

## ВОЗДЕЙСТВИЕ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОРГАНИЗМ

*Бурхонов Б.Н., Хамроев Ж.Х.*

*Университет Зармед. г.Самарканд*

**Аннотация:** Представленные в данной работе материалы свидетельствуют о различной природе механизмов лечебных эффектов физических факторов разной природы. Феномен избирательного поглощения энергии физических факторов различными типами воспринимающих клеток и биологических структур свидетельствует о разных механизмах их лечебного воздействия и формируемых ими лечебных эффектов. Взаимодействие электромагнитных волн оптического диапазона с биологическими объектами проявляется как в волновых, так и в квантовых эффектах, вероятность формирования которых изменяется в зависимости от длины волны.

**Ключевые слова:** Биофизика, физика, физиотерапия, организм, физический фактор, электромагнитное излучения, тепло, доза излучения.

Взаимодействие электромагнитных волн оптического диапазона с биологическими объектами проявляется как в волновых, так и в квантовых эффектах, вероятность формирования которых изменяется в зависимости от длины волны. При оценке особенностей лечебного действия ЭМП оптического диапазона наряду с такими закономерностями его волнового распространения, как отражение, рассеяние и поглощение, необходимо также учитывать корпускулярные эффекты фотохимический, фотоэлектрический, фотолитический и др. В механизме фотобиологического действия ЭМП оптического диапазона определяющим является поглощение энергии световых квантов атомами и молекулами биологических тканей (закон Гротгуса-Дрейпера), в результате которого образуются электронно-возбужденные состояния молекул с переносом энергии кванта (внутренний фотоэффект) и происходит электролитическая диссоциация и ионизация биологических молекул. Характер первичных фотобиологических реакций определяется энергией квантов оптического излучения. В инфракрасной области энергии фотонов  $[(1,6-2,4) \cdot 10^{-19} \text{ Дж}]$  достаточно только для увеличения энергии колебательных процессов биологических молекул. Видимое излучение, энергия фотонов которого составляет  $(3,2-6,4) \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ , способно вызывать их электронное возбуждение и фотолитическую диссоциацию. Наконец, кванты ультрафиолетового излучения с энергией  $(6,4-9,6) \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$  вызывают ионизацию молекул и разрушение водородных связей (рис. 3.3).

На следующем этапе энергия оптического излучения трансформируется в тепло или образуются первичные фото- продукты, выступающие пусковым механизмом фотобиологических процессов. Первый тип энергетических превращений присущ в большей степени инфракрасному излучению, а второй ультрафиолетовому. Анализ природы происходящих процессов позволяет утверждать,

что специфичность лечебных эффектов различных участков оптического излучения зависит от длины волны.

Фотобиологические свойства ультрафиолетового излучения связаны главным образом с фотоионизацией, фотодиссоциацией и фотоизомеризацией нуклеотидов и аминокислот. Бактерицидное действие коротковолнового ультрафиолета в наибольшей степени связано с димеризацией тимина, однако в присутствии фотосенсибилизатора (бензофенона или ацетофенона) димеризация тимина наступает при облучении длинноволновым ультрафиолетом с длиной волны всего 360 нм.

Молекула бензофенона, поглощая квант с длиной волны 360 нм, переходит в возбужденное синглетное состояние, затем электрон безизлучательно переходит с синглетного на триплетный уровень. Если расстояние между молекулами тимина и бензофенона достигает 1 нм, происходит переход электрона с бензофенона на возбужденный триплетный уровень тимина, а электрон с основного уровня тимина переходит на основной уровень бензофенона, заполняя образовавшуюся там вакансию. Таким образом, в присутствии фотосенсибилизатора возбуждение пиримидиновых оснований возможно без непосредственного возбуждения донора их синглетных уровней, и поэтому достижимо квантами более «мягкого» ультрафиолета. В роли фотосенсибилизатора в клинике применяют псорален (PUVA-терапия). Таким образом, в клетках тканей, содержащих фотосенсибилизаторы, длинноволновое ультрафиолетовое излучение вызывает такие же биологические эффекты, какие в интактных тканях вызывает только жесткое коротковолновое ультрафиолетовое излучение с рядом побочных фототоксических и фотоаллергических эффектов.

