосенсибилизаторы – порфирины, которые в присутствии кислорода инициируют образование свободных радикалов и окисление мембранных липидов, что, в свою очередь, приводит к интенсификации потока кальция в клетку.

Большинство изученных на данный момент предполагаемых механизмов действия НОИ завершаются увеличением потока кальция в клетку. В то же время известно, что некоторые антиоксидантные ферменты, например глутатион-трансфераза, активируются кальцием. Так, показано, что под действием НОИ в мышечной ткани, поврежденной различными физическими факторами в эксперименте, наблюдается восстановление нормальных значений активности глутатион-трансферазы и содержания восстановленного глутатиона, что, в свою очередь, опосредует нормализацию свободно-радикальных процессов [31].

В целом полагают, что механизм лечебного действия НОИ представлен несколькими последовательными фазами: фотофизической (при поглощении кванта света один из электронов атома фотоакцептора переходит на другой энергетический уровень), фотохимической (энергия электронного возбуждения запускает физико-химические реакции) и фотобиологической (развитие биологических эффектов) [7]; эти процессы иногда сравнивают с процессом фотосинтеза в растениях, при котором фотоны поглощаются клеточными фоторецепторами с последующим преобразованием энергии света в энергию химических связей органических веществ [11].

Эффекты действия низкоинтенсивного оптического излучения красного, инфракрасного и БИК диапазонов, таким образом, проявляются на молекулярном, клеточном и биологическом уровнях. Терапевтические возможности НОИ при МФБС объясняют с позиций его анальгезирующего эффекта, способности улучшать функциональные свойства мышечной ткани и воздействовать на ТТ [11, 27].

*Анальгезирующий эффект* ФБМ объясняют как прямым воздействием на ноцицепторы, находящиеся в поверхностных слоях кожи, так и способностью НОИ распространяться на подкожные ткани, симпатические ганглии и нервномышечные синапсы, блокировать проведение болевых импульсов, влиять на процессы нейропластичности в спинном мозге и предотвращать центральную сенситизацию [11, 30]. Повторное многократное воздействие лазером, по мнению авторов, способно модулировать ноцицепцию и предотвращать хронизацию боли [30].

К механизмам анальгезирующего эффекта ФБМ относят также активацию антиноцицептивной системы и модуляцию нейротрансмиттеров [23], а также купирование локального воспаления и отека [11]. Необходимо отметить, что в экспериментах *in vitro* и *in vivo*, подтвердивших анальгезирующие эффекты ФБМ, в качестве источника НОИ значительно чаще использовались лазеры, а не светодиоды.

*Биологические эффекты оптического воздействия на мышечную ткань* изучены пока лишь у здоровых людей. Так, в рандомизированном плацебо-контролируемом исследовании с двойной маскировкой авторы определяли оптимальную мощность оптического излучения и эффект комбинированного применения лазера и светодиодов у 40 здоровых нетренированных волонтеров. Однократный сеанс фототерапии проводили перед выполнением физической нагрузки; использовали набор источников света: 4 лазера (905 нм) и 8 светодиодов,

половина которых изучала свет с длиной волны 875 нм и половина – 670 нм. Воздействие осуществляли на четырехглавую мышцу бедра (6 локусов) оптическим излучением, суммарные дозы которого составляли 10, 30 и 50 Дж, либо плацебо [10]. Было показано, что проводимая перед тренировкой ФБМ с применением низкоинтенсивного комбинированного излучения значительно увеличивала работоспособность мышцы и снижала отсроченную мышечную болезненность и уровень креатинкиназы (биомаркера повреждения мышцы); оптимальной оказалась доза 30 Дж [10]. Положительный эффект в отношении мышечной утомляемости был получен у здоровых нетренированных лиц и при воздействии оптическим излучением и на другие мышечные группы – например, на сгибатели предплечья [46].

Однократное воздействие лазерным излучением с длиной волны 810 нм на мышцы-разгибатели голени у профессиональных спортсменов-футболистов, предшествовавшее физической нагрузке, позволяло замедлить процесс физиологического мышечного утомления, уменьшить микротравматизацию скелетных мышц вследствие физической нагрузки и ускорить восстановление мышцы после тренировки; оптимальной оказалась доза 50 Дж при оптической мощности 200 мВт [17].

Еще одно исследование с применением низкоинтенсивного оптического воздействия на четырехглавую мышцу бедра у футболистов до и после наступления мышечного утомления также показало, что воздействие лазером после наступления утомления мышцы снижало концентрацию лактата и креатинкиназы в сыворотке крови; параметры воздействия были следующими: длина волны 830 нм, площадь луча 0.0028 см<sup>2</sup>, шесть излучателей, энергия излучения каждого из них 0,6 Дж, общая энергия для двух конечностей 50,4 Дж, плотность потока мощности 21,42 Вт/см<sup>2</sup>, 70 с на каждую ногу [20]. Исследователи полагают, что ФБМ может влиять на локальный воспалительный процесс в мышце, вызванный физической нагрузкой, и иметь дозозависимый эффект: стимуляцию биологических процессов вызывают лишь дозы в пределах «терапевтического окна», тогда как дозы за пределами этого диапазона не вызывают никаких эффектов, при этом диапазон «терапевтического окна» варьирует в зависимости от той патологии, на лечение которой направлена ФБМ [17].

Воздействие низкоинтенсивным светом лазера на четырехглавую мышцу бедра спортсменов-волейболистов перед силовыми и плиометрическими тренировками (непрерывное излучение, 850 нм, три излучателя с мощностью 50 мВт и энергией излучения 2 Дж каждый, плотность потока энергии 0,8 Дж/см<sup>2</sup>, шесть точек облучения, 6 Дж в течение 40 с на точку, общая энергия для одной конечности 36 Дж) способствовало более выраженному увеличению мышечной силы, в особенности при сочетании ФБМ с электростимуляцией мышц [15].

Надо учитывать, что при различных типах нагрузок возможны разные реакции на ФБМ [40]. Так, результаты исследования, в котором до начала тренировки по дзюдо на мышцы одной ноги (m.m. Quadriceps femoris, Hamstrings, Gastrocnemius) воздействовали оптическим излучением (15 зон, по 32 с и 30 Дж на зону, суммарная доза 450 Дж), а второй – плацебо, свидетельствовали об отсутствии эффекта ФБМ в отношении уменьшения мышечной утомляемости [40].

