

## **К вопросу о механизмах биологического действия лазерного излучения**

*Скворцов Всеволод Владимирович, д.м.н., Волгоградский государственный медицинский университет, кафедра пропедевтики внутренних болезней.*

История применения лазерного облучения в советской медицине начиналась в 1964 году, когда на биологическом факультете Харьковского университета была организована лаборатория биофизической генетики, одной из основных задач которой стало изучение генетических различий реакций биологических объектов на воздействие микроволнового и лазерного излучений. На биологическом факультете Казахского государственного университета в 1965 г. стали проводить исследования по биостимуляции лазерным излучением биологических процессов (Инюшин В.М.). С 1965 г. в Институте проблем онкологии АН УССР и с 1966 г. в Московском научно-исследовательском онкологическом институте им. П.А.Герцена было развернуто широкое изучение биологического и противоопухолевого действия лазерного излучения.

Одними из первых биостимулирующее свойство НИЛИ заметили хирурги и дерматологи при использовании лазерного воздействия для ускорения регенерации костей при переломах, лечении длительно незаживающих ран и трофических язв, кожных заболеваний.

С начала 70-х годов сфера применения лазерной терапии значительно расширяется. Низкоинтенсивное излучение гелий-неонового лазера начинают успешно использовать при заболеваниях опорно-двигательного аппарата, в стоматологии, пульмонологии, кардиологии. Был разработан и научно обоснован метод ВЛОК, который успешно применяется при многих заболеваниях как самостоятельно, так и в комплексе с другими видами терапии.

Лазерная терапия получила мощный толчок в развитии после создания в 1986 г. Института лазерной медицины, позднее переименованного в Государственный научный центр лазерной медицины Минздрава РФ.

Первый аппарат лазерной терапии получил разрешение МЗ СССР на серийное производство и применение в клинической практике еще в 1974 г. С тех пор их зарегистрировано более сотни, а десятки методик клинического применения НИЛИ были официально утверждены Минздравом СССР, а затем России.

Анализ данных литературы показывает, что лазерную терапию эффективно применяют врачи самых различных специальностей и, что особенно примечательно, в тех областях медицины, которые считались традиционно запретными для физиотерапии: онкология, эндокринология, фтизиатрия и др. Это свидетельствует об успешном развитии лазерной терапии как самостоятельного направления.

Исторический анализ позволяет сделать вывод о возникновении в наше время качественно нового этапа развития метода лечения светом, иными словами, прослеживается эволюционная триада: гелиотерапия – светолечение – лазерная терапия. Солнечный свет всегда был и останется источником жизни, здоровья и радости на Земле, но светотерапия как метод лечения уступает более эффективной лазерной терапии.

Множественность (плейотропность) эффектов НИЛИ на биологические системы предполагает модифицирующее влияние лазерного света на какие-то фундаментальные процессы, обеспечивающие поддержание гомеостаза. Основой всего живого на Земле является вода, имеющая сложную квазикристаллическую структуру, в конденсированной фазе представляющая собой смесь гексагональных фрагментов (H<sub>2</sub>O<sub>6</sub>) и трехатомных молекул (H<sub>2</sub>O). Гексагональные фрагменты (кольца) в зависимости от условий могут объединяться в кластеры различного размера. Соотношение концентраций и размеры кластеров определяют структурное состояние водного матрикса. Кластерные структуры находятся в колебательном состоянии и образуют систему осцилляторов. Колебания, синхронизируясь в живом организме, создают собственное слабое (низкоинтенсивное)

электромагнитное поле. Следовательно, водный матрикс имеет пространственную и временную организацию и может выполнять роль синхронизатора и эталона времени в биосистемах, что позволяет говорить о биоинформационных свойствах водных систем. В условиях нормального функционирования биосистемы деятельность ее гомеостатических механизмов направлена на поддержание и сохранение определенной структурной организации водного матрикса.

