Козлов В.И., Азизов Г.А.

РУДН; ФГУ «ГНЦ лазерной медицины ФМБА России», Москва, РФ

*Kozlov V.I., Azizov G.A. (Moscow, RUSSIA)*

*Lasers in diagnostics and correction of microcirculation*

Одним из ключевых моментов в патогенетическом обосно­вании ЛТ является ее активирующее влияние на систему микроциркуляции крови (В.И. Козлов, 1991, 1993). В этой связи проведено комплексное клинико-экспериментальное изучение воздействия НИЛИ в красной (633 нм) и ближней инфракрасной (830-890 нм) спектральных областях с выходной мощностью от 0,1 до 300 мВт при различных режимах и дозах облучения на состояние микроциркуляции в различных орга­нах (печени, коре надпочечников, мягкой мозговой оболочке, конъюнктиве глаза, коже), а также у больных с сосудистыми нарушениями. Состояние микроциркуляции оценивали по данным биомикроскопии, лазерной доплеровской флоумет-рии, радиотермографии печени, транскутанному напряжению кислорода и водородному клиренсу в тканях. Мониторинг за состоянием микроциркуляции в различных ор­ганах позволил идентифицировать микрососудистые реакции на действие НИЛИ и охарактеризовать их структурно-функ­циональные проявления. В коре головного мозга имеет место устойчивая дилатация прекапиллярных сосудов и усиление кровотока. Эта реакция в большей мере выражена в тех сосудах, которые ближе расположены к капиллярам и имеют меньший исходный диаметр. В печени усиление микроциркуляции ре­гистрируется уже на 2-й мин после лазерного воздействия; при этом тканевой кровоток усиливался на 10-15%. Как показали наши исследования, реакция микрососудов тесно сопряжена с изменением функциональной активности окружающих их паренхиматозных элементов органа. Так, в коре надпочечников после воздействия НИЛИ вместе с активацией капиллярного кровотока наблюдается стимуляция делипоидизации адрено-кортикоцитов, ответственных за выработку кортикотропных гормонов. Значит, воздействие лазерного излучения на мик­роциркуляцию позволяет опосредованно влиять на функцио­нальную активность органа и, в частности, усиливать выброс гормонов в кровь.

Более пролонгированный процесс лазерной активации микро­циркуляции связан со стимуляцией новообразования капилля­ров, в основе чего лежит усиление пролиферативной актив­ности эндотелиальных клеток, из которых строятся растущие капилляры. Благодаря активации процессов неоангиогенеза достигается структурная перестройка микроциркуляторного русла и восстановление нормальных трофических отношений в тканях.

Специфика реакции микрососудов на лазерное воздействие зависит от многих факторов, среди которых наиболее важную роль играют длина волны излучения, его доза, а также чувс­твительность микрососудов к световому воздействию. Экс­периментальные данные свидетельствуют о том, что реакция микрососудов на лазерное воздействие имеет доза-зависимый характер. Однако ширина области варьирования доз НИЛИ, вызывающих терапевтические эффекты, в ИК-диапазоне зна­чительно шире таковой в красной области. При импульсном воздействии НИЛИ порог чувствительности системы микро­циркуляции снижается.

Таким образом, биологический эффект воздействия НИЛИ свя­зан с многофакторным влиянием квантов света на те или иные структурные компоненты системы микроциркуляции. При этом отмечены две тенденции. Первая из них связана с собственно активацией капиллярного кровотока за счет подавления тонуса гладких миоцитов в стенке микрососудов. По-видимому, эта реакция развивается по механизмам срочной адаптации на основе эндотелий-зависимой дилатации микрососудов. Вторая тенденция связана с усилением пролиферативной активнос­ти эндотелиальных клеток и ведет к включению механизма долговременной структурной перестройки системы микро-

циркуляции. Показано, что при превышении допустимых доз лазерного воздействия возникают дисфункциональные измене­ния в системе микроциркуляции. Терапевтический «коридор» воздействия на микроциркуляцию крови в ИК-диапазоне шире, чем в красной области спектра.

Полученные результаты служат патогенетическим обоснова­нием методов лазерной терапии, направленных на коррекцию микроциркуляторных расстройств, так как фотоактивация ге-момикроциркуляции является одним из ключевых моментов в патофизиологическом механизме реакции организма на ла­зерное воздействие.

