

*Лазер  
и его действие на живые ткани*

(курсовая работа студента 1 курса ЛПФ РГМУ А.Субботина)

**Содержание**

Введение .....	2
Краткое описание устройства лазера .....	6
Физико-химические основы взаимодействия низкоэнергетического лазерного излучения с биообъектом .....	10
Механизм терапевтического действия низкоэнергетического лазерного излучения	15
Показания для лазерной терапии при различных заболеваниях (обзор) .....	19
Лазерная рефлексотерапия.....	32
Современные источники излучения и аппаратура для низкоинтенсивной лазерной терапии	35
Заключение .....	43
Литература: .....	43

## **Введение**

В настоящее время в большинстве стран мира наблюдается интенсивное внедрение лазерного излучения в биологических исследованиях и в практической медицине. Уникальные свойства лазерного луча открыли широкие возможности его применения в различных областях: хирургии, терапии и диагностике. Клинические наблюдения показали эффективность лазера ультрафиолетового, видимого и инфракрасного спектров для местного применения на патологический очаг и для воздействия на весь организм.

В России лазеры применяются в биологии и медицине уже более 30 лет. Исторически сложилось так, что приоритет в раскрытии механизмов и в биологическом применении находится в странах бывшего СССР.

За последние 15 лет механизмы действия во многом раскрыты и уточнены. Воздействие низкоинтенсивных лазеров приводит к быстрому стиханию острых воспалительных явлений, стимулирует репаративные (восстановительные) процессы, улучшает микроциркуляцию тканей, нормализует общий иммунитет, повышает резистентность (устойчивость) организма.

В настоящее время доказано, что низкоинтенсивное лазерное излучение обладает выраженным терапевтическим действием.

Лазер или оптический квантовый генератор - это техническое устройство, испускающее свет в узком спектральном диапазоне в виде направленного сфокусированного, высококогерентного монохроматического, поляризованного пучка электромагнитных волн.

В зависимости от характера взаимодействия лазерного света с биологическими тканями различают три вида фотобиологических эффектов:

1) Фотодеструктивное воздействие, при котором тепловой, гидродинамический, фотохимический эффекты света вызывают деструкцию тканей. Этот вид лазерного взаимодействия использует в лазерной хирургии.

2) Фотофизическое и фотохимическое воздействие, при котором поглощенный биотканями свет возбуждает в них атомы и молекулы, вызывает фотохимические и фотофизические реакции. На этом виде взаимодействия основывается применение лазерного излучения как терапевтического.

3) Невозмущающее воздействие, когда биосубстанция не меняет своих свойств, в процессе взаимодействия со светом. Это такие эффекты, как рассеивание, отражение и проникновение. Этот вид используют для диагностики (например - лазерная спектроскопия).

Фотобиологические эффекты зависят от параметров лазерного излучения: длины волны, интенсивности потока световой энергии, времени воздействия на биоткани.

В лазеротерапии применяются световые потоки низкой интенсивности, не более 100 мВт/см кв., что сопоставимо с интенсивностью излучения Солнца на поверхности Земли в ясный день. Поэтому такой вид лазерного воздействия называют низкоинтенсивным лазерным излучением (НИЛИ), в англоязычной литературе Low Level Laser Therapy (LLLT).

Одной из важных характеристик лазерного излучения является его спектральная характеристика или длина волны. Как уже говорилось, фотобиологической активностью обладает свет в ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной областях спектра. Фотобиологические процессы достаточно разнообразны и специфичны. Их насчитывается в настоящее время несколько десятков.

В основе их лежат фотофизические и фотохимические реакции, возникающие в организме при воздействии света. Фотофизические реакции обусловлены преимущественно нагреванием объекта до различной степени (в пределах 0.1-0.3 С) и распространением тепла в биотканях. Разница температуры более выражена не биологических мембранах, что ведет к оттоку ионов Na<sup>+</sup> и K<sup>+</sup>, раскрытию белковых каналов и увеличению транспорта молекул и ионов. Фотохимические



реакции обусловлены возбуждением электронов в атомах, поглощающего свет вещества. На молекулярном уровне это выражается в виде фотоионизации вещества, его восстановления или фотоокисления, фотодиссоциации молекул, в их перестройке - фотоизомеризации.

Уже первые исследования показали, что лазерная радиация избирательно поглощается содержащимися в клетках пигментными веществами. Пигмент меланин поглощает свет наиболее активно в фиолетовой области, порфирин и его производные - красный, так оксигемоглобин поглощает в диапазоне 542 и 546 nm, восстановленный гемоглобин в диапазоне 556 nm, а фермент каталаза - 628 nm. Учитывая ключевую роль каталазы во многих звеньях энергообразования, можно понять широкий лечебный диапазон гелий - неоновых лазера (ГНЛ) и его универсальное нормализующее воздействие на биологические процессы в организме.

Поглощение лазерной энергии происходит и различными молекулярными образованиями не имеющими специфических пигментов и фотобиологических мишеней. Вода поглощает видимый свет и красную часть спектра. Это меняет у мембран структурную организацию водного слоя и изменяет функцию термолабильных каналов мембран.

В биологических структурах организма существуют собственные электромагнитные поля и свободные заряды, которые перераспределяются под влиянием фотонов излучения ГНЛ, что ведет к прямой "энергетической подкачке" облучаемого организма.

Первичные химические реакции сопровождаются появлением свободных радикалов, в небольшом количестве, которые в свою очередь запускают процессы окисления биосубстратов, имеющих цепной характер. Этот момент позволяет понять переключающий (триггерный) механизм многократного усиления первичного эффекта НИЛИ.

Таким образом, в основе механизма воздействия на ткани, маломощных лазеров в видимой и инфракрасной областях лежат процессы, происходящие на клеточном и молекулярном уровнях.

Низкоинтенсивное лазерное излучение стимулирует метаболическую активность клетки. Стимуляция биосинтетических процессов может быть одним из важных моментов, определяющих действие низкоинтенсивного излучения лазера на важнейшие функции клеток и тканей, процессы жизнедеятельности и регенерации (восстановления).

ГНЛ приводит к увеличению содержания в ядрах клеток человека ДНК и РНК, что свидетельствует об интенсификации процессов транскрипции (делений). Это первый этап процесса биосинтеза белков. В связи с этим возникает вопрос о запуске мутаций. Однако доказано, что частота хромосомных мутаций в клетках человека вызванных химическими мутагенами, при воздействии ГНЛ уменьшается. ГНЛ оказывает антимуtagenный эффект, активизирует синтез ДНК и ускоряет восстановительные процессы в клетках подвергнутых потоку нейтронов или гамма - радиации. Это позволяет использовать лазерное излучение в онкологии, на вредных производствах, в военной медицине, как профилактический, так и лечебный фактор в комбинации с медикаментами.

НИЛИ стимулирует выработку универсального источника энергии АТФ (АТР) в митохондриях, ускоряет скорость его образования, повышает эффективность работы дыхательной цепи митохондрий. В то же время количество потребляемого кислорода уменьшается. Происходят перестройки в мембранах митохондрий. НИЛИ оказывает антиоксидантный эффект. Известно, что интенсивность свободнорадикального окисления в липидной фазе мембран клеток определяется соотношением насыщенных и ненасыщенных липидов, вязкостью липидной компоненты мембран, которые меняются при лазерной терапии, что отражается на структурных перестройках в мембране, ее функциональном состоянии, активности мембраносвязанных ферментов.

Обобщая данные современных исследований можно сказать, что НИЛИ вызывает активацию энергосвязывающих процессов в патологически измененных тканях с нарушением метаболизма, повышение активности важнейших ферментов, снижение потребления кислорода



тканями с повышением (фосфорилирующей) активности митохондрий, обогащением их энергией, усиление интенсивности гликолиза (образования гликогена) в тканях и другие. Вторичные эффекты представляют собой комплекс адаптационных и компенсаторных реакций возникающих в результате реализации первичных эффектов в тканях, органах и целостном живом организме.

Лазерное излучение устраняет дисбаланс в центральной нервной системе.

Однако, на что хочется обратить внимание, что в зависимости от дозы лазерного излучения можно получить как стимулирующий так и угнетающий эффекты, Это очень важно. Эти факты необходимо использовать при применении лазера у ослабленных больных, в педиатрии, при хронических заболеваниях.

Лазерная терапия может проводиться, как самостоятельный метод, так и в комплексе с медикаментозным лечением, в том числе гормональным и с методами физиотерапии. При этом необходимо иметь в виду, что в процессе лечения чувствительность организма к лекарственным средствам изменяется и появляется необходимость в уменьшении обычных дозировок иногда до 50%, а в ряде случаев и отказаться от них.

С учетом патогенетического механизма действия лазерного излучения на организм разработаны показания к лазеротерапии.

### **Внутренние болезни:**

Ишемическая болезнь сердца, гипертоническая болезнь, хронические неспецифические заболевания легких, язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки, дискинезия желчных путей, колиты, хронический панкреатит, острый и хронический (безкаменные) холециститы, спаечная болезнь.

### **Заболевания опорно-двигательного аппарата:**

Остеохонроз позвоночника с корешковым синдромом, воспалительные заболевания костей и суставов обменной этиологии в стадии обострения, артриты и артрозы, заболевания и травматические повреждения мышечно-связочного аппарата (миозиты, тендовагиниты, бурситы).

### **Заболевания нервной системы:**

Невриты и невралгии периферических нервов, невралгия тройничного нерва, неврит лицевого нерва, сосудисто-мозговая недостаточность.

### **Заболевания мочеполовой системы:**

Хронический сальпингоофорит, трубное бесплодие, хронический неспецифический простатит, уретрит, цистит, ослабление половой функции.

### **Заболевания ЛОР - органов:**

Хроническое воспаление придаточных пазух носа, фаринголарингиты, тонзиллиты, отиты, субатрофический и вазомоторный риниты.

### **Хирургические заболевания:**

Послеоперационные и длительно не заживающие раны, трофические язвы, келлоидные рубцы (в подострой стадии), травмы (механические, термические, химические), остеомиелиты, трещины заднего прохода, гнойные абсцессы, маститы, сосудистые заболевания нижних конечностей.



### Заболевания кожных покровов:

Зудящие дерматозы, трофические язвы различного генеза, воспалительные инфильтрата, фурункулы, экзема, нейродермиты, псориаз, атопический дерматит.

### Стоматологические заболевания:

Стоматиты, гингивиты, альвеолиты, пульпиты, периодонтиты, парадонтоз, одонтогенные воспалительные процессы челюстно-лицевой области.

Лазерной терапии присущи черты патогенетически обоснованного метода. При ее применении важен учет не только общего состояния организма, специфики патологического процесса, его клинических проявлений, стадий и формы заболеваний, но и сопутствующие заболевания, возрастные и профессиональные особенности пациента. Наиболее результативно применение лазеротерапии в функционально обратимых фазах болезни, хотя новые методики находят свое применение и при более тяжелых проявлениях патологического процесса, при выраженных морфологических изменениях.

Допускается применение совместно с лазерной терапией и других физиотерапевтических факторов, лечебной физкультуры, массажа, не более 2-х факторов в один день. И как было сказано ранее комплексное применение лазерной терапии с медикаментозными препаратами значительно эффективнее, особенно в острых стадиях.

Суммарная эффективность лазерной терапии колеблется от 50 до 85 %, в отдельных случаях до 95 %.

### Противопоказаниями к НИЛИ являются:

Абсолютные противопоказания:

заболевания крови, снижающие свертываемость крови, кровотечения.

Относительные противопоказания:

- 1) сердечно - сосудистые заболевания в стадии декомпенсации;
- 2) церебральный склероз с выраженным нарушением мозгового кровообращения;
- 3) острые нарушения мозгового кровообращения;
- 4) заболевания легких с выраженной дыхательной недостаточностью;
- 5) печеночная и почечная недостаточность в стадии декомпенсации;
- 6) злокачественные новообразования;
- 7) первая половина беременности;
- 8) активный туберкулез легких.

Однако в специализированных клиниках, оснащенных современной техникой и технологиями лазерная терапия используется и при вышеперечисленных заболеваниях.

Различают четыре основных способа доставки НИЛИ к пациенту:

1. Наружное или чрескожное воздействие: орган, сосуды, нервы, болевые зоны и точки облучаются через неповрежденную кожу в соответствующей области тела. Если патологический процесс локализован в поверхностных слоях кожи, то лазерное воздействие направленно непосредственно на него. Чрескожное воздействие основывается на том, что лазерное излучение ближней инфракрасной области хорошо проникает через ткани на глубину до 5-7 см. и достигает пораженного органа. Доставка излучения к поверхности кожи осуществляется либо непосредственно излучающей головкой, либо с помощью волоконного световода и световодной насадки.
2. Воздействие НИЛИ на точки акупунктуры. Показания для этого метода достаточно широки. Лазерная рефлексотерапия бескровна, безболезненна, комфортна. Возможно сочетание с различными медикаментами, диетой, фитотерапией и классической иглорефлексотерапией (чжень-цзю). Используется классическая (китайская,



европейская) рецептура (набор точек). Многочисленными исследованиями доказано, что лазерная акупунктура влияет на различные многоуровневые рефлекторные и нейрогуморальные реакции организма. Стимулируется синтез гормонов, улучшается микроциркуляция в различных областях тела, увеличивается синтез простагландинов E, F, эндорфинов, энкефалинов. Максимальный эффект достигается к 5-7 процедуре и держится значительно дольше, чем при иглорефлексотерапии. При лазерной акупунктуре возможно использование непрерывного излучения, но более эффективно импульсное излучение с применением различных частот для различной патологии. Доставка лазерного излучения к точке осуществляется либо световодным волокном, либо непосредственно излучающей головкой со специальной насадкой.

3. Внутриполостной путь. Подведение НИЛИ к патологическому очагу с помощью световолокна к слизистой оболочке. Осуществляется, либо через эндоскопическую аппаратуру, либо с помощью специальных насадок. При этом способе доставки НИЛИ с успехом используется как красное так и инфракрасное излучение.
4. Внутривенное лазерное облучение крови (ВЛОК) проводится путем пункции в локтевую вену или в подключичную вену, в условиях интенсивной терапии. В вену вводят тонкий световод, через который облучается протекающая по вене кровь. Для ВЛОК обычно используют лазерное излучение в красной области (632.8 nm) и в инфракрасной (1264 nm).

### Краткое описание устройства лазера

Термин “лазер” (“laser”) составлен из начальных букв пяти слов “Light amplification by stimulated emission of radiation”, что в переводе с английского означает “Усиление света путем его вынужденного излучения”. В сущности, лазер представляет собой источник света, в котором путем внешнего освещения достигается возбуждение атомов определенного вещества. И когда эти атомы под воздействием внешнего электромагнитного излучения возвращаются в исходное состояние, происходит вынужденное излучение света.