При воздействии различных альтерирующих агентов, приводящих к изменению биоструктур, нарушению клеточного метаболизма и развитию патологического процесса в тканях (воспаление, ишемия, дистрофия, опухоль и т.п.), изменяется и структура водного матрикса. При незначительных аномалиях возникают локальные напряжения в структуре водного матрикса, которые могут быть ликвидированы в силу определенной его «эластичности» (наличие внутренней энергии матрикса) без привлечения дополнительных энергетических источников. Водный матрикс выступает в этом случае в качестве одного из важнейших ауторегуляторных гомеостатических факторов. При грубой альтерации возникают более глубокие изменения, которые не могут быть репарированы за счет использования внутренней энергии матрикса. В этом случае дополнительный приток легкоусвояемой энергии может способствовать быстрейшему восстановлению структуры водного матрикса. Подобное влияние на биосистему оказывает НИЛИ. При его воздействии отмечается нормализация измененных в условиях патологии резонансных характеристик.

Р.И.Минц и С.А.Скопинов исследовали структурную альтерацию биологических жидкостей при воздействии лазерного излучения. Особое место в сложных многокомпонентных растворах занимают лиотропные жидкокристаллические комплексы (ЛЖК), по степени упорядоченности и структурной сложности приближающиеся к биологическим гуморальным средам. Известно, что ЛЖК обладают уникальной чувствительностью к слабым внешним возмущениям различной физической природы. Отмечено, что действие излучения лазера (средняя мощность не более 10 мВт) в рассмотренной системе имеет некоторые особенности, отличающие его от традиционных фотохимических явлений, например, отсутствует пропорциональная зависимость доза/эффект. Исходные компоненты системы (лецитин, вода, перекись водорода) не поглощают селективно свет в спектральной области излучения гелий-неонового лазера (ГНЛ), следовательно, эффекты вызываются сверхмалой поглощенной энергией или, другими словами, информационным воздействием.

Г.Р.Мостовщикова и соавт. также полагают, что определяющую роль в механизме терапевтического действия лазерного излучения играют светоиндуцируемые перестройки молекулярных и субмолекулярных жидкокристаллических (ЖК) структур. В результате экспериментов на моделях, проведенных на раневых процессах, установлено, что локальное воздействие на рану вызывает трансформацию ЖК не только непосредственно в цитоплазме клеток раны, но и в крови и в изолированных от ран биожидкостях: желчи, кишечной и желудочной слизи. Характер перестроек во всех биожидкостях однотипен, что указывает на единую природу процессов, индуцируемых в различных частях организма при местном лазерном воздействии.

Живой организм является чрезвычайно чувствительной системой, использующей вплоть до уровня энергетического метаболизма (обмен веществ) клетки энергию внешней среды различных количественных уровней. На самом микромощном уровне стоит информационный тип взаимодействия живого организма с внешней средой (мощность порядка 10-12 Вт). Деятельность такой системы обеспечивает процесс синхронизации внутренних ритмов живого организма с ритмами внешней среды. Электромагнитные поля являются в интересующем нас аспекте лишь энергетическими носителями информации в рамках ноосферы, поэтому необходимо рассматривать именно информационную часть этих полей при взаимодействии с живым веществом.

В живой природе именно электромагнитные силы играют определяющую роль. Процессы, происходящие на всех уровнях организации живого организма при поглощении энергии лазерного излучения, - это также электромагнитные взаимодействия, обеспечивающие трансформацию энергии в биологические реакции, которая осуществляется многими путями. В этом причина необычайной многогранности проявляющихся эффектов. В последнее десятилетие широкое распространение в медицинской практике приобрело использование при лечении различных заболеваний оптических квантовых генераторов - лазеров, обладающих достаточно широким спектром воздействия на биологические структуры.

О лечебных свойствах лазерного излучения известно с момента открытия и создания оптического квантового генератора. Однако лазерная терапия долгое время не находила широкого применения в практической медицине, где предпочтение обычно отдавалось физическим, а не биотропным свойствам лазерного излучения.

Во всех фотобиологических процессах энергия света необходима для преодоления активационных барьеров химических превращений. Эти процессы включают следующие стадии: поглощение света тканевым фотосенсибилизатором и образование электронно-возбужденных состояний, миграции энергии электронного возбуждения, первичный фотофизический акт и появление первичных фотопродуктов, промежуточные стадии, включающие перенос заряда, образование первичных стабильных химических продуктов, физиолого-биохимические процессы, конечный фотобиологический эффект.

