

УДК 615.849.19.03:616-002

Особенности использования лазерного излучения (аппаратов) при инфекционно-воспалительных заболеваниях

Баранов А.А. , Мальцев А.П.

**ФГБОУ ВО Пермский государственный медицинский университет им. акад. Е.А. Вагнера Минздрава России, Пермь, Россия
(614000, Пермь, ул. Петропавловская, 26), e-mail: rector@psma.ru**

Использование лазерного излучения (лазерная терапия) – это инновационное и эффективное направление в лечении и профилактики гнойно-воспалительных заболеваний, которая предоставляет прекрасную альтернативу традиционным методам лечения подобных заболеваний. Основное внимание использования лазерного излучения уделялось аспектам клинической патологии. В 1916 г. Альберт Эйнштейн высказал теорию индуцированного излучения, которая лежит в основе работы лазера. Первый квантовый генератор был сконструирован в 60-е гг. прошлого века. В России первый аппарат лазерной терапии был допущен к использованию в медицине в 1974 г. Лечебный эффект лазера зависит от длины волны, времени воздействия, плотности светового пучка и ряда других настраиваемых характеристик. При прохождении через биологические ткани световой луч рассеивается, отражается, поглощается и передается в зависимости от характеристик конкретного луча, вызывая ответные реакции на разных уровнях.

Ключевые слова: лазерная терапия, гнойно-воспалительные заболевания, излучение

Features of the use of laser radiation (devices) in infectious and inflammatory diseases

Baranov A.A., Maltsev A.P.

Acad. E.A. Wagner Perm State Medical University Perm, Russia

The use of laser radiation (laser therapy) - an innovative and effective direction in the treatment and prevention of inflammatory diseases, which provides an excellent alternative to traditional methods of treatment of such diseases. The main attention was paid to the use of laser radiation aspects of clinical pathology. In 1916, Albert Einstein expressed his theory of stimulated emission, which is the basis of laser operation. The first quantum generator was constructed in the 60-ies. last century. In Russia, the first device of laser therapy has been approved for use in medicine in 1974. Therapeutic effect of the laser depends on the wavelength, exposure time, the density of the light beam and a number of other customizable features. When passing through the biological tissue scattered light beam reflected, absorbed and transmitted depending on the particular characteristics of the beam, causing responses at different levels.

Keywords: laser therapy, purulent-inflammatory diseases, radiation

В настоящее время в большинстве стран мира наблюдается интенсивное внедрение лазерного излучения в биологических исследованиях и в практической медицине. В России лазерные установки применяются в различных отраслях биологии, терапии, хирургии и диагностики на протяжении 30 лет. В медицине используется низкоинтенсивное лазерное излучение (НИЛИ), которое относится к красному и инфракрасному диапазонам. Действие лазера вызывает у микроорганизмов в зависимости от дозы облучения изменения

морфологических и биохимических свойств, вплоть до утраты жизнеспособности. Применение лазерных устройств позволяет избирательно воздействовать на субклеточные структуры, достичь высокой монохроматичности и большой плотности излучения. Фотобиологические эффекты зависят от параметров лазерного излучения: длины волны, интенсивности потока световой энергии, времени воздействия на биоткани.

