

благодаря прерыванию связывания АТФ с пуриnergическими рецепторами на ДК [1].

Открытие роли TLR4 в распознавании эпителиальными клетками клещей домашней пыли и, как результат, активации ДК привело к исследованию в мышинной модели астмы, вызванной клещами домашней пыли, внутрилегочного антагониста TLR4. Блокирование TLR4 продемонстрировало снижение эозинофилии дыхательных путей и подавление бронхиальной гиперреактивности у мышей, чувствительных к клещам домашней пыли. Агонисты TLR, которые специфически активируют и, вероятно, усиливают функцию плазматоцитоподобных ДК у пациентов с аллергической астмой, также имеют потенциальную терапевтическую значимость [1].

Поскольку омализумаб продемонстрировал многообещающие перспективы в уменьшении чувствительности ДК и других клеток к аллергенам путем снижения уровня IgE, дополнительные способы снижения уровня IgE или ингибирования взаимодействия IgE с рецепторами на ДК, возможно, способны привести к такому же благоприятному эффекту [1].

Таким образом, дальнейшее изучение популяций ДК дыхательных путей и их функций позволит открыть новые факты, касающиеся патогенеза аллергических заболеваний дыхательных путей, что обеспечит создание новых эффективных терапевтических и профилактических мероприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gill M.A. The role of dendritic cells in asthma // *The Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 2012;129:889–901.
2. Lambrecht B.N. Global atlas of allergy Dendritic cells // *Published by the European Academy of Allergy and Clinical Immunology*. 2014:45–47.
3. Maazi H., Lam J., Lombardi V. et al. Role of plasmacytoid dendritic cell subsets in allergic asthma // *Allergy*. 2013 June;68(6):695–701.
4. Tongeren J. Van, Reinartz S.M., Fokkens W.J. et al. Interactions between epithelial cells and dendritic cells in airway immune responses: lessons from allergic airway disease // *Allergy*. 2008 September;63(9):1124–1135.
5. Lambrecht B.N. Dendritic cells and the regulation of the allergic immune response // *Allergy*. 2005 March;60(3):271–282.
6. Dua B., Smith S., Kinoshita T. et al. Myeloid dendritic cells type 2 in allergic asthma // *Allergy*. 2013 October;68(10):1322–1326.
7. Bleck B., Kazeros A., Bakal K. et al. Coexpression of type 2 immune targets in sputum-derived epithelial and dendritic cells from asthmatic subjects // *The Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 2015 September;136(3):619–627.
8. Hammad H., Lambrecht B. N. Recent progress in the biology of airway dendritic cells and implications for understanding the regulation of asthmatic inflammation // *The Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 2006 August;118(2):331–336.
9. Pacciani V., Gregori S., Chini L. et al. Induction of anergic allergen-specific suppressor T cells using tolerogenic dendritic cells derived from children with allergies to house dust mites // *The Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 2010 March;125(3):727–736.
10. Pilette C., Jacobson M.R., Ratajczak C. et al. Aberrant dendritic cell function conditions Th2-cell polarization in allergic rhinitis // *Allergy*. 2013 March;68(3):312–321. ■

Лазерное излучение и его влияние на иммунную систему

Е.Г. Асирян, П.Д. Новиков

УО «Витебский государственный медицинский университет», г. Витебск

Laser radiation and its effects on the immune system
E.G. Asiryán, P.D. Novikov

This review article presents the main types of laser light that are used in medicine. The authors set out

information about the penetrating power of this physical factor. The paper summarizes data on the response of immune system cells, as well as factors of nonspecific and specific resistance under the influence of laser

radiation. The author analyzes the information available in the literature on the effects of laser radiation on the organs of the immune system or of the projection area on the skin that are recommended in the treatment of various diseases to enhance "immunotropic." The data will help to better understand the role of this physical factor and the possibility of its use in immuno-correction in various pathological conditions.