В механизме лечебного действия физических факторов имеется несколько последовательных фаз, и первая из них - поглощение энергии действующего фактора организмом, как физическим телом. В этой фазе все процессы подчиняются законам физики. При поглощении веществом кванта света один из электронов, находящихся на нижнем энергетическом уровне переходит на верхний энергетический уровень и переводит атом или молекулу в возбужденное (синглетное или триплетное) состояние. Во многих фотохимических процессах реализуется высокая реакционная способность триплетного состояния, что обусловлено его относительно большим временем жизни, а также бирадикальными свойствами.

При внешнем фотоэффекте электрон, поглотив фотон, покидает вещество. Однако эти проявления при взаимодействии света с биообъектом выражены весьма незначительно, поскольку в полупроводниках и диэлектриках (ткани организма являются таковыми) электрон, захватив фотон, остается в веществе и переходит на более высокие энергетические уровни (в синглетное или триплетное состояние). Это и есть внутренний фотоэффект, основными проявлениями которого являются изменения электропроводности и возникновение разности потенциалов между различными участками биообъекта.

Кроме указанных явлений, НЛИ нарушает слабые взаимодействия атомов и молекул облученного вещества (ионные, ион-дипольные, водородные и гидрофобные связи, а также Ван-дер-Ваальсовы взаимодействия), при этом появляются свободные ионы, т.е. происходит электрохимическая диссоциация.

Дальнейшая миграция и трансформация энергии электронного возбуждения тканей биообъекта при лазерном воздействии запускает ряд физико-химических процессов в организме. Пути реализации атома или молекулы в синглетном состоянии таковы: 1) превращение в тепло, 2) испускание кванта флуоресценции, 3) фотохимическая реакция, 4) передача энергии другой молекуле, 5) обращение спина электрона и переход атома или молекулы в триплетное состояние. Пути растраты энергии из триплетного состояния следующие: 1) безизлучательный переход в основное состояние с обращением спина электрона, 2) испускание кванта фосфоресценции, 3) фотохимическая реакция, 4) передача энергии возбуждения другой молекуле.

Важно отметить, что при первичном фотоакцепторном акте наблюдается нарушение слабых взаимодействий в биологических системах (ионных и ион-дипольных связей), что обусловлено преимущественным использованием в низкоэнергетической лазерной

терапии сравнительно длинноволновых излучений (красной и ближней инфракрасной областей). Сильные взаимодействия, определяющие строение биополимерных цепей при красном и ближнем ИК - лазерном воздействии не нарушаются. Этим объясняется отсутствие отрицательного влияния светового луча на организм при лазерной терапии, т.е. существование широкого "терапевтического коридора".

Одной из основных проблем в понимании действия НЛИ является определение акцепторов лазерного излучения.

Основной закон фотобиологии гласит, что биологический эффект вызывает лишь излучение такой длины волны, при котором оно поглощается молекулами или фоторецепторами тех или иных структурных компонентов клеток.

Однако спектры поглощения различных макромолекул весьма разбросаны. В то же время биологические эффекты воздействия разных по длине волн НЛИ очень сходны и, как правило, объединяются термином "биостимуляция".

Поиски фотоакцепторов и фоторецепторов ведутся давно. Данные современной физиологии отрицают наличие на коже животных и человека специфических фоторецепторов. В отношении акцепторов электромагнитного излучения оптического диапазона мнения ученых разделились: одни доказывают наличие специфических акцепторов строго определенных длин волн светового излучения, другие склонны к обобщению и считают неспецифическими фотоакцепторами две такие большие группы как биополимеры (белки, ферменты, биологические мембраны, фосфолипиды, пигменты и др.) и биологические жидкости (лимфа, кровь, плазма, внутриклеточная вода).

Согласно первой точки зрения специфическим акцептором в красной области спектра являются ферменты порфиринового ряда, например каталазы, которая имеет спектр поглощения вблизи 0,63 мкм. При этом в молекуле происходит структурная перестройка, ведущая к активации фермента, а его концентрация остается прежней. Эта гипотеза убедительно подтверждается в экспериментах с реактивацией чистой каталазы, данными о повышении каталазной активности крови больных леченных гелий-неоновым лазером.