В целом использование низкоинтенсивного света рассматривается как потенциально эффективный краткосрочный подход к снижению в мышце уровня окислительного стресса и локальному увеличению количества антиоксидантных веществ [21]. Эти данные открывают перспективы к научно обоснованному использованию ФБМ при МФБС.

**Возможности воздействия низкоинтенсивным оптическим излучением на миофасциальный болевой синдром.** В рутинной клинической практике при МФБС нередко применяют широкополосное светотепловое излучение, обладающее преимущественно эффектом прогревания тканей; однако не так давно авторы одного из исследований по изучению воздействия конвенциональной светотерапии на волокна трапециевидной мышцы высказали предположение, что наблюдавшиеся изменения были связаны не только с тепловым воздействием излучения, но и с так называемыми невидимыми эффектами [33].

Предположение, что НОИ, имеющее узкий спектральный диапазон, может оказывать на ТТ более выраженный эффект в сравнении с низкоинтенсивным поляризованным конвенционным светом (полихроматическим некогерентным излучением), высказывалось уже давно. Основной мишенью НОИ при МФБС служат ТТ [11]. Способность низкоинтенсивного света лазера уменьшать порог болезненности ТТ была продемонстрирована еще более двух десятков лет назад [39]. В 1989 г А. Olavi и коллеги провели двойное слепое исследование, в котором приняли участие 18 пациентов с МФБС; этим пациентам проводили воздействие на ТТ, локализованные в мышцах плечевого пояса и верхней конечности, либо инфракрасным лазером (904 нм, 1.5 Дж на точку), либо плацебо. В группе пациентов, получавших активную терапию, непосредственно после сеанса и через 15 минут после его завершения болевой порог ТТ оказался значительно выше, чем в группе плацебо [39].

На протяжении последнего десятилетия опубликовано значительное число работ, подтверждающих эффективность ФБМ в отношении воздействия на ТТ [49]. Например воздействие на все выявленные в трапециевидной мышце ТТ поляризованным лазерным излучением (755 нм, 6 Дж/см<sup>2</sup>, 5 сеансов в неделю, 5 недель, 32 пациента) привело к значительному уменьшению выраженности локальных и отраженных болей, увеличению объема движений в шейном отделе позвоночника; положительный результат был достигнут более чем у 90% пролеченных пациентов [49].

Значительное число исследований по изучению эффективности НОИ выполнялось на моделях МФБС, развившегося вследствие патологии височно-нижнечелюстного сустава (ВНЧС) [34–36, 52]. Например, в двойном слепом рандомизированном исследовании пациенты с болью в жевательных мышцах, обусловленной артрозом ВНЧС, были рандомизированы в две группы, одна из которых получала терапию низкоинтенсивным светом лазера каждые 48 часов в течение 10 дней (суммарная доза 1285 Дж на весь курс лечения), а вторая – имитацию ФБМ [36]. Авторы продемонстрировали, что ФБМ оказывала достоверный, но краткосрочный анальгезирующий эффект [36].

Для повышения результативности терапии некоторые исследователи предлагают одновременное использование разных источников света и разных длин волн. Например, используют излучатель, комбинирующий светодиоды с излучением в красном (660 нм) и инфракрасном (850 нм) диапазонах (мощность каждого светодиода 3,5 мВт, плотность потока мощности 4,45 мВт/см<sup>2</sup>, время экспозиции 20 с, суммарная энергия 75,6 Дж) [52] либо предлагают интраоральное воздействие на крыловидные мышцы с использованием суперимпульсного лазера (905 нм) в комбинации с красным (640 нм) и инфракрасным (875 нм) светодиодным излучением, что эффективно уменьшало боль у женщин с миогенной дисфункцией ВНЧС [29]. ФБМ комбинируют с медикаментозной терапией, направленной на уменьшение мышечного спазма (флуоксетин, баклофен, клоназепам), что повышает ее эффективность [34].

В целом систематический обзор публикаций, касающихся результатов использования ФБМ в лечении височно-нижнечелюстной миофасциальной боли, показал, что ФБМ, по-видимому, эффективна для этой категории пациентов, несмотря на отсутствие понимания ее точного механизма; однако методологическое качество доступных исследований было средним (высокая неоднородность и небольшое количество включенных пациентов, высокий риск систематической ошибки), поэтому результаты не являются окончательными и необходимы дальнейшие хорошо спланированные исследования [35].

В то же время опубликованы результаты некоторых исследований, не подтверждающие преимущества ФБМ в терапии МФБС перед другими методами терапии и даже перед плацебо [31, 16]. Так, в сравнительном исследовании, проведенном у 61 женщины, было продемонстрировано, что эффект ФБМ в отношении функциональных исходов и толерантности к боли при миофасциальном синдроме трапециевидной мышцы оказался менее выраженным, чем при применении ударно-волновой терапии [31]. В другой работе было показано, что комбинация метода «сухой иглы» с ФБМ не давала дополнительных преимуществ [50]. Одной из возможных причин неудовлетворительных результатов может являться неправильно подобранные параметры НОИ.

**Оптимальные параметры фотобиомодуляции.** Отличием ФБМ от конвенционной светотерапии является использование монохроматического излучения строго определенных параметров, что позволяет точно дозировать воздействие. Для получения наилучших результатов очень важны правильно выбранные характеристики воздействия (длина волны, мощность, плотность мощности, структура импульса, плотность энергии, полная энергия, продолжительность экспозиции), которые должны находиться в узких пределах «терапевтического окна» [26]. Наилучшее проникновение НОИ в мышечную ткань отмечено при длине волн в диапазоне 760–850 нм: в этом диапазоне оптический поток мощностью 1 Вт и исходящей плотностью 5 Вт/см<sup>2</sup>, проникающая в живые ткани, может на глубине 5 см иметь плотность мощности 5 мВт/см<sup>2</sup> [11]. Однако даже в таком диапазоне длин волн слишком короткое время облучения, слишком низкая или слишком высокая выходная мощность могут привести к нулевым результатам [3, 55].