В настоящее время, согласно литературным данным, доказана способность более чем 20 видов немедикаментозных воздействий корректировать иммунные нарушения при различных заболеваниях. Одним из таких методов, широко используемых в медицинской практике, является лазерное излучение, в основе которого лежат разнообразные эффекты монохроматического облучения на различные стороны жизнедеятельности организма [1]. Эффект его взаимодействия с биологическими тканями основан на поглощении и трансформации ими энергии лазерного луча, при этом происходит ускорение репаративных процессов, реализуются различные эффекты, в том числе, и иммуномодулирующий [2]. Низкоинтенсивное лазерное излучение (НИЛИ) успешно используется для коррекции иммунных нарушений и достижения клинического эффекта у пациентов с различными заболеваниями. Положительные результаты установлены при использовании лазеротерапии при остеомиелите, нейродермите, бронхиальной астме, хронических неспецифических заболеваниях легких и другой патологии [3, 4].

Иммунокоррекция физическими факторами может оказаться вынужденным или даже единственным способом устранения иммунологических нарушений [3]. Это связано с тем, что в ряде случаев необходимо ограничить использование лекарственных средств, например при наличии сопутствующей патологии, лекарственной аллергии, тахифилаксии, развитии побочных эффектов. Таким образом, рациональное сочетание медикаментозных и немедикаментозных методов лечения, включение в лечебно-реабилитационную программу средств физиотерапии позволит снизить медикаментозную нагрузку и улучшить состояние пациента [5–7].

В то же время существует необходимость в дальнейшем изучении иммунологических меха-

низмов действия лечебных физических факторов, что позволит дифференцированно использовать их при различных заболеваниях, протекающих с нарушениями в системе иммунитета, а также иммунодефицитных состояниях [3, 8].

ВИДЫ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И ИХ ПРОНИКАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ

Лазерное излучение является электромагнитным излучением оптического диапазона [9]. Для данного физического фактора, как для любого другого, характерны общие принципы лечебного воздействия. Малые дозы излучения вызывают стимулирующий эффект, средние дозы способны улучшать микроциркуляцию, оказывать обезболивающее действие, повышенные – противовоспалительное, тормозящее действие. Негативное влияние, приводящее к обострению патологического процесса, наблюдается при использовании больших доз [10].

Выделяют две группы лазеров в зависимости от мощности генерируемого излучения: низкоинтенсивные и высокоинтенсивные. Первые дают мощность светового потока порядка милливатт (мВт), вторые – порядка ватт (Вт). Терапевтическими считают лазерные установки с мощностью ниже 1 Вт, так как при воздействии на живую ткань излучение такой мощности не вызывает фотодеструкции [11].

По характеру генерируемого излучения различают лазеры непрерывного действия и импульсные лазеры [11]. Коррекция иммунного статуса является одной из важнейших точек приложения низкоинтенсивного импульсного лазерного излучения [12]. Для лазеров данного типа доза прямо пропорциональна частоте следования импульсов, так как она определяет среднюю мощность. Однако на конечный результат влияют такие параметры, как длина волны, режим работы, мощность, время экспозиции, частота, методика. При последовательном и правильном выборе всех параметров в совокупности, можно говорить о прогнозируемости получаемого результата от лазерного воздействия [13, 14].

В физиотерапии, как правило, применяют плотности потока мощности лазерного излучения от 0,5 до 50 мВт/см². Рекомендуется общая длительность процедуры не более 20–30 мин, продолжительность облучения одного поля от несколь-

ких секунд до 5–10 мин [15]. Дозы лазерного излучения, которые применяют для терапевтических целей, не должны превышать 10 Дж/см² [16, 17].

Согласно данным, представленным в ряде исследований, доза облучения 0,5 Дж/см² вызывает стимуляцию репаративных процессов в поврежденных тканях. При дозе облучения 1–2 Дж/см² наблюдается обезболивающее, седативное действие, улучшение микроциркуляции. Противовоспалительное действие наблюдается при дозе облучения 2–3 Дж/см² [10].

Следует обратить внимание, что эффект вызывает только оптимальная доза НИЛИ. При уменьшении или увеличении дозы в достаточно узком диапазоне эффект уменьшается или отсутствует. Это является принципиальным отличием данного вида излучения от других методов фототерапии, где зависимость от дозы часто носит нарастающий характер [18].