Возможными специфическими акцепторами излучения могут быть медь-содержащие окислительно-восстановительные ферменты церулоплазмин и цитохромоксидаза. Церулоплазмин обладает свойствами антиоксиданта, предотвращая перекисное окисление липидов и защищая от деградации ДНК и клеточные мембраны. Антиоксидантная способность церулоплазмينا обусловлена как его электроноакцепторными свойствами, так и свойствами улавливать радикалы супероксида кислорода, т.е. супероксиддисмутазоподобной активностью. Роль церулоплазмина при патологических процессах, связанных с повышенным выбросом в плазму крови биологически активных и токсических соединений (катехоламинов, супероксидных радикалов), достаточно высока. В эксперименте подтверждена возможность прямой реактивации при воздействии ГНЛ на раствор церулоплазмина, причем активация тем больше, чем меньше исходная активность фермента.

На основании изучения оптических и парамагнитных свойств важнейших защитных ферментов организма - СОД и каталазы Е.Е.Горбаткова с соавт. сделали заключение, что механизм фотоактивации инактивированных СОД и каталазы при облучении ГНЛ заключается в депротонировании соответствующих гистидиновых остатков и последующем восстановлении нативной структуры активного центра. Инактивация СОД и каталазы наблюдается при состояниях связанных с ишемией, гипоксией, воспалением.

Некоторые авторы считают избирательным акцептором квантов красного света молекулярный кислород. В результате лазерного воздействия образуются синглетные формы кислорода, которые оказывают слабое повреждающее действие на биологические мембраны. На лимфоцитах показано, что при облучении повышается уровень радикалов, инициируемых возбужденной молекулой кислорода, которые могут вызывать видимые в электронный микроскоп характерные изменения клеток.

Такое количество и разнообразие специфических акцепторов светового излучения вызывает сомнение в их строгой специфичности и первостепенной роли каждого в механизме терапевтического действия НЛИ.

Второй подход к этому вопросу, на наш взгляд, более объективен, поскольку он объединяет наиболее восприимчивые к электромагнитному излучению биоструктуры и отводит им роль неспецифических фотоакцепторов.

Спектр поглощения биополимерами электромагнитных волн оптического диапазона весьма широк. Так, белки, в зависимости от сложности их структуры, поглощают свет от ультрафиолетового до инфракрасного спектра: элементарные белковые структуры (аминокислоты, различные остатки белковых молекул и др.) реагируют на излучение ультрафиолетового диапазона, чем длиннее система сопряженных двойных связей, тем при большей длине волны располагается самый длинноволновый спектр поглощения.

Ферменты тоже являются веществами белковой природы, несущими на себе определенные компоненты - активационные центры. Ферменты служат катализаторами всех биохимических реакций, а для ферментативного катализа важнейшее значение имеют электронно-конформационные взаимодействия. Учитывая, что энергия конформационных переходов биополимеров невелика, можно объяснить отклик различных ферментов на слабые энергетические воздействия, а именно НЛИ красного и ближнего ИК-диапазона.

Биологические мембраны принимают прямое и очень важное участие во всех функциях клетки. В настоящее время доказано влияние световой энергии на конформационные переходы клеточных мембран. Под действием НЛИ изменяется форма двойного липидного слоя клеточной мембраны, что приводит к переориентировке головок липидов. При температуре около 37°C двойной липидный слой находится в непосредственной близости к точке фазового перехода, т.е. в очень неустойчивом состоянии. Возможно, что дополнительная энергия, полученная мембраной при лазерном воздействии, инициирует фазовый переход клеточной мембраны. Так как в мембране имеется тесный контакт между липидами и белками, то конформационные изменения липидного биослоя могут влиять на процессы, связанные с мембранами.

Повышение энергетической активности биологических мембран под действием НЛИ приводит к изменению биоэлектрических процессов, к увеличению активности транспорта веществ через мембрану, идущего в направлении, противоположном градиенту химического или электрохимического потенциала, усиливают основные биоэнергетические процессы, в частности окислительное фосфорилирование.

Фотостимуляция во многом зависит от физико-химического состояния воды в организме. Благодаря дипольным свойствам молекулы воды взаимодействуют друг с другом и образуют динамическую структуру. Современными методами установлено, что внутриклеточная вода находится в своеобразном состоянии непрерывно идущих микрофазных переходов: кристалл-жидкость, жидкость-кристалл. В результате также того, что молекулы воды представляют собой диполи, вода служит не только растворителем, но и играет важную роль, определяя структуру раствора. Было показано, что при воздействии НЛИ на воду достоверно изменяются рН, электропроводность воды, растворимость кислорода. При этом эффект регистрируется в течение нескольких дней после воздействия. Ядерный магнитный резонанс и другие современные методы исследования свидетельствуют о важной роли структуры воды в образовании единой структуры цитоплазмы, клеточных мембран и осуществления физиологических процессов в клетках. В облученной воде образуются льдоподобные кристаллические структуры, иногда наблюдается противоположный эффект - деструктурирование воды. Это зависит от режимов лазерного облучения и исходного физико-химического состояния воды. С помощью ЯМР было показано, что воздействие лазерного излучения (0,63 мкм, 0,83 мкм, 0,89 мкм) определяется также активацией воды.