Экспертными группами разработаны национальные и международные рекомендации по применению НОИ при разных формах патологии [3, 55], но все эти рекомендации, во-первых, предусматривают использование когерентного монохроматического излучения лазеров, во-вторых, не выделяют отдельно МФБС. В то же время для ФБМ в последнее время все чаще используют светоизлучающие диоды, генерирующие некогерентное излучение более низкой спектральной плотности; последним, в силу меньшей стоимости и большей безопасности, предпочтение отдается все чаще [27, 28]. Оптимальные параметры НОИ при терапии МФБС с использованием лазеров, светодиодов либо их комбинаций, определяют на основании результатов системных обзоров и метаанализов результатов опубликованных исследований. В настоящее время полагают, что при воздействии на область ТТ оптимальная интенсивность воздействия (плотность потока мощности) составляет около 5 Вт/см<sup>2</sup>, продолжительность воздействия на одну точку – от 30 с до 1 мин, а число точек может быть выбрано от 1 до 10-15 за один сеанс [22]. При использовании ФБМ с целью повышения выносливости мышц согласно результатам метаанализа 28 исследований, выполненных у здоровых лиц, наилучшие

результаты достигались при применении энергии излучения от 20 до 60 Дж для мелких мышечных групп и от 60 до 300 Дж для крупных мышц и максимальной выходной мощности 200 мВт на диод [53].

Для ФБМ применяют импульсный или непрерывный свет относительно низкой плотности мощности, что обеспечивает безопасность воздействия (отсутствие нагревания тканей и возможности ожога); в настоящее время не сообщалось о побочных эффектах ФБМ даже при длительном применении терапевтических доз НОИ в пределах 4–30 Дж/см<sup>2</sup>; 5–50 мВт/см<sup>2</sup> в [24]. Тем не менее применение метода ФБМ требует строгого соблюдения мер безопасности как пациента, так и врача, осуществляющего терапию. Согласно рекомендациям NAALT, противопоказаниями к проведению ФБМ с применением в качестве источника излучения лазеров, служат беременность, эпилепсия (пульсирующий видимый свет может провоцировать приступы при фотосенситивной эпилепсии) и злокачественные новообразования (за исключением случаев паллиативной помощи) [23]. Специалист, выполняющий процедуру ФБМ, должен пользоваться специальными очками во избежание повреждения сетчатки глаза [38].

**Выводы.** Результаты экспериментальных и клинических исследований показали, что воздействие НОИ способно приводить к уменьшению болезненности ТТ и расслаблению сокращенных мышечных волокон, а ФБМ может стать эффективным методом терапии МФБС. Достаточно детально изученные механизмы действия НОИ, неинвазивность и безопасность ФБМ делают этот метод особенно привлекательным при лечении лиц пожилого возраста. Однако для разработки эффективных протоколов терапии МФБ при помощи ФБМ требуются дальнейшие клинические исследования.

#### Литература

1. Владимиров Ю.А. Три гипотезы о механизме действия красного (лазерного) света // Эфферентная медицина. 1994. № 19. С. 23–35.
2. Владимиров Ю.А., Осипов А.Н., Клебанов Г.И. Фотобиологические принципы применения лазерного излучения // Биохимия. 2004. Т. 69(1). С. 103–113.
3. Герасименко М.Ю., Гейниц А.В. Лазерная терапия в лечебно-реабилитационных и профилактических программах: клинические рекомендации. М.: Триада, 2015. 80 с.
4. Королева С.В., Львов С.Е. Роль миофасциального синдрома в дестабилизации коленного сустава при остеоартрозе // Современные проблемы науки и образования. 2007. № 1. С. 89–93.
5. Кукушкин М.Л., Хитров Н.К. Общая патология боли. М.: Медицина, 2004. 144 с.
6. Мачнева Т.В., Булгакова Н.Н., Владимиров Ю.А., Осипов А.Н. Роль эндогенных порфиринов в лазерной терапии экспериментальных кожных ран // Биофизика. 2010. Т. 55(3), С. 532.
7. Поддубная О.А. Низкоинтенсивная лазеротерапия в клинической практике (Часть 1) // Вестник восстановительной медицины. 2020. Т. 6(100). С. 92–99.
8. Фергюсон Л.У., Гервин Р. Лечение миофасциальной боли. Клиническое руководство: пер с англ. М.: МЕДпресс-информ, 2019. 544 с.
9. Хоппенфелд Д.Д. Диагностика и лечение боли: пер с англ. М.: МЕДпресс-информ, 2019. 320 с.
10. Antonioli F., De Marchi T., Tomazoni S. et al. Phototherapy in skeletal muscle performance and recovery after exercise: effect of combination of super-pulsed laser and light-emitting diodes. *Lasers Med Sci.*, 2014, vol. 29(6), pp. 1967–1976. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10103-014-1611-7>.
11. Cotler B.H. et al. The Use of Low Level Laser Therapy (LLLT) For Musculoskeletal Pain. *MOJ Orthop Rheumatol.*, 2015, vol. 2(5). DOI: <https://doi.org/10.15406/mojor.2015.02.00068>.
12. Bavrina A., Monich V., Malinovskaya S. Modification in oxidative processes in muscle tissues exposed to laser- and light-emitting diode radiation. *Lasers Med Sci.*, 2017, vol. 33(1), pp. 159–164. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10103-017-2370-z>.
13. Bonakdar R. Integrative Medicine. 4<sup>th</sup> ed. Elsevier, 2021, pp. 651–662.
14. Bordoni B, Varacallo M. Myofascial Pain. StatPearls Publ., 2018.
15. Da Cunha R., Pinfieldi C., de Castro Pochini A., Cohen M. Photobiomodulation therapy and NMES improve muscle strength and jumping performance in young volleyball athletes: a randomized controlled trial study in Brazil. *Lasers Med Sci.*, 2019, vol. 35(3), pp. 621–631. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10103-019-02858-6>.