Принцип действия лазера сложен. Согласно планетарной модели строения атома, предложенной английским физиком Э.Резерфордом (1871-1937), в атомах различных веществ электроны движутся вокруг ядра по определенным энергетическим орбитам. Каждой орбите соответствует определенное значение энергии электрона. В обычном, невозбужденном, состоянии электроны атома занимают более низкие энергетические уровни. Они способны только поглощать падающее на них излучение. В результате взаимодействия с излучением атом приобретает дополнительное количество энергии, и тогда один или несколько его электронов переходят в отдаленные от ядра орбиты. То есть на отдаленные от ядра орбиты, то есть на более высокие энергетические уровни. В таких случаях говорят. Что атом перешел в возбужденное состояние. Поглощение энергии происходит строго определенными порциями - квантами. Избыточное количество энергии, полученное атомом, не может в нем оставаться бесконечно долго - атом стремится избавиться от излишка энергии.

Возбужденный атом при определенных условиях будет отдавать полученную энергию так же строго определенными порциями, в процессе его электроны возвращаются на прежние энергетические уровни. При этом образуются кванты света (фотоны), энергия которых равна разности энергии двух уровней. Происходит самопроизвольное, или спонтанное излучение энергии. Возбужденные атомы способны излучать не только сами по себе, но и под действием падающего на них излучения, при этом излученный квант и квант, “породивший” его, похожи



друг на друга. В результате индуцированное (вызванное) имеет ту же длину волны, что и вызвавшая его волна. Вероятность индуцированного излучения будет нарастать при увеличении количества электронов, перешедших на верхние энергетические уровни. Существуют так называемые инверсные системы атомов, где происходит накопление электронов преимущественно на более высоких энергетических уровнях. В них процессы излучения квантов преобладают над процессами поглощения.

Инверсные системы используются при создании оптических квантовых генераторов - лазеров. Подобную активную среду помещают в оптический резонатор, состоящий из двух параллельных высококачественных зеркал, размещенных по обе стороны от активной среды. Кванты излучения, попавшие в эту среду, многократно отражаясь от зеркал бесчисленное количество раз пересекают активную среду. При этом каждый квант вызывает появление одного или нескольких таких же квантов за счет излучения атомов, находящихся на более высоких уровнях.

Рассмотрим принцип работы лазера на кристалле рубина. Рубин - природный минерал кристаллического строения, исключительно твердый (почти как алмаз). Внешние кристаллы рубина очень красивы. Их цвет зависит от содержания хрома имеет различные оттенки: от светло-розового до темно-красного. По химической структуре рубин - окись алюминия с примесью (0,5%) хрома. Атомы хрома - активное вещество рубинового кристалла. Именно они являются усилителями волн видимого света и источником лазерного излучения. Возможное энергетическое состояние ионов хрома можно представить в виде трех уровней (I, II и III). Чтобы активизировать рубин и привести атомы хрома в “рабочее” состояние, на кристалл навивают спиральную лампу - накачку, работающую в импульсном режиме и дающую мощное зеленое излучение света. Эти “зеленые” кванты тотчас поглощаются электронами хрома, находящимися на нижнем энергетическом уровне (I). Возбужденным электронам достаточно поглощенной энергии для перехода на верхний (III) энергетический уровень. Возвратиться в основное состояние электроны атомов хрома могут либо непосредственно с третьего уровня на первый, либо через промежуточный (II) уровень. Вероятность перехода их на второй уровень больше, чем на первый.

Большая часть поглощенной энергии переходит на промежуточный (II) уровень. При наличии достаточного интенсивного возбуждающего излучения представляется возможность получить на втором уровне больше электронов, чем осталось на основном. Если теперь осветить активизированный кристалл рубина слабым красным светом (этот фотон соответствует переходу со II в I основное состояние), то “красные” кванты как бы подтолкнут возбужденные ионы хрома, и они со второго энергетического уровня перейдут на первый. Рубин при этом излучит красный свет. Так как кристалл рубина представляет собой стержень, торцевые поверхности которого изготавливаются в виде двух отражающих зеркал, то отразившись от торцов рубина, “красная” волна вновь пройдет через кристалл и на своем пути всякий раз будет вовлекать в процесс излучения все большее число новых частиц, находящихся на втором энергетическом уровне. Таким образом, в кристалле рубина непрерывно накапливается световая энергия, которая выходит через его границы через одну из торцевых полупрозрачных зеркальных поверхностей в виде испепеляющего красного луча в миллион раз превосходящего по яркости луч Солнца.

Помимо рубина, в качестве активного вещества применяют и другие кристаллы, например, магния окись, топаз, уваровит, раствор неодима в стекле и т.д.

Удивительное свойство кристаллов преобразовывать свет известно еще в древней Индии. У индусов существовала легенда о камнях, сияющих ярче самого солнца. Она описана в романе “Лезвие бритвы” замечательного фантаста И.Ефремова. Действие происходило за тысячу лет до нашей эры. В одном из индийских храмов в руки воинов Александра Македонского попала таинственная корона, украшенная необычными, по-особому ограненными камнями. Согласно преданию монахов, ее передали людям боги. Надевать корону могли только святые. Ибо, если в



яркий солнечный день она окажется на голове смертного, то человек погибнет от таинственного излучения. Считая себя непобедимым и бессмертным, Александр Македонский надел корону и вышел из храма на освещенную ярким полудневым солнцем площадь. Воины с ликованием встретили своего полководца, на голове которого блистала корона богов. Вдруг Александр Македонский пошатнулся и упал. Вскоре он занемог и умер.

Трудно предполагать, что было истинной причиной смерти полководца, но определенная ценность легенды состоит в том, что в ней, пожалуй, впервые было описано свойство кристаллов генерировать качественно новый вид излучения.

Существуют и газовые лазеры, в которых активным веществом являются газы (например, смесь аргона и кислорода, гелия и неона, окись углерода), а также полупроводниковые лазеры. Имеются лазеры, в которых в качестве активного вещества используются жидкости. В зависимости от устройства лазера его излучение может происходить в виде молниеносных отдельных импульсов ("выстрелов"), либо непрерывно. Поэтому различают лазеры импульсного и непрерывного действия. К первым относится рубиновый лазер, а ко вторым - газовые. Полупроводниковые лазеры могут работать как в импульсном, так и в непрерывном режиме.

Лазерное излучение имеет свои характеристические черты. Это когерентность, монохроматичность и направленность.

Монохроматический - значит одноцветный. Благодаря этому свойству луч лазера представляет собой колебания одной длины волны, например, обычный солнечный свет - это излучение широкого спектра, состоящее из волн различной длины и различного цвета. Лазеры имеют свою, строго определенную длину волны. Излучение гелий-неонового лазера - красное, аргонового - зеленое, гелий кадмиевого - синее, неодимового - невидимое (инфракрасное).

Монохроматичность лазерного света придает ему уникальное свойство. Вызывает недоумение тот факт, что лазерный луч определенной энергии способен пробить стальную пластину, но на коже человека не оставляет почти никакого следа. Это объясняется избирательностью действия лазерного излучения. Цвет лазера вызывает изменения лишь в той среде, которая его поглощает, а степень поглощения зависит от оптических свойств материала. Обычно каждый материал максимально поглощает излучение лишь определенной длины волны.

Избирательное действие лазерных лучей наглядно демонстрирует опыт с двойным воздушным шаром. Если вложить зеленый резиновый шар внутрь шара из бесцветной резины, то получится двойной воздушный шар. При выстреле рубиновым лазером разрывается только внутренняя (зеленая) оболочка шара, которая хорошо поглощает красное лазерное излучение. Прозрачный наружный шар остается целым.

Красный свет рубинового лазера интенсивно поглощается зелеными растениями, разрушая их ткани. Наоборот, зеленое излучение аргонового лазера слабо поглощается листьями растений, но активно поглощается красными кровяными тельцами (эритроцитами) и быстро повреждает их.

Второй отличительной чертой лазерного излучения является его когерентность.

Когерентность, в переводе с английского языка (coherency), означает связь, согласованность. А это значит, что в различных точках пространства в одно и то же время или в одной и той же точке в различные отрезки времени световые колебания координированы между собой. В обычных световых источниках кванты света выпускаются беспорядочно, хаотически, несогласованно, то есть некогерентно. В лазере излучение носит вынужденный характер, поэтому генерация фотонов происходит согласованно и по направлению и по фазе. Когерентность лазерного излучения обуславливает его строгую направленность - распространение светового потока узким пучком в пределах очень маленького угла. Для света лазеров угол расходиомсти может быть меньше 0,01 минуты, а это значит, что лазерные лучи распространяются практически параллельно. Если сине-зеленый луч лазера направить на поверхность Луны, которая находится на расстоянии 400000 км. От Земли, то диаметр светового пятна на Луне будет не больше 3 км. То





есть на дистанции 130 км. Лазерный луч расходится меньше, чем на 1 м. При использовании телескопов лазерный луч можно было бы увидеть на расстоянии 0,1 светового года (1 световой год = 10 в 13 степени км.).

Если мы попробуем сконцентрировать с помощью собирающей линзы свет обыкновенной электролампочки. То не сможем получить точечное пятно. Это связано с тем, что преломляющая способность волн различной длины, из которых состоит свет, различно, и лучи волн с одинаковой длиной собираются в отдельный фокус. Поэтому пятно получается размытым. Уникальное свойство лазерного излучения (монохроматичность и малая расходимость) позволяют с помощью системы линз сфокусировать его на очень малую площадь. Эта площадь может быть уменьшена настолько, что по размерам будет равна длине волны фокусируемого света. Так, для рубинового лазера наименьший диаметр светового пятна составляет примерно 0,7 мкм. Таким образом можно создать чрезвычайно высокую плотность излучения. То есть максимально сконцентрировать энергию. Лазер с энергией в 100 джоулей дает такие же вспышки, как и электрическая лампочка мощность в 100 ватт при горении в течение одних суток. Однако, вспышка лазера длится миллионные доли секунды и, следовательно, та же энергия оказывается спрессованной в миллион раз. Вот почему в узком спектральном диапазоне яркость вспышки мощных лазеров может превышать яркость Солнца в миллиарды раз. С помощью лазеров можно достигнуть плотности энергии излучения около 10 в 15 степени ватт на метр квадратный, в то время, как плотность излучения Солнца составляет только порядка 10 в 7 степени ватт на метр квадратный. Благодаря такой огромной плотности энергии в месте фокусировки пучка мгновенно испаряется любое вещество.

Поистине был прав известный французский физик Луи де Бройль (р.1892 г.), который сказал: “Лазеру уготовано большое будущее. Трудно предугадать, где и как он будет применяться, но я думаю, что лазер - это целая техническая эпоха”. Но по сведениям зарубежной печати, уже в 1965 году в США в разработках, производстве и применении всех типов лазеров принимали участие 367 фирм, в 1966 году - 721, в 1967 году - 800. В настоящее время в этой области работают более 1000 фирм. В приведенную цифру не включено количество центров и лабораторий, занимающихся по заказу Министерства обороны США. Ныне в США выпускают около 2000 разновидностей промышленных моделей только газовых лазеров. В 1985 году выпуск лазеров в США достиг миллиона штук.

Лазеры широко используются в качестве измерительных приборов. С их помощью наблюдают за искусственными спутниками Земли. Для этой цели на искусственном спутнике помещают световой отражатель. Спутником освещают светом, идущим от лазера, и регистрируют отраженный свет. Таким образом определяют положение искусственных спутников Земли с точностью до 1,5-2 метра. С помощью лазера удалось измерить расстояние от Земли до Луны с точностью до 4 метров. Лазерный дальномер используют в системах посадки самолетов, в подводных системах обзора и даже как миниатюрный локатор для слепых. Лазер массой в 60 грамм монтируют в трость, которые используют незрячие. При появлении близкого препятствия ручка трости начинает слегка подпрыгивать.

Тот же принцип, что и при измерении расстояния, используется для изучения рельефов местности, оценки состояния морской поверхности.

Успешно используются лазеры в радиолокации, при этом значительно повышается точность определения скорости движущегося объекта и его местонахождение.

Лазеры применяют для измерения скорости вращения земли и при стыковки космических кораблей. Они незаменимы в вычислительной технике. В различных лабораториях мира ведутся интенсивные разработки телевизионных систем на основе лазеров. Одно из наиболее перспективных направлений исследований связано с использованием лазеров в системах цветного



телевидения. По яркости изображения и качеству воспроизведения цвета цветные телевизоры с лазерными системами значительно превосходят современные электронно-лучевые аппараты.

Уникальные свойства лазерных лучей, позволяющие сфокусировать их на очень малую площадь поверхности (до  $10^{-8}$  в минус 8 степени сантиметров квадратных), сделали лазер незаменимым при изготовлении элементов микроэлектроники и выполнении операций, требующих высокой точности. Так, лазеры широко применяются при изготовлении и обработке деталей в часовой промышленности в Швейцарии. Сфокусированный лазерный луч мощных лазерных установок, имеющий огромную плотность энергии, используется для сварки, непрерывной резки металлов и обработки сверхтвердых материалов, в частности, алмаза и корунда.

Названные примеры далеко не полностью отражают те области науки и техники, где широко и успешно используются лазерные лучи. Но лазер приобрел не только технические профессии. Его чудодейственные лучи вернули здоровье тысячам людей. Однако, прежде чем лазер стали применять в клинике, необходимо было выяснить механизм биологического действия лазерного излучения, всесторонне исследовать явление лучей на различные клетки тканей системы человеческого организма и в отдельности, и на весь организм в целом.

### **Физико-химические основы взаимодействия низкоэнергетического лазерного излучения с биообъектом**

Биомеханизм лазерной терапии весьма сложен и до конца не изучен. Воздействие на живой организм низкоэнергетическим лазерным излучением с лечебной целью относится к методам физической терапии. Однако, до сих пор еще не разработана общая теория физиотерапии. Попытки клиницистов создать рабочие схемы механизма терапевтического действия низкоэнергетического лазерного излучения сводятся в основном к систематизации изменений параметров гомеостаза, что, вероятно, является лишь следствием, при том неспецифическим, этого воздействия.