Общепризнано, что жидкости не обладают свойствами полиморфизма и не способны существовать в различных структурных формах при одинаковом химическом

составе и внешних условиях. Однако в сложных многокомпонентных растворах, к которым относятся биологические жидкости, структурные эффекты играют важнейшую роль и приводят к исключительному многообразию структурных форм растворов. Воздействие ГНЛ индуцирует в биожидкостях структурно-оптические эффекты. Аналогичные результаты были получены при облучении плазмы крови и синовиальной жидкости. Следовательно, структура биораствора, играющая роль матрицы, на которой протекают все биохимические реакции, может изменяться под воздействием НЛИ. Накопление в биосистеме участков с измененной структурой вызывает неспецифическую модификацию энергетики и кинетики биологических процессов, протекающих в водной матрице биожидкости, и последующие эффекты "биостимуляции".

Таким образом, восприимчивость биоструктур к низкоэнергетическому лазерному излучению обусловлена наличием совокупности специфических и неспецифических фотоакцепторов, которые поглощают энергию этого излучения и обеспечивают ее трансформацию в биофизических и биохимических процессах.

На клеточном уровне выявлены многочисленные процессы, возникающие под действием НЛИ и запускающие последующие биологические реакции.

При изучении изменений содержания нуклеиновых кислот в ядрах клеток различных тканей человека под действием НЛИ определено достоверное увеличение биосинтеза этих кислот, а также увеличение митохондрий и рибосом. Это свидетельствует об активации ядерного аппарата, системы ДНК-РНК-белок и биосинтетических процессов в клетках.

Под воздействием НЛИ происходит увеличение активности важнейших ферментативных систем организма. Так, повышается активность НАДН- и НАД<sup>+</sup>-глутаматдегидрогеназы, изоферментов аспаратамиотрансферазы, ферментов цикла трикарбоновых кислот, что в свою очередь активизирует окислительно-восстановительные процессы. Также было показано, что стимуляция биоэнергетических ферментов приводит к увеличению в тканях содержания АТФ.

Лазерное облучение имеет выраженный антиоксидантный характер действия на организм. Отмечено, что после лечения различных заболеваний внутренних органов излучением ГНЛ уменьшается дефицит альфа-токоферола и содержание вторичных продуктов ПОЛ, что свидетельствует о благоприятном влиянии света ГНЛ на интенсивность ПОЛ вследствие активации антиоксидантной системы, снижается хемилюминисценция лейкоцитарной массы крови, происходит структурно-функциональное обновление мембран клеток крови с нормализацией их функций, восстанавливается электрическая стабильность мембран, при этом эритроциты становятся более деформируемыми, изменяется их поверхностный заряд, уменьшается их склонность к агрегации.

Пролиферация клеток является одним из важнейших звеньев сложной цепи реакций, определяющих скорость роста и регенерации тканей, кроветворение, активность иммунной системы и другие общеорганизменные процессы. Многочисленные экспериментальные исследования с различными культурами клеток убедительно свидетельствуют, что НЛИ в пределах потока мощности 0,1-100 мВт/см<sup>2</sup> стимулирует митотическую активность клеток, а это является прямым адекватным показателем пролиферативной активности.

На организменном уровне также можно выделить ряд эффектов, возникающих под действием НЛИ.

Происходит усиление кислородного обмена, увеличение поглощения кислорода тканями. С помощью полярографии в многочисленных прямых исследованиях было показано увеличение напряжения кислорода под лазерным воздействием.

Облучение тканей НЛИ приводит к повышению скорости кровотока, к увеличению числа функционирующих капилляров и новых коллатералей в патологической ткани.

Укорачиваются фазы воспалительного процесса при воздействии НЛИ на патологический очаг, в первую очередь, подавляются экссудативные и инфильтративные реакции.

