

ТЕРАПЕВТИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

**В. А. Мостовников, Г. Р. Мостовникова, В. Ю. Плавский,
Л. Г. Плавская, А. Рябцев**

Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси, г. Минск

Показана перспективность использования методов лазерной терапии для лечения широкого круга заболеваний различного генеза. Экспериментально обоснованы и клинически подтверждены методы усиления биологического и, как следствие, терапевтического действия низкоинтенсивного лазерного излучения, основанные на комбинированном воздействии излучением синей и красной областей спектра, а также на совместном действии лазерного излучения и постоянного магнитного поля. Приводятся данные о технических характеристиках разработанных и выпускаемых лазерных терапевтических установок, позволяющих реализовать методы повышенной эффективности. Обсуждаются фотофизические механизмы биологической активности лазерного излучения. Выдвинуто предположение об определяющей роли ориентационных механизмов волновой природы, индуцирующих конформационные изменения в молекулярных (ферменты) и субмолекулярных (мембраны) структурах, ответственных за регуляцию метаболизма.

Результаты комплексных исследований биологической активности и терапевтического действия низкоинтенсивного лазерного излучения (мощность $W = 5 - 50$ мВт) различных длин волн, полученные авторами данной работы и другими исследователями, свидетельствуют о развитии новой высокоэффективной медицинской лазерной технологии с большими потенциальными возможностями лечения весьма широкого круга заболеваний [1, 2, 3]. Сущность лазерной терапии заключается в воздействии указанным физическим фактором на очаги поражения, как на поверхности тела человека, так и внутриполостной локализации; на кровь (внутривенное и надвенозное облучение), на биологически активные точки, на зоны Захарьина-Геда, на проекцию внутренних органов через кожный покров [1, 2]. Терапевтический эффект зависит от плотности мощности действующего излучения и времени действия [4]. При подборе данных параметров терапевтический эффект может быть получен для низкоинтенсивного лазерного излучения любой длины волны в ближнем ультрафиолето-

вом, видимом и ближнем инфракрасном диапазонах спектра электромагнитных волн [4, 5]. Действие низкоинтенсивного лазерного излучения на ткани организма человека вызывает изменение активности важнейших ферментов метаболизма, проницаемости клеточных мембран, скорости синтеза белков, ДНК, РНК, деления клеток, регенерации тканей, репарации повреждений генетического аппарата, активности иммунной системы, что и определяет его терапевтический эффект [1]. Установлено, что при локальном (точечном) воздействии низкоинтенсивным лазерным излучением на ткани организма, вызванные изменения генерализуются на обширные области. Это позволяет реализовать требуемые для обеспечения хорошего терапевтического эффекта плотности мощности действующего излучения при низкой выходной мощности излучения применяемых лазеров [1].

Экспериментальные исследования на клеточном и организменном уровнях показали, что при комбинированном действии низкоинтенсивным лазерным излучением первоначально синей, а затем - красной областей спектра электромагнитных волн, стимулирующий и, как следствие, терапевтический эффекты значительно повышаются. Результаты этих исследований послужили основой для разработки новых более эффективных методик лазерной терапии. Для практической реализации указанных методик создан лазерный терапевтический аппарат «Лазурит-3М» включающий гелий-неоновый ($\lambda_{\text{изл}} = 632.8$ нм, мощность излучения $W = 20$ мВт); гелий-кадмиевый ($\lambda_{\text{изл}} = 441.6$ нм, $W = 15$ мВт); полупроводниковый ($\lambda_{\text{изл}} = 830$ нм, $W = 25$ мВт) лазеры. Клинические испытания аппарата «Лазурит-3М» показали его возможность обеспечить высокую эффективность лечения широкого круга заболеваний различной локализации. Аппарат рекомендован к серийному производству Минздравом Республики Беларусь. В лечебных учреждениях РБ в настоящее время успешно используются более 100 таких аппаратов.

Кроме данного метода экспериментально обоснована еще одна возможность повышения терапевтического эффекта лазерного излучения. Она заключается в использовании в технологии лечения одновременного воздействия низкоинтенсивным лазерным излучением и слабым магнитным полем (50 - 100 мТл). Для реализации такой технологии в медицинской практике нами разработан малогабаритный терапевтический аппарат «Люзар-МП», включающий два диодных лазера ($\lambda_{\text{изл}} = 670$ нм, $W = 15$ мВт и $\lambda_{\text{изл}} = 780$ нм, $W = 25$ мВт) и пост-

янный магнит, обеспечивающий индукцию магнитного поля в зоне воздействия лазерного излучения на поверхности тела человека до 100 мТл. По результатам государственных испытаний, показавших его высокий технический уровень и широкие лечебные возможности, указанный аппарат рекомендован Минздравом Республики Беларусь в конце 1998 года к серийному производству. К настоящему времени изготовлено и поставлено в лечебные учреждения РБ 60 таких лазерных терапевтических аппаратов. Врачи хорошо отзываются об их технических параметрах и лечебных возможностях.