Как уже отмечалось, в настоящее время преобладает эмпирический подход к разработке новых методов лазерной терапии. Это связано с отставанием теоретического и экспериментального обоснования механизма взаимодействия лазерного излучения с биообъектом, с недостаточным знанием клиницистами основ физики и биофизики. Лишь опираясь на физико-химические явления и соответствующие их законы и понятия. Можно с определенной долей достоверности построить теоретическую модель этого механизма и определить основные направления экспериментального ее подтверждения, что позволит более полно обосновать патогеническую направленность лазерной терапии и оптимальные дозы воздействия при той или иной патологии.

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

При воздействии лазерным лучом на биообъект часть излучения в соответствии со свойствами облучаемой поверхности отражается, другая часть поглощается. Первыми на пути проникновения лазерного излучения в биообъект лежат кожные покровы. Коэффициент отражения кожей электромагнитных волн оптического диапазона достигает 43-55% и зависит от



различных причин: охлаждение участка воздействия снижает значение коэффициента отражения на 10-15%; у женщин он на 5-7% выше, чем у мужчин, у лиц старше 60 лет, ниже по сравнению с молодыми: увеличение угла падения луча ведет к возрастанию коэффициента отражения в десятки раз. Существенное влияние на коэффициент отражения оказывает цвет кожных покровов: чем темнее, тем этот параметр ниже; так на пигментированные участки он составляет 6-8%.

Глубина проникновения низкоэнергетического лазерного излучения в биообъект зависит, в первую очередь, от длины электромагнитной волны. Экспериментальными исследованиями установлено, что проникающая способность излучения от ультрафиолетового до оранжевого диапазона постепенно увеличивается от 1-20 мкм до 2,5 мм, с резким увеличением глубины проникновения в красном диапазоне (до 20-30 мм), с пиком проникающей способности в ближнем инфракрасном (при длине волны = 950 нм - до 70 мм) и резким снижением до долей миллиметра в дальнейшем инфракрасном диапазоне. Максимум пропускания кожей электромагнитного излучения находится в диапазоне длинных волн от 800 до 1200 нм.

Поглощение низкоэнергетического лазерного излучения зависит от свойств биологических тканей. Так в диапазоне длин от 600 до 1400 нм кожа поглощает 25-40% излучения, мышцы и кости - 30-80%, паренхиматозные органы (печень, почки, поджелудочная железа, селезенка, сердце) - до 100.

В механизме лечебного действия физических факторов имеются несколько последовательных фаз, и первая из них - поглощение энергии действующего фактора организмом как физическим телом. В этой фазе все процессы подчиняются физическим законам. При поглощении световой энергии возникают различные физические процессы, основными из которых являются внешний и внутренний фотоэффекты, электролитическая диссоциация молекул и различных комплексов.

При поглощении веществом кванта света один из электронов, находящийся на нижнем энергетическом уровне на связывающей орбитали, 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 полупроводника под действием света (явление фотопроводности) и возникновение разности потенциалов между различными участками освещаемого биообъекта (возникновение фотоэлектродвижущей силы - фотоЭДС). Эти явления обусловлены фоторождением носителей заряда - электронов проводимости и дырок. В результате перехода в возбужденное состояние части атомов или молекул облучаемого вещества происходит изменение диэлектрической проницаемости этого вещества (фотодиэлектрический эффект).

Фотопроводимость бывает концентрационной, возникающей при изменении концентрации носителей заряда, и подвижной. Последняя возникает при поглощении фотонов с относительно низкой энергии и связана с переходами электронов в пределах зоны проводимости. При таких переходах число носителей не изменяется, но это изменяет их подвижность.

Внутренний фотоэффект, проявляющийся в возникновении фото-ЭДС, бывает несколько видов, основные из которых:

1. Возникновение вентильной (барьерной) фото-ЭДС в зоне перехода.



2. Возникновение диффузной фото-ЭДС (эффект Дембера).
3. Возникновение фото-ЭДС при освещении полупроводника, помещенного в магнитное поле ( фотомангнитоэлектрический эффект) - эффект Кикоина-Носкова.

Последний заслуживает наибольшего внимания, поскольку при нем возникает наибольшая ЭДС - в несколько десятков вольт, что в свою очередь является основой повышения терапевтической эффективности при магнитолазерной терапии.

Кроме указанных явлений, низкоэнергетическое лазерное воздействие 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 электролитическое диссоциация.

Дальнейшая миграция и трансформация энергии электронного возбуждения тканей биообъекта при лазерном воздействии запускает ряд физико-химических процессов в организме. Пути реализации энергии 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.

Миграция энергии электронного возбуждения по типу передачи энергии другой молекуле бывает нескольких видов и зависит от энергии взаимодействия между молекулами. Индуктивно-резонансный механизм миграции осуществляется при условии слабого взаимодействия между молекулами, когда расстояние между донором и акцептором в пределах 3-10 нм, а энергия взаимодействия равна примерно 10 в минус третьей степени электрон-вольт. Это связь двух осцилляторов через электромагнитное поле, генерируемое возбужденной молекулой донора, при этом сохраняется состояние спина электрона. Обменно-резонансный перенос энергии осуществляется при расстоянии между донором и акцептором 0,1-0,3 нм (длина химической связи), при этом происходит обмен электронами между донором и акцептором, что приводит к обмену их спиновыми состояниями при сохранении суммарного спина системы. Экситонный механизм миграции энергии возбуждения возможен при значительной энергии взаимодействия между молекулами, происходит бездесипотивный перенос энергии. Возбуждение как "бежит" по верхним колебательным подуровням взаимодействующих молекул, не успевая локализовываться на каждом из них в отдельности. В каждой из молекул возбуждение пребывает в течение времени, намного меньше времени внутримолекулярной колебательной релаксации изолированной молекулы.

Исследуя оптические свойства молекулярных кристаллов А.С.Давыдов показал, что в регулярной совокупности тождественных хромофорных (светопоглощающих) групп между их возбужденными энергетическими условиями может происходить резонансная передача энергии возбуждения. Резонансное взаимодействие приводит к перераспределению интенсивностей спектральных полос вещества, в частности, спектра поглощения. При коллинеарном расположении диполей (в одну линию вдоль световой волны) полоса с большей длиной волны увеличивает свою плотность поглощения за счет снижения интенсивности поглощения коротковолновой полосы. Возникает гиперхромизм (усиление светопоглощения) в



длинноволновой полосе. Это явление играет определенную роль в биомеханизме магнитолазерной терапии.

Образование электронных возбужденных состояний приводит к изменению энергетической активности клеточных мембран, к конформационным изменениям жидкокристаллических структур, к структурной альтерации жидких сред организма, к образованию продуктов фотолиза, к изменению рН среды, что в свою очередь является пусковым моментом целого комплекса биофизических и биохимических процессов.

Повышение энергетической активности биологических мембран, которые принимают прямое и очень важное участие во всех функциях клетки, приводит к изменению биоэлектрических процессов, к увеличению активности транспорта веществ через мембрану, идущего на направлении, противоположном градиенту химического и электрохимического потенциала, усиливает основные биоэнергетические процессы, в частности. Окислительное фосфорилирование.

Влияние низкоэнергетического лазерного излучения на конформационные переходы макромолекул проблематично. Однако, сопоставление энергетической мощности фотонов даже красной и ближней инфракрасной части спектра электромагнитного излучения и энергии, необходимо для конформационных изменений многих биологических молекул, свидетельствующих о возможности этого процесса. Так 1Э для гелий-неонового лазера (длина волны =633 нм) равен примерно 194 кДж/моль, для полупроводникового инфракрасного лазера (длина волны =870 нм) 1Э - около 136 кДж/моль. В то же время для образования спирального участка биополимера из четырех звеньев необходимо около 11 кДж/моль, для конформационного перехода молекул ДНК из неустойчивой формы в устойчивую необходимо около 13 кДж/моль, а энергия внутреннего вращения пептидной связи равна около 84 кДж/моль. Даже с учетом диссипации энергии лазерного излучения на различных уровнях остаточной энергии будет, вероятно, достаточно для влияния на конформационные изменения макромолекул.

Что касается жидкокристаллических структур биообъектов, в первую очередь клеточных мембран, то в настоящее время доказано влияние световой энергии на конформационные переходы. Под действием низкоэнергетического лазерного излучения изменяется форма двойного липидного слоя клеточной мембраны, что приводит к переориентировке головок липидов. Поскольку вблизи  $t=+37\text{ C}$  двойной липидный слой находится в непосредственной близости к точке фазового перехода, т.е. в очень неустойчивом состоянии, поэтому дополнительная энергия, полученная при лазерном воздействии, инициирует фазовый переход клеточной мембраны.

Структурная альтерация вещества - это переход между структурно-неэквивалентными метастабильными состояниями с различными физико-химическими свойствами. Считается, 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 приводит к исключительному многообразию структурных форм растворов.

В эксперименте с лиотропными жидкокристаллическими системами, которые по степени упорядоченности и структурной сложности приближаются к биологическим гуморальным средам и обладают уникальной чувствительностью к слабым внешним возмущениям различной физической природы, установлено, что воздействие низкоэнергетического лазерного воздействия гелий-неонового лазера (длина волны =633) индуцирует в этих системах структурно-оптические эффекты. Аналогичные результаты были получены и при лазерном облучении плазмы крови и синовиальной жидкости. Следовательно, биожидкости обладают структурной альтерацией, а структура биораствора может играть роль матрицы, на которой протекают все биохимические реакции. Накопление в биосистеме участков с измененной структурой вызывает неспецифическую



модификацию энергетики и кинетики метаболических процессов, протекающих в водной матрице биожидкости, и последующие эффекты “биостимуляции”.

Образование продуктов фотолиза (первичных фото продуктов и первичных стабильных химических продуктов), изменение вследствие этих и других реакций рН внутренней среды участка лазерного воздействия инициирует физиолого-биохимические процессы, запускает различные биологические реакции, многие из которых определены и детализированы клинико-экспериментальными исследованиями.

При изучении изменений содержания нуклеиновых кислот (ДНК, РНК) в ядрах клеток различных тканей человека под действием низкоэнергетического лазерного излучения определено достоверное увеличение биосинтеза этих кислот, а также увеличение митохондрий и рибосом, что свидетельствует об активизации ядерного аппарата, системы ДНК-РНК-белок и биосинтетических процессов в клетках.

Анализ фотоиндуцированных изменений активности ферментов дает ценную информацию о первичных биохимических механизмах стимулирующего действия излучения на функциональную активность клетки. Исследование активности НАДН- и НАД<sup>+</sup> - глутаматдегидрогеназы, изоферментов аспаратаминотрансферазы, функционирующих на стыке обмена белков и углеводов, а также ферментов цикла трикарбоновых кислот, свидетельствуют об увеличении активности этих ферментов при воздействии стимулирующими дозами низкоэнергетического лазерного излучения, что в свою очередь активизирует окислительно-восстановительные процессы.

Дальнейшие исследования показали, что стимуляция биоэнергетических ферментов приводит к увеличению в тканях АТФ.

Имеется немало публикаций, указывающих на усиление кислородного обмена, увеличение поглощения кислорода тканями организма под воздействием низкоэнергетического лазерного излучения. С помощью полярографии в многочисленных прямых исследованиях на больных было показано увеличение напряжения кислорода в тканях под лазерным воздействием.

Различными методами исследования (рео- и фото плетизмографии, реовазографии, осциллографии и др.) было определено повышение скорости кровотока при воздействии на ткани низкоэнергетическим лазерным излучением, а витальная микроскопия позволила точно установить реализацию эффекта лазерного воздействия в различных отделах лазерного русла, показала, что в процессе облучения в патологической ткани увеличивается число функционирующих капилляров и новых коллатералей.

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

Многие исследователи указывают на укорочение фаз воспалительного процесса при лазерном облучении патологического очага; отмечено, в первую очередь, подавление экссудативной и инфильтрационной реакции.

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

Лазерное воздействие понижает рецепторную чувствительность тканей, что является следствием уменьшения их отечности, а также прямого лазерного луча на нервные окончания.



Как много мы знаем и как мало мы понимаем...  
 А.Эйнштейн

### **Механизм терапевтического действия низкоэнергетического лазерного излучения**

Недипломированный, нетитулованный, но всемирно известный и признанный русский ученый Н.В.Тимофеев-Ресовский считал глупыми претензии исследователей на то, что они изучают какие-то механизмы. Он говорил: “Вы получаете факты, вы получаете феноменологию. Механизм - продукт ваших мыслей. Вы факты связываете. Вот и все”. Однако, в современной научной литературе, особенно медицинской, термин “механизм действия” настолько прочно вошел в обиход, что, даже отдавая себе отчет в его неполной правомерности, мы не сочли необходимым отказаться от него. Основной закон фотобиологии гласит, что биологический эффект вызывает лишь излучение такой длины волны, при которой оно поглощается молекулами или фоторецепторами тех или иных структурных компонентов клеток. Однако, спектры поглощения различных макромолекул весьма разбросаны: так пептидные группы поглощают излучение электромагнитных волн с длиной волны  $\approx 190$  нм, карбонильные группы - 225 нм, триптофан - 220 и 280 нм, тирозин - 275 и 222 нм, фенилаланил - 258 нм, каталаза - 628 нм, максимальная спектральная чувствительность молекул ДНК соответствует длинам волн 620 нм и 820 нм и т.д. В то же время биологические эффекты воздействия разного по длине волны низкоэнергетического лазерного излучения очень сходны и, как правило, объединяются термином “биостимуляция”.

Поиски фоторецепторов и фотоакцепторов ведутся давно. Данные современной физиологии отрицают наличие на коже человека и животных 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).

Экспериментальные и клинические исследования по определению специфических фотоакцепторов дают основания считать таковыми в красной области спектра каталазу, супероксиддисмутазу, цитохромоксидный комплекс ааз, молекулярный кислород с образованием синглетного кислорода. Максимум фотоиндуцированной биостимуляции электромагнитными волнами в красной (633 нм), зеленой (500 нм) и фиолетовой (415 нм) области спектра дает основание думать о порфириновой природе первичного фотоакцептора в клетках. Однако, такое количество и разнообразие специфических акцепторов светового излучения вызывает сомнение в их строгой специфичности и первостепенной роли каждого в механизме терапевтического действия низкоэнергетического лазерного излучения.

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 биополимеров 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 в молекуле. Тем при большей длине волны располагается длинноволновый максимум поглощения. Ферменты тоже являются веществами белковой природы, несущими на себе определенные компоненты -



активационные центры. Ферменты служат катализаторами без биохимических реакций, а для ферментативного катализа важнейшее значение имеет электронно-конформационные взаимодействия. Учитывая, что энергия конформационных переходов биополимеров невелика (энергия, необходимая для образования спирального участка биополимера из 4-х звеньев, равна около 10 кДж/моль, энергия внутреннего вращения пептидной связи примерно равна 84 кДж/моль), можно объяснить отклик различных ферментативных систем даже на слабые энергетические воздействия, а именно, низкоэнергетическое лазерное излучение красного и ближнего инфракрасного диапазона. Фосфолипиды и клеточные мембраны - жидкокристаллические структуры, обладающие неустойчивым состоянием при температуре тела около 37 градусов по Цельсию, весьма чувствительны к воздействию излучения электромагнитных волн всего оптического диапазона. Пигментные комплексы биоструктур также восприимчивы к световому излучению весьма широкого диапазона длин волн.