Воздействие лазерным излучением на поврежденную ткань приводит к уменьшению интерстициального и внутриклеточного отека, что связано с повышением кровотока в тканях, а также с интенсивным формированием сосудов, особенно капилляров.

Таким образом, если под фотобиоактивацией понимать процесс целенаправленной регуляции скорости метаболизма, осуществляемый под действием лазерного излучения, то очевидно, что природа этого процесса прежде всего сводится к влиянию световой энергии на молекулярный уровень организации живых систем. При оптимальных дозах воздействия на организм НЛИ мы осуществляем соответствующую энергетическую подкачку. В ответ на это происходят процессы активации саморегуляции, наблюдаются положительные сдвиги в процессах метаболизма, мобилизуются резервы саногенеза.

Конечный фотобиологический эффект лазерного облучения проявляется комплексным реагированием органов и систем. В результате понижения рецепторной чувствительности, уменьшения интерстициального отека и напряженности тканей проявляется обезболивающее действие. Уменьшение длительности фаз воспаления и отека тканей даёт противовоспалительный и противоотечный эффект. Повышение скорости кровотока, увеличение количества новых сосудистых коллатералей улучшает регионарное кровообращение, что вместе с ускорением метаболических реакций и увеличением митотической активности клеток способствует процессу физиологической репаративной регенерации. Кроме этого, при лазерной терапии отмечаются десенсибилизирующий, гипохолестеринемический, иммунокорректирующий, спазмолитический, бактериостатический эффекты.

Не менее важным для понимания механизма действия НЛИ является вопрос о том, как происходит генерализация первичного (местного) эффекта облучения. Известно, что при локальном лазерном облучении тканей биообъекта организм реагирует на воздействие комплексным ответом всех систем гомеостаза. Генерализацию местных воздействий НЛИ следует считать доказанной. В опытах на животных показано, что облучение бедра и языка приводило к однонаправленным сдвигам гомеостаза. Облучение небольшого участка тела красным светом очень низкой интенсивности способно возбуждать, как считается, весьма ограниченное количество молекул, но вызывало изменения структуры, а следовательно и функции большинства белков организма.

Н.Ф.Гамалея выдвинул гипотезу о наличии у человека и животных особой системы фоторегуляции, аналогичной таковой у растений и микроорганизмов. В последние годы появились некоторые косвенные подтверждения этого положения. Оказалось, что точки классической акупунктуры способны воспринимать и проводить на значительные расстояния лучистую энергию, в отличие от других точек поверхности тела, которые свет не проводят.

Интересным представляется механизм переизлучения электромагнитных волн биообъектом. Доказано, что после облучения монослоя клеток ГНЛ он сам способен излучать электромагнитные волны той же длины волны (естественно с потерей мощности) и синхронизировать митотическую активность с интактным монослоем, расположенным на значительном (до 5 см) расстоянии.

В генерализации местного действия НЛИ могут играть роль и рефлекторные механизмы. Согласно точке зрения А.В.Иванова, лазерное излучение является стрессорным агентом, а возникающие в ответ на воздействие реакции часто укладываются в схему неспецифического адаптивного ответа. Однако, по-видимому, это не является ведущим фактором в генерализации, т.к. воздействие НЛИ не запускает адаптивного механизма из-за малой энергетической мощности.

Генерализация осуществляется в основном, вероятно, за счет передачи эффекта воздействия излучения через жидкие среды биообъекта. Данную теорию предложили В.М.Инюшин и соавт., которые на основании своих исследований объясняют это наличием резонансной спектральной "памяти" в жидких средах при лазерном облучении.

Разнообразие теорий и гипотез объясняется, во-первых, чрезвычайной сложностью и глубиной проблемы, во-вторых, тем, что ни один из предложенных механизмов фотобиостимуляции не раскрывает до конца все возникающие эффекты. Основная сложность изучения механизма фотобиоактивации состоит в наличии огромного многообразия процессов, происходящих в живых тканях и организмах. Обобщить всю совокупность данных от частных вопросов взаимодействия света с биологическими тканями и до уровня организма в целом, на языке его гомеостаза – это сложная задача. Создать стройную теорию, а значит, количественно описать и предсказать фотобиоэффекты на сегодняшний день не удалось еще никому.

