



Низкоинтенсивная лазеротерапия в клинической практике (Часть № 1)

^{1,2}Поддубная О. А.

¹Сибирский государственный медицинский университет Минздрава России, Томск, Россия

²Сибирский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства России, Северск, Россия

Резюме

Низкоинтенсивное лазерное излучение широко используется в экспериментальной и клинической медицине. Эффективность лазеротерапии обусловлена уровнем профессионализма специалистов. Именно поэтому, знание теоретических основ лазерной терапии является обязательным для практических врачей физиотерапевтов. Отличительные особенности лазерного излучения (монохроматичность, когерентность, поляризованность и др.) обосновывают необходимость строгого соблюдения правил и техники безопасности при проведении процедур лазеротерапии. Важным является изучение основных физических параметров низкоинтенсивного лазерного излучения, таких как: длина волны, выходная мощность аппаратов, режим генерации, а также параметров дозирования лазеротерапии в виде плотности потока мощности, плотности энергии, частоты излучения, импульсной мощности и длительности воздействия. Кроме этого, важным моментом является такая особенность лазерного излучения как наличие оптических эффектов (отражение, преломление, рассеивание и поглощение), игнорирование которых может повышать энергетические потери, что, в свою очередь, снижает лечебное действие лазеротерапии. Для уменьшения энергетических потерь рекомендуется использовать специальные методические подходы, которые подбирают в зависимости от методики облучения. От показателей всех перечисленных параметров зависят особенности лечебного действия лазеротерапии. Поэтому только при правильном дозировании можно рассчитывать на хорошую переносимость процедур и получение необходимого эффекта. Все вышесказанное позволяет специалистам использовать эти знания в клинической практике, что обеспечивает получение высокого терапевтического эффекта.

Ключевые слова: низкоинтенсивная лазеротерапия, общая и клиническая физиотерапия

Источник финансирования: Авторы заявляют об отсутствии финансирования при проведении исследования.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Для цитирования: Поддубная О.А. Низкоинтенсивная лазеротерапия в клинической практике (Часть 1). Вестник восстановительной медицины. 2020; 6 (100): 92–99. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-100-6-92-99>

Для корреспонденции: Поддубная Ольга Александровна, e-mail: poddubnay_oa@mail.ru

Статья получена: 01.04.2020 **Статья принята к печати:** 20.04.2020 **Опубликована онлайн:** 01.12.2020

Low-Intensity Laser Therapy in Clinical Practice (Part 1)

^{1,2}Poddubnaya O. A.

¹Siberian State Medical University, Tomsk, Russia Federation

²Siberian Federal Scientific and Clinical Center, Seversk, Russia Federation

Abstract

Low-intensity laser radiation is widely used in experimental and clinical medicine. The effectiveness of laser therapy is determined by the level of professionalism of specialists. That is why knowledge of the theoretical foundations of laser therapy is mandatory for practicing physiotherapists. The distinctive features of laser radiation (monochromaticity, coherence, polarization, etc.) justify the need for strict compliance with the rules and safety regulations during laser therapy procedures. It is important to study the main physical parameters of low-intensity laser radiation, such as: wavelength, output power of devices, generation mode, as well as parameters of laser therapy dosing in the form of power flux density, energy density, radiation frequency, pulse power and duration of exposure. In addition, an important point is such a feature of laser radiation as the presence of optical effects (reflection, refraction, scattering and absorption), ignoring which can increase energy losses, which, in turn, reduces the therapeutic effect the effect of laser therapy. To reduce energy losses, it is recommended to use special methodological approaches that are selected depending on the irradiation method. The characteristics of the therapeutic effect of laser therapy depend on the indicators of all these parameters. Therefore, only with the correct dosage, you can count on good tolerability of procedures and getting the necessary effect. All of the above allows specialists to use this knowledge in clinical practice, which provides a high therapeutic effect.

Keywords: low-intensity laser therapy, general physiotherapy

Acknowledgments: The study had no sponsorship.

Conflict of interest: The author declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

For citation: Poddubnaya O. A. Low-Intensity Laser Therapy in Clinical Practice (Part 1). Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2020; 6 (100): 92–99. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-100-6-92-99>

Введение

Сегодня в клинической практике используется огромное число физических факторов, среди которых светолечебные факторы занимают не последнее место. Современным светолечебным фактором является лазеротерапия, в основе которой лежит использование низкоинтенсивного лазерного излучения. Лазеротерапия сегодня имеет большое практическое значение в лечении и реабилитации многих заболеваний [1–4].

Лазерное излучение в медицинской практике используется по нескольким направлениям. **Первое направление** – это рассечение тканей. Используется в хирургической практике в качестве так называемого «лазерного скальпеля», что обеспечивает проведение безкровных операций. **Второе направление** – это коагуляция тканей. Данное направление позволяет проводить малые хирургические вмешательства, в виде полипэктомии, для прижигания сетчатки глаза и т.п. **Третье направление** – это использование лазерного излучения для проведения фотодинамической терапии, в основе которой лежит использование красителей (гематопорфиринов), спектр поглощения которых совпадает со спектром лазерного излучения, что обеспечивает воздействие более высокой мощностью излучения и ведет к разрушению ткани. Все перечисленные направления предполагают разрушение ткани или нарушение ее целостности, для чего используются лазерное излучение достаточно высокой мощности. В клинической физиотерапии эти методы лазерного воздействия не используются [5–7].

Четвертое направление использования лазерного излучения предусматривает изменение функционального состояния тканей, органов и систем организма человека, без нарушения их морфологической структуры. Для этого используется низкоинтенсивное (маломощное) лазерное излучение (НЛИ). Именно такое излучение используется в клинической физиотерапии [2–7].

Лазеротерапия – это использование с лечебной и профилактической целью низкоинтенсивного лазерного излучения. Лазерное излучение – это электромагнитное излучение оптического диапазона. Таким образом, лазеротерапия – это светолечение, которое имеет ряд отличительных особенностей. Термин «лазерное излучение» происходит от названия квантовых генераторов или «ЛАЗЕРОВ», с помощью которых получают лазерное излучение и является аббревиатурой английской фразы «Ligh Amplification by Stimulated Emission of Radiation» (LASER), дословный перевод которой звучит как усиление света с помощью вынужденного излучения.

Отличительными особенностями лазерного излучения являются: монохроматичность, когерентность и поляризованность [2, 3, 5, 7–9].

