

УДК 535.243.2

ОБЗОР НАПРАВЛЕНИЙ СОВРЕМЕННОЙ ЛАЗЕРНОЙ МЕДИЦИНЫ

Мягкая Виктория Александровна, Баранов Денис Андреевич

Студенты 4 курса

кафедра «Лазерные технологии в машиностроении»

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Научный руководитель: М.А. Якимова,

ассистент кафедры «Лазерные технологии в машиностроении»

Ключевые слова: лазерная терапия, фракционная методика, лазерная хирургия, лазерная диагностика, лазерная дерматология, биоткань.

Аннотация: В данной работе приведены основные направления лазерной медицины и используемые методики в них. Описаны основные типы лазерных аппаратов, рекомендованных Минздравом для различных лечебных целей. Рассмотрены возможности использования низкоинтенсивного лазерного излучения в медицине.

В настоящее время трудно представить медицину без лазерных технологий, которые открыли новые возможности в разрешении многочисленных медицинских проблем. Лазерная медицина обеспечила огромный прогресс медицинской науки, а также разработку новейших лазерных технологий.

Развитие лазерной медицины идет по трем основным путям:

- лазерная хирургия
- лазерная терапия
- лазерная диагностика

Хирургия

За долгие годы применения высокоэнергетических лазеров в хирургии, лазеры продемонстрировали свои преимущества перед традиционными хирургическими методами и достигли почти оптимальных возможностей при проведении операций.

Хирургические лазеры бывают как непрерывные, так и импульсные, в зависимости от типа активной среды. Условно их можно разделить на три группы по уровню мощности:

Коагулирующие: 1 - 5 Вт,

Испаряющие и неглубоко режущие: 5 - 20 Вт,

Глубоко режущие: 20 - 100 Вт.

Каждый тип лазера в первую очередь характеризуется длиной волны излучения. Длина волны определяет степень поглощения лазерного излучения биотканью, а, значит, и глубину проникновения, и степень нагрева как области хирургического вмешательства, так и окружающей ткани.

Учитывая, что вода содержится практически во всех типах биоткани, можно сказать, что для хирургии предпочтительно использовать такой тип лазера, излучение которого имеет коэффициент поглощения в воде более 10 см^{-1} или, что то же самое, глубина проникновения которого не превышает 1 мм.

При воздействии лазерного излучения на биоткань сначала происходит ее нагрев, а затем уже испарение. Для эффективного разрезания биоткани нужно быстрое испарение в месте разреза с одной стороны, и минимальный сопутствующий нагрев окружающих тканей с другой

стороны. При одинаковой средней мощности излучения короткий импульс нагревает ткань быстрее, чем непрерывное излучение, и при этом распространение тепла к окружающим тканям минимально. Но, если импульсы имеют низкую частоту повторения (менее 5 Гц), то непрерывный разрез провести сложно, это больше похоже на перфорацию. Следовательно, лазер предпочтительно должен иметь импульсный режим работы с частотой повторения импульсов более 10 Гц, а длительность импульса - минимально возможную для получения высокой пиковой мощности.

На практике оптимальная выходная мощность для хирургии находится в диапазоне от 15 до 60 Вт в зависимости от длины волны лазерного излучения и области применения.

Важным для хирургии свойством лазерного излучения является способность коагулировать кровенасыщенную (васкуляризованную) биоткань.

В основном, коагуляция происходит за счет поглощения кровью лазерного излучения, ее сильного нагрева до вскипания и образования тромбов. Таким образом, поглощающей мишенью при коагуляции могут быть гемоглобин или водная составляющая крови. Это означает, что хорошо коагулировать биоткань будет излучение лазеров в области оранжево-зеленого спектра (КТР-лазер, на парах меди) и инфракрасных лазеров (неодимовый, гольмиевый, эрбиевый в стекле, СО₂-лазер).

Для повышения эффективности лазеров в хирургии применяют комплексные методы лечения (лазер в сочетании с физиотерапевтическими методами, ультразвуком, медикаментозным лечением).

Разрабатываются комбинированные методы хирургической эндоскопии с применением ФДТ у больных с неоперабельными опухолями трахеи и бронхов, комбинированные методы лечения больных туберкулезом с нагноительными заболеваниями легких и плевры (местная озонотерапия, введенное облучение крови, УФ-лазерное облучение в сочетании с хирургическим лечением).

Дальнейшее совершенствование методов лазерной хирургии - за разработкой и применением новых типов лазеров, таких, как диодные лазеры, на свободных электронах и других.