В развитие этих положений нами проводилось изучение лечебных эффектов лазерной монотерапии на фоне осложнений сахарного диабета – диабетической ангиопатии нижних конечностей (ДАНК) (исключая случаи критической ишемии), жирового гепатоза (ЖГ) и трофических язв нижних конечностей (ТЯНК). Под термином лазерная монотерапия подразумевалось, что во время курса ЛТ больные не получали медикаментозного лечения по поводу осложнений, но базисную антидиабетическую терапию (инсулин, ССП) они получали всегда. Нашей целью являлось улучшение результатов лечения осложнений СД.

Так, было пролечено 34 больных СД, осложнившимся ДАНК (12 с СД 1 типа, 22 с СД 2 типа). Средний возраст пациентов – 52 года, средняя длительность заболевания – 8 лет.

У 10 из них имели место ишемические трофические язвы нижних конечностей (ТЯНК) (ДАНК 3 ст), у остальных отмечалось наличие ДАНК 2 ст. Трофические язвы имели площадь 2,5-3,5 кв.см. 13 пациентам проводилось внутривенное лазерное облучение крови (ВЛОК), 12 пациентам – инфракрасная лазеротерапия (ИКЛТ) (облучали сами язвы и крупные сосуды – сонные, у части больных подколенные артерии), 9 пациентам проводилась магнитолазерная терапия (МЛТ) (методика, аналогичная группе ИКЛТ). Отличительной особенностью МЛТ являлось дополнительное наличие магнитной насадки (постоянное магнитное поле – ПМП) и красного излучения.

Клиническое улучшение было отмечено у 100% пролеченных больных (повышение чувствительности при использовании микрофиламента и камертона, увеличение кожной температуры). Вместе с тем, ни в одном из случаев за время курса лечения (11-12 календарных дней) полного закрытия язв не наблюдалось. При этом было показано снижение продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ) в крови больных, повышение активности защитных антиоксидантных ферментов (каталаза, супероксиддисмутаза). Нужно отметить, что многие авторы полагают данные изменения одними из ведущих в патогенезе осложнений СД.

Угнетение ПОЛ после внутривенной лазеротерапии составило 47%, после ИКЛТ – 34%, после МЛТ – 33%. Активность каталазы повысилась после ВЛОК на 22%, после ИКЛТ – на 16%, после МЛТ – на 15%. Активность супероксиддисмутазы (СОД) повысилась после ВЛОК на 42%, после ИКЛТ – на 20%, после МЛТ – на 84% (фермент особенно чувствителен к красному излучению).

Таким образом, ВЛОК представляется наиболее мощным методом лечения, несмотря на то, что стоимость его в 3-5 раз выше, чем неинвазивной ЛТ, с учетом расходных материалов.

Мы считаем, что лазеротерапия должна активно использоваться, по крайней мере, в комплексном лечении ДАНК и ТЯНК.

Нами также проведено обследование 27 больных СД, у которых диагностировался жировой гепатоз (ЖГ), а у 9 из них – ТЯНК нейропатического генеза. Среди обследованных было 9 пациентов с СД 1 типа, 18 – с СД 2 типа. Средний возраст пациентов – 49 лет, средняя длительность заболевания – 10 лет.



Все пациенты были разделены на 3 группы. В 1-й группе (13 человек, из них 3 больных с ТЯНК) также проводилось ВЛОК. Во 2-й группе (8 человек, из них 3 больных с ТЯНК) проводилась инфракрасная лазерная терапия (ИКЛТ). В 3-й группе (6 человек, из них 3 больных с ТЯНК) проводилась магнитолазерная терапия (МЛТ). Трофические язвы имели площадь 3,5-4,5 кв.см.

При неинвазивной ЛТ воздействовали на проекцию печени, локтевой сосудистый пучок и проекцию аорты, местно на язву. ЛТ проводилась в виде монотерапии на фоне сахароснижающей терапии и туалета ТЯНК.

Контрольную группу составили 10 пациентов (3 – с СД 1 типа, 7 – с СД 2 типа), леченные традиционной терапией (препараты расторопши пятнистой, антибиотики - оксамп, цефазолин, доксицилин, вазоактивные препараты, витамины группы В).

