

СОВРЕМЕННЫЕ ЛАЗЕРНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОНКОЛОГИИ: МЕТОДЫ, АППАРАТУРА, КЛИНИКА

Свирин В.Н.

Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-исследовательский институт «Полюс» (ФГУП «НИИ «Полюс»)

им. М.Ф. Стельмаха

Москва, Россия

Лазерооптические информационные технологии и устройства для их реализации развиваются с конца 80-х годов прошлого века и в настоящее время широко используются для диагностики и терапии различных патологий, в том числе для лечения онкологических заболеваний.

Несмотря на то, что такие технологии как фотодинамическая терапия (ФДТ), лазериндуцированная термотерапия (ЛИТТ), флюоресцентная диагностика и спектрофотометрия уже более 30-ти лет используются для лечения и диагностики онкологических заболеваний, они являются достаточно новыми методами и, как правило, используются в крупных научных центрах и медицинских учреждениях. Это связано, прежде всего, с недостатком информации о современных методах лечения рака, недостаточным пониманием их потенциальных возможностей и разделением областей применения, где лазерооптические методы имеют преимущества по сравнению, например, с лучевой или химио-терапией.

В настоящее время лазерооптические методы являются быстроразвивающимся направлением лечения онкологических заболеваний. Это объясняется прогрессом в развитии собственно лазеров, особенно диодных, совершенствованием электронных и вычислительных компонентов и широким внедрением программно-алгоритмических методов управления проведением терапевтических и диагностических процедур.

В докладе рассмотрены предложенные и разработанные новые лазерооптические методы проведения диагностических и терапевтических процедур, направленные на лечение онкологических заболеваний и показано, что внедрение многоволнового лазерного излучения для зондирования и воздействия на биоткань, различных методов определения функционального состояния биотканей, реализация оперативной диагностики при проведении терапевтических процедур, систем автоматического регулирования мощности лазерного излучения в зависимости от состояния биоткани пациента, а также программно-алгоритмических методов управления сеансами терапевтических и диагностических процедур существенно повышает эффективность лечения онкологических заболеваний.

Представленные в докладе новые методы и аппаратура, направленные на лечение онкологических заболеваний, предложены и разработаны в течение 2000-2007г.г. в рамках проектов Международного научно-технического центра (проект № 1001), тематики Роснауки (проекты «Лаздиком» и «Лазурон»), программы Департамента науки и промышленной политике, г. Москва (проект ЛГФ»), в которых были выполнены теоретические, проектные и исследовательские работы по разработке новых методов, терапевтических аппаратов и диагностических комплексов, направленных на разработку лазерооптических технологий в части диагностики и терапии онкологических заболеваний, включая повышение эффективности терапевтических и достоверности диагностических процедур.

Общий подход проведенных исследований базируется на принципе, что, аргіогі, лечение патологических участков биоткани, имеющих злокачественные опухоли, будет более эффективным, если на опухоль одновременно воздействуют несколько физических процессов, вектор действия которых одновременно направлен на достижение большей эффективности лечения, а сочетанное использование одновременно нескольких физических процессов при анализе функционального состояния биоткани приводит к повышению достоверности результатов диагностической процедуры.

Направление работ по повышению эффективности терапевтических процедур базируется на физической модели взаимодействия лазерного излучения (проекты «Лазурон», «ЛГФ»), включающей одновременное воздействие на биоткань токсичных веществ путем реализации фотохимической реакции (метод ФДТ), повышенной температуры путем нагрева биоткани лазерным излучением (метод ЛИТТ) и локальной биостимуляцией в процессе взаимодействия низко-интенсивного лазерного излучения (НИЛИ) биоткани. Направление работ по повышению достоверности диагностических процедур базируется на исследовании функционального состояния интактных или патологических участков биоткани (проекты № 1001, «Лаздиком») путем зондирования биоткани лазерным многоволновым излучением оптического диапазона $\lambda = (0,4 \div 1,1)$ мкм и обработке вторичного лазерного излучения в реальном масштабе времени приемными информационными каналами, функционирование которых основано на различных физических моделях взаимодействия лазерного излучения с биотканью.

На примере разработанных и внедренных в клиническую практику многофункциональных лазерных терапевтических аппаратов («МЛТА») и многофункциональных лазерных диагностических комплексов («МЛДК»), реализующие предложенные методы, приведены конкретные технические решения и экспериментальный клинический материал, показывающий повышение эффективности лечения рака при их реализации и показаны основные тенденции развития лазерооптических методов в онкологии.

Сущность предложенного метода терапии онкологических заболеваний заключается в сочетанном использовании многоволнового лазерного излучения, обеспечивающее реализацию фотодинамической терапии (ФДТ), лазериндуцированной термотерапии (ЛИТТ) и низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ).