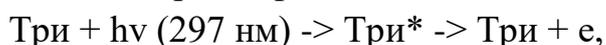
Кроме обменно-резонансного, возможен индуктивно-резонансный перенос энергии возбуждения с донора на акцептор. Например, если спектр люминесценции вещества-донора перекрывается со спектром поглощения (абсорбции) вещества-акцептора, происходит безизлучательный перенос возбужденного состояния с донора на акцептор. Вероятность переноса возбуждения тем выше, чем точнее совпадают спектры люминесценции донора и абсорбции акцептора. В отличие от обменно-резонансного переноса, эффективного на межмолекулярных расстояниях до 1 нм, индуктивно-

резонансный перенос энергии возможен при расстояниях между донором и акцептором до 10 нм.

Кроме димеризации, важным компонентом бактерицидного и мутагенного действия ультрафиолета является фотогидратация пиримидиновых оснований. Продукт такой реакции разрушается только термически, т.е. реакция практически необратима.

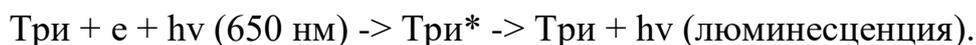
Важным аспектом механизма действия ультрафиолетового излучения является взаимодействие с белками и аминокислотами. Возбуждение УФ-излучением аминокислоты тирозина лежит в основе последовательности реакций, приводящих к синтезу дигидрофенилаланиновых меланинов (эумеланинов). Максимальная стимуляция меланиногенеза достигается при облучении средневолновым ультрафиолетом с длинами волн 260-320 нм. Среди физиотерапевтов и косметологов широко распространено неверное мнение, что максимальная активность меланиногенеза происходит при облучении длинноволновым ультрафиолетовым излучением с длиной волны 360 нм. Для этой цели применяются солярии с лампами, излучающими преимущественно длинноволновое УФ-облучение, однако оно способствует не синтезу нового меланина в меланоцитах, а транспорту меланиновых гранул по дендритам из тел меланоцитов в кератиноциты, чем и достигается видимый косметический эффект загар. Для синтеза меланина необходимо ультрафиолетовое излучение с длиной волны не более 320 нм.

СУФ (средневолновое ультрафиолетовое)-излучение с длиной волны от 300 нм и менее приводит, однако, к фотоионизации аминокислот и является канцерогенным, повышая риск развития рака кожи. Самая чувствительная к фотоионизации аминокислота триптофан - ионизируется при поглощении квантов с длиной волны 297 нм. Вероятнее всего, именно этим фактом обусловлен многократно возрастающий риск развития рака кожи при облучении ультрафиолетовым излучением с длиной волны менее 297 нм. Таким образом, для стимуляции меланиногенеза целесообразно использовать ультрафиолетовое излучение с длиной волны от 300 до 320 нм, хотя УФизлучение более коротковолнового диапазона 280-300 нм более эффективно, но оно, к сожалению. Чрезвычайно важна роль средневолнового ультрафиолетового излучения при синтезе витамина В. Вследствие фотоионизации при облучении УФ с длинами волн 260 нм образуют свободные радикалы аминокислоты фенилаланина, 270 нм тирозина, а 297 нм триптофана:



где Три\* возбужденное состояние молекулы триптофана, Три ионизированное состояние молекулы триптофана. e -гидратированный электрон.