Монохроматичность – это способность лазерных аппаратов генерировать электромагнитное излучение оптического диапазона строго фиксированной длины волны, например, длина волны 0,63 мкм или 0,89 мкм или 0,96 мкм. Это отличается от других светолечебных аппаратов, которые одновременно генерируют электромагнитное излучение оптического диапазона в каких-то пределах, например, от 0,78 мкм до 1,4 мкм (инфракрасное излучение) или от 0,4 мкм до 0,76 мкм (видимое излучение), или от 0,32 мкм до 0,4 мкм (длинноволновое ультрафиолетовое излучение) и т.д.

Когерентность – это особенность лазерного излучения, которая заключается в упорядоченности излучения во времени и пространстве. При когерентном излучении каждая последующая волна электромагнитного излучения полностью совпадает по фазе излучения, как во времени, так и в пространстве, в отличие от полихроматического не когерентного излучения. За счет этой особенности лазерную терапию часто называют когерентным светолечением.

Поляризованность можно представить вектором напряженности электрического и магнитного полей в электромагнитной волне, которые взаимно перпендикулярны и колеблются перпендикулярно вектору скорости распространения волны (перпендикулярно лучу), величина и направление которых в данной точке пространства закономерно меняются с течением времени.

Выраженная когерентность и поляризованность обеспечивает такие особенности лазерного излучения как малую расходимость и строгую направленность лазерного луча, что также является отличительной особенностью лазерного излучения. Это позволяет точно локализовать воздействие лазером на зону патологического очага.

За счет отличительных особенностей использование низкоинтенсивного лазерного излучения имеет ряд преимуществ перед использованием некогерентного светолечения.

Первое – это высокая точность дозирования. Общеизвестным является тот факт, что при использовании низкоинтенсивного лазерного излучения получение конкретного лечебного эффекта обусловлено правильным и обоснованным выбором его параметров. При этом параметры лазерного излучения должны быть строго фиксированные и иметь цифровое выражение в достаточно узких пределах. Это отличается от дозирования светолечебных факторов, таких как инфракрасное и видимое излучение, которые дозируются по ощущению тепла, а это относительное дозирование.

Как утверждают многие авторы, в лазеротерапии 100% зависимость «доза-эффект» и для эффективного воздействия (результата лечения) доза лазерного излучения должна быть оптимальной, т.е. находиться строго в достаточно узких пределах оптимальных значений – ни больше, ни меньше [5, 7, 11].

Вторым преимуществом использования низкоинтенсивного лазерного излучения в клинической практике является равномерность облучения, что подразумевает равномерное распределение энергии лазерного излучения по всей облучаемой поверхности [8–11]. И это также отличается от светолечебных факторов (инфракрасное и видимое излучение), тепловая энергия которых распределяется неравномерно, при этом ощущение тепла более интенсивное в центре светового пятна, а по периферии этого пятна тепловые ощущения резко уменьшаются.

Еще одним из преимуществ низкоинтенсивного лазерного излучения является возможность передачи световой энергии по гибкому световоду, что обеспечивается за счет выраженной когерентности, поляризованности и малой расходимости лазерного луча, которые, в свою очередь, значительно снижают энергетические потери. Это преимущество позволяет проводить полостные (внутриартикулярные, эндоплевральные, эндогастральные и т.д.)

и внутрисосудистые методики, которые нельзя провести с использованием других светолечебных факторов [8–11].

Классификация в лазеротерапии

На сегодняшний день существует множество классификаций. По мощности все аппараты для использования в клинической физиотерапии относятся к низкоинтенсивным. В физиотерапевтической практике обычно используются аппараты с выходной мощностью излучения не более 60–70 милливольт (мВт).

По физической характеристике, т.е. по веществу, которое используется в качестве источника фотона света с фиксированной длиной волны в лазерных аппаратах, их классифицируют на твердотельные (рубиновые, сапфировые, кварцевые), газовые (углекислые, гелий-неоновые), жидкостные (красители) и полупроводниковые (арсенид галлия). Самые современные лазеры работают на полупроводниках [12–14].

Одной из основных характеристик лазерного излучения является длина волны. На сегодняшний день наиболее используемыми в клинической физиотерапии являются аппараты с красной (0,63 мкм) и инфракрасной (0,89 мкм, 0,93 мкм, 1,02 мкм и др.) генерацией излучения.

Сегодня выпускается много универсальных аппаратов для лазеротерапии, функциональные возможности которых позволяют генерировать несколько фиксированных длин волн. Такие аппараты называют перестраиваемыми, т.е. укомплектованными несколькими излучателями с разной длиной волны, что расширяет их возможности. В таблице приведены наиболее часто используемые в физиотерапии параметры длины волны. При этом необходимо знать и помнить, что зависимость длины волны и глубины проникновения электромагнитного излучения оптического диапазона в ткани прямая, т.е. чем больше длина волны, тем глубже она проникает в ткани. По данным литературы, эти зависимости различаются и это обусловлено тем, что выводы авторов часто основаны на результатах разных экспериментальных исследований, а, как известно, глубина проникновения электромагнитного излучения оптического диапазона зависит от структуры (плотности) и от коэффициента отражения биологической ткани на которую воздействуют лазерным излучением.

Коэффициент отражения относится к оптическим эффектам, которые также имеют значение в реализации эффекта лазерной терапии. К этим эффектам относятся – коэффициент отражения, коэффициенты преломления и рассеивания и коэффициент поглощения. Что касается лазеротерапии, то коэффициент отражения и коэффициенты преломления и рассеивания определяют так называемые, энергетические потери, которые составляют в среднем около 50%, а коэффициент поглощения обеспечивает объем поглощаемой оптической энергии (около 50%), что, соответственно, способствует развитию лечебного эффекта. Биологическое действие оказывает только поглощенная энергия. Для клиницистов разработаны рекомендации по дозированию в лазеротерапии, где учтены все эти коэффициенты, что облегчает работу. Тем не менее, есть средние показатели глубины проникновения электромагнитного излучения оптического диапазона в ткани, на которые ориентируются в клинической практике. Так, глубина проникновения энергии лазерного излучения с длиной волны 0,63 мкм составляет около 1,0 см (от 0,5 до 2,0), с длиной волны 0,89 мкм – до 3,0–4,0 см, с длиной волны 0,96 мкм – до 5,0–7,0 см [3,7–9,13].