Одной из важных характеристик, которые необходимо учитывать в медицинской практике, является проникающая способность лазерного излучения. НИЛИ с различной длиной волны характеризуются различной проникающей способностью, что определяет возможность взаимодействия со специфическими акцепторами, расположенными в различных клеточно-тканевых образованиях и имеющими особое микроокружение [19].

В лечебной практике применяются главным образом лазеры красного и инфракрасного спектров излучения [10]. Проникающая способность He-Ne-лазерного излучения, имеющего рабочую длины волны 632,8 нм, составляет несколько миллиметров. Свет He-Ne-лазера находится в спектре полосы поглощения красного света, хорошо поглощается гемоглобином, обладает высокими биостимулирующими свойствами, в том числе и при внутривенной лазеротерапии. Следует отметить, что He-Ne-лазерное излучение быстро рассеивается в тканях, в связи с чем малоэффективно при наружном воздействии на внутренние органы. Эффект при этом может быть чисто рефлекторным [11, 15]. Таким образом, лазеры красного спектра (0,63–0,69 мкм) применяются для воздействия на слизистые оболочки, кожные покровы и ткани, близко к ним прилежащие, при поверхностных патологических процессах [10].

Проникающая способность лазеров инфракрасного спектра излучения (ИК-лазер) с длиной волны 850–890 нм составляет 7–8 см. Данный вид излучения меньше отражается от тканей и, преломляясь на границе сред рассеивания, поглощается. При использовании импульсного излучения этого светового диапазона наблюдается более выраженный лечебный эффект. Импульсный режим позволяет достичь достаточно высокой интенсивности лазерного излучения. Следует отметить, что глубокому проникновению излучения в ткани способствует такая особенность ИК-лазерного излучения, как резонансное поглощение излучения биотканями [11]. Таким образом, инфракрасный диапазон лазерного излучения (0,8–0,95 мкм) является универсальным для воздействия на глубоколежащие ткани и органы. В рефлексотерапии используют лазеры как красного (0,63–0,69 мкм), так и инфракрасного (1,2–1,3 мкм) спектра [10].

ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ИММУННУЮ СИСТЕМУ

Изменять иммунологическую реактивность организма путем непосредственного воздействия на лимфоидную ткань или опосредованно через нервную и эндокринную системы способны физические факторы как источники энергии [15, 20]. Действие низкоинтенсивного лазерного излучения на иммунологические показатели зависит от исходных значений и носит ярко выраженный модулирующий характер. При низком исходном уровне показателя ответная реакция характеризуется увеличением последнего до средних величин. Снижение показателя на фоне лазерного излучения наблюдается при фоновых данных, близких к верхней границе нормы [1].

В конце 80-х годов прошлого столетия началось изучение реакций клеток иммунной системы на действие различных видов низкоэнергетического лазерного излучения. Данный тип лазерного излучения является неспецифическим биостимулятором репаративных и обменных процессов в различных тканях, изменяет уровень перекисного окисления, обладает антиоксидантным и стабилизирующим эффектом на мембраны клеток [9, 21].

В ряде исследований указывается, что в качестве первичного действующего фактора НИЛИ в биологических объектах выступает термодинами-

ческий сдвиг, т.е. возникает локальный градиент температур. Это приводит к высвобождению ионов кальция из депо с последующей активацией кальцийзависимых биохимических и физиологических процессов. Направленность этих ответных реакций может быть неоднозначной, что зависит от дозы и локализации воздействия, а также исходного состояния организма. После прекращения действия НИЛИ развиваются вторичные ответные реакции организма [18, 22, 23].

В экспериментальных исследованиях установлено, что под влиянием данного типа излучения наблюдается активизация процессов в лимфоидной ткани [24, 25]. Предполагается, что в организме присутствуют специфические рецепторы, ответственные за восприятие информации физических факторов, в анализе которой основная роль принадлежит иммунной системе [9]. В тканях животных и человека фотоакцепторами красного излучения являются молекулы ДНК (максимум поглощения на длине волны 0,620 мкм), цитохром оксидазы (0,600 мкм), цитохрома (0,632 мкм), супероксиддисмутазы (0,630 мкм), каталазы (0,628 мкм). Излучение ближнего инфракрасного диапазона поглощается преимущественно молекулами нуклеиновых кислот (0,820 мкм). Красное и инфракрасное излучения поглощаются также кислородом [10].