Диагноз ЖГ ставился на основании длительного декомпенсированного или субкомпенсированного течения СД, отсутствия указаний на злоупотребление алкоголем, отсутствия маркеров гепатитов В и С, наличия увеличения печени, данных УЗИ, таких как мелкозернистая структура, диффузное повышение эхоплотности ткани печени, биохимических исследований (повышение в крови печеночно-специфических ферментов, говорящих о повреждении ткани печени).

Результаты динамического наблюдения в данной группе были близки к тем, что получены на фоне ДАНК и ТЯНК ишемического генеза. Кроме того, выявлено повышение активности глутатионпероксидазы (защитного фермента), максимальное после ВЛОК и МЛТ. Что касается печеночно-специфических ферментов, то эффект разных видов лазеротерапии в порядке убывания расположился следующим образом: ВЛОК>МЛТ>ИКЛТ (наибольший при ВЛОК, наименьший при ИКЛТ).

У 9 больных с ТЯНК после курса ЛТ (11-12 календарных дней) отмечалось уменьшение площади язвенного дефекта в 2-3 раза, активные грануляции. Хотя полного закрытия язв ни в одном из случаев не произошло.

В контрольной группе (10 человек) на фоне традиционного лечения аналогичная динамика наблюдалась только спустя 2,5-3 нед пребывания в стационаре.

Таким образом, необходимо использование лазеротерапии в комплексном лечении больных СД с жировым гепатозом и трофическими язвами (ишемическими и нейропатическими), особенно в виде ВЛОК, что позволяет повысить качество лечения и сократить его сроки.

### Литература

1. Буйлин В.А. Низкоинтенсивная лазерная терапия с применением матричных импульсных лазеров. - М.: ТОО «Фирма «Техника», 1996. – 118 с.
2. Скупченко В.В., Милюдин Е.С. Лазеротерапия в коррекции репаративного морфогенеза //Лазерная медицина. - 1999. – Т. 3, вып. 1. – С. 13 – 16.
3. Современные концепции клинической эндокринологии: Материалы 1-го московского съезда эндокринологов. – 14–26. 04. 1997 г., Москва. – 257 с.
4. Филимонов Р.М., Снахов К.В., Рузова Т.К. Применение инфракрасного низкоэнергетического лазерного излучения в реабилитации больных, перенесших вирусный гепатит, в раннем периоде реконвалесценции //Росс. гастроэнтерол. журнал. – 1998. - N 4. – С. 185.
5. Фотобиологическое действие излучения гелий-неонового лазера на кровь /М.С.Плужников, М.С.Жуманкулов, Л.И.Басиладзе, Б.С.Иванов //Актуальные вопросы лазерной медицины: Тез. докл. I Всеросс. конф. - М. - Л. : МОНИКИ, 1991. - С. 8.
6. Шулькин М.З. Применение низкоинтенсивной лазерной терапии в комплексном лечении наркологических больных //Лазерная медицина. – 2002. – Т. 6, вып. 4. – С. 75-78.
7. Якименко И.Л., Сидорик Е.П. Регулирующее действие низкоинтенсивного лазерного излучения на состояние антиоксидантной системы организма //Укр. биохим. журнал. – 2001. – Т. 73, N 1. – С. 16-23.

8. Ohshiro T., Calderhead R.G. Low level laser therapy: a Practical Introduction. – Chichester – New York. – “John Willy and Sons”. – 1988. – 141 p.
9. Solomon A. S., Amir A., Lavie V. Neon helium the laser inspiration reduces anoxia - the caused degeneration of the rabbit retinal cells of a nerve ganglion //Effects of the laser of low energy on biological systems: SPIE'S 1883 editions of Hearings, 17.01 – 22.01.93, Los Angeles, USA. – 1993. – P. 130-136.
10. Tuner J., Hode L. Laser therapy in dentistry and medicine. – Stockholm, Sweden: Prima Books, 1996. – 236 p.
11. Wu J., Karlsson K., Danielsson A. Effects of vitamins E, C and catalase on bromobenzene- and hydrogen peroxide-induced intracellular oxidation and DNA single-strand breakage in Hep G2 cells //J. Hepatol. - 1997. - Vol. 26, N 3. - P. 669-677.
12. Yabe Y., Kobayashi N., Nishihashi T. Prevention of neutrophil-mediated hepatic ischemia/reperfusion injury by superoxide dismutase and catalase derivatives //J. Pharmacol. Exp.Ther. – 2001. – Vol. 298, N 3. – P. 894-899.