Известна зависимость длины волны и кванта энергии оптического излучения. Эта зависимость обратно

пропорциональная, т.е., чем короче длина волны, тем больше квант энергии света и наоборот. При этом в низкоинтенсивной лазеротерапии эти различия считают условными, т.к. мощность используемого излучения мала и особенности лечебных методик не рассчитаны на эффекты больших мощностей.

По режиму генерации лазерная терапия делится на лазеротерапию в постоянном (непрерывном) режиме (непрерывная лазеротерапия) и в импульсном режиме (импульсная лазеротерапия). При использовании постоянного режима лазерное излучение генерируется от аппарата непрерывно, без пауз. Чаще в непрерывном режиме работают аппараты с длиной волны 0,63 мкм (красный диапазон). При использовании импульсного режима лазерное излучение подается в виде отдельных вспышек (импульсов) с заданной частотой (Гц) этих импульсов в единицу времени (секунду). Импульсные лазеры чаще работают в инфракрасном диапазоне длин волн (0,89 мкм, 0,93 мкм и др.). Сегодня существуют еще импульсно-модулированные лазеры, с помощью которых аппарат генерирует импульсное лазерное излучение фиксированной длины волны в виде отдельных пачек этого излучения в единицу времени (Гц) [3, 7–9, 13].

Механизм действия лазерного излучения. Данные современной физиологии отрицают наличие на коже животных и человека специфических фоторецепторов. По мнению ряда ученых, выявлено наличие акцепторов строго определенных длин волн электромагнитного излучения (фотоакцепторов), которые особо чувствительны к этому виду энергии. Спектр поглощения большинства фотоакцепторов (каталаза, церулоплазмин, цитохромоксидаза, супероксиддисмутаза, молекулярный кислород и другие) находится в диапазоне от 0,63 мкм до 0,90 мкм [3, 5–7, 9, 15].

В механизме лечебного действия лазерного излучения имеется несколько последовательных фаз, которые принято называть «фотофизическая», «фотохимическая» и «фотобиологическая». Первая из них, фотофизическая, обеспечивает поглощение энергии действующего фактора организмом, как физическим телом. В этой фазе все процессы подчиняются законам физики. При поглощении веществом кванта света один из электронов атома фотоакцептора, находящихся на нижнем энергетическом уровне переходит на верхний энергетический уровень и переводит атом или молекулу в возбужденное (синглетное или триплетное) состояние, так называемый внутренний фотоэффект. В дальнейшем энергия электронного возбуждения при лазерном воздействии запускает ряд физико-химических процессов в организме с преобразованием энергии лазерного излучения в другие виды энергии, такие как тепловая энергия, энергия фотохимических реакций (или энергия молекулярной диссоциации) с нарушением слабых взаимодействий в биологических системах (ионных и ион-дипольных связей) и энергия флюоресценции с передачей энергии возбуждения другой молекуле фотоакцептора, что может запустить каскад подобных фотореакций.

В фотохимической фазе идет усвоение преобразованной энергии. Тепловая энергия – это универсальная энергия, которая усваивается всеми биологическими структурами с последующей активацией их функции в виде стимуляции различных биохимических процессов, процессов синтеза, обмена веществ. Энергия молекулярной диссоциации, за счет увеличения свободных ионов, обеспечивает активность протекания всех этих процессов в виде синтеза гормонов, ферментов и т.д. На следующем этапе взаимодействия организма с лазерным излучением,

когда изменяются физико-химические показатели биологических тканей и запущены процессы синтеза веществ, необходимых для жизнедеятельности организма в целом, наступает фотобиологическая фаза, результатом которой является развитие биологических изменений в виде терапевтических эффектов [3, 5–7, 9, 15–17].

Результаты многолетних экспериментально-клинических исследований доказали высокую эффективность низкоинтенсивной лазеротерапии, которая проявляется комплексным реагированием органов и систем на разных уровнях, что, в конечном итоге, обеспечивает развитие клинических эффектов. Так, на клеточном уровне под действием НЛИ изменяется энергетическая активность клеточных мембран, активизируется ядерный аппарат клеток, система ДНК-РНК-белок, активизируется окислительно-восстановительные, биосинтетические процессы и основные ферментативные системы, увеличивается образование макроэргов (АТФ), увеличивается метаблическая активность клеток, активизируются процессы размножения. На органном уровне под влиянием НЛИ понижается рецепторная чувствительность, уменьшается длительность фаз воспаления, снижается интенсивность отека и напряжения тканей, увеличивается поглощение тканями кислорода, повышается скорость кровотока, увеличивается количество новых сосудистых коллатералей, активизируется транспорт веществ через сосудистую стенку. В результате этого происходят изменения и на уровне целостного организма в виде развития клинических эффектов, каждый из которых обоснован [3, 5–7, 9, 15–17].

Противовоспалительный эффект лазеротерапии обусловлен значительным сокращением фаз воспалительного процесса, за счет снижения уровня простагландинов (медиаторов воспаления), перекисного окисления липидов, повышения активности супероксиддисмутазы, улучшения микроциркуляции и развития противоотечного действия. При этом большинство специалистов утверждают, что наибольший противовоспалительный эффект лазеротерапии развивается при ее назначении в подострую (экссудативно-пролиферативную) фазу воспалительного процесса. В острую стадию воспаления, за счет значительного усиления регионального кровотока, явления экссудации могут усиливаться, именно поэтому лазеротерапию рекомендуют назначать при уменьшении этих явлений [2, 3, 5–8, 16–19].

Обезболивающий эффект, обусловленный активацией метаболизма нейронов, повышением порога болевой чувствительности и уровня эндорфинов в крови, а также за счет противоотечного действия, при назначении низкоинтенсивной лазеротерапии широко используется для купирования болевых синдромов разной этиологии. Но, хотелось бы отметить, что максимальный обезболивающий эффект развивается при использовании пунктурных методик лазеротерапии [2, 3, 5–8, 16–19].

Одним из эффектов лазеротерапии является репаративно-регенераторный, который развивается за счет повышения энергетического потенциала клеток (повышение уровня АТФ), стимуляции метаболизма клеток и усиления пролиферации фибробластов и других клеток, а также стимуляции синтеза белка и коллагена. Ряд авторов отмечают, что под действием низкоинтенсивного лазерного облучения не нарушается процесс физиологически полноценной репарации и регенерации, что обеспечивает нормальное восстановление структурных элементов ткани взамен погибших и окончательное заживление с восстановлением целостности поврежденной ткани [2, 3, 5–8, 16–19].