16. Dalpiaz A., Kuriki H., Barbosa R., Diefenthaler F., Marcolino A., Barbosa R. Dry Needling and Photobiomodulation Decreases Myofascial Pain in Trapezius of Women: Randomized Blind Clinical Trial. *J Manipulative Physiol Ther.* 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2020.07.002>.
17. De Oliveira A., Vanin A., De Marchi T. et al. What is the ideal dose and power output of low-level laser therapy (810 nm) on muscle performance and post-exercise recovery? Study protocol for a double-blind, randomized, placebo-controlled trial. *Trials*, 2014, vol. 15(1), p. 69. DOI: <https://doi.org/10.1186/1745-6215-15-69>.
18. Dommerholt J, Chou L, Hooks T, Thorp J. Myofascial pain and treatment: Editorial a critical overview of the current myofascial pain literature. *J Bodyw Mov Ther.*, 2019, vol. 23(4), pp. 773–784. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2019.10.001>.
19. Dor A., Kalichman L. A myofascial component of pain in knee osteoarthritis. *J Bodyw Mov Ther.*, 2017, vol. 21(3), pp. 642–647. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2017.03.025>.
20. Dos Reis F., da Silva B., Laraia E. et al. Effects of Pre- or Post-Exercise Low-Level Laser Therapy (830 nm) on Skeletal Muscle Fatigue and Biochemical Markers of Recovery in Humans: Double-Blind Placebo-Controlled Trial. *Photomed Laser Surg.*, 2014, vol. 32(2), pp. 106–112. DOI: <https://doi.org/10.1089/pho.2013.3617>.
21. Dos Santos S., Serra A., Stancker T. et al. Effects of Photobiomodulation Therapy on Oxidative Stress in Muscle Injury Animal Models: A Systematic Review. *Oxid Med Cell Longev*, 2017, vol. 2017, pp. 1–8. DOI: <https://doi.org/10.1155/2017/5273403>.
22. Eloqayli H. Subcutaneous accessory pain system (SAPS): A novel pain pathway for myofascial trigger points. *Med Hypotheses.*, 2018, vol. 111, pp. 55–57. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2017.12.026>.
23. Erthal V., da Silva M., Cidral-Filho F., Santos A., Nohama P. ST36 laser acupuncture reduces pain-related behavior in rats: involvement of the opioidergic and serotonergic systems. *Lasers Med Sci.*, 2013, vol. 28(5), pp. 1345–1351. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10103-012-1260-7>.
24. Foo A., Soong T., Yeo T., Lim K. Mitochondrial Dysfunction and Parkinson's Disease-Near-Infrared Photobiomodulation as a Potential Therapeutic Strategy. *Front Aging Neurosci.*, 2020, vol. 12. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnagi.2020.00089>.
25. Gupta A, Hamblin M. History And Fundamentals Of Low-Level Laser (Light) Therapy. *Handbook of Photomedicine*, London, New York, CRC Press, 2016, pp. 43–52.
26. Hamblin M. Can osteoarthritis be treated with light? *Arthritis Res Ther.*, 2013, vol. 15(5), p. 120. DOI: <https://doi.org/10.1186/ar4354>.
27. Hamblin M. Photobiomodulation or low-level laser therapy. *J Biophotonics.*, 2016, vol. 9(11-12), pp. 1122–1124. DOI: <https://doi.org/10.1002/jbio.201670113>.
28. Heiskanen V., Hamblin M. Photobiomodulation: lasersvs.light emitting diodes? *Photochemical & Photobiological Sciences*, 2018, vol. 17(8), pp. 1003–1017. DOI: <https://doi.org/10.1039/c8pp00176f>.
29. Herpich C., Leal-Junior E., Politti F. et al. Intraoral photobiomodulation diminishes pain and improves functioning in women with temporomandibular disorder: a randomized, sham-controlled, double-blind clinical trial. *Lasers Med Sci.*, 2019, vol. 35(2), pp. 439–445. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10103-019-02841-1>.
30. Holanda V., Chavantes M., Wu X., Anders J. The mechanistic basis for photobiomodulation therapy of neuropathic pain by near infrared laser light. *Lasers Surg Med.*, 2017, vol. 49(5), pp. 516–524. DOI: <https://doi.org/10.1002/lsm.22628>.
31. Király M., Bender T., Hodosi K. Comparative study of shockwave therapy and low-level laser therapy effects in patients with myofascial pain syndrome of the trapezius. *Rheumatol Int.*, 2018, vol. 38(11), pp. 2045–2052. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00296-018-4134-x>.
32. Li L., Stoop R., Clijsen R. et al. Criteria Used for the Diagnosis of Myofascial Trigger Points in Clinical Trials on Physical Therapy. *The Clinical Journal of Pain*, 2020, vol. 36, iss. 12, pp. 955–967 DOI: [10.1097/AJP.0000000000000875](https://doi.org/10.1097/AJP.0000000000000875).
33. Lubkowska A., Radecka A., Bryczkowska I., Rotter I., Laszczyńska M., Karakiewicz B. Changes in the bioelectric activity of the trapezius muscle following the thermal effect of red light and infrared radiation. *J Back Musculoskelet Rehabil.*, 2018, vol. 31(4), pp. 645–656. DOI: <https://doi.org/10.3233/bmr-169745>.
34. Mansourian A., Pourshahidi S., Sadrzadeh-Afshar M., Ebrahimi H. A Comparative Study of Low-Level Laser Therapy and Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation as an Adjunct to Pharmaceutical Therapy for Myofascial Pain Dysfunction Syndrome: A Randomized Clinical Trial. *Front Dent.*, 2019, vol. (16), iss. (4). DOI: <https://doi.org/10.18502/fid.v16i4.2084>.
35. Munguia F., Jang J., Salem M., Clark G., Enciso R. Efficacy of Low-Level Laser Therapy in the Treatment of Temporomandibular Myofascial Pain. *A Systematic Review and Meta-Analysis. J Oral Facial Pain Headache*, 2018, vol. 32(3), pp. 287–297. DOI: <https://doi.org/10.11607/ofph.2032>.
36. Nadershah M., Abdel-Alim H., Bayoumi A., Jan A., Elatrouni A., Jadu F. Photobiomodulation Therapy for Myofascial Pain in Temporomandibular Joint Dysfunction: A Double-Blinded Randomized

Clinical Trial. *J Maxillofac Oral Surg.*, 2019, vol. 19(1), pp. 93–97. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12663-019-01222-z>.

37. Niraj G. Pathophysiology and Management of Abdominal Myofascial Pain Syndrome (AMPS): A Three-Year Prospective Audit of a Management Pathway in 120 Patients. *Pain Medicine*, 2018, vol. 19(11), pp. 2256–2266. DOI: <https://doi.org/10.1093/pm/pnx343>.

38. North American Association for Photobiomodulation Therapy: site. Available at: <https://www.naalt.org/about>.

39. Olavi A., Pekka R., Kolari P., Pöntinen P. Effects of the infrared laser therapy at treated and non-treated trigger points. *Acupunct Electrother Res.*, 1989, vol. 14(1), pp. 9–14. DOI: <https://doi.org/10.3727/036012989816358560>.