Биологические жидкости, являясь сложными многокомпонентными системами и обладая свойствами жидких кристаллов, реагируют структурной альтерацией вещества даже на слабые внешние физические воздействия. Наличие их в составе, в частности, в крови, форменных элементов (эритроциты, лейкоциты, тромбоциты и др.) существенно повышают восприимчивость и чувствительность жидких сред организма к внешнему воздействию различных физических факторов, в том числе низкоэнергетического лазерного излучения. В биологических жидкостях имеются специфические фотоакцепторы, реагирующие на лазерное излучение определенной длины волны. Кроме того, энергетической мощности фотонов всех спектров оптического диапазона вполне достаточно для возникновения от их воздействия структурной альтерации в жидких комплексах биообъекта.

Таким образом, восприимчивость биоструктур к низкоэнергетическому лазерному излучению всего оптического диапазона обусловлено наличием совокупности специфических и неспецифических фотоакцепторов, которые поглощают энергию этого излучения и обеспечивают ее трансформацию в биофизических и биохимических процессах, которые были рассмотрены в предыдущей главе.

Низкоэнергетическое лазерное облучение биообъекта вызывает в тканях и органах различные эффекты, связанные с непосредственным и опосредованным действием электромагнитных волн оптического диапазона.

Непосредственное действие появляется в объеме тканей, подвергшихся облучению. При этом лазерное излучение взаимодействует с фотоакцепторами, запуская весь комплекс фотофизических и фотохимических реакций. Помимо фотоакцепторов на прямое воздействие электромагнитных волн реагирует также и различные молекулярные образования, в которых происходит нарушения слабых атомно-молекулярных связей, что в свою очередь дополняет и усиливает эффект непосредственного влияния лазерного облучения.

Опосредованное действие связано либо с трансформацией энергии излучения и ее дальнейшей миграцией, либо с передачей этой энергии или эффекта от ее воздействия различными путями и способами. Основными проявлениями этого действия могут быть переизлучение клетками электромагнитных волн, передача эффекта воздействия низкоэнергетического лазерного излучения через жидкие среды организма, либо передача энергии этого излучения по каналам и меридианам рефлексотерапии.

Экспериментально было установлено, что при лазерном облучении *in vitro* клеточного монослоя происходит переизлучение этими клетками электромагнитных волн длиной, равной длине волны первичного излучения, на расстоянии до 5 см.

В.М.Инюшин и соавторы на основании своих исследований считают, что при взаимодействии низкоэнергетического лазерного излучения красного и ближнего инфракрасного диапазона с биообъектом одним из главных звеньев этого процесса является передача энергии





воздействия через жидкие среды организма. Это объясняется авторами наличием резонансной спектральной “памяти” в жидких средах при лазерном облучении. Очень тесно смыкается с этой гипотезой концепция С.В.Скопинова и соавторов, основанная на ведущем значении в механизме взаимодействия низкоэнергетического лазерного излучения с биообъектом структурной альтерации жидких сред организма.

Поскольку действующее на биообъект лазерное излучение является энергетическим фактором, то в результате непосредственного и опосредованного влияния происходит, в первую очередь изменение энергетических параметров внутренней среды организма. Это и образование электронных возбужденных состояний биомолекул, и проявление внутреннего фотоэлектрического эффекта, и изменение энергетической активности клеточных мембран, и другие процессы, связанные с миграцией энергии электронного возбуждения.

Живые организмы и биосфера в целом не изолированные, а открытые системы, обменивающиеся с окружающей средой и веществом и энергией. Все эти системы являются неравновесными, диссипативными, самоструктурирующимися и самоорганизующимися. Следовательно, в высокоорганизованной системе, в частности, в человеческом организме, все ее элементы тесно взаимосвязаны и каждый из них может изменять свое состояние, лишь отражая или вызывая изменение любого другого элемента или системы в целом.

При оптимальных дозах воздействия на организм низкоэнергетическим лазерным излучением мы осуществляем соответствующую энергетическую подкачку. В ответ на это в системах и органах происходят процессы активизации саморегуляции, мобилизируются собственные резервы саногенеза.

Конечный фотобиологический эффект лазерного облучения проявляется ответной реакцией организма в целом, комплексным реагированием органов и систем. Это находит отражение в клинических эффектах лазерной терапии. В результате понижения рецепторной чувствительности, уменьшения интерстициального отека и напряжения тканей проявляются обезболивающие действия. Уменьшенные длительности фаз воспаления и отека тканей дает противовоспалительный и противоотечный эффект. Повышение скорости кровотока, увеличение количества новых сосудистых коллатералей улучшает региональное кровообращение, что вместе с ускорением метаболических реакций и увеличением метаболической активности клеток способствует процессу физической и репаративной регенерации. При лазерной терапии многими авторами отмечаются десенсибилизирующий, гипохолестеринемический эффекты, повышение активности общих и местных факторов иммунной защиты. В зависимости от длины волны лазерного облучения появляются бактерицидный или бактериостатический эффекты.

Если суммировать изложенное в предыдущих главах, то в кратком обобщенном виде этот материал можно представить следующим образом.

Основой механизма взаимодействия низкоэнергетического лазерного излучения с биообъектом являются фотофизические и фотохимические реакции, связанные с резонансным поглощением тканями света и нарушением слабых межмолекулярных связей, а также восприятие и перенос эффекта лазерного облучения жидкими средами организма.

При этом, в зависимости от организменного уровня, последовательно или одновременно происходят следующие процессы и реакции.

На атомно-молекулярном уровне:

1. Поглощение света тканевым фотоакцептором.
2. Внешний фотоэффект.
3. Внутренний фотоэффект и его проявления
  - возникновение фотопроводимости,
  - возникновение фотоЭДС,
  - фотодиэлектрический эффект



4. Электролитическая диссоциация ионов (разрыв слабых связей).
5. Образование электронного возбуждения.
6. Миграция энергии электронного возбуждения.
7. Первичный фотофизический акт.
8. Появление первичных фотопродуктов.

На клеточном уровне:

- изменение энергетической активности клеточных мембран,
- активация ядерного аппарата клеток, системы ДНК-РНК-белок,
- активация окислительно-восстановительных, биосинтетических процессов и основных ферментативных систем,
- увеличение образования макроэргов (АТФ),
- увеличение метатической активности клеток, активация процессов размножения.

На органном уровне:

- понижение рецептивной чувствительности,
- уменьшение длительности фаз воспаления,
- уменьшения интенсивного отека и напряжения тканей,
- увеличение поглощения тканями кислорода,
- повышение скорости кровотока,
- увеличение количества новых сосудистых коллатералей,
- активация транспортных веществ через сосудистую стенку.

На уровне целостного организма:

Клинические эффекты - противовоспалительный,

- обезболивающий,
- регенераторный,
- десенсибилизирующий,
- иммунокорректирующий,
- улучшение регионального кровообращения,
- гипохолестеринемический,
- бактерицидный и бактериостатический.

В заключение данной главы необходимо обсудить еще один интересный и важный вопрос. При локальном лазерном облучении тканей биообъекта организм реагирует на воздействие комплексным ответом всех систем гомеостаза. За счет чего же происходит генерализация местного эффекта облучения? На наш взгляд, суммарный конечный фотобиологический эффект формируется в результате процессов, возникающих непосредственно в объеме тканей биообъекта, подвергнувшихся облучению, и последующей трансформацией и передачей энергии излучения или эффекта от его воздействия как окружающим тканям, так и далеко за пределы облученного участка. В какой-то мере, суммарный ответ организма на местное лазерное облучение формируется и за счет рефлекторного механизма. Однако, на наш взгляд, это не является ведущим фактором в генерализации местного эффекта, т.к. воздействие низкоэнергетическим лазерным излучением не запускает адаптационный механизм организма из-за малой энергетической мощности. Генерализация осуществляется в основном, вероятно, за счет передачи эффекта воздействия излучения через жидкие среды биообъекта, а также за счет передачи энергии по системе фоторегуляции, аналогичной таковой у растений и микроорганизмов. Последний путь



передачи энергии лазерного воздействия (это концепция предложена Н.Ф.Гамалея) является пока проблематичным, но имеют под собой солидную научную основу. Наконец, соседние с облученным участком ткани также получают энергию данного воздействия за счет переизлучения фотоиндуцированными клетками электромагнитных волн той же длины на расстоянии до 5 см.

Не все изложенные положения по биомеханизму действия низкоэнергетического лазерного излучения являются до конца бесспорными, некоторые из них - лишь теоретические посылки и не подтвержденные окончательно концепции. Но они служат путеводителем по извилистому лабиринту преобразования энергии лазерного воздействия в конечный клинический результат, основой для понимания патогенетической направленности лазерной терапии.

## **Показания для лазерной терапии при различных заболеваниях (обзор)**

### **Бронхопульмонология:**

Острый и хронический бронхит; острая и хроническая пневмония; бронхиальная астма; плеврит; бронхоэктатическая болезнь.

### **Ревматология:**

Артрит, артроз (ревматоидный, инфекционный, неопределенный, подагрический), миокардит.

### **Гастроэнтерология:**

Желудочная и дуоденальная язва; хронический гастрит и дуоденит; хронический холецистит и холангит; энтерит; колит; проктит; проктосигмоидит; подострый и хронический панкреатит; хронический гепатит; болезнь Боткина; цирроз печени; дискинезия желчных протоков.

### **Урология:**

Цистит, уретрит; простатит; аденома предстательной железы; орхит, орхоэпидидимит; генитальный герпес; импотенция.

### **Кардиология:**

Ишемическая болезнь сердца (стенокардия, состояние после инфаркта миокарда, аритмия сердца); миокардит и кардиопатия; гипертоническая болезнь, артериальная гипертензия; приобретенные пороки сердца.

### **Неврология:**

Неврит; радикулит; невралгия; люмбаго; астено-невротический синдром; инсульт; остеохондроз позвоночника с корешковым синдромом; травматические повреждения; недостаточность мозгового кровообращения; нейро-циркуляторная дистония.

### **Травматология и Ортопедия:**

Артроз; артрит; спондилоартрит; спондилез; бурсит; фиброзит; фасциит; ахилит; периартрит; эпикондилит; переломы костей; вывихи и сухожильные повреждения; артралгия и миалгия; гемартроз; тендовагинит.



### Нефрология:

Гломерулонефрит; пиелонефрит; пиелит.

### Хирургия:

Абсцесс, флегмона, инфильтрат; послеоперационные раны; трофические язвы; пролежни; длительно незаживающие раны; остеомиелит; ожоги и отморожения; облитерирующий эндартериит и артериосклероз конечностей; диабетическая ангиопатия нижних конечностей; флебит; посттромбофлебитические состояния; варикозная болезнь нижних конечностей; печеночно-почечная недостаточность.

### Акушерство и Гинекология:

Хронический аднексит; сальпингит; сальпингоофорит; вагинит; цервикальная эрозия; трещины сосков; маститы.

### Отоларингология:

Синусит; синусит; катаральный и гнойный отит; тубоотит; острый и хронический ринит; тонзиллит; ларингит и фарингит.

### Офтальмология:

Прогрессивная близорукость; косоглазие; болезни роговицы и слезного протока; дистрофия сетчатки.

### Дерматология:

Дерматит; нейродерматит; экзема; дерматоз; псориаз; герпес; аллергический дерматоз.

### Стоматология:

Стоматит; гингивит; альвеолит; парадонтоз; пульпит; периодонтит; одонтогенное воспаление челюстно-лицевой области; постэкстракционные боли; боли в восстановительный период; воспаление корневого канала, лицевого и тройничного нерва; туннельный синдром; артрит и артроз височно-челюстного сочленения.

### Проктология:

Геморрой; проктит и парапроктит; анальные трещины.

### Иммунология:

Снижение иммунитета, склонность к инфекционным заболеваниям, инфекция СПИДА (клиническая стабилизация иммунных параметров).

### Психиатрия:

Невроз, астено-невропатический синдром, общее утомление.

### Косметология:

Шрамы, келлоиды, мозоли, простые бородавки, вульгарные угри, облысение, послеоперационные швы, раны, трансплантаты, стриктуры.



## ЛАЗЕРНАЯ АКУПУНКТУРА

Лазерная акупунктура (ЛА) - стимуляция точек и зон. Лазерная акупунктура применяется к тем же самым точкам и зонам как и традиционное иглоукалывание.

### ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНОЙ АКУПУНКТУРЫ:

- Внутренние болезни
- Неврология
- Хирургия, травматология, ортопедия
- Болезни кожи
- Педиатрия
- Гинекология
- Стоматология
- Отоларингология

### ЭФФЕКТЫ:

Противовоспалительный, анальгезирующий  
 Иммуномодулирующий  
 Регенеративный  
 Улучшающий микроциркуляцию  
 Увеличивающий оксигенацию крови  
 Улучшающий качество жизни

### ПРЕИМУЩЕСТВА ЛАЗЕРНОЙ ТЕРАПИИ:

Быстрое уменьшение боли  
 Отсутствие побочных эффектов  
 Не повреждает кожи (стерильный)  
 Сочетается с традиционным иглоукалыванием  
 Увеличивает эффект других видов лечения  
 Отсутствие противопоказаний

( ЛА имеет глубокую способность проникновения до 5-7 см, сравнимую с традиционным иглоукалыванием)

### ТРЕБУЕМЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ:

Общий анализ крови, рентген (в определенных случаях)

### КУРС ЛЕЧЕНИЯ:

Комбинация лазерного иглоукалывания с наружной лазерной терапией (8-12 сеансов). Для большего эффекта курс должен быть повторен 2-3 раза с периодом в две-три недели

### Время лазерного воздействия в одной точке:

На теле: 10-30 секунд.	Общее время 3-5 минут
На ухе: 5 -10 секунд.	Общее время 1 минута
На один лазерный сеанс	10-12 точек.