Онкология

Другим важным направлением является применение лазеров в онкологии. В настоящее время в онкологии востребованы интерстициальная лазерная гипертермия опухолей и фотокоагуляция. В основе метода фотокоагуляции и интерстициальной лазерной гипертермии опухоли лежит применение лазерного излучения высокой мощности в контактном режиме. Вследствие активного поглощения света опухолевыми клетками развивается гипертермия, приводящая к тепловому некрозу опухоли.

Клиническая эффективность лазерной гипертермии опухолей значительно возрастает при использовании фотодинамического эффекта. Такой вид лазерного лечения опухолей получил название фотодинамической терапии. ФДТ основана на использовании способности опухолевых тканей накапливать некоторые введенные в организм вещества - фотосенсибилизаторы (ФС)- в значительно большей степени по сравнению с окружающими здоровыми.

Для обеспечения ФДТ необходим ФС, видимый свет и кислород. В качестве источника света используется низкоинтенсивный лазер, а ФС - вещества, которые селективно накапливаются в опухолевой ткани, интенсивно поглощают свет, хорошо проникающий через ткани и обладают фотохимической активностью. В области фотодинамической терапии написано много публикаций по вопросам изучения фотосенсибилизаторов различных поколений, изучаются их фотосенсибилизирующие свойства и фармакодинамика.

Появилась серия работ разных авторов из разных стран по лечению метастазов злокачественных опухолей с помощью метода ФДТ. В настоящее время накоплен большой

клинический опыт применения ФДТ в профильных онкологических центрах (Московский НИИ онкологии им. Герцена, ОНЦ РАМН и в ряде других региональных центров).

Проявляется повышенный интерес к экспериментально-клиническому изучению и совершенствованию метода ФДТ. Пытаются применить двухфотонное возбуждение фотосенсибилизаторов, которое позволяет существенно увеличить глубину воздействия и снизить световую нагрузку на здоровые ткани. Ведется поиск более эффективных лазерных систем.

Лазерная терапия

Следующим немало важным направлением является лазерная терапия.

Лазерная терапия - это эффективное безмедикаментозное лечение, которое проводится в удобное для вас время в амбулаторных условиях.

Действующим фактором лазера является направленный световой поток. Влияние его на живую ткань уникально. В лазерной терапии применяется лазерное излучение низкой интенсивности (ЛИНИ), энергетический спектр, которого совпадает со спектром поглощения ферментов-акцепторов, участвующих в жизненно-важном процессе усвоения кислорода тканями организма. При лазерной терапии, поглотив энергию света, ферменты запускают важные биохимические процессы, что приводит к обновлению мембран клеток. Это один из основных механизмов, лежащих в основе биостимулирующего воздействия.

Передача световой энергии внутренним средам организма - это своеобразный "энергетический толчок", благодаря которому активизируются процессы саморегуляции, больные клетки восстанавливают свою жизнедеятельность, а значит - мобилизуются собственные силы организма. ЛИНИ положительно воздействует на микроциркуляцию, стимулирует расширение капилляров. Это улучшает питание тканей, повышает усвоение тканями кислорода, что в свою очередь ведёт к ускорению процессов заживления.

Высокая лечебная эффективность достигается при сочетанном воздействии низкоинтенсивного лазерного излучения и постоянного магнитного поля на одну и ту же область биологического объекта, так как происходит не простое суммирование однонаправленного действия, а развиваются качественно новые процессы.

Энергия квантов низкоинтенсивного лазерного излучения нарушает электролитические связи между ионами. Постоянное магнитное поле способствует этой диссоциации и одновременно препятствует рекомбинации ионов в процессе сочетанного воздействия. При этом увеличивается глубина проникания светового потока в ткани.

При сочетанном магнитолазерном воздействии, особенно при лечении глубоко расположенных патологических очагов, более эффективно применение низкоинтенсивного лазерного излучения ближней инфракрасной части спектра в диапазоне значений 0,8...1,2 мкм.

В 1985 г. на кафедре «Лазерная техника и технология» был создан, запущен в производство и серийно освоен первый отечественный лазерный терапевтический аппарат «Узор» на полупроводниковых лазерах военно-медицинского назначения. Он предназначен для лечения огнестрельных, минно-взрывных и механических ран в военных лечебных учреждениях Министерства обороны и для дальнейшей реабилитации раненых.

В настоящее время благодаря успехам квантовой электроники и оптики появились новые типы лазерных излучателей терапевтического действия инфракрасного и красного диапазонов.