На основании анализа исследований о влиянии лазерного излучения на иммунокомпетентные клетки можно сделать вывод, что основными точками приложения фактора являются поверхностная мембрана клетки с ее рецепторами, клеточные центросомы и ферменты гексозомонофосфатного шунта, что и обуславливает иммуномодулирующий эффект этого излучения [3, 26].

Под влиянием лазерного излучения наблюдается активация ядерного аппарата, системы ДНК–РНК–белок, происходит стимуляция биосинтетических процессов в основных ферментных системах, увеличение поглощения тканями кислорода, активизация образования макроэргов (АТФ). В результате этого повышается митотическая активность клетки, активируются процессы размножения, а также внутри- и внеклеточной физиологической и репаративной регенерации [19].

Внутривенное лазерное облучение крови повышает продукцию активных форм кислорода в крови [27].

Изменение пространственной организации хондриома является непосредственной реакцией лимфоцитов на лазерное воздействие, вызванное повышением уровня энергетического обмена. В то же время установлен избирательный эффект излучения He-Ne-лазера на транскрипционную функцию Т-лимфоцитов по сравнению с В-лимфоцитами [16, 28, 29].

Повышение функционального потенциала Е-рецепторов на Т-лимфоцитах наблюдается под воздействием инфракрасного лазерного излучения, что свидетельствует о его стимулирующем влиянии на экспрессию данного типа рецепторов. Следует отметить, что при увеличении дозы облучения вдвое наблюдалась тенденция к угнетению рецепторного аппарата иммунокомпетентных клеток [30].

Активизация факторов неспецифической и специфической резистентности наблюдается под воздействием лазерного излучения малой интенсивности. Наблюдают активацию белков системы комплемента, интерферонов, лизоцима, повышение фагоцитарной активности клеток [31].

Помимо этого, выявлено определенное воздействие на специфические иммунные реакции, а также антителообразующие клетки, иммуноглобулины, особенно классов G и A, Т-лимфоциты, их регуляторные субпопуляции, В-клетки и др. [1]. Установлено прямое стимулирующее влияние НИЛИ на количество и функцию иммунокомпетентных клеток [1]. Воздействие лазерным излучением на клетки крови человека *in vitro* способствует повышению функциональной активности Т-лимфоцитов [16]. Лазерный свет усиливает пролиферацию Т- и В-лимфоцитов и других лейкоцитов, синтез иммуноглобулинов [12, 15, 31].

Однако установлено, что данный вид облучения оказывает различное действие на Т-хелперы и Т-супрессоры, а также модулирующий эффект на реакцию смешанных культур лимфоцитов [3, 32]. Обнаружены низкое реагирование на данное воздействие хелперно-индукторных клеток и более выраженная стимуляция Т-супрессоров [1]. В литературе имеются данные об активизирующем влиянии лазерного излучения видимой и инфракрасной области спектра на тучные клетки [3, 33].

При воздействии такого излучения возрастает функциональная активность мононуклеарных фагоцитов, снижается активность кислородзави-

симого метаболизма и накопительной способности нейтрофильных гранулоцитов [12].

При изучении ряда работ, посвященных действию НИЛИ зеленого, красного и инфракрасного диапазона длины волн на реакцию культур клеток, следует отметить наличие дозозависимого модулирующего эффекта на экспрессию генов и продукцию цитокинов клетками *in vitro* [34]. Доза 18,9 Дж/см² вызывала увеличение продукции цитокинов ИЛ-1α, ИЛ-2, ФНОα, ИФН-γ, тогда как при дозе 37,8 Дж/см² выявлялось снижение их уровня по сравнению с контролем [35].

Согласно литературным данным, при ряде заболеваний наблюдается положительная динамика уровня цитокинов под влиянием низкоинтенсивного лазерного излучения. НИЛИ способствует снижению уровня ИЛ-4 и увеличению ИФН-γ в бронхоальвеолярной жидкости и сыворотке крови, а также снижению уровня IgE в сыворотке крови. Данный вид излучения может регулировать Th1/Th2 дисбаланс, наблюдающийся при бронхиальной астме, что может использоваться в лечении данного заболевания [36].