40. Orssatto L., Detanico D., Kons R., Sakugawa R., Silva J., Diefenthaler F. Photobiomodulation Therapy Does Not Attenuate Fatigue and Muscle Damage in Judo Athletes: A Randomized, Triple-Blind, Placebo-Controlled Trial. *Front Physiol.*, 2019, vol. 10. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00811>.

41. Passarella S., Karu T. Absorption of monochromatic and narrow band radiation in the visible and near IR by both mitochondrial and non-mitochondrial photoacceptors results in photobiomodulation. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 2014, vol. 140, pp. 344–358. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2014.07.021>.

42. Paus R. Exploring the “brain-skin connection”: Leads and lessons from the hair follicle. *Curr Res Transl Med.*, 2016, vol. 64(4), pp. 207–214. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.retram.2016.10.003>.

43. Petersen T., Laslett M., Juhl C. Clinical classification in low back pain: best-evidence diagnostic rules based on systematic reviews. *BMC Musculoskeletal Disord.*, 2017, vol. 18(1). DOI: <https://doi.org/10.1186/s12891-017-1549-6>.

44. Quintner J., Bove G., Cohen M. A critical evaluation of the trigger point phenomenon. *Rheumatology*, 2014, vol. 54(3), pp. 392–399. DOI: <https://doi.org/10.1093/rheumatology/keu471>.

45. Rachin A. Miofascial pain syndrome in clinician practice. *Russian Medical Journal*, 2015, vol. 28(23), pp. 1665–1668.

46. Rossato M., Dellagrana R., Lanferdini F. et al. Effect of pre-exercise phototherapy applied with different cluster probe sizes on elbow flexor muscle fatigue. *Lasers Med Sci.*, 2016, vol. 31(6), pp. 1237–1244. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10103-016-1973-0>.

47. Russek L. Physical Rehabilitation. 7<sup>th</sup> ed. Philadelphia, F.A.Davis Company, 2021, pp. 1081–1133.

48. Saxena A., Chansoria M., Tomar G., Kumar A. Myofascial Pain Syndrome: An Overview. *J Pain Palliat Care Pharmacother*, 2015, vol. 29(1), pp. 16–21. DOI: <https://doi.org/10.3109/15360288.2014.997853>.

49. Shahmoridi D., Shafiei S., Yousefian B. The Effectiveness of the Polarized Low-Level Laser in the Treatment of Patients With Myofascial Trigger Points in the Trapezius Muscles. *J Lasers Med Sci.*, 2020, vol. 11(1), pp. 14–19. DOI: <https://doi.org/10.15171/jlms.2020.04>.

50. Sharan D. Myofascial pain syndrome: Diagnosis and management. *Indian J Rheumatol.*, 2014, vol. 9, pp. S22–S25. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.injr.2014.09.013>.

51. Simons D., Travell J., Simons L. Myofascial Pain And Dysfunction. The Trigger Point Manual 2<sup>nd</sup> ed. Lippincott, Williams & Wilkins, 1999, pp. 53–56.

52. Sousa D., Gonçalves M., Politti F. et al. Photobiomodulation with simultaneous use of red and infrared light emitting diodes in the treatment of temporomandibular disorder. *Medicine (Baltimore)*, 2019, vol. 98(6), e14391. DOI: <https://doi.org/10.1097/md.000000000014391>.

53. Vanin A., Verhagen E., Barboza S., Costa L., Leal-Junior E. Photobiomodulation therapy for the improvement of muscular performance and reduction of muscular fatigue associated with exercise in healthy people: a systematic review and meta-analysis. *Lasers Med Sci.*, 2017, vol. 33(1), pp. 181–214. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10103-017-2368-6>.

54. Vazquez-Delgado E., Cascos-Romero J., Gay-Escoda C. Myofascial pain syndrome associated with trigger points: A literature review. (I): Epidemiology, clinical treatment and etiopathogeny. *Medicina Oral Patología Oral y Cirugía Bucal*, 2009, e494–e498. DOI: <https://doi.org/10.4317/medoral.14.e494>.

55. WALT. Recommended Treatment Doses For Low Level Laser Therapy 780-860 Nm // Wave-length: World Association For Laser Therapy, 2010 Available at: [https://waltza.co.za/wp-content/uploads/2012/08/Dose\\_table\\_780-860nm\\_for\\_Low\\_Level\\_Laser\\_Therapy\\_WALT-2010.pdf](https://waltza.co.za/wp-content/uploads/2012/08/Dose_table_780-860nm_for_Low_Level_Laser_Therapy_WALT-2010.pdf).

---

**БЕЛОВА АННА НАУМОВНА – доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой медицинской реабилитации, ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России, Россия, Нижний Новгород (anbelova@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9719-6772>).**

**БАВРИНА АННА ПЕТРОВНА – кандидат биологических наук, доцент кафедры медицинской физики и информатики, ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России, Россия, Нижний Новгород (annabavr@gambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8775-7297>).**

ЛИТВИНОВА НАТАЛЬЯ ЮРЬЕВНА – кандидат медицинских наук, доцент кафедры медицинской реабилитации, ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России, Россия, Нижний Новгород (ny7171@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6978-139X>).

БЕСПАЛОВА АННА ВЛАДИМИРОВНА – кандидат медицинских наук, доцент кафедры медицинской реабилитации, ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России, Россия, Нижний Новгород (annetsyug@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1599-6771>).

ИСРАЕЛЯН ЮЛИЯ АЛЕКСАНДРОВНА – кандидат медицинских наук, доцент кафедры медицинской реабилитации, ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России, Россия, Нижний Новгород (ija07@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4480-1884>).

СУШИН ВИЛЬЯМ ОЛЕГОВИЧ – ассистент кафедры медицинской реабилитации, ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России, Россия, Нижний Новгород (sushin.nn@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2346-7810>).

РЕЗЕНОВА АНАСТАСИЯ МИХАЙЛОВНА – ассистент кафедры медицинской реабилитации, ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России, Россия, Нижний Новгород (seule1993@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6478-8077>).

ШАБАНОВА МАРИЯ АНДРЕЕВНА – ассистент кафедры медицинской реабилитации ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России, Россия, Нижний Новгород (bilberry47@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8160-1208>).

Anna N. BELOVA, Anna P. BAVRINA, Natalya Yu. LITVINOVA,  
Anna V. BESPALOVA, Yuliya A. ISRAELYAN, Vil'iam O. SUSHIN,  
Anastasiya M. REZENOVA, Mariya A. SHABANOVA

#### PHOTOBIMODULATION METHOD IN THE TREATMENT OF MYOFASCIAL PAIN SYNDROME: NARRATIVE OVERVIEW

**Key words:** myofascial pain, myofascial pain syndrome, trigger point, photobiomodulation, low-intensity laser therapy.