## ЗАБОЛЕВАНИЯ ЛОР-ОРГАНОВ

### ПОКАЗАНИЯ:

Острый и хронический синусит, ринит  
Подострый и хронический тонзиллит  
Отит, евстахеит, отосклероз  
Хронический и подострый фарингит  
Ларингит

### ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ:

Опухолевые заболевания  
Болезни крови

### ЭФФЕКТЫ:

Противовоспалительный  
Аналгезирующий  
Регенеративный  
Иммунонормализующий  
Улучшающий микроциркуляцию

### ПРЕИМУЩЕСТВА ЛАЗЕРНОЙ ТЕРАПИИ:

Сокращение времени лечения  
Предотвращение хронизации процессов  
Увеличение эффективности лекарственных средств  
Быстрое уменьшение боли  
Отсутствие побочных эффектов  
Хорошая комбинация с традиционной медициной

### ТРЕБУЕМЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ:

Общий анализ крови  
Рентген черепа (в определенных случаях)

### КУРС ЛЕЧЕНИЯ:

Комбинация традиционной терапии с лазерной терапией  
Внутривенная лазерная терапия (6 - 8 сеансов)  
Наружная лазерная терапия (7-10 сеансов)  
Лазерная акупунктура (8-12 сеансов)  
Курс может повторяться каждые четыре (4) - шесть (6) месяцев.

## КАРДИОЛОГИЯ

### ПОКАЗАНИЯ:

Ишемическая болезнь сердца  
Состояния после инфаркта миокарда  
Болезни миокарда  
Ревматическое поражение сердца  
Пороки клапанов сердца



Аритмия  
Начальные стадии артериальной гипертензии

#### **ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ:**

Декомпенсированные состояния  
Заболевания крови

#### **ЭФФЕКТЫ:**

Улучшение микроциркуляции  
Уменьшение вязкости крови  
Нормализация коагуляции  
Увеличение оксигенации крови  
Улучшение свойств мембраны эритроцитов  
Увеличение эластичности кровеносных сосудов  
Уменьшение уровня холестерина крови  
Увеличение антиоксидантной защиты

#### **ПРЕИМУЩЕСТВА ЛАЗЕРНОЙ ТЕРАПИИ:**

Уменьшение приема лекарственных средств  
Улучшение работоспособности  
Улучшение сна  
Увеличение толерантности к физической нагрузке  
Улучшение качества жизни

#### **ТРЕБУЕМЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ:**

Общий анализ крови, биохимия крови (холестерин и его фракции, сахар крови, АСТ, АЛТ) ЭКГ, ультразвук сердца (в определенных случаях)

#### **КУРС ЛЕЧЕНИЯ:**

Комбинация традиционной терапии с лазерным лечением (включая антиоксиданты).

Внутривенный лазер (5 - 7 сеансов)  
Наружный лазер (8- 12 сеансов)  
Лазерная акупунктура (8- 12 сеансов)  
Курс должен повторяться каждые четыре (4) - шесть (6) месяцев.

### **ГАСТРОЭНТЕРОЛОГИЯ**

#### **ПОКАЗАНИЯ:**

Острый и хронический гастриты, гастроэнтерит  
Язвенная болезнь желудка и 12-перстной кишки  
Хронический панкреатит  
Холецистит (не калькулезный)  
Гепатит, цирроз печени  
Геморрой, анальная трещина

#### **ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ:**

Онкологические заболевания  
Болезни крови



**ЭФФЕКТЫ:**

Противовоспалительный, анальгезирующий  
 Регенеративный  
 Иммуномодулирующий эффект  
 Нормализующий температуру  
 Восстановление мембраны клетки  
 Улучшающий микроциркуляцию

**ПРЕИМУЩЕСТВА ЛАЗЕРНОЙ ТЕРАПИИ:**

Сокращение времени лечения  
 Быстрое уменьшение боли  
 Увеличение эффекта принимаемых лекарств  
 Предотвращение хронизации процессов  
 Отсутствие побочных эффектов

**ТРЕБУЕМЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ:**

Гастродуоденоскопия, ультразвук желчного пузыря, поджелудочной железы  
 Общий анализ крови, биохимическое исследование крови

**КУРС ЛЕЧЕНИЯ:**

Комбинация лазерной терапии с традиционным лечением:

Наружная лазерная терапия (7- 10 сеансов)  
 Лазерная акупунктура (8- 12 сеансов)  
 Внутривенная лазерная терапия (5 - 8 сеансов)  
 Курс может повторяться каждые четыре (4) - шесть (6) месяцев.

**ГИНЕКОЛОГИЯ****ПОКАЗАНИЯ:**

Аднексит (подострый и хронический)  
 Сальпингит, сальпингоофорит (острый и хронический)  
 Эндометрит  
 Вагинит  
 Цервикальная эрозия

**ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ:**

Рак  
 Болезни Крови

**ЭФФЕКТЫ:**

Противовоспалительный  
 Рассасывающий  
 Анальгезирующий  
 Биостимулирующий  
 Иммуностимулирующий





### ПРЕИМУЩЕСТВА ЛАЗЕРНОЙ ТЕРАПИИ:

Хорошо комбинируется с традиционной терапией и увеличивает ее эффект  
 Улучшает микроциркуляцию  
 Быстро восстанавливает функции  
 Предотвращает хронизацию  
 Может быть объединен с рефлексотерапией

### ТРЕБУЕМЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ:

Ультразвуковое исследование, общий анализ крови, мазок  
 Анализ крови на РВ, СПИД  
 Микробиологическое исследование (в определенных случаях)

### КУРС ЛЕЧЕНИЯ:

Комбинация традиционной медикаментозной терапии с лазерной терапией  
 Внутривенная лазерная терапия (6 - 8 сеансов)  
 Наружняя лазерная терапия (8 - 12 сеансов)  
 Лазерная акупунктура (10-12 сеансов)  
 Курс может повторяться каждые четыре (4) или шесть (6) месяцев.

### НЕФРОЛОГИЯ

#### ПОКАЗАНИЯ:

Острый и хронический гломерулонефрит  
 Острый и хронический пиелонефрит  
 Пиелит, уретрит, цистит

#### ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ:

Болезни крови  
 Онкологические заболевания

#### ЭФФЕКТЫ:

Противовоспалительный  
 Анальгезирующий  
 Иммуномодулирующий  
 Нормализующий температуру  
 Улучшение микроциркуляции  
 Восстановление мембран клетки

### ПРЕИМУЩЕСТВА ЛАЗЕРНОЙ ТЕРАПИИ:

Сокращение времени лечения  
 Предотвращение хронизации процесса  
 Увеличение потенциала действия лекарственного средства и уменьшение его дозы  
 Быстрое уменьшение боли  
 Отсутствие побочных эффектов  
 Хорошая комбинация с традиционной терапией



### ТРЕБУЕМЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ:

Общие анализы мочи и крови, биохимия крови  
Рентген, ультразвук (в определенных случаях)

### КУРС ЛЕЧЕНИЯ:

Комбинация традиционной терапии с лазерным лечением  
Внутривенная лазерная терапия (6 - 8 сеансов)  
Наружный лазер (10- 12 сеансов)  
Лазерная акупунктура (10- 14 сеансов)  
Курс может повторяться каждые четыре (4) - шесть (6) месяцев.

### ЛАЗЕРНАЯ ТЕРАПИЯ В ПЕДИАТРИИ

#### ПОКАЗАНИЯ:

Бронхит и бронхиальная астма  
Синусит, ринит, тонзиллит  
Пневмония  
Гастрит  
Нефрит  
Ушибы, болевые синдромы  
Простуды и грипп

#### ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ:

Болезни крови,  
Онкологические заболевания

#### ЭФФЕКТЫ:

Противовоспалительный  
Аналгезирующий  
Иммуностимулирующий  
Нормализующий температуру  
Улучшающий микроциркуляцию

#### ПРЕИМУЩЕСТВА ЛАЗЕРНОЙ ТЕРАПИИ:

Сокращает время лечения  
Предотвращает хронизацию процессов  
Увеличивает эффективность лекарственного средства  
Быстро уменьшает боль  
Отсутствие побочных эффектов  
Хорошая комбинация с традиционной терапией

### ТРЕБУЕМЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ:

Исследование крови, анализы мочи  
Рентген (в определенных случаях)

### КУРС ЛЕЧЕНИЯ:

Комбинация традиционной терапии с лазерным лечением  
Наружный лазер (5 - 8 сеансов)



Лазерная акупунктура (8 - 12 сеансов)  
Курс может повторяться каждые четыре (4) - шесть (6) месяцев.

## НЕВРОЛОГИЯ

### ПОКАЗАНИЯ:

Неврит, радикулит  
Невралгия, люмбаго  
Остеохондроз позвоночника  
Недостаточность мозгового кровообращения  
Последствия мозгового инсульта

### ПРОТИВОПОКАЗАНИЕ:

Онкологические заболевания  
Болезни крови  
Декомпенсированные состояния  
Три месяца после инсульта

### ЭФФЕКТЫ:

Противовоспалительный  
Обезболивающий  
Иммуностимулирующий  
Улучшающий микроциркуляцию

### ПРЕИМУЩЕСТВА ЛАЗЕРНОЙ ТЕРАПИИ:

Быстрое уменьшает боли  
Ускоренное восстановление  
Продолжительный противовоспалительный эффект  
Улучшение качества жизни  
Улучшение работоспособности и отдыха  
Уменьшение доз принимаемых лекарств

### ТРЕБУЕМЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ:

Исследование крови  
Рентген, УЗИ (в определенных случаях)

### КУРС ЛЕЧЕНИЯ:

Комбинация лазерной терапии с традиционным лечением  
Внутривенная лазерная терапия (6 - 8 сеансов)  
Наружная лазерная терапия (10- 14 сеансов)  
Лазерная акупунктура (10- 14 сеансов)  
Курс может повторяться каждые четыре (4) - шесть (6) месяцев

## ПУЛЬМОНОЛОГИЯ

### ПОКАЗАНИЯ:

Острая и хроническая пневмония  
Острый и хронический бронхит  
Бронхиальная астма



Трахеит

**ПРОТИВОПОКАЗАНИЕ:**

Онкологические заболевания  
 Болезни крови

**ЭФФЕКТЫ:**

Увеличивает отхождение мокроты  
 Улучшает дыхание  
 Противовоспалительный  
 Нормализует температуру  
 Уменьшает приступы астмы  
 Улучшает микроциркуляцию  
 Иммуномодулирующий

**ПРЕИМУЩЕСТВА ЛАЗЕРНОЙ ТЕРАПИИ:**

Сокращает время лечения  
 Увеличивает эффективность принимаемых лекарственных средств  
 Предотвращает хронизацию процессов  
 Улучшает качество жизни

**ТРЕБУЕМЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ:**

Рентген грудной клетки, спирография  
 Исследование крови  
 Исследование мокроты (в определенных случаях)

**КУРС ЛЕЧЕНИЯ:**

Комбинация лазерной терапии с традиционным лечением.  
 Наружная лазерная терапия (5 - 10 сеансов)  
 Лазерная акупунктура (8 -12 сеансов)  
 Внутривенная лазерная терапия (5 - 8 сеансов)  
 Курс может повторяться каждые четыре (4) - шесть (6) месяцев.

**РЕВМАТОЛОГИЯ**

**ПОКАЗАНИЯ:**

Артроз, артрит  
 Ревматоидный полиартрит  
 Остеохондроз позвоночника  
 Артралгия  
 Миокардит

**ПРОТИВОПОКАЗАНИЕ:**

Онкологические заболевания  
 Болезни крови

**ЭФФЕКТЫ:**

Противовоспалительный



Аналгезирующий  
Иммуномодулирующий  
Регенеративный  
Улучшение микроциркуляции

#### ПРЕИМУЩЕСТВА ЛАЗЕРНОЙ ТЕРАПИИ:

Быстрое уменьшение боли  
Увеличение подвижности суставов  
Длительный противовоспалительный эффект  
Уменьшение доз лекарственных средств

#### ТРЕБУЕМЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ:

Биохимия крови (общий белок, С-реактивный белок, ...)  
Общий анализ крови, иммунология (в определенных случаях)  
Рентген суставов (в определенных случаях)

#### КУРС ЛЕЧЕНИЯ:

Комбинация традиционной медикаментозной терапии с лазерной терапией  
Внутривенная лазерная терапия (6 - 8 сеансов)  
Наружная лазерная терапия (10-14 сеансов)  
Лазерная акупунктура (10-14 сеансов)  
Курс может повторяться каждые четыре (4) - шесть (6) месяцев.

#### СПОРТИВНАЯ МЕДИЦИНА

##### ПОКАЗАНИЯ:

Артроз, артрит, артралгия  
Растяжения связок и мышц  
Ушибы и вывихи, болевые синдромы  
Повреждения мениска  
Теннисный локоть, плечо гольфиста  
Тендовагинит, миозит

##### ЭФФЕКТЫ:

Противовоспалительный  
Аналгезирующий  
Регенеративный  
Увеличение оксигенации крови

#### ПРЕИМУЩЕСТВА ЛАЗЕРНОЙ ТЕРАПИИ:

Ускоренное восстановление  
Быстрое уменьшение боли  
Увеличение физической и психологической стабильности  
Повышение спортивных результатов

#### ТРЕБУЕМЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ:

Общий анализ крови  
Рентген (в определенных случаях)



#### КУРС ЛЕЧЕНИЯ:

Комбинация традиционной терапии с лазерной терапией  
 Внутривенная лазерная терапия (5 - 7 сеансов)  
 Наружная лазерная терапия (5-10 сеансов)  
 Лазерная акупунктура (7-12 сеансов)  
 Повторный курс (в определенных случаях) и накануне турнира.

#### ХИРУРГИЯ

#### ПОКАЗАНИЯ:

Абсцесс, флегмона, инфильтраты  
 Артериосклероз конечностей  
 Остеомиелит, пролежни  
 Трофическая варикозная язва  
 Послеоперационные раны, швы  
 Медленно заживающие раны, ожоги  
 Посттравматическая язва

#### ПРОТИВОПОКАЗАНИЕ:

Рак  
 Болезни Крови

#### ЭФФЕКТЫ:

Противовоспалительный  
 Рассасывающий  
 Анальгезирующий  
 Регенеративный  
 Биостимулирующий  
 Иммуностимулирующий  
 Улучшает микроциркуляцию  
 Может комбинироваться с рефлексотерапией

#### ПРЕИМУЩЕСТВА ЛАЗЕРНОЙ ТЕРАПИИ:

Сокращает время лечения  
 Предотвращает хронизацию процесса  
 Увеличение эффективности принимаемого лекарственного средства  
 Быстрое уменьшение боли  
 Свободна от побочных эффектов  
 Хорошая комбинация с традиционным лечением

#### ТРЕБУЕМЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ:

Полное исследование крови, исследование кровотока  
 Рентген (в определенных случаях)

#### КУРС ЛЕЧЕНИЯ:

Лазерная терапия может быть объединена с традиционной терапией  
 Внутривенная лазерная терапия (6 - 8 сеансов)



Наружный лазер (6 - 10 сеансы)  
 Лазерная акупунктура (10-14 сеансов)  
 Курс лечения может быть повторен через четыре (4)- шесть (6) месяцев.