Иммуностимулирующий эффект низкоинтенсивной лазеротерапии заключается в стимуляции как клеточного, так и гуморального иммунитета. Так, НЛИ оказывает влияние на многочисленные факторы неспецифической резистентности, в частности на лизоцим, систему комплемента, фагоцитоз, интерферон. В то же время НЛИ оказывает определенное воздействие на специфические иммунные реакции, на уровень антителообразующих клеток, иммуноглобулинов класса G и A, Т-лимфоцитов, В-клеток и т.д., обеспечивая развитие иммуномодулирующего эффекта [2, 3, 5–8, 16–19].

Стимуляция локальной микроциркуляции – наиболее выраженный эффект низкоинтенсивной лазеротерапии. Этот эффект обусловлен целым рядом механизмов, в частности релаксацией гладкомышечных клеток сфинктеров артериол и расширением сосудов микроциркуляторного русла, увеличением числа функционирующих капилляров и улучшением реологии крови, что, в совокупности, ведет к улучшению микроциркуляции за счет усиления притока артериальной крови. Кроме этого, НЛИ повышает кислород связующую функцию эритроцитов, увеличивая напряжение кислорода в тканях и повышение скорости кровотока, что увеличивает поглощение кислорода тканями организма и уровень кислородного обмена [2, 3, 5–8, 16–19].

Противоотечное действие НЛИ обусловлено активацией местного кровообращения, стимуляцией лимфогенеза и лимфодренажа, усилением моторики лимфатических сосудов и снижением образования интерстициальной жидкости, усилением транспорта веществ через сосудистую стенку, что, в совокупности, улучшает условия дренажа интерстициальной тканевой жидкости в сосудистое русло [2, 3, 5–8, 16–19].

Очень большое значение в клинической практике имеет благоприятное влияние лазеротерапии на реологические свойства крови, которое чаще обозначают как «тромболитический эффект», обусловленный снижением вязкости и повышением фибринолитической активности крови, стимуляцией антикоагулянтного звена системы гемостаза и уменьшением адгезивной активности тромбоцитов, что позволяет предотвращать гиперкоагуляцию крови [2, 3, 5–8, 16–19].

Феномен фотореактивации, свойственный низкоинтенсивному лазерному излучению, обеспечивает развитие протекторного эффекта, который проявляется в виде уменьшения или полного нивелирования побочного действия агрессивных факторов на организм человека, в частности, предупреждает или значительно снижает риск побочного действия противоопухолевой терапии (химиотерапия, лучевая терапия) в виде уменьшения развития возможных хромосомных aberrаций, мутаций.

Развитие бактерицидного эффекта при использовании низкоинтенсивной лазеротерапии не отмечается, но доказан бактериостатический эффект в виде снижения жизнеспособности бактерий и других воспалительных агентов и повышения их чувствительности к противовоспалительным и антибактериальным средствам. Поэтому включение лазеротерапии в комплексное лечение различных заболеваний значительно повышает конечный терапевтический эффект.

Стимулирующий эффект – собирательное понятие, которое подразумевает биостимулирующее действие на многие процессы в биологическом объекте. Как указано выше, это стимуляция репарации, регенерации, микроциркуляции, фибринолитической активности крови, гуморального и клеточного иммунитета и т.д. [2, 3, 5–8, 16–19].

На сегодняшний день разработано огромное число методик лазерной терапии для лечения самых разных заболеваний [5, 6, 8, 16–19]. Представим краткий перечень показаний к назначению низкоинтенсивной лазеротерапии:

Заболевания хирургического профиля (трофические язвы, плохо заживающие раны, переломы, травмы, остеомиелит, ожоги, пред- и послеоперационная подготовка и др.);

1. Заболевания сердечно-сосудистой системы (ИБС 1–3 ФК, гипертоническая болезнь, заболевания сосудов (артерий и вен) нижних и др.);
2. Заболевания дыхательной системы (бронхиты, пневмонии, бронхиальная астма и др.);
3. Заболевания пищеварительной системы (язвенная болезнь желудка и ДПК, гастриты, гепатиты, холециститы, панкреатиты, колиты и др.);
4. Заболевания опорно-двигательной системы (артриты, артрозы, остеохондроз и др.);
5. Заболевания центральной и периферической нервной системы (сосудистые нарушения мозгового кровообращения, невралгии, невриты, радикулиты и др.);
6. Заболевания мочеполовой системы (эрозии шейки матки, аднекситы, простатиты, пиелонефриты, циститы и др.);
7. Заболевания дерматологического профиля (нейродермиты, псориаз, атопический дерматит и др.);
8. Заболевания ЛОР-органов (отиты, тонзиллиты, гаймориты и др.);
9. Заболевания стоматологического профиля (стоматиты, пародонтоз, гингивиты и др.);
10. Косметологическая практика (птоз нижнего века, морщины, сухость кожи, акне, послеоперационная реабилитация и др.);
11. Спортивная медицина (повышение сопротивляемости организма, подготовка к соревнованиям, спортивный травматизм);
12. Онкологическая практика (на этапе реабилитации);
13. Противопоказания к назначению низкоинтенсивной лазеротерапии: общие к физиотерапии; злокачественные новообразования; доброкачественные новообразования в зонах облучения; тиреотоксикоз; активная форма туберкулеза; заболевания крови; сахарный диабет в стадии декомпенсации; острое нарушение мозгового и коронарного кровообращения; кризовое течение ГБ; сердечно-сосудистая или легочная недостаточность 3-й стадии; стенокардия напряжения 3–4 ФК; пигментные пятна, невусы, ангиомы и другие новообразования; выраженная анемия; стадия декомпенсации и тяжелое течение любого заболевания; функциональная недостаточность почек; инфекционные заболевания.

При этом стоит отметить, что для внутрисосудистой лазеротерапии противопоказаниями являются геморрагический инсульт, склонность к кровоточивости (перенесенные желудочные, кишечные, носовые кровотечения, менструация).