Myofascial pain is one of the most common variants of chronic musculoskeletal pain, which significantly reduces the patients' life quality, prevents active kinesitherapy and is difficult to treat. A promising method of therapy for myofascial pain syndrome (MFBS) is the photobiomodulation method (FBM), which uses non-ionizing light sources (lasers, LEDs) and radiation in the visible, infrared and near-infrared spectral ranges for therapeutic purposes. The review briefly discusses the general understanding of FBM and the results of studies on the effectiveness of FBM in MFBS, it discusses possible mechanisms of the therapeutic effect of low-intensity optical radiation and the need to choose the optimal exposure parameters. Efficacy, non-invasiveness and safety enable to use FBM in elderly patients.

#### References

1. Vladimirov Yu.A. *Tri gipotezy o mekhanizme deistviya krasnogo (lazernogo) sveta* [Three hypotheses about the mechanism of action of red (laser) light]. *Efferentnaya meditsina*, 1994, no. 19, pp. 23–35.
2. Vladimirov Yu.A., Osipov A.N., Klebanov G.I. *Fotobiologicheskie printsipy primeneniya lazernogo izlucheniya* [Photobiological principles of laser radiation use]. *Biokhimiya*, 2004, vol. 69(1), pp. 103–113.
3. Gerasimenko M.Yu., Geinits A.V. *Lazernaya terapiya v lechebno-reabilitatsionnykh i profilakticheskikh programmakh: klinicheskie rekomendatsii* [Laser therapy in treatment and rehabilitation and preventive programs: clinical recommendations]. Moscow, Triada Publ., 2015, 80 p.
4. Koroleva S.V., L'vov S.E. *Rol' miofasiyal'nogo sindroma v destabilizatsii kolennogo sustava pri osteoartroze* [The role of myofascial syndrome in the destabilization of the knee joint in osteoarthritis]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2007, no. 1, pp. 89–93.
5. Kukushkin M.L., Khitrov N.K. *Obshchaya patologiya boli* [General pain pathology]. Moscow, Meditsina Publ., 2004, 144 p.
6. Machneva T.V., Bulgakova N.N., Vladimirov Yu.A., Osipov A.N. *Rol' endogennykh porfirinov v lazernoi terapii eksperimental'nykh kozhnykh ran* [The role of endogenous porphyrins in laser therapy of experimental skin wounds]. *Biofizika*, 2010, vol. 55(3), p. 532.

7. Poddubnaya O.A. *Nizkointensivnaya lazeroterapiya v klinicheskoi praktike (Chast' 1)* [Low-intensity laser therapy in clinical practice (Part 1)]. *Vestnik vosstanovitel'noi meditsiny*, 2020, vol. 6(100), pp. 92–99.
8. Ferguson L.W., Gerwin R. *Clinical mastery in the treatment of myofascial pain*. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, 2005, 428 p. (Russ. ed.: *Lechenie miofatsial'noi boli. Klinicheskoe rukovodstvo*. Moscow, MEDpress-inform Publ., 2019, 544 p.).
9. Hoppenfeld J.D. *Fundamentals of pain medicine*. Philadelphia, Wolters Kluwer, 2014, 288 p. (Russ. ed.: *Diagnostika i lechenie boli*. Moscow, MEDpress-inform Publ., 2019, 320 p.). Antonialli F., De Marchi T., Tomazoni S. et al. Phototherapy in skeletal muscle performance and recovery after exercise: effect of combination of super-pulsed laser and light-emitting diodes. *Lasers Med Sci.*, 2014, vol. 29(6), pp. 1967–1976. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10103-014-1611-7>.
10. Antonialli F., De Marchi T., Tomazoni S. et al. Phototherapy in skeletal muscle performance and recovery after exercise: effect of combination of super-pulsed laser and light-emitting diodes. *Lasers Med Sci.*, 2014, vol. 29(6), pp. 1967–1976. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10103-014-1611-7>.
11. Cotler B.H. et al. The Use of Low Level Laser Therapy (LLLT) For Musculoskeletal Pain. *MOJ Orthop Rheumatol.*, 2015, vol. 2(5). DOI: <https://doi.org/10.15406/mojor.2015.02.00068>.
12. Bavrina A., Monich V., Malinovskaya S. Modification in oxidative processes in muscle tissues exposed to laser- and light-emitting diode radiation. *Lasers Med Sci.*, 2017, vol. 33(1), pp. 159–164. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10103-017-2370-z>.
13. Bonakdar R. *Integrative Medicine*. 4<sup>th</sup> ed. Elsevier, 2021, pp. 651–662.
14. Bordoni B., Varacallo M. *Myofascial Pain*. StatPearls Publ., 2018.
15. Da Cunha R., Pinfildi C., de Castro Pochini A., Cohen M. Photobiomodulation therapy and NMES improve muscle strength and jumping performance in young volleyball athletes: a randomized controlled trial study in Brazil. *Lasers Med Sci.*, 2019, vol. 35(3), pp. 621–631. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10103-019-02858-6>.
16. Dalpiaz A., Kuriki H., Barbosa R., Diefenthaler F., Marcolino A., Barbosa R. Dry Needling and Photobiomodulation Decreases Myofascial Pain in Trapezius of Women: Randomized Blind Clinical Trial. *J Manipulative Physiol Ther.* 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2020.07.002>.
17. De Oliveira A., Vanin A., De Marchi T. et al. What is the ideal dose and power output of low-level laser therapy (810 nm) on muscle performance and post-exercise recovery? Study protocol for a double-blind, randomized, placebo-controlled trial. *Trials*, 2014, vol. 15(1), p. 69. DOI: <https://doi.org/10.1186/1745-6215-15-69>.
18. Dommerholt J, Chou L, Hooks T, Thorp J. Myofascial pain and treatment: Editorial a critical overview of the current myofascial pain literature. *J Bodyw Mov Ther.*, 2019, vol. 23(4), pp. 773–784. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2019.10.001>.
19. Dor A., Kalichman L. A myofascial component of pain in knee osteoarthritis. *J Bodyw Mov Ther.*, 2017, vol. 21(3), pp. 642–647. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2017.03.025>.
20. Dos Reis F., da Silva B., Laraia E. et al. Effects of Pre- or Post-Exercise Low-Level Laser Therapy (830 nm) on Skeletal Muscle Fatigue and Biochemical Markers of Recovery in Humans: Double-Blind Placebo-Controlled Trial. *Photomed Laser Surg.*, 2014, vol. 32(2), pp. 106–112. DOI: <https://doi.org/10.1089/pho.2013.3617>.
21. Dos Santos S., Serra A., Stancker T. et al. Effects of Photobiomodulation Therapy on Oxidative Stress in Muscle Injury Animal Models: A Systematic Review. *Oxid Med Cell Longev*, 2017, vol. 2017, pp. 1–8. DOI: <https://doi.org/10.1155/2017/5273403>.
22. Eloqayli H. Subcutaneous accessory pain system (SAPS): A novel pain pathway for myofascial trigger points. *Med Hypotheses.*, 2018, vol. 111, pp. 55–57. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2017.12.026>.
23. Erthal V., da Silva M., Cidral-Filho F., Santos A., Nohama P. ST36 laser acupuncture reduces pain-related behavior in rats: involvement of the opioidergic and serotonergic systems. *Lasers Med Sci.*, 2013, vol. 28(5), pp. 1345–1351. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10103-012-1260-7>.
24. Foo A., Soong T., Yeo T., Lim K. Mitochondrial Dysfunction and Parkinson's Disease-Near-Infrared Photobiomodulation as a Potential Therapeutic Strategy. *Front Aging Neurosci.*, 2020, vol. 12. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnagi.2020.00089>.
25. Gupta A, Hamblin M. History And Fundamentals Of Low-Level Laser (Light) Therapy. *Handbook of Photomedicine*, London, New York, CRC Press, 2016, pp. 43–52.
26. Hamblin M. Can osteoarthritis be treated with light? *Arthritis Res Ther.*, 2013, vol. 15(5), p. 120. DOI: <https://doi.org/10.1186/ar4354>.
27. Hamblin M. Photobiomodulation or low-level laser therapy. *J Biophotonics.*, 2016, vol. 9(11-12), pp. 1122–1124. DOI: <https://doi.org/10.1002/jbio.201670113>.
28. Heiskanen V., Hamblin M. Photobiomodulation: lasersvs.light emitting diodes? *Photochemical & Photobiological Sciences*, 2018, vol. 17(8), pp. 1003–1017. DOI: <https://doi.org/10.1039/c8pp00176f>.