С 2005 г. разработаны и освоены в производстве новые модели аппаратов: «Узор-3К» и «Узор-3КС»

Одна из усовершенствованных разработок — лазерный терапевтический аппарат «Улан-БЛ-3К», который представляет собой физиотерапевтический кабинет в кейсе. Он объединяет в себе сразу три аппарата: «Узор-Рефлекс», «Узор-2К», «Улей-2К-Урат».

Аппараты «Узор-3К» все шире стали применяться в косметологии. Они позволяют ускоренно ликвидировать раздражения и воспаления кожи после чистки лица, применяются при

профилактике старения, сухости и дряблости кожи, повышают ее упругость и эластичность. Излучение этих аппаратов используется по утвержденным Минздравом методикам при фурункулезе, для заживления ран, предотвращения образования рубцов после удаления папиллом, фибром, кожного рога, лечения коллоидных рубцов после пластических операций и т. д.

Косметология

В последние несколько лет чрезвычайно широко в косметологии используется фракционная лазерная методика обработки кожи.

Фракционная методика заключается в облучении не всей, а только части (фракции) области биоткани, требующей лечения. В местах воздействия (фракциях) наблюдается локальная коагуляция и, как следствие, стимулируется рост новых клеток, при этом вся область, подвергшаяся обработке, не теряет своей анатомической функции. Данная технология впервые была применена в лазерной дерматологии для регенерации кожи человека. Для фракционной обработки используют излучение твердотельных лазеров с длиной волны 1,4–1,6 мкм, а также излучение эрбиевых лазеров с длиной волны 2,94 мкм. Перспективными можно считать разработки лазерных систем с диодной накачкой и высокой частотой повторения импульсов.

На основе диодных (полупроводниковых) лазеров с волоконным выводом излучения создано новое поколение медицинских аппаратов «Кристалл»

В настоящее время диодные лазеры аппаратов «Кристалл» заняли прочное место в лазерной косметологии.

Лазерные аппараты «Кристалл» представляют собой высокотехнологичные лазеры последнего поколения, оснащенные системой установки режима работы (импульсного или непрерывного) в зависимости от проводимой операции, при этом в автоматическом режиме устанавливаются мощность (от 0,1 до 7 Вт или от 0,1 до 15 Вт), длительность импульса (0,01 – 1 сек) и интервал между импульсами (0,01 – 1 сек).

Лазерная Диагностика

Перспективным направлением в медицине является лазерная диагностика.

Лазерная диагностика в биологии и медицине — это новое направление в фотобиологии, являющееся эффективным средством изучения биологических систем различной степени организации — от биомолекул до клеток, биотканей и отдельных органов.

Методы лазерной макро- и микродиагностики обладают высокой чувствительностью, значительным пространственным разрешением и универсальностью. Они перспективны для ранней диагностики рака, катаракты, различных заболеваний крови и др. Их используют для анализа загрязнений окружающей среды токсическими и патогенными веществами. С их помощью изучают сверхбыстрые процессы фотосинтеза и фотобиохимических реакций, а также определяют малые скорости кровотока в сосудах, подвижность бактерий и пр.

Актуальность и социально значимость методов лазерной диагностики в медицине требуют разработки новых диагностических методик и устройств, выполненных на современном уровне развития лазерных технологий. Такой перспективной технологией в медицине является лазерная диагностика по биоспеклам кожи.

Под спеклами понимается пятнистая структура (спекл-структура) в распределении интенсивности когерентного света, отраженного от шероховатой поверхности, неровности которой соизмеримы с длиной волны света λ (примером такой поверхности может служить кожа человека). Спеклы возникают вследствие интерференции света, рассеиваемого отдельными шероховатостями такой поверхности. Методы спекл-интерферометрии (используемые для измерения смещений, деформаций, вибраций, определения формы и качества неживых диффузных объектов) всесторонне исследованы на практике. Кожа

животных и человека при освещении также создает биоспеклы, имеющие высокую информативность при диагностике в лазерной медицине.

Также в лазерной диагностике используются методы: термография, тепловизионное исследование, агрография и др. Рассмотрим метод тепловизионного исследования. В человеческом организме вследствие экзотермических биохимических процессов в клетках и тканях, а также за счет высвобождения энергии, связанной с синтезом ДНК и РНК, вырабатывается большое количество тепла-50-100 ккал/грамм. Это тепло распределяется внутри организма с помощью циркулирующей крови и лимфы. Кровообращение выравнивает температурные градиенты. Кровь благодаря высокой теплопроводности, не изменяющейся от характера движения, способна осуществлять интенсивный теплообмен между центральными и периферическими областями организма. Наиболее теплой является смешанная венозная кровь. Она мало охлаждается в легких и, распространяясь по большому кругу кровообращения, поддерживает оптимальную температуру тканей, органов и систем. Температура крови, проходящей по кожным сосудам, снижается на 2-3°. При патологии система кровообращения нарушается. Изменения возникают уже потому, что повышенный метаболизм, например, в очаге воспаления увеличивает перфузию крови и, следовательно, теплопроводность. Температура кожи имеет свою вполне определенную топографию.