Лазеры генерируют электромагнитное излучение в одночастотных и многочастотных режимах во всех участках спектрального диапазона от ультрафиолетового до инфракрасного. Мощность лазерных установок колеблется от долей милливатт до сотен мегаватт. При этом можно получить как луч направленного действия, так и расфокусированное излучение [1-2]. В медицине используется низкоинтенсивное лазерное излучение (НИЛИ), которое относится к красному и инфракрасному диапазонам. Воздействие НИЛИ на биологические ткани зависит от активизации биохимических реакций и физических параметров излучения [3]. Под влиянием НИЛИ атомы и молекулы биологических тканей переходят в возбужденное состояние, активнее участвуют в физических и физико-химических взаимодействиях [7]. Известно, что биологические объекты, в том числе бактериальные клетки, способны поглощать кванты лазерного излучения. Согласно закону Эйнштейна-Старка о фотохимическом эквиваленте, на каждый поглощенный фотон при фотохимической реакции образуется активированная частица (атом, молекула, свободный радикал). Эффект лазерного излучения определяют физические свойства излучения и свойства биологического объекта воздействия. Одной из главных характеристик лазерного излучения является его интенсивность. Лазерное излучение высокой интенсивности вызывает обезвоживание, испарение жидкой части клеток, облучение средней интенсивности – коагуляцию белковой фракции клетки. Низкоинтенсивное лазерное излучение (не более 100 мВт/см²) влияет на энергетический потенциал молекул, что отражается на кинетике биохимических процессов. Степень соответствия длины волны излучения максимуму поглощения определяет проницаемость тканей для лазерного излучения. Биологические объекты весьма чувствительны к излучению лазеров низкой интенсивности. Существует несколько гипотез, отражающих предполагаемый первичный эффект взаимодействия НИЛИ с биологическими системами. Лазерное излучение активизирует некоторые ферменты-акцепторы, спектр поглощения которых совпадает с его энергетическим спектром. Считают, что такими акцепторами для гелий-неоновых лазеров являются каталаза, церрулоплазмин, супероксиддисмутаза [7], НАДФН-дисмутаза, протопорфирин и его производные. Ведущая роль в абсорбции излучения гелий-кадмиевого лазера принадлежит рибофлавиону и цитохромоксидазе [4]. Поглощая энергию лазерного излучения, акцепторы (ферменты, биологически активные вещества) запускают регулируемые ими биохимические процессы.

Вторая концепция предполагает неспецифическое действие излучения на биополимеры (белки, липиды, мембраны, ферменты). При этом меняется их конформационное строение и функциональное состояние. Энергия, необходимая для конформационных переходов биополимеров, невелика, поэтому слабые энергетические факторы (низкоинтенсивное лазерное излучение) могут влиять на электронно-конформационные взаимодействия. Согласно третьей концепции, в результате действия НИЛИ образуются активные формы кислорода (синглетный кислород), которые индуцируют окислительные процессы. Одним из механизмов действия НИЛИ является изменение физико-химических характеристик воды [9]. Четвертая гипотетическая модель основана на влиянии энергии лазерного излучения на скорость переходов реакции ассоциации-диссоциации структурных элементов воды с сохранением или с изменением количества ассоциаций и диссоциаций молекул. Преобладание диссоциации в системе ассоциированных компонентов ускоряет деструкцию элементов и наоборот. Лазерная энергия может накапливаться, создавая эффект пружины [6]. В.Е. Кузьмичев предлагают концепцию, базирующуюся на нелинейности поглощения энергии [12]. Квант света увеличивает колебательную энергию многоатомных биомолекул или становится источником энергии, используемой в биохимических процессах. Отклик системы на физический фактор определяются выраженностью изменений колебательной энергии молекул. Максимальный положительный биологический эффект достигается определенной оптимальной дозой лазерного излучения, создающей максимальную вероятность возбуждения большого количества молекул и дальнейшего их перехода на другой энергетический уровень. Другие авторы показали, что в результате воздействия лазерного излучения в ранах отмечается снижение микробных ассоциаций: в 3 раза реже обнаруживается грамотрицательная флора, в 2 раза реже – гемолитический стрептококк и грамположительные палочки [8,10]. Большое число работ по изучению влияния лазерного излучения выполнено не только на клеточном и молекулярном уровнях, но и на организме экспериментальных животных и человека. Использование красного излучения (625 нм) при фотовоздействии на *P. aeruginosa* было достаточно эффективным. Снижение числа КОЕ происходило после 5 мин облучения на 33%, после 10 мин – на 20%, после 15 мин – на 34%, после 30 мин – на 51% [15]. Лазерная и световая терапия с длинами волн 400–700 нм находит терапевтическое обоснование ввиду фотохимических особенностей молекул порфиринов – эндогенных красителей в клетках *P. aeruginosa*. Наиболее эффективно порфирины поглощают свет с длинами волн 400–420 нм, что соответствует так называемой полосе Soret. Но существуют и Q-полосы менее эффективно поглощающие излучение с длинами волн 500–700 нм. Подобное воздействие приводит к образованию порфиринами активных радикалов, которые незамедлительно вызывают разрушение бактериальной клетки [18].