Остановимся на параметрах низкоинтенсивной лазеротерапии, наиболее часто используемых в клинической практике. Основных физических параметров, которые учитываются при назначении лазеротерапии, несколько. Первым важным параметром является выходная мощность (W) лазерного аппарата, единицей измерения которой является милливатт (мВт). Большинство физиотерапевтических лазерных аппаратов имеют выходную мощность, не превышающую 50 мВт. В зависимости от ис-

пользуемого режима лазерного излучения параметры для дозирования различаются. Так, при использовании непрерывного режима основным, наиболее часто используемым, параметром при назначении лазеротерапии является плотность потока мощности (ППМ). ППМ – это мощность лазерного излучения, которая приходится на единицу площади облучаемой поверхности, которая рассчитывается по формуле: $ППМ = W/S$ (мВт/см²), где W – выходная мощность аппарата (мВт), а S – площадь облучения (см²). Реже используется такой параметр как плотность энергии (доза). (ПЭ) – это мощность лазерного излучения на единицу площади облучаемой поверхности за время облучения, которая рассчитывается по формуле: $ПЭ = W/S \times T = ППМ \times T$ (Дж/см²), где W – выходная мощность аппарата (мВт), S – площадь облучения (см²), а T – время (длительность) облучения (сек) [2, 3, 5, 8, 10, 13, 19].

При использовании импульсного режима лазеротерапии основными дозируемыми параметрами являются частота импульсов, импульсная мощность и длительность импульса. Частота импульсов (F_i) – это количество импульсов лазерного излучения в единицу времени (1 сек), измеряется в герцах (Гц). Большинство лазерных физиотерапевтических аппаратов генерируют излучение с частотой импульсов от 1 Гц до 3000–5000 Гц. При этом есть аппараты с фиксированным набором частот (например, 30 Гц, 600 Гц, 1500 Гц и 3000 Гц), а есть аппараты, где возможен выбор частот в широком диапазоне: от 1 Гц до 3000 Гц.

Следующим параметром импульсной лазеротерапии является импульсная мощность (W_i), которая измеряется в Ваттах (Вт) и показатели ее отличаются в разных аппаратах. Есть аппараты с фиксированными показателями W_i (2 Вт или 3 Вт), а есть универсальные лазерные аппараты, где имеется набор этих показателей в определенном диапазоне (от 1 Вт до 3 Вт или от 1 Вт до 7 Вт). Чем больше набор показателей W_i , тем шире терапевтические возможности аппарата. Что касается длительности каждого импульса, который представляет его продолжительность в секундах и чаще всего этот параметр в низкоинтенсивной лазеротерапии является величиной фиксированной. Длительность лазерного импульса (T_i) настолько мала, что составляет от 10^{-9} сек (мксек) до 10^{-6} сек (мксек). Именно поэтому импульсная мощность, измеряемая в Вт с учетом его продолжительности, в конечном итоге является низкоинтенсивным воздействием. С учетом того, что этот показатель фиксированный, при дозировании он не указывается [2, 3, 5, 8, 10, 13, 19].

Следующим параметром в лазеротерапии, как при любой другой физиотерапевтической процедуре, является экспозиция (продолжительность облучения). По литературным данным показатели экспозиции при лазеротерапии на одну зону (локализацию) облучения находятся в диапазоне от нескольких секунд до 5 минут (300 секунд), что зависит от зоны воздействия. Очевидно, что учет экспозиции имеет значение, т.к. лазеротерапия – это строго дозируемый лечебный фактор. Как было сказано выше, при расчете дозы (плотности энергии) лазерного излучения учитывается и продолжительность воздействия. Так, специалисты рекомендуют придерживаться следующих рекомендаций. При воздействии лазерным излучением на одну локализацию время зависит от зоны облучения. На биологически активные точки (БАТ), точки выхода нервов, точки пальпаторной болезненности – время воздействия не должно превышать 1 минуту (от 5–10 секунд до 60 секунд). На слизистые оболочки – по 1 минуте. На рефлекторно-сегментарные зоны и проекцию магистральных сосудов – от 1 до 2 минут.

На область проекции внутренних органов – от 2 до 5 минут. При этом известно, что за одну процедуру лазеротерапии можно воздействовать на несколько зон. Именно поэтому, рекомендуется соблюдать общее время процедуры, которое зависит от режима лазерного излучения и составляет при использовании непрерывного режима до 20 минут, а при использовании импульсного режима – до 15 минут. Хотелось бы обратить внимание на то, что это общепринятые рекомендации. В литературе же некоторые показатели могут отличаться от общепринятых рекомендаций, чаще всего это авторские методики, использование которых не запрещено, если они разрешены к использованию (утвержденная медицинская технология) [5, 8, 13].

Часто возникает вопрос о максимальной площади облучения на одну процедуру. Есть данные, что площадь облучения на одну локализацию не должна превышать 80 см², при этом общая площадь облучения (если несколько зон) не должна превышать 400 см². Такие методики используются редко, чаще в практике лечения ожоговых больных.

На сегодняшний день существует много способов подведения лазерного излучения к патологическому очагу. Наиболее часто используемые – контактные и дистанционные методики. Контактные методики предполагают плотный контакт лазерного излучателя с облучаемой поверхностью. Их еще называют сфокусированными методиками, т.к. лазерный пучок очень плотный и сфокусирован в одной точке. При использовании этой методики энергетические потери за счет отражения незначительные. Дистанционные методики предполагают отсутствие контакта между излучателем и облучаемой поверхностью, с зазором между ними, таким образом, чтобы формировалось световое пятно. Эту методику называют расфокусированной, т.к. лазерный луч незначительно расходится (расфокусируется) и в зависимости от расстояния излучателя от облучаемой поверхности меняется диаметр светового пятна. Энергетические потери при использовании дистанционной методики больше, чем при контактной методике, а для уменьшения этих потерь лазерный луч должен падать прямо перпендикулярно облучаемой поверхности, при нарушении этого правила, соответственно, потери будут увеличиваться. Кроме этого, существуют еще две методики, которые используются в лазеротерапии. Это контактно-зеркальная методика и контактная с надавливанием (или с уплотнением). Контактно-зеркальная методика предполагает использование зеркальной насадки, которая фиксируется на излучатель и плотно прилегает к облучаемой поверхности, таким образом, что лазерный луч падает на эту поверхность с образованием светового пятна внутри этой зеркальной насадки. Энергетические потери при этом незначительные. Контактная методика с надавливанием или с уплотнением ткани в области облучения предполагает лазерный излучатель размещать контактно с некоторым давлением на зону облучения, тем самым, уплотняя ткани и уменьшая кровоток, что снижает коэффициент отражения и соответственно уменьшает энергетические потери [5, 8, 11, 13, 20, 21].