При ежедневном местном использовании лазерного облучения паравертебрально на уровне II-IV грудных позвонков в комплексном лечении детей с бронхиальной астмой наблюдалась нормализация таких показателей иммунной системы, как количество Т-клеток, Т-хелперов, Т-супрессоров, В-лимфоцитов, IgA, значимое снижение уровня тяжелых иммуноглобулинов класса М, достигших уровня здоровых детей [1].

У детей, страдающих бронхиальной астмой, наблюдаются значительные нарушения клеточного, гуморального и местного иммунитета. Установлено, что НИЛИ оказывает гипосенсибилизирующее и иммунокорригирующее действие. Наблюдается повышение абсолютного и относительного числа Т-лимфоцитов, их функциональной активности, увеличение содержания сывороточного и секреторного IgA. Восстанавливается функциональная активность В-звена иммунитета, происходит рост показателей аффинитета и содержания IgA и IgG, а также снижение уровня IgM и IgE, более выраженное под действием красного непрерывного НИЛИ. У детей наблюдается полная нормализация или тенденция к нормализации цитопатологических показателей, улучшение структурных свойств мерцательных клеток, фаго-

цитоза, регенераторный сдвиг в структуре ядерных клеток [37–39].

Значительные возможности терапевтического действия лазерного излучения, отсутствие побочных реакций и отрицательных последствий, а также возможность комбинированного воздействия выделяют этот метод лечения бронхолегочной патологии у детей среди других физических факторов [39].

Низкоуровневая лазерная терапия 50 мВт эффективна в модуляции медиаторов воспаления (ИЛ-1 бета, ИЛ-6) и воспалительных клеток (макрофагов и нейтрофилов), уровень которых коррелировал с гистологическими изменениями и динамикой воспалительного процесса при остеоартритах [40]. Включение низкоинтенсивного лазерного излучения в комплексную терапию больных хроническим вирусным гепатитом сопровождается нормализующим действием на систему цитокинов, таких как ИЛ-4, ИЛ-1β, ИЛ-6, ФНОα, что повышает эффективность терапии и способствует скорейшему затиханию симптомов заболевания [41].

НИЛИ способствует уменьшению продукции Th2-цитокинов, а также приводит к снижению активности аллергического воспаления в экспериментальной модели аллергической бронхиальной астмы у мышей [42].

Комплексная терапия пациентов с хроническим пиелонефритом с включением магнитно-лазерной терапии приводит к восстановлению нормального содержания иммуноглобулинов IgG, IgA, а также к нормализации показателей клеточного иммунитета, уровня CD3, CD8, CD95, CD4. В процессе лечения установлено снижение до нормы уровня провоспалительных цитокинов ИЛ-1β, ИЛ-6, ФНОα [43].

В ряде исследований показано, что устранение иммунных расстройств совпадает и с улучшением клинического состояния пациентов, что подтверждает высокую иммунокорригирующую направленность сочетания медикаментозных методов с низкоинтенсивным лазерным облучением [30].

ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОРГАНЫ СИСТЕМЫ ИММУНИТЕТА

В ряде исследований изучается воздействие физиотерапевтических агентов на органы системы иммунитета или зоны их проекции на коже, что

рекомендуют использовать в лечении различных заболеваний для усиления «иммуотропности» [31]. Воздействие на проекции иммунокомпетентных органов используется при различных иммунодефицитных состояниях, так как установлено, что НИЛИ влияет как на гуморальные, так и на клеточные компоненты иммунной системы, однако направленность воздействия может меняться в зависимости от очень многих факторов. Выбор методики достаточно индивидуален для каждого заболевания [44, 45].

У пациентов с нейроаллергодерматозами иммунокорригирующее действие инфракрасной лазеротерапии при воздействии на область вилочковой железы обусловлено относительным и абсолютным повышением доли популяции Т-супрессоров и соответственным снижением Т-хелперов, что оказывает положительное воздействие на патологический процесс [46].

При воздействии на кожу лазерным излучением, кроме местных реакций, афферентная импульсация с кожных и мышечных нервных рецепторов формирует через сегментарно-метамерные связи реакции внутренних органов и окружающих тканей, а также генерализованные реакции всего организма. При этом наблюдается активация желез внутренней секреции, клеточного и гуморального иммунитета и репаративных процессов [10].