Источники лазерного излучения внедрены и широко используются во многих отраслях современной медицины — офтальмологии, дерматологии, урологии, онкологии и гинекологии. Об использовании маломощного гелий–неонового лазера (2мВт) при острых воспалительных заболеваниях переднего отрезка впервые сообщила Семенова Г.С. и соавт. [19]. Под их наблюдением находилось 249 больных с кератитами различной этиологии, иридоциклитами инфекционного и травматического генеза. В данной работе за счет уменьшения диаметра светового пятна до 50 мкм впервые опробован пунктальный метод воздействия конкретно на очаг поражения, т.е. в зоне инфильтрации при кератитах, в зоне свежего рубца или проекции цилиарного тела на склере при иридоциклитах. Делается вывод о том, что лазерстимуляция в комплексном лечении данной патологии сопровождается снятием болевого синдрома, понижением чувствительности роговицы, противовоспалительным, гипотензивным эффектом. Каких-либо отрицательных влияний лазерстимуляции не наблюдалось. Для реабилитации больных после травм и глазных операций, с целью купирования воспалительного процесса в переднем отрезке глаза была предложена лимфостимулирующая лазерная терапия, основной целью которой является интенсификация региональной лимфатической системы [14]. В качестве лазерного источника использован гелий–неоновый лазер мощностью 0,05–5 мВт/см², экспозиция 1–5 минут, курс 7–15 сеансов. Воздействие производилось на область очага воспаления, в зонах проекции глаза и лимфатической системы на радужке, на акупунктурные точки, предушные лимфоузлы и сосцевидный отросток. Сообщается о высокой эффективности данного метода: у 98% из 380 больных наблюдался выраженный противовоспалительный эффект, улучшались зрительные функции [17]. В практической стоматологии наиболее часто используются следующие виды современной лазерной техники [3,17,18]: лазерные физиотерапевтические аппараты с газовыми излучателями (например, гелий-неоновые, типа УЛФ-01, «Исток», ЛЕЕР) и полупроводниковые (например, АЛТП-1, АЛТП-2 и др.); лазерные хирургические аппараты (по типу лазерного скальпеля) нового поколения типа «Доктор» или аппарат «Ланцет» с компьютерным управлением; лазерные технологические установки типа «Квант» для лазерных технологий изготовления зубных протезов; специализированные лазерные аппараты типа АЛОК для внутривенного облучения крови; лазерные аппараты для лазерной рефлексотерапии, например, типа «Нега» (двухканальный), «Контакт». В отдельную группу выделен аппарат «Оптодан» — аппарат лазерный терапевтический АЛСТ-01, в основе работы которого лежит использование инфракрасного лазера, обладающего высокой проникающей способностью и выраженными антибактериальными свойствами. Спектр положительного воздействия инфракрасного излучения представлен противовоспалительным, противоотечным, тромболитическим эффектами, понижением проницаемости сосудов,