По способу проведения лазерной процедуры выделяют стабильные, лабильные и сканирующие методики. При стабильной (неподвижной) методике излучатель в процессе процедуры не перемещается по облучаемой поверхности. Используют данную методику при локализованных небольших патологических очагах (пальпаторная болезненность и др.). А при лабильной (подвижной) методике, напротив, излучатель перемещается по облучаемой поверхности с определенной скоростью переме-

щения светового луча (или пятна), обычно это не превышает 1 см в секунду. Лабильная методика используется при заболеваниях, когда необходимо воздействовать на более значительную зону. Что касается сканирующей методики, то это разновидность лабильной методики, но проводится она от аппаратов с функцией сканирования, т.е. автоматическое перемещение светового пятна по заданной траектории в облучаемой зоне [5, 8, 11, 13, 20, 21].

Низкоинтенсивная лазеротерапия сегодня используется в комплексе с другими методами лечения, значительно повышая терапевтическую эффективность проводимых мероприятий. Кроме этого, имеются сочетанные методики, когда лазерное излучение сочетается с другим физическим фактором [3, 5, 11, 17, 18, 20–22]. Особенно эффективно сочетание лазерного излучения и постоянного магнитного поля. Именно поэтому у всех универсальных лазерных аппаратов есть возможность одновременно воздействовать лазерным излучением и магнитным полем, размещая постоянный магнит на излучатель. Особенности взаимодействия электромагнитного излучения оптического диапазона (лазерного излучения) и постоянного магнитного поля обусловлены тем, что лазерный луч проходит в условиях выраженной поляризации дипольных молекул, которые строго ориентируются вдоль силовых линий магнитного поля. Такое взаимодействие дает ряд преимуществ перед использованием только лазерного излучения. Как отмечают многие специалисты, такое сочетание способствует повышению резонансной чувствительности фотоакцепторов в лазерному излучению, особенно в инфракрасном диапазоне. При этом значительно уменьшаются явления рекомбинации, т.е. снижается активность восстановления разрушенных ионных связей, что позволяет поддерживать процессы обмена и синтеза на достаточно высоком уровне. И еще одно преимущество. Доказано, что при сочетании использовании лазерного излучения и магнитного поля увеличивается глубина проникновения лазерного излучения в 1,5–2,0 раза.

Все большее распространение в клинической практике получают такие сочетанные методики, как лазерофорез и электрофотофорез. Есть определенные правила проведения этих процедур. Суть лазерофореза заключается в том, что сразу после нанесения лекарственного вещества на патологическую зону проводят лазерное облучение по дистанционной методике в течение 10 минут. При электрофотофорезе облучение проводят на область введения лекарственного вещества сразу после проведения процедуры электрофореза. В обоих случаях, за счет значительной активации лазерным излучением микроциркуляции, возрастает утилизация лекарственного вещества из подкожного депо, что обеспечивает повышение эффективности лечения.

Локализация воздействия в лазеротерапии. Выделяют наружные (экстракорпоральные) методики, наиболее часто используемые в практике. К ним относятся: проекция патологического очага, рефлекторно-сегментарные зоны, зоны Захарьина-Геда, БАТ, транскутанное (чрезкожное) облучение крови (на проекцию магистральных сосудов) и лазерофорез. К внутренним (интракорпоральным) методикам относятся: полостные методики (эндо-назальные, эндооральные, эндоуральные, ректальные, вагинальные, внутрисуставные, внутрижелудочные, эндобронхиальные, эндоплевральные) и внутрисосудистые методики (внутриартериальные, внутривенные, внутрисердечные, эндолимфатические). При этом стоит помнить, что для проведения внутрисосудистых и вну-

трисосудистых лазерных методик необходимы определенные навыки (эндоскопии) и специализация, особенно для проведения внутрисосудистой лазеротерапии [5–8, 11, 13, 17–19, 23].

Одним из главных преимуществ использования лазера в клинической медицине является небольшое количество противопоказаний. Использование лазеротерапии в комплексном лечении большинства заболеваний позволяет значительно уменьшить дозы лекарственных препаратов и продолжительность их приема, при этом эффект от используемых лекарств повышается. Лазеротерапия не вызывает аллергии и привыкания, сроки лечения и реабилитационного периода сокращаются, а лечебный эффект сохраняется более длительно. Процедуры лазеротерапии не причиняют неприятных ощущений и могут проводиться в поликлинике, без необходимости госпитализации в стационар. Лазерное излучение можно использовать с профилактической целью для повышения неспецифической резистентности.

Сегодня на рынке физиотерапевтической аппаратуры существует множество аппаратов для лазеротерапии. Возможности универсальных лазерных аппаратов позволяют работать в красном и инфракрасном (ближний, дальний) диапазонах, в непрерывном и импульсном режимах, все они снабжаются множеством насадок (наружных, полостных, пунктурных), что позволяет использовать эти аппараты при различных заболеваниях. В универсальных лазерах есть возможность выбора фиксированных и произвольных параметров излучения. Базовые блоки аппаратов этой серии позволяют установить любое значение времени воздействия (от 0,1 минут до непрерывного излучения), частоты повторения импульсов (от 0,5 до 3000 Гц) и мощности лазерного излучения (от 0 до максимального значения). При этом для удобства пользования аппаратом в него заложен ряд фиксированных значений этих параметров, что позволяет устанавливать требуемые значения без длительного перебора.

Все лазерные головки этих аппаратов позволяют устанавливать мощность лазера от 0 до максимального значения. Более того, все универсальные лазерные аппараты являются двух или четырех канальными и при наличии нескольких излучателей возможно одномоментное воздействие на несколько зон. Справедливости ради, стоит заметить, что в комплект этих аппаратов из огромного перечня излучателей и насадок, предлагаемых производителем, входит их ограниченное число (один излучатель с фиксированной длиной волны и 2–3 насадки) и это позволяет сформировать этот комплект с учетом целей и задач использования приобретаемого аппарата. В практической физиотерапии остаются очень востребованными лазерные аппараты серии «МИЛТА», которые относятся к импульсным инфракрасным лазерам и которыми оснащены очень многие физиотерапевтические отделения учреждений здравоохранения. Они просты в использовании, экономически доступны. К широко используемым в практике также относятся такие аппараты низкоинтенсивной лазеротерапии как «Узор», «Рикта» и многие другие [3, 5, 10, 12, 13, 17, 21].

Важно понимать, что все лазерные аппараты имеют конкретные физические параметры, которые обеспечивают диапазон терапевтических возможностей данного аппарата. Именно поэтому, на базах многих лечебно-профилактических учреждений используется 2–3 и более аппаратов для низкоинтенсивной лазеротерапии.