У здорового человека распределение температур симметрично относительно средней линии тела. Нарушение этой симметрии и служит основным критерием тепловизионной диагностики заболеваний. Количественным выражением термоасимметрии служит величина перепада температуры. Колебания температуры кожи зависят от ряда факторов. К ним относятся: сосудистые реакции, скорость кровотока, наличие локальных или общих источников тепла внутри тела, регуляция теплообмена одеждой, испарением. Кроме того, возможны погрешности в измерении температуры за счет воздействия излучающих предметов окружающей среды. Пока влияние всех этих факторов не исключено или не учитывается при окончательном определении результата измерения, до тех пор невозможно объективно судить о температуре человеческого тела после единичного измерения температуры. Точность исследования возрастает, если снять с исследуемого одежду, а из помещения удалить объекты, более теплые или более холодные, чем воздух в комнате. Оптимальной для исследования считается температура воздуха 22 градуса. Перед проведением тепловизионного исследования больной должен адаптироваться к температуре окружающей среды. По мнению В.Ф. Сухарева и В.М. Курышевой, оптимальным и достаточным является 20-минутный период адаптации.

Несмотря на то что лазерная медицинская диагностика — одно из самых эффективных направлений применения лазеров в биомедицине, она пока не получила должного развития, что видно по приоритетам на мировом рынке. Это связано в основном со сложностью аппаратуры и высокими требованиями, предъявляемыми к выходным параметрам лазеров (примерно такие же требования, как в лазерной спектроскопии и контрольно-измерительной технике), и, конечно, со сложностью самих физических процессов» лежащих в основе методов лазерной диагностики. Тем не менее до конца этого столетия прогнозируется предпочтительный рост лабораторно-диагностической лазерной техники по сравнению с лечебно-хирургической как у нас в стране, так и во всем мире.

Таким образом, к числу наиболее перспективных инновационных направлений исследований в области лазерных систем и биомедицинских оптических технологий следует отнести развитие фундаментальных и прикладных исследований по взаимодействию лазерного и оптического излучения с биотканями, включая силовые, нелинейно-оптические, фототерапевтические и диагностические методы и технологии; поиск и оптимизация новых лазерных сред; создание лазерных систем нового поколения для инновационных медицинских комплексов; создание микролазеров с высоким КПД, в том числе лазеров с диодной накачкой; создание лазеров с высоким качеством излучения для прецизионной лазерной обработки биологических материалов; разработку компьютерных моделей резонатора твердотельных

лазеров; создание лазерных и оптических систем с адаптивным управлением, в том числе с применением интеллектуальных обратных связей; оптимизацию конечных элементов лазерных систем для формирования программируемого биологического эффекта. Успешное развитие этих направлений требует разработки принципов многочастотной генерации лазеров; определения влияния параметров активных сред на процессы генерации; разработки и исследования компьютерных моделей твердотельных лазеров с диодной накачкой в режиме многочастотной генерации; исследования взаимодействия лазерного излучения с биотканями; экспериментальных и теоретических исследований, направленных на открытие новых и объяснение известных феноменов, сопровождающих взаимодействие лазерного излучения с биотканями; экспериментальное и теоретическое

Литература

- 1.Статья *А.Г. Григорьянца, А.Р. Евстигнеева* «Полупроводниковые лазерные терапевтические аппараты»
- 2.Журнал ГрГМУ 2010, №4 статья А.О. Хорова «Лазерные технологии в онкологической практике»
- 3.*Буйлин Б.А.* «Низкоинтенсивные лазеры в медицине»
- 4.*Гейниц А.В.* «Фотодинамическая терапия в онкологии»
5. Статья «Лазерная диагностика в биологии и в медицине» <http://lekmed.ru/info/arhivy/lazernaya-diagnostika-v-biologii-i-medicine.html>
6. *В.Шмидт* «Оптическая спектроскопия»
7. Статья «Использование лазеров в медицине» <http://nikolanta.ru/stati-medical/342-lazery-v-medicine.html>