нормализацией микроциркуляции, повышением парциального давления кислорода в тканях, бактерицидным и бактериостатическим действием, стимуляцией общих и местных факторов иммунной защиты. Включение низкоинтенсивной лазерной терапии с применением аппарата «Оптодан» в комплексную терапию отечной формы гипертрофического гингивита оказывает выраженный противовоспалительный и деконгестивный эффект, что подтверждалось субъективными ощущениями пациентов, данными объективного обследования и достоверной динамикой количественных и качественных. Так 84 % обследованных отметили снижение болевого синдрома, кровоточивости десен при чистке (индекс Мюллемана-Коуэла — $0,29 \pm 0,17$) и эстетический эффект (восстановление формы десневого края за счет уменьшения отека) на 3–4 сеансе, у 72 % пациентов отмечена положительная динамика феномена стиплинга на 4–5 сеансе лазерной терапии, что подтверждалось и показателями индекса РМА ($14,3 \pm 0,02$). В контрольной же группе для достижения аналогичных значений показателей индексной оценки потребовалось в комплексную терапию включить стероидные противовоспалительные препараты (флуцинари-гель), да и средние сроки терапии оказались в 1,5 раза длиннее по сравнению с основной группой. [20]. Доказано также эффективное противовоспалительное действие гелий-неонового лазера после удаления первичных зубов, подверженных пульповому кариесу [5,21,22]. Очень активно лазерная терапия используется и при воспалении кожи слухового прохода (отит), которое наблюдается чаще всего при внедрении гноеродных бактерий. Местная терапия (удаление гноя из уха и применение дезинфицирующих вяжущих средств) проводится параллельно с антибактериальной. Также применяются специальные капли для снятия болевого синдрома и другие медикаменты по назначению врача. При остром среднем отите лазерная терапия красного спектра является составной частью комплексного лечения. При лечении острых катаральных и гриппозных (буллезных) отитов хороший эффект достигается при использовании импульсного лазерного излучения с длиной волны 890–904 нм. Лазеротерапия приводит к уменьшению воспалительных реакций (отека кожи, пастозности слизистой оболочки барабанной полости или послеоперационных полостей уха), снижаются процессы экссудации, отмечается анальгезирующий эффект, ускоряется эпидермизация [13]. Значительных положительных результатов достигло и применение высокоэнергетического лазерного излучения при лечении хронических форм остеомиелита. Динамическая ультразвуковая остеометрия показала, что у пациентов с хроническими остеомиелитами после лазерных операций начало восстановления плотности костной ткани и клинически подтверждаемое уменьшение воспалительных явлений отмечались уже на 25-30 сутки, однако достоверное увеличение скорости прохождения ультразвуковой волны произошло к 3 месяцу. В эти же сроки у больных после традиционных операций скорость прохождения ультразвуковой волны оставалась сниженной и эта

тенденция сохранялась до 9 месяцев. При анализе отдаленных результатов лечения установлено, что у больных с хроническими остеомиелитами после операций с применением высокоинтенсивного лазерного излучения хороший результат отмечен у 94,1%, в то время как в группе сравнения – у 83,1% пациентов. Следует отметить, что после традиционных операций удовлетворительных результатов было в 2 раза, а неудовлетворительных - почти в 3 раза больше, чем после лазерных операций. При анализе литературных данных было установлено, что хорошие результаты достигнуты у многих отечественных авторов. Однако эти авторы предлагают тяжелые травматичные операции, для проведения которых необходима специальная подготовка хирургов и создание необходимых условий для их производства. [16,11]

Заключение. Действие лазера, в зависимости от мощности, интенсивности, частоты излучения, времени экспозиции, позволяя избирательно воздействовать на субклеточные структуры, вызывает у прокариотических клеток изменения морфологических и биохимических свойств на различных уровнях, от адаптации и активации физиологических процессов до утраты жизнеспособности. Под действием энергии лазерного излучения повышаются окислительно-восстановительные процессы в тканях, повышается потребление тканями кислорода, стимулируются трофические и регенераторные процессы. Улучшаются процессы кровоснабжения тканей, повышается клеточный иммунитет. Лазерное излучение оказывает бактериостатическое действие, усиливает процессы регенерации костной ткани, оказывает противовоспалительное, рассасывающее действие. Лазеротерапия активизирует кровоснабжение головного мозга, ускоряет регенерацию нерва, улучшает трофику хрящевой ткани, снижает свертываемость крови, оказывает болеутоляющее, гипотензивное действие. Таким образом, лазерная терапия оправданно занимает ведущие позиции в лечении хронических или острых воспалительных заболеваний, так и других патологических состояний различного генеза.

Список литературы

1. Агапов В.С., Смирнов С.Н., Шулаков В.В., Царев В.Н. Комплексная озонотерапия вялотекущего гнойного воспаления мягких тканей челюстно-лицевой области // стоматология.-2001, №3, с.23-27.
2. Архангельский А.В., Астафьева О.Г. Влияние инфракрасного лазера на морфоэнзимологию и кислородный баланс раны в эксперименте // Архив патологии. 1982. Т. 42. – С. 19-23.