При однократном облучении проекции тимуса и селезенки в дозе 1,5 Дж/см² концентрация клеток в этих органах у белых мышей увеличилась. Однако следует отметить, что при таком же облучении в дозе 3 Дж/см² в течение 5 дней наблюдалось незначительное подавляющее действие гелий-неонового лазера на концентрацию клеток тимуса и селезенки [3].

При изучении влияния ближнего инфракрасного лазерного света на антителогенез при воздействии на проекцию тимуса и селезенки после иммунизации эритроцитами барана установлено, что однократное воздействие на область тимуса не изменяло антителогенеза независимо от частоты импульсов лазерного излучения. Однако после 3–5 процедур наблюдалось некоторое снижение продукции антител. Наиболее выраженная стимуляция антителогенеза наблюдалась к 15-му дню после завершения воздействия при средней частоте следования импульсов. Сходные изменения

отмечены при воздействии лазером на область селезенки [3, 47].

Воздействие низкоэнергетическим лазерным излучением инфракрасного диапазона при дозах 0,08–2,1 Дж на область надпочечников и транскраниально оказывало выраженный иммунодепрессивный эффект. У людей малые дозы лазерного излучения различной длины волны могут приводить к снижению в сыворотке крови уровня некоторых иммуноглобулинов, Т-лимфоцитов в периферической крови [8].

Местное воздействие инфракрасного низкоэнергетического лазерного излучения на область тимуса и щитовидной железы вызывает повышение уровня α1-тимозина и Т-клеток [31].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование лазеротерапии расширяет возможности коррекции и ликвидации иммунных нарушений, возникающих при различных патологических состояниях. Низкоинтенсивное лазерное излучение оказывает влияние на многочисленные факторы неспецифической резистентности, в частности на лизоцим, систему комплемента, фагоцитоз, интерферон. В то же время данный физический фактор оказывает определенное воздействие на специфические иммунные реакции, вызывая динамику антителообразующих клеток, иммуноглобулинов класса G и A, Т-лимфоцитов, В-клеток и т.д. Импульсное лазерное излучение красной части спектра оказывает положительное влияние на клеточный и гуморальный иммунитет, повышает активность деления иммунокомпетентных клеток, способствует увеличению числа ранее сниженных Т- и В-лимфоцитов, восстановлению их функциональной активности [1, 12, 39]. Следует также отметить, что лазерное излучение влияет на морфологический состав периферической крови [1].

Согласно литературным данным, лазерная терапия является одним из немедикаментозных способов лечения, который может использоваться одновременно с медикаментозной терапией для усиления действия лекарственных средств, что позволит значительно снизить их дозу [6, 48, 49].

В то же время лазерное излучение, как метод лечения, является безболезненным и комфортным способом терапии и реабилитации пациентов, приводящий к сокращению в 2–3 раза сроков

выздоровления, не вызывая аллергических реакций, привыкания и побочного действия [7, 9]. Следует отметить, что нет сведений об отдаленных отрицательных последствиях применения этого физического фактора, что дает широкие возможности для его применения при различных заболеваниях, сопровождающихся иммунологическими нарушениями [1, 31]. Однако механизм иммуномодулирующего действия лазерного излучения до конца не установлен и продолжает изучаться.