29. Herpich C., Leal-Junior E., Politti F. et al. Intraoral photobiomodulation diminishes pain and improves functioning in women with temporomandibular disorder: a randomized, sham-controlled, double-blind clinical trial. *Lasers Med Sci.*, 2019, vol. 35(2), pp. 439–445. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10103-019-02841-1>.
30. Holanda V., Chavantes M., Wu X., Anders J. The mechanistic basis for photobiomodulation therapy of neuropathic pain by near infrared laser light. *Lasers Surg Med.*, 2017, vol. 49(5), pp. 516–524. DOI: <https://doi.org/10.1002/lsm.22628>.
31. Király M., Bender T., Hodosi K. Comparative study of shockwave therapy and low-level laser therapy effects in patients with myofascial pain syndrome of the trapezius. *Rheumatol Int.*, 2018, vol. 38(11), pp. 2045–2052. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00296-018-4134-x>.
32. Li L., Stoop R., Clijse R. et al. Criteria Used for the Diagnosis of Myofascial Trigger Points in Clinical Trials on Physical Therapy. *The Clinical Journal of Pain*, 2020, vol. 36, iss. 12, pp. 955–967. DOI: [10.1097/AJP.0000000000000875](https://doi.org/10.1097/AJP.0000000000000875).
33. Lubkowska A., Radecka A., Bryczkowska I., Rotter I., Laszczyńska M., Karakiewicz B. Changes in the bioelectric activity of the trapezius muscle following the thermal effect of red light and infrared radiation. *J Back Musculoskelet Rehabil.*, 2018, vol. 31(4), pp. 645–656. DOI: <https://doi.org/10.3233/bmr-169745>.
34. Mansourian A., Poursahidi S., Sadrzadeh-Afshar M., Ebrahimi H. A Comparative Study of Low-Level Laser Therapy and Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation as an Adjunct to Pharmaceutical Therapy for Myofascial Pain Dysfunction Syndrome: A Randomized Clinical Trial. *Front Dent.*, 2019, vol. (16), iss. (4). DOI: <https://doi.org/10.18502/fid.v16i4.2084>.
35. Munguia F., Jang J., Salem M., Clark G., Enciso R. Efficacy of Low-Level Laser Therapy in the Treatment of Temporomandibular Myofascial Pain. *A Systematic Review and Meta-Analysis. J Oral Facial Pain Headache*, 2018, vol. 32(3), pp. 287–297. DOI: <https://doi.org/10.11607/ofph.2032>.
36. Nadershah M., Abdel-Alim H., Bayoumi A., Jan A., Elatrouni A., Jadu F. Photobiomodulation Therapy for Myofascial Pain in Temporomandibular Joint Dysfunction: A Double-Blinded Randomized Clinical Trial. *J Maxillofac Oral Surg.*, 2019, vol. 19(1), pp. 93–97. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12663-019-01222-z>.
37. Niraj G. Pathophysiology and Management of Abdominal Myofascial Pain Syndrome (AMPS): A Three-Year Prospective Audit of a Management Pathway in 120 Patients. *Pain Medicine*, 2018, vol. 19(11), pp. 2256–2266. DOI: <https://doi.org/10.1093/pm/pnx343>.
38. North American Association for Photobiomodulation Therapy: site. Available at: <https://www.naalt.org/about>.
39. Olavi A., Pekka R., Kolari P., Pöntinen P. Effects of the infrared laser therapy at treated and non-treated trigger points. *Acupunct Electrother Res.*, 1989, vol. 14(1), pp. 9–14. DOI: <https://doi.org/10.3727/036012989816358560>.
40. Orssatto L., Detanico D., Kons R., Sakugawa R., Silva J., Diefenthaler F. Photobiomodulation Therapy Does Not Attenuate Fatigue and Muscle Damage in Judo Athletes: A Randomized, Triple-Blind, Placebo-Controlled Trial. *Front Physiol.*, 2019, vol. 10. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00811>.
41. Passarella S., Karu T. Absorption of monochromatic and narrow band radiation in the visible and near IR by both mitochondrial and non-mitochondrial photoacceptors results in photobiomodulation. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 2014, vol. 140, pp. 344–358. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2014.07.021>.
42. Paus R. Exploring the “brain-skin connection”: Leads and lessons from the hair follicle. *Curr Res Transl Med.*, 2016, vol. 64(4), pp. 207–214. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.retram.2016.10.003>.
43. Petersen T., Laslett M., Juhl C. Clinical classification in low back pain: best-evidence diagnostic rules based on systematic reviews. *BMC Musculoskelet Disord.*, 2017, vol. 18(1). DOI: <https://doi.org/10.1186/s12891-017-1549-6>.
44. Quintner J., Bove G., Cohen M. A critical evaluation of the trigger point phenomenon. *Rheumatology*, 2014, vol. 54(3), pp. 392–399. DOI: <https://doi.org/10.1093/rheumatology/keu471>.
45. Rachin A. Miofascial pain syndrome in clinician practice. *Russian Medical Journal*, 2015, vol. 28(23), pp. 1665–1668.
46. Rossato M., Dellagrana R., Lanferdini F. et al. Effect of pre-exercise phototherapy applied with different cluster probe sizes on elbow flexor muscle fatigue. *Lasers Med Sci.*, 2016, vol. 31(6), pp. 1237–1244. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10103-016-1973-0>.
47. Russek L. *Physical Rehabilitation*. 7<sup>th</sup> ed. Philadelphia, F.A.Davis Company, 2021, pp. 1081–1133.
48. Saxena A., Chansoria M., Tomar G., Kumar A. Myofascial Pain Syndrome: An Overview. *J Pain Palliat Care Pharmacother*, 2015, vol. 29(1), pp. 16–21. DOI: <https://doi.org/10.3109/15360288.2014.997853>.
49. Shahmoridi D., Shafiei S., Yousefian B. The Effectiveness of the Polarized Low-Level Laser in the Treatment of Patients With Myofascial Trigger Points in the Trapezius Muscles. *J Lasers Med Sci.*, 2020, vol. 11(1), pp. 14–19. DOI: <https://doi.org/10.15171/jlms.2020.04>.