В процессе консервативной терапии в амбулаторно-поликли-нических условиях проводили анализ динамики состояния микроциркуляции с применением ЛДФ и компьютерной TV-микроскопии у больных хронической окклюзией артерий нижних конечностей. Лечение проводили в зависимости от вы­раженности хронической артериальной ишемии (ХАИ) нижних конечностей. Больным ПБ и III ст. ХАИ назначали курс внут­ривенного лазерного облучения крови (ВЛОК), состоявший из 10 процедур по 20 мин, и дополнительно медикаментозное лечение: трентал 0,4 г по 1 табл. х 3 раза в день, аспирин 0,1 г по 1 табл. 1 раз в сутки, курантил по 1 табл. х 3 раза в день, ксантинола никотинат по 2 табл. х 2 раза в день. Боль­ным III (10 чел.) - IV (7 чел.) ст. ХАИ нижних конечностей, осложненной начинающимся симптомокомплексом диабети­ческой стопы, в условиях дневного стационара дополнительно к курсу ВЛОК проводили терапию язвенно-трофических пора­жений наружным облучением гелий-неоновым лазером (длина волны 0,63 мкм, 5 мин, ежедневно, 10 процедур) в сочетании с использованием внутривенных инфузий реополиглюкина 400,0 с тренталом 10,0; курантилом 4,0; ксантинолом никоти-натом 6,0. Для курса ВЛОК использовали красный полупро­водниковый лазер с длиной волны 0,63-0,65 мкм. Применение мощных фармакологических средств воздействия на микроциркуляторное русло в сочетании с ВЛОК и наруж­ным облучением гелий-неоновым лазером приводит к разви­тию компенсаторных механизмов, направленных на снижение осложнений патологического процесса. Это проявляется не столько в расширении диаметра капилляров, сколько в увели­чении плотности функционирующих капилляров и ускорении в них кровотока, что способствует активизации энергетических и метаболических процессов в тканях нижних конечностей. При компьютерной TV-микроскопии сосудов конъюнктивы глазного яблока, лазерной доплеровской флуометрии выявлена аналогичная положительная динамика состояния микроцир­куляторного русла.

Динамика транскутанного напряжения кислорода (ТсрО2) у исследованной категории больных также свидетельствует о существенном увеличении данного показателя в сравнении с контрольной группой, вплоть до восстановления нормы. Исключение составляют больные IV ст. ХАИ, у которых, не­смотря на интенсивную комплексную терапию, уровень ТсрО2(27,4 ± 1,06) остается ниже уровня критической ишемии тканей (30 мм рт. ст.). Однако имеется четкая положительная динамика трофических расстройств и субъективное улучшение общего состояния.

Лазерная спектроскопия сегодня успешно используется также для оптического зондирования тканей и определения на ее основе состояния микроциркуляции крови - *метод лазерной доплеровской флоуметрии*(ЛДФ). В регистрируемом ЛДФ-сигнале закодирована информация о различных колебаниях потока эритроцитов как по их скорости, так и по объемно­му содержанию. Поскольку ЛДФ-грамма представляет со­бой суперпозицию большого числа различных колебательных процессов, совершаемых эритроцитами в исследуемых тканях, то важнейшей характеристикой состояния тканевого кровотока является величина СКО - среднее квадратическое отклонение амплитуды колебаний кровотока (осцилляций, или «флаксов») от среднего арифметического значения параметра микроциркуляции (ПМ). В результате спектрального разло­жения ЛДФ-граммы на гармонические составляющие появля­ется возможность определить вклад различных ритмических составляющих флаксмоций в ЛДФ-грамме, что важно для диагностики нарушений микроциркуляции кровотока. Пред­ставленные в частотно-амплитудном спектре ЛДФ-граммы колебания тканевого кровотока укладываются в диапазоне частот от 0,02 до 2 Гц. Ритмическая структура флаксмоций, которую выявляют с помощью частотно-амплитудного анали­за ЛДФ-граммы, есть результат интегральной суперпозиции различных нейрогенных, миогенных, дыхательных, сердечных и других косвенных влияний на состояние микроциркуляции. Наиболее принципиальным является вопрос о том, какие час­тоты флаксмоций имеют физиологическое, а какие - патоге­нетическое значение, ибо этим определяется диагностическая стратегия использования ЛДФ для оценки нарушений мик­роциркуляции. На основании дифференцированного анализа индивидуально-типологических особенностей микроцирку-

три основных типа микроциркуляции: мезоемическии, харак­теризующийся сбалансированностью нейрогенных и метабо­лических механизмов модуляции тканевого кровотока, и два крайних типа - гиперемический и гипоемический, для кото­рых характерны повышение и понижение кожного кровотока. По частоте встречаемости в популяции юношей преобладал мезоемический тип - 87% случаев, гиперемический тип - 4% и гипоемический тип - 9% случаев. В женской популяции: ме­зоемический тип - 53% случаев, гиперемический тип - 13% и гипоемический тип - 34% случаев.

Исследование микроциркуляции при различных сердечно­сосудистых заболеваниях показало, что наиболее ранимым является нутритивное звено микроциркуляторного русла. Сре­ди разных форм расстройств микроциркуляции выявлены: гиперемическая, спастическая, спастико-атоническая, струк­турно-дегенеративная, застойная и стазическая. Каждая из этих форм микроциркуляторных расстройств характеризуется определенным соотношением структурно-функциональных и гемореологиеских изменений в микрососудах, а также нару­шениями их барьерной функции.

Таким образом, результаты проведенных исследований демонс­трируют высокую клиническую эффективность применения низкоинтенсивного лазерного излучения как в лечебных, так и диагностических целях.