По степени опасности генерируемого излучения лазеры согласно ГОСТ 12.1.041–83 (1996) классифицируются: класс I (безопасные) – выходное излучение не представляет опасности для глаз и кожи; класс II (малоопасные) – выходное излучение опасно при облучении глаз прямым или зеркально-отраженным излучением; класс III (среднеопасные) – опасно для глаз прямое, зеркальное, а также диффузно-отраженное излучение; класс IV (высокоопасные) – опасно для кожи диффузно отраженное излучение на расстоянии 10 см от отраженной поверхности [13, 14].

Основными документами, регламентирующими работу с лазерными аппаратами, являются: ГОСТ Р-50723–94. «Лазерная безопасность. Общие требования безопасности при разработке и эксплуатации лазерных изделий»; «Санитарные нормы и правила устройства и эксплуатации лазеров № 5804–91»; ОСТ 42–21–16–86. «Система стандартов безопасности труда, отделения, кабинеты физиотерапии»; Приказ Минздравмедпрома Российской Федерации от 14.03.1996 г. № 90 «О порядке проведения предварительных и периодических медицинских осмотров работников и медицинских регламентов допуска к профессии»; «Типовая инструкция по охране труда при проведении работ с лазерными аппаратами»; МУ 287–113–00. «Методические указания по дезинфекции, предстерилизационной очистке и стерилизации изделий медицинского назначения. Требования к размещению лазерных аппаратов, организации рабочих мест и помещений» изложены в следующих документах: ГОСТ Р-50723–94, СанПиН 5804–91, ССБТ ОСТ 42–21–16–86. Лазерные аппараты должны использоваться в соответствии с «Санитарными нормами и правилами эксплуатации лазеров» СНИП 5804–91, а кабинеты лазеротерапии оборудоваться согласно СНИП 11–69–78 (б) и 11–4–79, 11–69–78.

В соответствии с Приказом Минздравмедпрома Российской Федерации от 14.03.1996 г. № 90 к работе с лазерными аппаратами допускаются лица, достигшие 18 лет и не имеющие следующих медицинских противопоказаний: хронические рецидивирующие заболевания кожи; понижение остроты зрения ниже 0,6 на одном глазу и ниже 0,5 – на другом (острота зрения определяется с коррекцией); катаракта; дегенеративно-дистрофические заболевания сетчатки глаз; хронические заболевания переднего отрезка глаз.

Таким образом, широко использование низкоинтенсивного лазерного излучения в клинической физиотерапии имеет экспериментальное и клиническое обоснование, а знание принципов дозирования, методических особенностей проведения процедур, оправданность назначения и четкое соблюдение показаний и противопоказаний к ее назначению, обеспечивает высокую эффективность использования лазеротерапии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gupta A., Hamblin M. R. History and fundamentals of low-level laser (light) therapy. Handbook of Photomedicine. Boca Raton. London–New York: CRC Press. 2016: 43–52. <https://doi.org/10.1201/b15582-7.3>
2. Абрамович С. Г. Фототерапия. Иркутск. РИО ФГБУ «НЦРВХ» СО РАМН. 2014: 200 с.
3. Буйлин В. Ф., Ларюшкин А. И., Никитина М. В. Свето-лазерная терапия. Руководство для врачей. Издательство Триада. 2004: 256 с.
4. Лазерная терапия в лечебно-реабилитационных и профилактических программах: клинические рекомендации. Утверждены на XIII Международном конгрессе «Реабилитация и санаторно-курортное лечение». М. 2015: 69 с.
5. Илларионов В. Е. Теория и практика лазерной терапии. Учебное руководство. Издательство Либроком. 2017: 150 с.
6. Плетнева С. Д. Лазеры в клинической медицине: руководство для врачей. 2 изд., перераб. и доп. М. Медицина. 1996: 432 с.

7. Пономаренко Г.Н. Электромагнитотерапия и светолечение. Издательство Мир и семья. С.Пб. 1995: 248 с.
8. Скобелкин О.К. Применение низкоинтенсивных лазеров в клинической практике. М. 1997: 298 с.
9. Улащик В.С. Основы общей физиотерапии. Минск. Книжный дом. 2008: 640 с.
10. Chung H., Chung H., Dai T., Sharma S.K. et al. The nuts and bolts of low-level laser (light) therapy. *Annals of Biomedical Engineering*. 2012; 40 (2): 516–533.
11. Москвин С.В., Кочетков А.В. Эффективные методики лазерной терапии. М. Тверь. Издательство «Триада». 2016: 80 с.
12. Shi W., Fang Q., Zhu X. et al. Fiber lasers and their applications. *Applied Optics*. 2014; 53 (28): 6554–6568.
13. Боголюбова В.М. Техника и методики физио-терапевтических процедур: справочник. 5-е изд., испр. М. БИНОМ. 2012: 464 с.
14. Утц С.Р., Шнайдер Д.А., Москвин С.В., Шерстобитова К.Ю. Сборник нормативно-правовых документов по лазерной медицине. Учебно-методическое пособие. Саратов. 2014: 212 с.
15. Passarella S., Passarella S., Karu T. Absorption of monochromatic and narrow band radiation in the visible and near IR by both mitochondrial and nonmitochondrial photoacceptors results in photobiomodulation. *Journal of Photochemistry and Photobiology B*. 2014; (140): 344–358.
16. Картелишев А.В., Румянцев А.Г., Евстигнеев А.Р., Смирнова Н.С., Наседкин А.Н. Лазерная терапия и профилактика: учебное пособие. Москва. Практическая медицина. 2012: 397 с.
17. Карандашов В.И., Петухов Е.Б., Зродников В.С. Квантовая терапия. Учебное пособие. Издательство Медицина. 2004: 336 с.
18. Брехов Е.И., Буйлин В.А., Москвин С.В. Теория и практика КВЧ-лазерной терапии. Тверь. Издательство «Триада». 2007: 160 с.
19. Ушаков А.А. Практическая физиотерапия. 2-е изд. испр. и доп. М. Медицинское информационное агентство. 2009: 608 с.
20. Малиновский Е.Л. Стратегия и тактика повышения эффективности лазерной терапии. Руководство для врачей. Москва. 2010: 246 с.
21. Moskvina S.V., Agasarov L.G. Laser acupuncture: 35 years of successful application in Russia (narrative review). *Journal of Lasers in Medical Sciences*. 2020; 11 (4): 381–389. <https://doi.org/10.34172/jlms.2020.61>
22. Dabbous O.A., Soliman M.M., Mohamed N.H. Evaluation of the improvement effect of laser acupuncture biostimulation in asthmatic children by exhaled inflammatory biomarker level of nitric oxide. *Lasers in Medical Science*. 2017; 32 (1): 53–59. DOI:10.1007/s10103-016-2082-9
23. Khadartsev A.A., Moskvina S.V. Laser blood illumination. The main therapeutic techniques. Moscow. Tver'. 2018: 26 p.