50. Sharan D. Myofascial pain syndrome: Diagnosis and management. *Indian J Rheumatol.*, 2014, vol. 9, pp. S22–S25. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.injr.2014.09.013>.

51. Simons D., Travell J., Simons L. Myofascial Pain And Dysfunction. The Trigger Point Manual 2<sup>nd</sup> ed. Lippincott, Williams & Wilkins, 1999, pp. 53–56.

52. Sousa D., Gonçalves M., Politti F. et al. Photobiomodulation with simultaneous use of red and infrared light emitting diodes in the treatment of temporomandibular disorder. *Medicine (Baltimore)*, 2019, vol. 98(6), e14391. DOI: <https://doi.org/10.1097/md.00000000000014391>.

53. Vanin A., Verhagen E., Barboza S., Costa L., Leal-Junior E. Photobiomodulation therapy for the improvement of muscular performance and reduction of muscular fatigue associated with exercise in healthy people: a systematic review and meta-analysis. *Lasers Med Sci.*, 2017, vol. 33(1), pp. 181–214. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10103-017-2368-6>.

54. Vazquez-Delgado E., Cascos-Romero J., Gay-Escoda C. Myofascial pain syndrome associated with trigger points: A literature review. (I): Epidemiology, clinical treatment and etiopathogeny. *Medicina Oral Patología Oral y Cirugía Bucal*, 2009, e494-e498. DOI: <https://doi.org/10.4317/medoral.14.e494>.

55. WALT. Recommended Treatment Doses For Low Level Laser Therapy 780-860 Nm // Wave-length: World Association For Laser Therapy, 2010 Available at: [https://waltza.co.za/wp-content/uploads/2012/08/Dose\\_table\\_780-860nm\\_for\\_Low\\_Level\\_Laser\\_Therapy\\_WALT-2010.pdf](https://waltza.co.za/wp-content/uploads/2012/08/Dose_table_780-860nm_for_Low_Level_Laser_Therapy_WALT-2010.pdf).

---

**ANNA N. BELOVA – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of Department of Medical Rehabilitation, Privolzhsky Research Medical University (PIMU), Russia, Nizhny Novgorod (anbelova@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9719-6772>).**

**ANNA P. BAVRINA – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Department of Medical Physics and Informatics, Privolzhsky Research Medical University (PIMU), Russia, Nizhny Novgorod (annabavr@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8775-7297>).**

**NATALIA Yu. LITVINOVA – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Department of Medical Rehabilitation, Privolzhsky Research Medical University (PIMU), Russia, Nizhny Novgorod (ny7171@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6978-139X>).**

**ANNA V. BESPALOVA – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Department of Medical Rehabilitation, Privolzhsky Research Medical University (PIMU), Russia, Nizhny Novgorod (annettsyg@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1599-6771>).**

**YULIYA A. ISRAELYAN – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Department of Medical Rehabilitation, Privolzhsky Research Medical University (PIMU), Russia, Nizhny Novgorod (ija07@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4480-1884>).**

**VILIYAM O. SUSHIN – Assistant Lecturer, Departments of Medical Rehabilitation, Privolzhsky Research Medical University (PIMU), Russia, Nizhny Novgorod (sushin.nn@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2346-7810>).**

**ANASTASIYA V. REZENOVA – Assistant Lecturer, Department of Medical Rehabilitation, Privolzhsky Research Medical University (PIMU), Russia, Nizhny Novgorod (seule1993@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6478-8077>).**

**MARIA A. SHABANOVA – Assistant Lecturer, Departments of Medical Rehabilitation, Privolzhsky Research Medical University (PIMU), Russia, Nizhny Novgorod (bilberry47@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8160-1208>).**

---

**Формат цитирования:** Белова А.Н., Баверина А.П., Литвинова Н.Ю., Беспалова А.В., Израелян Ю.А., Сушин В.О., Резенова А.М., Шабанова М.А. Метод фотобиомодуляции в терапии миофасциального болевого синдрома: нарративный обзор [Электронный ресурс] // Acta medica Eurasica. – 2021. – № 2. – С. 50–63. – URL: <http://acta-medica-eurasica.ru/single/2021/2/7>. DOI: 10.47026/2413-4864-2021-2-50-63.