ЛИТЕРАТУРА

1. Земсков А.М. Немедикаментозная иммуноткоррекция – М.: Национальная академия микологии, 2002. – 264 с.
2. Щегольков А.М., Клячкин Л.М., Ярошенко В.П. [и др.]. Лазеротерапия в пульмонологии // Пуль-монология. 2000;4:11–17.
3. Улащик В.С. Иммуномодулирующее действие лечебных физических факторов // Медицинские новости. 2006;11:8–13.
4. Luchhagen O., Bergqvist P. Physiotherapy in asthma using the new Lotorp method // Complement Ther Clin Pract. 2014;20(4):276–279.
5. Малявин А.Г. Актуальные проблемы современной физической терапии бронхиальной астмы // Пульмонология. 2000;4:36–43.
6. Lio P.A. Non-pharmacologic therapies for atopic dermatitis // Curr Allergy Asthma Rep. – 2013;13(5):528–538.
7. Bruurs M.L., van der Giessen L.J., Moed H. The effectiveness of physiotherapy in patients with asthma: a systematic review of the literature // Respir Med. 2013;107(4):483–94.
8. Гринзайд М.И. Иммуномодулирующие эффекты физических факторов: пособие для врачей. – Пятигорск, 1996. – 217 с.
9. Улащик В.С. Основы общей физиотерапии – Минск.: Книжный дом, 2008. – 640 с.
10. Ушаков А.А. Практическая физиотерапия (2-е изд. испр. и доп.) – М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2009. – 608 с.
11. Низкоинтенсивные лазеры в клинической практике / Под ред. И.Г. Ляндерса. – Минск., 1998. – 230 с.
12. Никитин А.В., Москвин С.В., Телегин А.А. Применение низкоинтенсивного импульсного лазерного излучения красной части спектра в терапии хронического обструктивного бронхита // Лазерная медицина. 2001; 5(1):16–18.
13. Москвин С.В. Нужен ли расчет дозы для лазерной терапии? // Нелекарственная медицина. 2012;3:138–139.
14. Москвин С.В. О некоторых заблуждениях, мешающих развитию лазерной терапии // Уральский медицинский журнал. 2013;01(106):119–121.
15. Смирнова А.В., Выхристенко Л.Р., Янченко В.В. Иммунофизиотерапия бронхиальной астмы // Рецепт. 2011;1(75):67–78.
16. Мартынов А.И. Модулирующее действие факторов преимущественно физической природы на иммунную систему человека и животных (часть 1) // Российский аллергологический журнал. 2014;4:3–11.
17. Владимиров Ю.А. Три гипотезы о механизме действия лазерного облучения на клетки и организм человека / Эфферентная медицина. – М.: НИИФХМ, 1994. – С. 23–25.
18. Москвин С.В. О первичных механизмах терапевтического действия низкоинтенсивного лазерного излучения // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2012;3:42–45.
19. Гафиятуллина Г.Ш., Омельченко В.П. Физиотерапия : учебное пособие. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 280 с.
20. Новиков Д.К., Новиков П.Д. Клиническая иммунопатология : руководство. – М.: Мед. лит., 2009. – 464 с.
21. Souza N.H., Marcondes P.T., Albertini R. [et al.]. Low-level laser therapy suppresses the oxidative stress-induced glucocorticoids resistance in U937 cells: relevance to cytokine secretion and histone deacetylase in alveolar macrophages // J Photochem Photobiol B. 2014;5(130):327–336.
22. Москвин С.В. Современный этап развития лазерной терапии // Нелекарственная медицина. 2012;3:140–141.
23. Москвин С.В. Эффективность лазерной терапии. Сер. Эффективная лазерная терапия. Т. 2. – М., Тверь: ООО «Издательство «Триада», 2014. – 896 с.
24. Karu T.I., Pyatibrat L.V., Moskvina S.V. [et al.]. Elementary processes in cells after light absorption do not depend on the degree of polarization: implications for the mechanisms of laser phototherapy // Photomedicine and Laser Surgery. 2008;26(3):76–80.