REFERENCES

1. Gupta A., Hamblin M.R. History and fundamentals of low-level laser (light) therapy. *Handbook of Photomedicine*. Boca Raton. London–New York: CRC Press. 2016: 43–52. <https://doi.org/10.1201/b15582-7.3>
2. Abramovich S.G. Fototerapiya [Phototherapy]. Irkutsk. RIO FGUB «NCRVH» SO RAMN. 2014: 200 p. (In Russ.).
3. Bujlin V.F., Laryushkin A.I., Nikitina M.V. Sveto-lazernaya terapiya [Light-laser therapy]. *Rukovodstvo dlya vrachej*. Triada. 2004: 256 p. (In Russ.).
4. [Laser therapy in treatment and rehabilitation and prevention programs]. *Kinicheskie rekomendacii utverzhdeny na XII I Mezhdunarodnom kongresse "Reabilitatsiya I sanatorno-kurortnoe lechenie"* [Approved at the XIII International Congress "Rehabilitation and Spa Treatment"]. М. 2015: 69 p. (In Russ.).
5. Illarionov V.E. Teoriya i praktika lazernoj terapii [Theory and practice of laser therapy]. *Uchebnoe rukovodstvo*. Librokom. 2017: 150 p. (In Russ.).
6. Pletnev S.D. Lazery v klinicheskoj medicine: rukovodstvo dlya vrachej [Lasers in clinical medicine: guidelines for doctors]. М. Medicina. 1996: 432 p. (In Russ.).
7. Ponomarenko G.N. Elektromagnitoterapiya i svetolechenie [Laser therapy using therapeutic matrix magneto-IR laser devices]. *Mir i sem'ya*. S.Pb. 1995: 248 p. (In Russ.).
8. Skobelkin O.K. Primenenie nizkointensivnyh lazerov v klinicheskoj praktike [Application of low-intensity lasers in clinical practice]. М. 1997: 298 p. (In Russ.).
9. Ulashchik B.C. Osnovy obshchej fizioterapii [Fundamentals of General physiotherapy]. Minsk. Knizhnyj dom. 2008: 640 p. (In Russ.).
10. Chung H., Chung H., Dai T., Sharma S.K. et al. The nuts and bolts of low-level laser (light) therapy. *Annals of Biomedical Engineering*. 2012; 40 (2): 516–533.
11. Moskvina S.V., Kochetkov A.V. Effektivnye metodiki lazernoj terapii [Effective methods of laser therapy]. Tver'. Triada. 2016: 80 p. (In Russ.).
12. Shi W., Fang Q., Zhu X. et al. Fiber lasers and their applications. *Applied Optics*. 2014; 53 (28): 6554–6568.
13. Bogolyubov V.M. Tekhnika i metodiki fizio-terapevticheskikh procedur: spravochnik [Technique and methods of physiotherapy procedures: guide]. М. BINOM. 2012: 464 p. (In Russ.).
14. Utc S.R., Shnajder D.A., Moskvina S.V., Sherstobitova K.Yu. Sbornik normativno-pravovyh dokumentov po lazernoj medicine [Collection of normative and legal documents on laser medicine]. *Uchebno-metodicheskoe posobie*. Saratov. 2014: 212 p. (In Russ.).
15. Passarella S., Passarella S., Karu T. Absorption of monochromatic and narrow band radiation in the visible and near IR by both mitochondrial and nonmitochondrial photoacceptors results in photobiomodulation. *Journal of Photochemistry and Photobiology B*. 2014; (140): 344–358.
16. Kartelishev A.V., Rumyanchev A.G., Evstigneev A.R., Smirnova N.S., Nasedkin A.N. Lazernayaterapiya i profilaktika: uchebnoe posobie [Laser therapy and prevention: textbook]. Moscow. *Practical medicine*. 2012: 397 p. (In Russ.).
17. Karandashov V.I., Petuhov E.B., Zrodnikov V.S. Kvantovaya terapiya. Uchebnoe posobie [Quantum therapy. Textbook]. Medicina. 2004: 336 p. (In Russ.).
18. Brekhov E.I., Bujlin V.A., Moskvina S.V. Teoriya i praktika KVCH-lazernoj terapii [Theory and practice of EHF laser therapy]. Tver'. TRIADA publishing house. 2007: 160 p. (In Russ.).
19. Ushakov A.A. Prakticheskaya fizioterapiya [Practical physiotherapy (2nd ed.)]. М. Medicinskoe informacionnoe agentstvo. 2009: 608 p. (In Russ.).
20. Malinovskij E.L. Strategiya i taktika povysheniya effektivnosti lazernoj terapii. Rukovodstvo dlya vrachej [Strategy and tactics for improving the effectiveness of laser therapy. Guidelines for doctors]. Moscow. 2010: 246 p. (In Russ.).
21. Moskvina S.V., Agasarov L.G. Laser acupuncture: 35 years of successful application in Russia (narrative review). *Journal of Lasers in Medical Sciences*. 2020; 11 (4): 381–389. DOI:10.34172/jlms.2020.61
22. Dabbous O.A., Soliman M.M., Mohamed N.H. Evaluation of the improvement effect of laser acupuncture biostimulation in asthmatic children by exhaled inflammatory biomarker level of nitric oxide. *Lasers in Medical Science*. 2017; 32 (1): 53–59. <https://doi.org/10.1007/s10103-016-2082-9>
23. Khadartsev A.A., Moskvina S.V. Laser blood illumination. The main therapeutic techniques. Moscow. Tver'. 2018: 26 p.

Информация об авторе:

Поддубная Ольга Александровна, доктор медицинских наук, профессор, Сибирский государственный медицинский университет Минздрава России, Сибирский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства России, e-mail: poddubnay_oa@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-0794-6857>

Information about the author:

Olga A. Poddubnaya, Dr. Sci. (Med.), Professor, Siberian State Medical University, Siberian Federal Scientific and Clinical Center, e-mail: poddubnay_oa@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-0794-6857>