Следует, однако, отметить, что, несмотря на приведенные выше факты, вопрос о молекулярном механизме терапевтического действия низкоинтенсивного лазерного излучения до настоящего времени является дискуссионным. Для его решения необходимо определить молекулы или молекулярные системы в клетках организма, воздействие на которые указанного излучения приводит к наблюдаемому на практике лечебному эффекту. Необходимо также выяснить происходящие при этом изменения в структуре указанных молекулярных систем.

В литературе высказывалось предположение о наличии в клетках животных специализированной системы фоторегуляции подобной фитохромной системе у растений и о возможной взаимосвязи биологической активности лазерного излучения с полосой поглощения соединений, входящих в систему фоторегуляции. Следует, однако, отметить, что данные современной физиологии не дают оснований для предположения о существовании на коже человека и животных таких специализированных специфических фоторецепторов. Авторы другой точки зрения объясняют активирующее действие лазерного излучения поглощением его квантов неспециализированными молекулами, что приводит к появлению фотопродуктов, влияющих на процессы метаболизма в клетках. В качестве возможных молекул-фоторецепторов рассматривают белки, имеющие интенсивные полосы поглощения в видимой области спектра: гемоглобин, каталаза, пероксидаза, цитохромы, церулоплазмин, супероксиддисмутаза, флавопротеиды, а также молекулярный кислород, всегда присутствующий в биологическом объекте. Основываясь на этой гипотезе, следовало бы ожидать наличия выраженных экстремумов в спектре терапевтического действия лазерного излучения, что экспериментально не подтверждено [4].

Анализ результатов экспериментальных исследований, а также клинических результатов позволил нам сделать вывод, что терапевти-

ческий эффект низкоинтенсивного лазерного излучения обусловлен его воздействием на белковые молекулы ферментов и мембраны клеток. Как известно, указанные молекулярные структуры ответственны за регуляцию всех биохимических процессов в организме. В результате такого воздействия происходят обратимые изменения пространственной конфигурации этих структур и, как следствие, обратимые изменения их регуляторных свойств. Из клинической биохимии известно, что всякая патология, в конечном счете, связана с нарушением регуляции биохимических процессов. Таким образом, изменения в результате воздействия низкоинтенсивным лазерным излучением пространственной структуры и регуляторных свойств молекул ферментов и клеточных мембран вызывают изменение скорости биохимических реакций, что при подборе условий и параметров излучения (плотность мощности, время) приводит к терапевтическому эффекту. Необходимо отметить, что важным условием регулирующего действия любого физического фактора на молекулы ферментов и мембран является его неповреждающий характер, что проявляется в обратимости эффекта действия.

Предполагаемый фотофизический механизм обратимого изменения пространственной структуры молекул ферментов и мембран связан с жидкокристаллическим характером. Электрическое поле световой волны взаимодействует с наведенным этим полем интегральными дипольными моментами доменов (высокоупорядоченных анизотропных участков рассматриваемых молекулярных структур). Как известно, вращающий момент (M), действующий на такой домен будет пропорционален квадрату напряженности электрического поля (E) световой волны ($M \sim E^2$), т.е. будет зависеть от плотности мощности действующего излучения.

Возможны также и другие физические механизмы действия света на пространственную структуру ферментов и мембран, описанные в литературе при рассмотрении взаимодействия света с жидкими кристаллами [6].

1. Крюк А. С., Мостовников В. А., Хохлов И. В., Сердюченко Н. С. Терапевтическая эффективность низкоинтенсивного лазерного излучения. – Мн., 1986.
2. Илларионов В. Е. Техника и методика процедур лазерной терапии. М., 1994.
3. Karu T. // *Laser Life Sci.* – 1998. – № 2. – P. 53.
4. Mostovnikov V. A., Mostovnikova G. R., Plavski V. Yu., Plavskaja L. G. // *SPIE.* – 1996. – Vol. 50. – P. 2728.