25. Кару Т.И. Первичные и вторичные клеточные механизмы лазерной терапии // Низкоинтенсивная лазеротерапия: Сб. научн. тр. / Под ред. С.И. Москвина, В.А. Буйлина. – М.: ТОО «Фирма «Техника», 2000. – 71–95с.
26. Karu T.I. Mitochondrial signaling in mammalian cells activated by red and near-IR radiation // *Photochem. Photobiol.* 2008;84:1091–1099.
27. Farkhutdinov U.R. Intravascular laser irradiation of blood in the treatment of patients with bronchial asthma // *Ter Arkh.* 2007;79(3):44–48.
28. Мантейфель В.М., Кару Т.И. Снижение компактизации конденсированного хроматина в лимфоцитах человека под влиянием низкоинтенсивного излучения He-Ne-лазера // *Известия РАН. Сер. Биология.* 2009;6:654–661.
29. Hu W.P., Wang J.J., Yu C.L. [et al.]. Helium-neon laser irradiation stimulates cell proliferation through photostimulatory effects in mitochondria // *J. Invest. Dermatol.* 2007;127:2048–2057.
30. Зубкова С.М. Сравнительный анализ биологического действия микроволн и лазерного излучения // *Вопр. курортологии.* 1996;6:31–34.
31. Новиков Д.К., Новиков П.Д., Титова Н.Д. Иммунокоррекция, иммунопрофилактика, иммунореабилитация. – Витебск: ВГМУ, 2006. – 198 с.
32. Inoue K., Nishioka J., Hukuda S. Altered lymphocyte proliferation by low dosage laser irradiation // *Clin. Exp. Rheumatol.* 1989;7:521–523.
33. Solah, O., Saged, E., Dysan, M. // *Lasers Surg. Med.* – 1990;10:559–568.
34. Peplow P.V., Chung T.Y., Ryan B. [et al.]. Laser photomodulation of gene expression and release of growth factors cytokines from cells in culture: a review of human and animal studies // *Photomed. Laser Surg.* 2011;29:285–304.
35. Funk J.O. Helium-neon laser irradiation induces effects on cytokine production at the protein and the mRNA level // *Exp. Dermatol.* 1993;2:75–83.
36. Wang X.Y., Ma W.J., Liu C.S. [et al.]. Effect of low-level laser therapy on allergic asthma in rats // *Lasers Med Sci.* 2014;29(3):1043–1050.
37. Осина Т.Д. Лазерная коррекция нарушений местной клеточной защиты при бронхиальной астме у детей // *Материалы Международн. конф. «Новые направления лазерной медицины».* – М., 1996 (1). – 193 с.
38. Чернышова Л.А., Хан М.А. Низкоинтенсивная лазерная терапия в педиатрии. – М.: ТОО «Фирма «Техника», 1998. – 33 с.
39. Москвин С.В., Наседкин А.Н., Осин А.Я. [и др.]. Лазерная терапия в педиатрии. – М., Тверь: ООО «Издательство «Триада», 2009. – 480 с.
40. Alves A.C., Vieira R., Leal-Junior E. [et al.]. Effect of Low Level Laser Therapy on the expression of inflammatory mediators and on neutrophils and macrophages in acute joint inflammation // *Arthritis Res Ther.* 2013;15(5):116.
41. Бурдули Н.М., Крифарида А.С. Влияние низкоинтенсивного лазерного излучения на функцию эндотелия сосудов и систему цитокинов у больных хроническим вирусным гепатитом // *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры.* 2011;2:30–34.
42. Silva V.R., Marcondes P., Silva M. [et al.]. Low-level laser therapy inhibits bronchoconstriction, Th2 inflammation and airway remodeling in allergic asthma // *Respir Physiol Neurobiol.* 2014;1(194):37–48.
43. Нуртдинова Г.М. Чернышова Л.П., Галимова Е.С. Комплексное лечение больных хроническим пиелонефритом с применением магнитно-лазерной терапии // *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры.* 2011;3:24–27.
44. Москвин С.В. «Особые зоны» при работе с низкоинтенсивным лазерным излучением // *Косметика & медицина.* 2011;4:70–75.
45. Москвин С.В., Пономаренко Г.Н. Лазерная терапия аппаратами серии «Матрикс» и «Лазмик». – М., Тверь: ООО «Издательство «Триада», 2015. – 208 с.
46. Пономаренко Г.Н., Турковский И.И. Физиотерапия пациентов с нейроаллергодерматозами // *Физиотерапевт.* 2011;2:33–37.
47. Суринов Б.П., Каплан М.А., Воронин О.Ю. Современные методы контроля лазерного облучения крови. – Новосибирск, 1990. – С. 64–65.
48. Лян Н.А., Хан М.А., Иванова Д.А., Чукина И.М. Физические факторы в реабилитации детей с бронхиальной астмой // *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры.* 2012;6:47–53.
49. Хан М.А., Лян Н.А., Микитченко Н.А. [и др.]. Высокочастотная осцилляция грудной клетки в комплексном лечении детей, больных бронхиальной астмой // *Аллергология и иммунология в педиатрии.* 2015;1(40):26–32.