## УРОЛОГИЯ

### ПОКАЗАНИЯ:

Простатит (острый и хронический)  
 Уретрит, цистит  
 Аденома простаты (гипертрофия)  
 Орхит, орхоэпидидимит  
 Импотенция

### ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ:

Рак простаты, заболевания крови

### ЭФФЕКТЫ:

Противовоспалительный  
 Рассасывающий  
 Анальгезирующий  
 Биостимулирующий  
 Нормализующий эрекцию  
 Иммуностимулирующий

### ПРЕИМУЩЕСТВА ЛАЗЕРНОЙ ТЕРАПИИ:

Сокращение времени лечения  
 Предотвращение хронизации процесса  
 Увеличение потенциала действия и уменьшение дозы лекарственных средств.  
 Быстрое уменьшение боли  
 Отсутствие побочных эффектов  
 Хорошая комбинация с традиционной терапией

### ТРЕБУЕМЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ:

Ультразвук простаты  
 Проверка крови на РВ, СПИД, PSA  
 Спермограмма (в определенных случаях)  
 Микробиологическое исследование (в определенных случаях)

### КУРС ЛЕЧЕНИЯ:

Комбинация лазерной терапии с традиционным лечением.  
 Лазерный массаж железы простаты (8- 12 сеансов)  
 Внутривенная лазерная терапия (5 - 7 сеансов)  
 Внутриуретральная лазерная терапия (5 - 7 сеансов)  
 Вакуумный массаж (в определенных случаях) (8- 12 сеансов)  
 Курс может повторяться каждые четыре (4) - шесть (6) месяцев.



## Лазерная рефлексотерапия

Последнее десятилетие было ознаменовано широким внедрением лазеров в рефлексотерапию. Значительное распространение получил метод лазеропунктуры (ЛП), сущность которого состоит в стимуляции точек акупунктуры путем кожного воздействия низкоинтенсивным лазерным излучением (ЛИ). Наиболее важным достоинством методов лазерной рефлексотерапии (ЛРТ) является наличие мощного биостимулирующего действия на клеточном и тканевом уровнях, что в значительной мере повышает эффективность лечения широкого круга заболеваний по сравнению с традиционной акупунктурой. ЛП позволяет избежать осложнений, связанных с повреждением покровов тела, прежде всего инфекционного генеза (СПИД, вирусный гепатит и т.п.). Неинвазивность, безболезненность воздействия расширяет показания к применению, в частности, у лиц пожилого возраста, ослабленных больных, детей, гиперсенситивных личностей, отличающихся неадекватной, чрезмерной реакцией на ноцицептивное раздражение. Существенным является также сокращение затрат времени на проведение одной процедуры (до 4-5 минут), что значительно повышает производительность работы врача.

ЛИ имеет электромагнитную природу, его фундаментальными свойствами являются монохроматичность и когерентность. Монохроматичность характеризует постоянство длины волны, а когерентность - неизменность разности фаз по всему фронту излучения. Монохроматичность и когерентность обуславливают высокую энергетическую плотность и малую расходимость пучка ЛИ

Источниками ЛИ служат оптические квантовые генераторы (ОКГ), лазеры (англ. абр. laser - "усиление света путем вынужденного излучения"). Они подразделяются по "активному веществу" на твердотельные, газовые, жидкостные и полупроводниковые. Механизм генерации ЛИ в наиболее общем виде включает два этапа: 1) переход квантовых систем активного вещества в возбужденное состояние под воздействием энергии накачки (оптической, электрической, химической); 2) индуцированный переход на нижний энергетический уровень с излучением фотона. Поскольку переход осуществляется с одного и того же вышележащего энергетического уровня на один и тот же нижележащий, то ЛИ имеет свойство монохроматичности и когерентности. Резонансная система зеркал усиливает излучение, обеспечивая многократный пробег фотонов через активное вещество. В зависимости от физических свойств активного вещества и особенностей энергетической накачки ЛИ генерируется либо в импульсном, либо в непрерывном режимах. В последнее время в рефлексотерапии широкое применение находят полупроводниковые инфракрасные лазеры с длиной волны излучения от 850 нм до 1400 нм.

## Терапевтическое действие

Накоплен обширный материал, объективно доказывающий наличие полимодального биологического действия инфракрасного ЛИ с длиной волны 850 нм и выше. Различают непосредственное биологическое воздействие и рефлекторные эффекты лазерной стимуляции. Биофизический механизм непосредственного воздействия связывают с избирательным поглощением ЛИ молекулярными структурами, которые вследствие этого изменяют свое энергетическое состояние. Своеобразными молекулярными акцепторами ЛИ являются: 1) нуклеиновые кислоты - ДНК и РНК; 2) ферменты; 3) молекулы мембран - клеточных, митохондриальных, лизосомальных. Лазерная стимуляция указанных систем обуславливает активацию биосинтетических и окислительно-восстановительных процессов (P.Pank et.al,1984). Рефлекторные эффекты лазерной стимуляции по механизму являются общими для всех методов рефлексотерапии (Д.М.Табеева, 1980; Е.Л.Мачерет, И.З.Самосюк, 1989). Они обусловлены





стимулирующим действием инфракрасного ЛИ на рецепторный аппарат, в частности, на терморепцепторы.

Обобщая данные литературы и результаты собственных исследований, можно выделить следующие основные виды терапевтического действия ЛРТ: стимуляция процессов регенерации в тканях; противовоспалительное; иммуномодулирующее; десенсибилизирующее; вазоактивное; вегетотропное (симпатолитическое, ваголитическое); психотропное (седативное, антидепрессивное); гемопоэтическое (эритропоэтическое, лейкопоэтическое); гипокоагулирующее; анальгезирующее.

### Основные показания

1. Заболевания центральной нервной системы (острые и хронические нарушения мозгового кровообращения, травмы головного и спинного мозга).
2. Патология надсегментарного отдела вегетативной нервной системы.
3. Психоэмоциональные расстройства.
4. Токсикомании (табакокурение, алкоголизм).
5. Заболевания периферической нервной системы (невропатии, плексопатии, полиневропатии, вертеброгенные синдромы).
6. Заболевания органов дыхания (хронический бронхит, хроническая пневмония, бронхиальная астма).
7. Заболевания сердечно-сосудистой системы (ишемическая болезнь сердца, гипертоническая болезнь, облитерирующий эндартериит).
8. Заболевания желудочно-кишечного тракта (хронический гастрит с повышенной или нормальной секрецией, язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки, хронический холецистит).
9. Заболевания кожи (аллопеция, нейродермит, псориаз, экзема).
10. Заболевания ЛОР-органов (хронические тонзиллит, фарингит, ларингит, отит, синусит, ринит, в том числе, вазомоторный).

Наибольший эффект от назначения ЛРТ достигается при лечении хронических, вялотекущих заболеваний, в патогенезе которых ведущее значение принадлежит воспалению, дисфункциям иммунной системы, нейротрофическим нарушениям в тканях и органах. Нецелесообразно применение ЛРТ для получения симптоматических рефлекторных эффектов, таких как, купирование острейшего болевого синдрома, приступа бронхиальной астмы, вегетативно-сосудистого пароксизма и т.п.

### Противопоказания

1. Новообразования, независимо от локализации и характера.
2. Злокачественные заболевания крови.
3. Беременность.
4. Геморрагические синдромы.
5. Заболевания органов и систем в стадии декомпенсации.

### Методика лазеропунктуры

Точки воздействия определяются исходя из принятых в рефлексотерапии принципов для каждой нозологической формы. Особенностью является больший приоритет сегментарных и локальных точек, расположенных в проекции очагов поражения. Запрещается облучать рефлекторные зоны в области пигментных пятен, невусов, ангиом и т.п., а также в проекции орбит. В процессе отбора больных рекомендуется проводить клинический анализ крови,



исследование свертывающей - противосвертывающей системы, анализ мочи. До и после сеанса показано измерение АД.

Во время процедуры больной находится в положении лежа или сидя. Намеченные для воздействия зоны стимулируются последовательно. Кожа в проекции точки предварительно обезжиривается этиловым спиртом. Стимуляцию следует производить контактно, при этом необходимо осуществлять умеренное давление на область воздействия, так как это с одной стороны увеличивает глубину проникновения ЛИ, а с другой оказывает собственное стимулирующее действие на рецепторы.

Лазерное облучение точек акупунктуры осуществляется как в непрерывном, так и в импульсном режиме излучения. Общая доза облучения всех зон на один сеанс не выше 25 Дж. При частотной модуляции лазерного излучения учитывают, что низкие частоты (1-30 Гц) оказывает тонизирующий эффект, а высокие (80-150 Гц) - седативный. В каждом конкретном случае доза строго индивидуализируется. Например, для достижения одинакового эффекта на более светлые участки кожи нужно увеличить дозу, на темные - уменьшить. В течение одного сеанса следует облучать не более 10-12 точек. Сеансы лечения обычно проводятся ежедневно или через день, на курс 10-15-25 сеансов. При необходимости 2 курс лечения можно назначить через 10-15 дней, а третий не ранее, чем через месяц. При отсутствии положительной динамики в состоянии пациента на исходе второго курса лечения дальнейшее проведение ЛП нецелесообразно.

### Методика лазероakupунктуры

Сущность лазероakupунктуры заключается в воздействии на глубоко расположенные ткани (костные, фиброзные и мышечные) путем комбинированной механической и лазерной стимуляции, в связи с указанным полное название метода - остеомиофасциальная лазероakupунктура (ОМФЛА). Особенностью ОМФЛА является воздействие не на традиционные точки акупунктуры, а на так называемые "триггерные" пункты в костных, фиброзных и мышечных тканях.

Определение зон воздействия производится по критерию локальной пальпаторной болезненности. При необходимости данный критерий может быть объективизирован методом термографии на основании выделения участков локальной гипертермии. Зоны воздействия выявляются в проекции позвоночно-двигательных сегментов, костно-связочных и мышечных структур пояса верхних или нижних конечностей. Предпочтительными для стимуляции являются зоны, пальпация которых вызывает отраженные болевые ощущения.

При проведении ОМФЛА за один сеанс используется не более четырех, причем приоритетным является воздействие на участки с местными структурными нарушениями по типу узелков эластической или плотной консистенции.

Внутрикостная стимуляция осуществляется соответственно остистым отросткам позвонков, что диктуется необходимостью получения распространенного трофического эффекта в пределах позвоночно-двигательных сегментов. Внутрикостная пункция производится посредством инъекционной иглы с мандреном, насаженной на шприц (игла типа "Рекорд" для внутривенных вливаний). Техника пункции заключается в быстром проколе кожи, после чего медленными вращательными движениями достигается губчатое вещество кости. Критерием достижения необходимой глубины служит возникновение у больного выраженного ощущения "распирания", "наполнения", что обуславливается механическим раздражением внутрикостных баррорецепторов. Глубина пункции в зависимости от конкретных топографо-анатомических соотношений составляет от 0,3 до 10 мм. Следует подчеркнуть малую травматичность подобного воздействия, поскольку остистые отростки, обладающие незначительным по толщине слоем компактного вещества, пунктируются тонкой иглой, что с учетом значительных регенерационных возможностей костной ткани не обуславливает актуального морфологического дефекта.



Болезненность манипуляции не превосходит болезненности широко применяемых в неврологии методов инъекционной терапии, в частности, разнообразных блокад местными анестетиками.

В проекции других костных выступов осуществляется периостальная пункция с целью непосредственного лазерного облучения участков прикрепления связок, сухожилий и мышц, являющихся наиболее уязвимыми для возникновения дистрофических нарушений. Соответственно зонам мышечной болезненности производится внутримышечный укол с повреждением узелков, глубина которого определяется расположением указанных образований.

После достижения необходимой глубины, мандрен удаляется и в просвет иглы вводится гибкий стерильный световод малого диаметра (0,5-0,6 мм). Доза излучения не более 25 Дж/сеанс.

С целью профилактики вирусных инфекций (гепатит В, СПИД) желательное использование гибких световодов индивидуального применения.

Курс лечения состоит из 3-6 сеансов, проводимых с интервалом в 1-2 дня. Следует подчеркнуть, что соблюдение указанного интервала между сеансами является весьма существенным, поскольку ежедневные процедуры приводят к некоторому обострению болей. При необходимости второй курс лечения можно провести через месяц после первого.

### **Современные источники излучения и аппаратура для низкоинтенсивной лазерной терапии**

С незапамятных времен Солнце воспринималось как источник света, тепла и жизни. Использование естественного света в лечебных целях вероятно также старо, как само человечество. Солнечный свет и вода всегда были для человека максимально близкими и доступными лечебными средствами. Дошедшее до нас первое упоминание об осознанном использовании солнечных лучей в профилактических и лечебных целях относится к временам правления в Египте фараона Аменхотепа IV (предположительно с 1375 по 1358 годы до н.э.). О целебных свойствах Солнца есть сообщения в трудах: Геродота, Гиппократ, Аулия Корнелия Цельса, Клавдия Галена, Абу Али ибн Сины и др. Можно сказать, что Солнце - первый источник излучения в фототерапии, который имеет широкий спектральный диапазон, нестабильную мощность излучения, нестабильную степень поляризации.

В конце прошлого века появились искусственные источники света, которые имели более узкий спектральный диапазон, стабильную мощность излучения, благодаря чему получили значительно более выраженный и устойчивый лечебный эффект, чем при солнцелечении. К тому же стало возможным проведение исследований явлений фотобиоактивации с появлением более контролируемого средства воздействия. В первую очередь успехи светолечения связывают с именем датского физиотерапевта Нильса Рюберга Финсена (N.R.Finsen, 1860-1904), предложившего концентрировать солнечные лучи, одновременно исключая видимую и инфракрасную части спектра для лечения туберкулеза кожи (волчанки), а также лечить кожную оспу красным светом. В 1903 г. за разработку нового метода лечения ему была присуждена Нобелевская премия в области медицины [10].