При реализации сочетанного метода ФДТ и ЛИТТ для лечения онкозаболеваний реализуется два механизма воздействия лазерного излучения с биотканью раковых опухолей.

При ФДТ лечение злокачественных новообразований основано на использовании фотохимического повреждения опухолевых клеток в ходе фотохимической реакции. В опухолевую область вводят фотосенсибилизатор, который накапливается в опухоли в бо́льших концентрациях, чем в нормальных тканях. При локальном облучении опухоли лазерным излучением определенной длины волны, соответствующей пику поглощения фотосенсибилизатора, в опухоли начинается фотохимическая реакция с образованием синглетного кислорода, оказывающего токсичное действие на опухолевые клетки. Опухоль резорбируется и постепенно замещается соединительной тканью. В настоящее время в России наиболее всего распространены два типа фотосенсибилизатора - фотогем ($\lambda = 0,630$ мкм) и фотосенс ($\lambda=0,670$ мкм), а также быстрыми темпами идут клинические испытания перспективных фотосенсибилизаторов: радахлорин и фотодитазин.

При локальной ЛИТТ высококонцентрированная энергия лазера преобразуется в тепловую энергию, что приводит к разрушению клетки вследствие некроза цитоплазмы клеток, разрушения поверхностной мембраны и нарушения кровоснабжения.

При сочетанной терапии модель воздействия на злокачественную опухоль заключается в действии ФДТ на строму подводящих к опухоли кровеносных сосудов, а затем воздействию ЛИТТ на полностью локализованную область (нет кровотока). Принципиально, для обеспечения термотерапии можно использовать различные источники энергии, например, ионизирующую радиацию, микроволновое, ультразвуковое излучение, электромагнитные волны и т.д. Основное преимущество лазера при реализации термотерапии перед другими источниками энергии связано с монохроматичностью и когерентностью лазерного излучения, что позволяет обеспечить высокую локальную интенсивность энергии излучения, что, в свою очередь, обеспечивает гибель онкологических клеток и в меньшей степени влияет на интактную биоткань.

Применение НИЛИ в онкологии направлено на повышение биостимуляции пролеченных участков биоткани в интраоперационный период проводятся по ряду направлений:

- определение и конкретизация различных локализаций, где НИЛИ может быть использовано с большей эффективностью;
- оптимизация режимов НИЛИ;
- исследование медико-биологических механизмов и первичного фотоакцептора (ПФА) при взаимодействии лазерного излучения с опухолевой биотканью;
- сочетанное использование НИЛИ с ФДТ и ЛИТТ.

Проведенные исследования показали, что применение НИЛИ позволит:

§ повысить эффективность заживления ран после проведения операций по удалению опухолей, в том числе устранению сроков заживления и уменьшению количества рецидивов;

§ уменьшить вероятность метастазирования после проведения терапевтической процедуры или хирургической процедуры по удалению опухоли;

§ стабилизировать липидный обмен в организме и тем самым способствует замедлению процесса роста опухолей, особенно на ранних стадиях.

Сущность предложенного и разработанного метода повышения достоверности диагностических процедур состоит в зондировании биоткани многоволновым лазерным излучением в оптическом диапазоне $\lambda = (350\div 1100)$ мкм и проведение анализа вторичного лазерного излучения на биоткани различными информационными каналами, функционирование которых основано на различных физических моделях и механизмов взаимодействия лазерного излучения с биотканью, например, флуоресценции, биофотометрии, фотоплетизмографии, флоуметрии и т.п. Информационные каналы, функционирующие на основе биофотометрии, флуоресценции и локальной термотерапии, предназначены для выявления наиболее характерных компонентов биоткани патологических участков, так называемых «оптических маркеров», которые в наибольшей степени концентрируются в пораженных участках биоткани и присущи конкретной патологии, например, порфирин при раке, сахар при диабете и т.д.

Информационные каналы, функционирующие на основе фотоплетизмографии, флоуметрии и локальной пульсоксиметрии предназначены для определения наиболее характерных, интегральных параметров крови, например, средняя скорость капиллярного кровотока, показатель объемного кровенаполнения ткани, насыщение крови кислородом и т.д.

Каналы интегральной термометрии и пульсоксиметрии предназначены для контроля общего состояния пациента по уровню насыщения биоткани кислородом и температуре.

В докладе показано, что реализация предложенных методов, аппаратуры и разработанных технологий открывает новые конкурентные преимущества лазерооптических технологий в ряде областей медицины, например, в онкологии в сравнении с лучевой и химио-терапией при лечении онкологических заболеваний.