В ходе реакции образуются катион-радикал аминокислоты и чрезвычайно активный гидратированный электрон. Гидра-тированный электрон поглощает фотон с длиной волны 650 нм, после чего освобождается из потенциальной ямы пиратного окружения и рекомбинирует с радикалом аминокислоты. Таким образом, КУФ- и СУФ-излучения инициируют образование свободных радикалов, а оптическое излучение с длиной волны около 650 нм «тушит» наработку свободных радикалов. При облучении красным светом реакция обращается в следующую:



Потенциальная энергия электрона в гидратном окружении, равная примерно 2 эВ. является причиной антирадикальной активности красного излучения. Следует особо подчеркнуть, что энергия связи электрона с молекулами воды зависит от температуры и концентрации ионов в растворе и не строго соответствует фотону с длиной волны 650 нм, а может отклоняться от данного значения на несколько нанометров в ту или иную сторону. Потенциальная энергия гидратированного катион-радикала также составляет величину около 2 эВ. что соответствует длине волны красного излучения. Антирадикальная активность красного излучения, вероятно, является важным, если не основным компонентом лечебного действия красной фото- и лазеротерапии. Существенно облегчает неинвазивное использование красного излучения высокая прозрачность для него биологических тканей относительно других длин волн оптического диапазона. Оптическое излучение низкой (нетепловой) интенсивности

видимого и инфракрасного диапазонов преимущественно влияет на возбуждение тех или иных электронных энергетических уровней, но не абсолютно обуславливает его, поскольку

естественный ход химических окислительно-восстановительных реакций у животных сопровождается возбуждением молекулы и переносом электрона от донора к акцептору в темноте. При переносе электрона в возбужденное состояние по донорноакцепторному механизму в случае отсутствия химических источников свободной энергии необходима индукция переноса электрона квантом света.

Фотоны инфракрасного излучения, имеющие энергию, равную или больше энергии окислительно-восстановительных пар в цепи переноса электронов в митохондриях, в принципе могут индуцировать перенос электрона от донора к акцептору. Таким образом, инфракрасным излучением может быть активизировано тканевое (клеточное) дыхание. Значение энергии фотона может

быть большим, чем разность энергии окислительно-восстановительной пары «мишени» излучения, так как молекулы-переносчики электронов находятся в мембранах и гидратном окружении и их энергетические уровни ниже, чем были бы у молекул в свободном состоянии. Часть энергии поглощенного кванта соответственно передается молекулам-соседям и рассеивается без излучения. Примечательно, что разности энергии окислительно-восстановительных пар компонентов дыхательной цепи составляют десятые доли электрон-вольта и энергии соответствующих квантов приходится на ближний инфракрасный диапазон. Например, энергия окислительно-восстановительной пары НАДЛАН энергия окислитель цитохромоксидазы 0,55 ЭВ, а эперли составляет. Заом «красных» фотонов около 1,5 эВ. К настоящему времени надежно установлено влияние низкоинтенсивного лазерного излучения на реакции неспецифического иммунитета. Несмотря на обилие «белых пятен» в механизмах иммуностимулирующего и иммуномодулирующего действия лазерного излучения, некоторые аспекты данных механизмов можно считать установленными. Важным звеном реакций иммунитета является синтез синглетного кислорода, окисляющего фосфолипиды плазматической мембраны бактерий. Примером фермента, поставляющего синглетный кислород, является НАДФН-оксидаза альвеолярных макрофагов. Эта реакция в обычных физиологических условиях происходит в темноте, но может происходить и на свету. Кислород в основном (невозбужденном) состоянии является парамагнетиком, следовательно, его основной энергетический уровень триплетный. Синглетное состояние у кислорода возбужденное и для его возбуждения требуется энергия кванта с длиной волны 1270 нм, но такой переход является запрещенным. Таким образом, мы ограничимся лишь выводом, что синглетный кислород в присутствии органических молекул-сенситизаторов образуется после ряда безизлучательных переходов при возбуждении триплетного уровня фотоном с длиной волны 632 нм или, со значительно меньшей вероятностью, фотоном с длиной волны 760 нм. Следовательно, красное излучение с длиной волны 632 нм обуславливает активацию синтеза синглетного кислорода и обладает мягким прооксидантным биологическим эффектом.