Вторая половина XX столетия ознаменовалась появлением лазеров - источников света с новыми свойствами, такими, как: монохроматичность, когерентность, поляризованность и направленность. Этот факт не прошел незамеченным, и в середине 60-х годов началось изучение фотобиоэффектов, вызванных низкоинтенсивным лазерным излучением (НИЛИ). Одним из первых был вопрос о сопоставлении монохроматического излучения He-Ne лазера и широкополосного света красной лампы. В.М.Инюшин [6, 7] и другие исследователи убедительно показали преимущества лазерного излучения как средства терапевтического воздействия, что во многом и определило дальнейшее развитие низкоинтенсивной лазерной терапии, как самостоятельного направления физиотерапии.



Ниже приводится классификация лазеров по различным параметрам [4, 8, 12, 13, 15, 16].

1. Физическое (агрегатное) состояние рабочего вещества лазера.

газовые (гелий-неоновые, гелий-кадмиевые, аргоновые, углекислотные и др.);

экимерные (аргон-фторовые, криптон-фторовые и др.);

твердотельные (стекло, алюмоитриевый гранат и др., легированные различными ионами);

жидкостные (органические красители);

полупроводниковые (арсенид-галлиевые, арсенид-фосфид-галлиевые, селенид-свинцовые).

2. Способ возбуждения рабочего вещества.

оптическая накачка;

накачка за счет газового разряда;

электронное возбуждение;

инжекция носителей заряда;

тепловая;

химическая реакция;

другие.

3. Длина волны излучения лазера.

Если спектр излучения сосредоточен в очень узком интервале длин волн (менее 3нм), то принято считать излучение монохроматичным и в его технических данных указывается конкретная длина волны, соответствующая максимуму спектральной линии. Длина волны излучения определяется материалом рабочего вещества, но может изменяться в небольших пределах, например, от температуры. Одинаковые длины волн могут генерировать разные типы лазеров, например, около  $\lambda = 633\text{нм}$  работают лазеры: He-Ne, лазеры на красителях, на парах золота, полупроводниковые (AlGaInP).

4. По характеру излучаемой энергии различают непрерывные и импульсные лазеры.

Не следует смешивать понятия импульсный лазер и лазер с модуляцией непрерывного излучения, поскольку во втором случае мы получаем по сути дела прерывистое излучение различной частоты и формы но с максимальной мощностью не превышающей значение в непрерывном режиме или превышающей ее незначительно. Импульсные же лазеры обладают большой мощностью в импульсе, достигающей для некоторых типов 107 Вт и более, но длительность импульса чрезвычайно мала, а средняя мощность за период невелика.

5. Очень важной является характеристика средней мощности лазеров.

более 103 Вт - высокомошные лазеры;

менее 10-1 Вт - лазеры малой мощности;

Промежуточные значения нас не очень интересуют с точки зрения рассматриваемого материала. К лазерам для медицины нужно подходить с точки зрения оказываемого ими воздействия на биологический объект. В некоторых случаях "малая мощность" - 100 мВт может быть очень даже большой. В литературе по лазерной терапии [1] предлагается низкоинтенсивное лазерное излучение условно подразделять на "мягкое" - до 4 мВт/см<sup>2</sup>, "среднее" - от 4 до 30 мВт/см<sup>2</sup> и "жесткое" - более 30 мВт/см<sup>2</sup>. В лечебном процессе "мягкое" излучение используют для рефлексотерапии по точкам классической акупунктуры, "среднее" - для воздействия на поверхностно расположенные патологические очаги, либо на область проекции тех или иных органов." Жесткое" низкоинтенсивное излучение, в частности, гелий-неонового лазера, рекомендуют использовать в стоматологии при лечении некоторых заболеваний полости рта и зубов [11]. Однако открытым остается вопрос в отношении энергетической классификации терапевтических импульсных лазеров, который необходимо рассматривать комплексно с позиции биологического действия лазерного излучения, учитывая не только среднюю выходную мощность, но и уровень импульсной мощности, длительность импульса и время воздействия лазерного излучения.



6. По степени опасности генерируемого излучения для обслуживающего персонала лазеры подразделяются на четыре класса:

Класс 1. Лазерные изделия безопасные при предполагаемых условиях эксплуатации.

Класс 2. Лазерные изделия, генерирующие видимое излучение в диапазоне длин волн от 400 до 700 нм. Защита глаз обеспечивается естественными реакциями, включая рефлекс мигания.

Класс 3А. Лазерные изделия безопасные для наблюдения незащищенным глазом. Для лазерных изделий, генерирующих излучение в диапазоне длин волн от 400 до 700 нм, защита обеспечивается естественными реакциями, включая рефлекс мигания. Для других длин волн опасность для незащищенного глаза не больше чем для класса 1.

Непосредственное наблюдение пучка, испускаемого лазерными изделиями класса 3А с помощью оптических инструментов (например, бинокль, телескоп, микроскоп), может быть опасным.

Класс 3В. Непосредственно наблюдение таких лазерных изделий всегда опасно. Видимое рассеянное излучение обычно безопасно.

Примечание - Условия безопасного наблюдения диффузного отражения для лазерных изделий класса 3В в видимой области: минимальное расстояние для наблюдения между глазом и экраном - 13 см, максимальное время наблюдения - 10 с.

Класс 4. Лазерные изделия, создающие опасное рассеянное излучение. Они могут вызвать поражение кожи, а также создать опасность пожара. При их использовании следует соблюдать особую осторожность.

Эта градация определена ГОСТ Р 50723-94 Лазерная безопасность. Общие требования безопасности при разработке и эксплуатации лазерных изделий [3].

7. Для осуществления лечебного процесса часто важной является такая характеристика лазера, как угловая расходимость луча. Измеряется в градусах, угловых минутах ( $1/60$  градуса), угловых секундах ( $1/60$  минуты) или радианах ( $1^\circ = \pi / 180 > 0,0175$  рад). Наименьшую расходимость имеют газовые лазеры - около 30 угловых секунд ( $> 0,15$  мрад). Расходимость луча твердотельных лазеров - около 30 угловых минут ( $> 10$  мрад). у полупроводниковых лазеров: в плоскости, параллельной р-п - переходу - от 10 до 20 градусов (в зависимости от типа лазера); в плоскости, перпендикулярной р-п - переходу - около 40 градусов.

8. Коэффициент полезного действия (КПД) лазера. Различают теоретически возможный (квантовый выход) и реальный (полный) КПД. Последний определяется отношением мощности излучения лазера к мощности, потребляемой от источника накачки. У газовых лазеров полный КПД составляет 1-20% (гелий-неоновый - до 1%, углекислотный 10-20%), у твердотельных - 1-6%, у полупроводниковых - 10-50% (в отдельных конструкциях до 95%). Становится ясно, почему только полупроводниковые лазеры можно применять в автономной и портативной терапевтической аппаратуре.

Газовые лазеры многообразны по типу применяемой среды: He-Ne, CO, CO<sub>2</sub>, N, Ar и другие. Этим определяется очень широкий диапазон длин волн, на которых получена генерация. Накачка осуществляется путем создания тлеющего разряда в трубке, что возможно лишь при очень высоких питающих напряжениях. Из всех типов лазеров обладают самой минимальной шириной спектральной линии - до 10<sup>-7</sup> нм.

Экимерные лазеры являются разновидностью газовых лазеров, работают на соединениях, которые могут существовать только в возбужденном состоянии - галогенов и инертных газов (KrF, ArF и др.). Излучают в ультрафиолетовой области спектра.

Твердотельные лазеры - это в основном алюмоитриевоый гранат (АИГ), легированный ионами редкоземельных металлов (Nd, Er, Ho и др.). Собственно, эти ионы и являются источником излучения, а гранат лишь матрицей для их правильного расположения в пространстве.



Твердотельные лазеры могут быть как импульсными так и непрерывными, работают на среднем уровне мощностей.

Лазеры на красителях (в качестве рабочего тела используется жидкий раствор специальных красителей) характеризуются тем, что могут перестраиваться по длине волны в широком спектральном диапазоне.

Полупроводниковые лазеры (ППЛ) занимают особое место в силу своих конструктивных особенностей и физических принципов работы. Небольшие размеры лазера определяются высоким КПД и необходимостью обеспечения высокой плотности тока накачки для достижения инверсной заселенности. У полупроводниковых лазеров накачка осуществляется небольшим током (десятки мА) при приложении напряжения около 2 - 3 В, тогда как у других типов лазеров требуются тысячи вольт. Необходимо заметить, что мы имеем ввиду исключительно инжекционные полупроводниковые лазеры, накачиваемые прямым током, проходящим через диодную структуру (laser diode). Недостатком ППЛ является большая расходимость излучения, что ограничивает его применение в других областях, кроме лазерной терапии. ППЛ работают в диапазоне длин волн от 0,63 до 15 мкм. Самое широкое распространение, как в терапии, так и в хирургии получили лазеры в ближней инфракрасной (ИК) области ( $\lambda = 0,78-0,93$  мкм) на основе кристалла  $Ga_{1-x}Al_xAs$ . В последнее время все большее распространение получают полупроводниковые лазеры на основе  $AlGaInP$  ( $\lambda = 0,633-0,64$  мкм), заменяющие традиционные He-Ne. Лазеры с длиной волны 0,67 мкм и средней мощностью до 10 Вт применяются также успешно и для фотодинамической терапии (ФДТ). Сообщается о начале производства зеленых ( $\lambda = 0,53$  мкм) и голубых ( $\lambda = 0,42$  мкм) полупроводниковых лазеров на основе  $Zn_{1-x}Cd_xSe$ , мощностью несколько милливатт и наработкой на отказ до 1000 часов [18]. В таблице указаны основные типы полупроводниковых лазеров, применяемых в НИЛТ, их основные характеристики и фирмы-производители.

Тип лазера	Материал активной области	Длина волны, (мкм)	Режим работы	Мощность излучения	Производитель (страна)
SDL-3038	AlGaInP	0,633 - 0,64	непр.	5 мВт	SDL (США), Sanyo (Япония)
SDL-4038	AlGaInP	0,633 - 0,64	непр.	10 мВт	SDL (США), Sanyo (Япония)
LD-335	AlGaInP	0,633 - 0,64	непр.	35 мВт	SEMCO- LASER TECHNOLOGY (США)
IDL-670B	AlGaInP	0,67 - 0,69	непр.	30 мВт	НПО "ПОЛЮС" (Россия)
SDL-7470	AlGaInP	0,67 - 0,69	непр.	3 Вт	SDL (США)
IDL-780B (ИЛПН-108)	AlGaAs	0,78 - 0,8	непр.	40 мВт	НПО "ПОЛЮС" (Россия)
IDL-820B	AlGaAs	0,815 - 0,84	непр.	40 мВт	НПО "ПОЛЮС" (Россия)
IDL-850C	AlGaAs	0,83 - 0,87	непр.	500 мВт	НПО "ПОЛЮС" (Россия)
ЛПИ-101 (ЛПИ-102)	AlGaAs	0,88 - 0,91	имп.	5 Вт	НПО "ПОЛЮС" АО "ВОСХОД" (Россия)
ЛПИ-120	AlGaAs	0,88 - 0,91	имп.	15 Вт	НПО "ПОЛЮС", АО "ВОСХОД", (Россия)
SDL-3460	InGaAs	0,96 - 0,99	непр.	16 Вт	SDL (США)
IDL-1300C	InGaPAs	1,27 - 1,33	непр.	5 мВт	НПО "ПОЛЮС", АО "ВОСХОД", (Россия)
ИЛПН-206	InGaPAs	1,27 - 1,33	непр.	1,5 мВт	НПО "ПОЛЮС", АО "ВОСХОД",



Тип лазера	Материал активной области	Длина волны, (мкм)	Режим работы	Мощность излучения	Производитель (страна)
					(Россия)

Аппараты, применяемые в медицине, кроме самих лазеров содержат также: устройство для модуляции мощности излучения непрерывных лазеров или задающий генератор для импульсных лазеров; таймер, задающий время работы; индикатор или измеритель мощности излучения (фотометр); инструмент для подведения излучения к объекту (световоды) и др.

Наиболее перспективными в НИЛТ являются полупроводниковые лазеры. Малые габариты, низкие питающие напряжения, широкий диапазон длин волн излучения и мощностей, возможность прямой модуляции излучения, относительно низкая стоимость - все это позволяет говорить о том, что полупроводниковые лазеры вне конкуренции в этой области медицины.

В настоящее время выпускаются десятки аппаратов лазерной терапии (АЛТ): стационарные и переносные; многопрофильные и узкоспециализированные; применяющие лазеры различных типов и их комбинации и т.д. За годы развития лазерной терапии сформировались и требования к аппаратуре, которые в обобщенной форме были сформулированы относительно недавно [14, 19]. В соответствии с повышением уровня лазерной медицины значительно выросли и требования к современным АЛТ, наступил следующий этап развития лазерной терапевтической аппаратуры, как направления медицинского приборостроения - формирования единой целенаправленной политики в разработке и производстве на основе максимально тесного сотрудничества исследователей различных специальностей, практических врачей и производителей.

Универсальность - один из основополагающих принципов, заложенных в современном "инструменте" врача или исследователя. Основная цель универсальности - с минимальными затратами удовлетворить многочисленные, порой противоречивые требования врачей к аппаратуре. совместить несовместимое позволяет блочный принцип построения аппаратуры [14, 19]. Разработанная, исходя из этого принципа аппаратура, как бы разбивается на три части: базовый блок, излучающие головки и насадки. Принцип универсальности был реализован в полной мере при разработке АЛТ "Мустанг".

Базовый блок - основа каждого комплекта, является по существу блоком питания и управления. Основные его функции - задание режимов излучения: частота, время, мощность. Большинство моделей позволяют контролировать несколько параметров излучения, основным из которых является мощность (средняя или импульсная). Базовые блоки отличаются функциональными возможностями и условно можно разделить на два типа: с фиксированным набором параметров и произвольно задаваемым. При работе по известным методикам, когда процедуру отпускает медсестра и большой поток больных, наиболее предпочтительно и удобно пользоваться АЛТ, в котором применен принцип "фиксированных частот". На передней панели такого базового блока расположен ряд кнопок с указанием над каждой частоты, которая будет автоматически задана после нажатия кнопки. Необходимым атрибутом в этом случае является световая индикация включения, которая позволяет убедиться в правильности задания режима. Аналогичным образом выбирается время работы (таймер). Такой принцип реализован в моделях АЛТ "Мустанг" - 016, 017, 022.

Небольшое количество фиксированных параметров, задаваемых такими аппаратами, приводит к ограничениям возможностей, которые в известной степени устраняются наличием базовых блоков, позволяющих врачу самому задавать необходимые значения параметров (АЛТ "Мустанг" - модели 024 и 026). наглядное представление выбранных значений обеспечивается



цифровыми индикаторами разного типа. Аппараты всех типов обязательно должны иметь индикатор или измеритель мощности излучения (фотометр).