3. Амирханян А. Н., Буйлин В. А., Москвин С. В. Лазерная терапия в стоматологии. — М.-Тверь: ООО «Издательство «Триада»», 2007. С 4–7.
3. Байбеков И.М., Байбекова М.И. Клеточные основы лазерных воздействий на биоткани // Лазер и здоровье – 99: материалы Междунар. Конгр., – М., 1999. – С. 422-423.
4. Борисова А.М., Хорошилова Н.В., Булганова Г.И. Действие низкоинтенсивного лазерного излучения на иммунную систему // Терапевт. арх. 1992. № 5. – С. 111-115.
6. Брилли Г.Е., Петросян В.И., Житнева Э.А. и др. Новые данные об изменении структуры биожидкостей под влиянием низкоинтенсивного лазерного излучения // Физическая медицина. 1996. Т. 5. № 1-2. – С. 39-40.
7. Гринштейн Ю.И., Осетров И.В. Восстановление обмена липидов между сывороткой и мембраной лимфоцитов при облучении цельной крови светом гелий-неонового лазера // Клиническое и экспериментальное применение новых лазерных технологий: материалы Междунар. конф. – М.-Казань, 1997. – С. 297-298.
8. Задорина И.И., Мозговая Л.А., Быкова Л.П., Годовалов А.П., Ситникова А.С., Старикова Н.Н. Сочетанное использование стоматологических пломбирочных материалов и магнито-лазерного излучения при лечении осложненного кариеса // Материалы Международной научной конференции "Новые задачи современной медицины". - 2012. - С. 67-69.
9. Инюшин В.М. Лазерный свет и живой организм. –Алма-Ата, 1970. –168 с.
10. Колущинский В.Э., Гуляева А.И., Быкова Л.П., Годовалов А.П. изучение действия инфракрасного лазерного излучения на чувствительность *Staphylococcus aureus* к антибиотикам // Теоретические и прикладные аспекты современной науки. - 2014. - № 5-2. - С. 46-49.
11. Крочек И.В., Привалов В.А., Лаппа А.В., Ткачев А.Н. Применение высокоэнергетического лазерного излучения при лечении хронических форм остеомиелита/ Челябинская государственная медицинская академия, г.Челябинск, Россия.-С.1-5.
13. Кузьмичев В.Е., Каплан М.А., Чернова Г.В. Биологические эффекты низкоэнергетического лазерного излучения и нелинейное возбуждение биомолекул // Физическая медицина. 1996. Т.5. № 1-2. – С. 65-69.
14. Наседкин А.Н., Москвин С.В. Лазерная терапия в оториноларингологии. – М., 2011. – 208 с.
15. Панков О.П. Низкоинтенсивная лазерная терапия М. – 2000. – С. 647–648.
16. Плескановская С. А., Бабаев Х., Оразбаев Ш. Современное состояние проблемы использование низкоинтенсивного монохроматического гелий-неонового лазера в гнойной хирургии // Молодой ученый. — 2011. — №9. — С. 244-250.

17. Привалов В.А., Крочек И.В., Лаппа А.В. Остеоперфорация диодным лазером в лечении острого и хронического остеомиелита /Бюлл. ВСНЦ СО РАМН.-2001.- №3 (17).-Т.1.-С.115-121.
18. Прохончуков А. А., Жижина Н. А., Метельников М. А. и др. Лазерный полупроводниковый терапевтический аппарат “ОПТОДАН” — достижение квантовой электроники и биомедицины, Биомедицинские технологии и радиоэлектроника, 2002, № 1, с. 68–73.
19. Рисованный С. И. Лазерная стоматология / С. И. Рисованный, О. Н. Рисованная // DentalMarket — 2009. — № 3.
20. Семенова Г.С. Офтальмологический журнал. –1982. –№4. – С. 201–203.
21. Фазылова Ю. В., Мусин И. Т. Применение диодных лазеров при лечении воспалительных заболеваний пародонта // Молодой ученый. — 2016. — №2. — С. 402-406.
22. J Endod. Odabaş ME1, Bodur H, Bariş E, Demir C. Clinical, radiographic, and histopathologic evaluation of Nd:YAG laser pulpotomy on human primary teeth. — 2007 Apr;33(4):415-21