Красное излучение может обуславливать как антиоксидантный эффект рекомбинацию гидратированных электронов с катион-радикалами излучением 650 нм, так и прооксидантный эффект образование синглетного кислорода при облучении фотонами с длиной волны 632 нм. Немонохроматическое (широкополосное) красное излучение может обусловить преобладание того или иного эффекта в зависимости от отношения спектральной плотности энергетической светимости при длинах волн 650 и 632 нм от локализации

облучения и от функционального состояния облучаемых тканей. Отметим, что в последнее время в лазеротерапии сложилась практика применения красного излучения именно с длинами волн 632 и 650 нм как биологически и клинически наиболее эффективных. Упомянутые длины волн были выбраны эмпирически, и практика их применения сложилась без глубокой предварительной аргументации.

Механизмы действия ближнего инфракрасного излучения связаны с активацией переноса электронов по дыхательной цепи митохондрий. Активация тканевого дыхания наряду с повышением интенсивности метаболизма приводит также к избыточному накоплению активных форм кислорода:  $O_2$  OH,  $H_2O_2$ , и ряда других. Генерация активных форм кислорода есть неизбежная плата за высокую метаболическую активность аэробного дыхания нашего организма: кислород является элементом не только дающим жизнь, но и приносящим преждевременное старение и гибель клеток.

Степень проявления фотобиологических эффектов в организме зависит от интенсивности оптического излучения, которая обратно пропорциональна квадрату расстояния от источника до облучаемой поверхности. Исходя из этого, в клинической практике определяют не интенсивность, а дозу облучения на определенном расстоянии от источника путем измерения времени облучения. Наряду с активирующей ролью инфракрасного лазерного излучения низкой интенсивности на тканевый метаболизм в клинической практике надежно установлено потенцирование клинических лечебных эффектов лазеротерапии в постоянном и низкочастотном переменном магнитных полях.

При одновременном применении лазерного излучения и постоянного магнитного поля энергия квантов нарушает слабые электролитические связи между ионами и молекулами воды, а магнитное поле способствует этой диссоциации и одновременно препятствует рекомбинации ионов (фотомагнитоэлектрический эффект Кикоина-Носкова). Кроме того, в постоянном магнитном поле молекулярные диполи строго ориентированы преимущественно вдоль его силовых линий, а поскольку вектор магнитной индукции направлен перпендикулярно световому потоку (магнит расположен по периметру облучаемого участка), то основная масса диполей располагается вдоль него. Это существенно увеличивает проникающую способность лазерного излучения (до 70 мм), уменьшает коэффициент отражения на границе раздела тканей и обеспечивает максимальное поглощение лазерного излучения. Указанные особенности существенно повышают терапевтическую эффективность магнитолазерного воздействия на патологический процесс.

Таким образом, электромагнитные поля и излучения имеют определенное пространственно-временное распределение энергии, которая при

взаимодействии ЭМП с биологическими тканями трансформируется в другие виды (механическую, химическую, тепловую и др.). Вызванные возбуждением или нагреванием тканей организма процессы служат пусковым звеном физико-химических и биологических реакций, формирующих конечный терапевтический эффект. При этом каждый из типов рассмотренных электромагнитных полей и излучений вызывает присутствие только ему физико-химические процессы, которые определяют специфичность их лечебных эффектов.

### **Литература**

1. Самойлев В.О. Медицинская биофизика: Учебник. – Спец – Лит, 2004. – 496 с.
2. Рубин А.Б. Теоретическая биофизика – М: изд. МГУ, 2004. – 469 с.
3. Атаходжаев А.К., Ганиев Ф., Бурхонов Б.Н. Гиперакустические параметры нитробензола и анилина при различных внешних условиях. Сб. научных статей. Спектроскопия конденсированных сред. Самарканд 1994. – 58-61 стр.
4. Xudoykulova Sh. N.; Burkhonov B.N. Hyperacoustic parameters of a series of alcoholsat different state parameters. *Academicia: An International Multidisciplinary Research journal* ISSN: 2249-7137 Vol. 11. Issue 11. November 2021 pp. 892-895