К одному блоку могут быть подключены одна, две и более излучающих головок, но наиболее распространены двухканальные аппараты. Как правило, в арсенале современного врача есть несколько типов головок, позволяющих максимально реализовать возможности лазерной терапии. В этом случае, применение различного типа коммутаторов, распределителей, разветвителей и т.д. очень удобно, т.к. нет необходимости менять с каждой процедурой головку и можно регулировать их мощность независимо. Можно быстро подключить любую из головок, причем одновременно и в любой комбинации можно использовать две и более, например, красный и инфракрасный лазеры. Взаимозаменяемость излучающих головок и насадок позволяет каждому врачу, исходя из конкретной задачи, составлять свой, оптимальный комплект оборудования или организовывать многофункциональные, высокоэффективные лечебные кабинеты.

Простота управления необходима в любой аппаратуре, в том числе и в медицинской. Критерием оценки простоты управления является время на обдумывание действий, связанных с изменениями параметров настройки и число совершенных при этом ошибок. Простота управления АЛТ тесно связана с ее эргономичностью. Должна быть обеспечена такая работа медперсонала, при которой все внимание сосредоточено на больном, на выполнение основной задачи - качественного лечения, а о действиях с самой аппаратурой можно было бы не задумываться.

Контроль параметров лазерного излучения чрезвычайно важен для обоснованности применяемых методов лечения и правильной дозировки, что обеспечивает наиболее качественное и эффективное лечение, а также для решения вопросов безопасности пациента и врача. Исходя из этих задач контролировать необходимо следующие параметры:

1. Длина волны излучения.

Этот параметр определяется типом лазера и указывается в документации заводом-изготовителем. Дополнительная индикация не требуется.

2. Частота повторения импульсов излучения или частота модуляции.

Задается переключателем любого из перечисленных выше типов на панели базового блока (блока управления). Информация о точном значении частоты представляется либо цифровым индикатором в виде конкретных цифр, либо фиксацией дискретного переключателя в нужном положении. необходимо заметить, что во втором случае каждая дискретная отметка обязательно должна содержать информацию о конкретном значении и размерности параметра, например, 80, 150, 300, Гц. Не допускается использовать отвлеченные величины типа: 1, 2, 3: с рекомендацией производителя узнавать реальное значение параметра в паспорте или инструкции по эксплуатации. Кроме того, что это просто неудобно, значительно повышается еще и вероятность ошибки при задании параметров воздействия.

3. Время работы (таймер).

Кроме требований, которые предъявляются к индикации частоты, необходимо обеспечить еще и звуковую индикацию начала и окончания работы.

4. Мощность излучения.

Вследствии того, что воздействие НИЛИ имеет дозозависимый характер, а мощность излучения может значительно меняться в силу многих причин: температуры окружающей среды, напряжения питания и др. - существует необходимость обязательного контроля мощности излучения для более точного определения дозы воздействия. Если падение мощности лазеров видимого диапазона излучения можно как-то заметить, то для инфракрасных лазеров (невидимое глазом излучение) проблема контроля мощности и вопросы безопасности стоят еще более остро.

Широкий диапазон рекомендуемых для различных заболеваний и методик мощностей предполагает наличие регулятора уровня мощности, и в этом случае контроль за этими изменениями просто необходим.





Излучающие головки подключаются к базовому блоку напрямую или через разветвитель. Состоят из одного или нескольких полупроводниковых лазеров (реже используют светодиоды) и электронной схемы управления, которая задает ток накачки лазера, а также обеспечивает адаптацию головки к унифицированному питанию от блока. Иногда электронная схема обеспечивает выполнение и других функций. Необходимо отметить, что именно полупроводниковые лазеры позволили создать систему выносных излучающих головок и реализовать в полной мере блочный принцип построения современной аппаратуры для низкоинтенсивной лазерной терапии.

Матричные излучатели составляют особый класс головок и автономных аппаратов. Из насадок с ними применяют только специальные магнитные (ММ-2, ММ-3). В медицинской практике наиболее часто применяют матричные излучающие головки и автономные аппараты, содержащие 10 импульсных инфракрасных лазеров [2, 17].

Масс-габаритные показатели аппаратуры далеко не всегда имеют решающее значение. Приоритетными чаще остаются характеристики, позволяющие в итоге получить наилучший лечебный эффект: универсальность, возможность изменения и контроля параметров излучения, простота управления и др. Проблема габаритов и веса аппарата остро стоит в том случае, когда требуется его систематическое перемещение. Подобные ситуации наиболее часто возникают в следующих случаях:

1. Условия работы врача: на плавающем судне, на борту самолета, в передвижных амбулаториях, в изолированных коллективах (дежурные точки, поисковые отряды, экспедиции), в походно-полевых условиях и др. С подобной проблемой также сталкиваются сельские и частнопрактикующие врачи.

2. Когда при периодическом врачебном контроле пациенты самостоятельно проводят процедуры. Особенно это актуально при лечении тяжелых хронических больных, передвижение которых затруднено, а также пациентов, находящихся далеко от лечебных учреждений, что позволяет не прерывать курс лечения в выходные и праздничные дни.

В этих ситуациях все преимущества у портативных аппаратов, имеющих минимальные габариты и вес, работающих как от сети (через адаптер), так и от батареи. В первом случае, платой за минимальные размеры и вес является для врача потеря универсальности и, как следствие, ограничение возможностей применения лазерной терапии, а во втором, простота таких аппаратов даже более целесообразна, т.к. позволяет не беспокоиться о неправильном его применении пациентом. В то же время, и практикующему врачу иногда вполне может хватить возможностей портативных аппаратов.

Автономные портативные аппараты лазерной терапии используют как матричные излучатели (АЛТ "Муравей") так и одиночные, имеющие то преимущество, что позволяют работать с различными насадками (магнитными и оптическими) [9]. Они незаменимы при работе с внутриполостным инструментом (ЛОР, стоматологический и др.), но особенно хорошо такие АЛТ проявили себя в рефлексотерапии. Например, для лазерной акупунктуры разработаны специальные АЛТ "Мотылек - рефлекс", в комплект которых входит соответствующая насадка (А3). Также специализированное направление их применения определяется использованием лазеров с наиболее эффективных для акупунктуры длин волн излучения 0,63 и 1,3 мкм.

Оптические насадки для внутриполостной лазерной терапии. Исторически, первыми в НИЛТ стали применять гелий-неоновые лазеры ( $\lambda = 0,63 \text{ мкм}$ ). Излучение с этой длиной волны проникает в ткани на незначительную глубину и воздействовать на внутренние органы было возможно только с помощью соответствующего световодного инструмента. В настоящее время, с появлением импульсных инфракрасных полупроводниковых лазеров и особенно матричных излучателей на их основе, стали зачастую отказываться от применения насадок в пользу неинвазивного облучения на проекцию больного органа.



Значительно расширить диапазон интенсивностей, не нарушающих гармонию внутренних биоритмов, можно при временной синхронизации воздействия на биосистему. В принципе, достичь нерассогласующего действия НИЛИ на всех уровнях можно путем согласования временной характеристики воздействующего излучения с периодами всех эндогенных биоритмов, но из-за принципиальных трудностей реализация такого режима ограничиваются априорным определением для каждого больного не менее 3-х частот внутренних ритмов, как это сделано в аппарате "Мустанг-БИО" (Россия). Применение полупроводниковых лазеров обеспечивает малые габариты и удобство пользователя [5].

Специализация некоторых аппаратов выводит на первый план совсем другие требования, чем универсальность, которая не всегда является исключительно необходимой. В какой-то степени, это уже показано на примере автономных аппаратов. В 1982-1989 гг. появились сообщения об эффективности применения внутривенного облучения крови (ВЛОК) для лечения больных стенокардией и острым инфарктом миокарда. Методика нашла применение во многих других областях медицины. Возникла необходимость аппаратурного обеспечения. Долгое время для этих целей успешно применялся аппарат АЛОК, в котором стоял He-Ne лазер с  $\lambda = 0,633$  мкм и мощностью 2,5 мВт. Теперь им на смену приходят аппараты, применяющие ППЛ с близкой длиной волны излучения. Фирмой "Техника" разработан, успешно прошел технические и клинические испытания АЛТ "МУЛАТ", который предназначен в основном для ВЛОК (максимальная мощность излучения 4,5 мВт).

Анализ литературных данных позволяет сделать следующие выводы о перспективах развития аппаратуры для НИЛТ:

1. Производство универсальных аппаратов, построенных по блочному принципу (базовый блок - излучающая головка - насадка) и позволяющих с минимальными затратами перепрофилировать их для лечения различных заболеваний.

2. Производство узкоспециализированных комплексов, сочетающих, как правило, несколько способов воздействия на организм человека. Такие комплексы, оснащенные мощным методическим сопровождением, позволяют максимально эффективно реализовать возможности физической медицины при лечении одного-двух заболеваний. Примером этого направления приборостроения могут служить также аппараты для внутривенного облучения крови, специализированные по способу воздействия.

3. Производство малогабаритных, автономных, исключительно простых в обращении и максимально безопасных аппаратов, предназначенных для самостоятельного использования их пациентами по назначению и под наблюдением лечащего врача. Такие АЛТ также могут быть полезны в ряде случаев и врачам.

4. Разработка и повсеместное внедрение методик НИЛТ, основанных на воздействии несколькими длинами волн монохроматического излучения (синяя, зеленая, красная и инфракрасная). Реализовать это в малогабаритном и универсальном аппарате позволяют полупроводниковые лазеры с соответствующими длинами волн излучения. Появляется возможность воздействия всеми длинами волн одновременно или в любой комбинации различными излучателями.

5. Замена непрерывных лазеров на генерирующие наносекундные импульсы пиковой мощностью 1-10 Вт и имеющие среднюю мощность на 2-3 порядка меньше, чем у применяемых сегодня непрерывных лазеров. Опять же единственными источниками излучения в данном случае могут выступать только полупроводниковые инжекционные импульсные лазеры с различными длинами волн излучения.

6. Реализация многочастотного режима модуляции лазерного излучения всей иерархией эндогенных ритмов конкретного пациента (или максимально возможным набором), охватывая диапазон от онтогенеза (10-10 Гц) до частот оптического диапазона электромагнитных волн (1014



Гц), которыми и осуществляется воздействие. Другими словами, чтобы получить максимальный эффект, надо учитывать и возраст пациента и варьировать различными длинами волн излучения. Между этими крайними точками частотной иерархии организации жизни есть множество характерных диапазонов, успешно изучаемых сегодня и которые надо учитывать при многочастотном режиме воздействия НИЛИ.

### **Заключение**

Мы попытались достаточно неглубоко исследовать очень широкую область современной медицины - применение лазерного излучения для восстановления здоровья человека. Что у нас получилось, судите сами. Все вышеописанное - безусловно, сплошная компиляция. Но мы и не претендуем на авторство по изложенным материалам и приносим глубочайшие благодарности авторам, список которых представлен ниже, за познавательный материал, помогший нам хоть немного заглянуть в этот удивительный мир - лазерную терапию.

### **Литература:**

1. Байбеков И.М., Касымов А.Х., Козлов В.И. и др. Морфологические основы низкоинтенсивной лазеротерапии. - Ташкент: Изд-во им. Ибн Сины, 1991. - 223с.
2. Буйлин В.А. Низкоинтенсивная лазерная терапия с применением матричных импульсных лазеров. - М., ТОО "Фирма"Техника", 1996. - 118с.
3. ГОСТ Р 50723-94 Лазерная безопасность. Общие требования безопасности при разработке и эксплуатации лазерных изделий. - М.: Издательство стандартов, 1995. - 34с.
4. Грибковский В.П. Полупроводниковые лазеры:-Мн.:Университетское, 1988.-304с.
5. Гримблатов В.М. Современная аппаратура и проблемы низкоинтенсивной лазерной терапии // Применение лазеров в биологии и медицине (Сборник). - Киев, 1996, С.123-127.
6. Инюшин В.М. Лазерный свет и живой организм. - Алма-Ата, 1970. - 46с.
7. Инюшин В.М., Чекуров П.Р. Биостимуляция лучом лазера и биоплазма. - Алма-Ата, "Казахстан", 1975. - 120с.
8. Кейси Х., Паниш М. Лазеры на гетероструктурах. - М., т.2., 1981. - 364с.
9. Москвин С.В., Радаев А.А., Ручкин М.М. и др. Новые возможности портативных лазерных терапевтических аппаратов "Мотылек" // VII Межд. науч.-практ. конф. "Применение лазеров в медицине и биологии". - Ялта, Украина, 1996. - С.111-113.
10. Москвин С.В. Лазерная терапия, как современный этап развития гелиотерапии (исторический аспект) // Лазерная медицина. - 1997. Т.1. вып.1. - С.45-49.
11. Прохончуков А.А., Жижина Н.А. Лазеры в стоматологии / Лазеры в клинической медицине. Руководство для врачей // Под ред. С.Д.Плетнева. - М.: Медицина, 1996. - С.283-303.
12. Справочник по лазерам / Под ред. А.М.Прохорова, пер. с англ. - т. 1-2, М., 1978.
13. Справочник по лазерной технике: Пер. с нем. - М.: Энергоатомиздат, 1991. - 544с.
14. Титов М.Н., Москвин С.В. Фирма "Техника"- разработчик лазерной медицинской аппаратуры // Лазер-маркет, (3-4) 1993. - С.18-19.
15. Электроника: Энциклопедический словарь. - М.: Сов. энциклопедия, 1991. - 688с.
16. Федоров Б.Ф. Лазеры. Основы устройства и применение. - М.: ДОСААФ, 1988. - 190с.
17. McKibbin L., Downie R. Treatment of Post Herpetic Neuralgia using a 904nm (infrared) Low Incident Energy Laser: a Clinical Study // LLLT for Postherpetic Neuralgia, 1991. - pp.35-39.
18. OE Reports, /155 / November, 1996.
19. Titov M.N., Moskvina S.V. and Priezzhev A.V. - Optimization of the parameters of biostimulator "Mustang" in respect to the light scattering properties of the tissues // Paper # 2086-22 presented at SPIE`s Symposium "Biomedical Optics Europe`93", Budapest, Hungary, 1993. "Лазерная рефлексотерапия", к.м.н. Якупов Р.А., М.,1998.



20. И.М. Денисов, “Применение низкоинтенсивных лазеров в медицине”, МЛЦ “ДАКСИМА” , Москва

21. С.В.Москвин, “Современные источники излучения и аппаратура для низкоинтенсивной лазерной терапии”, “Техника”, М., Россия.

