

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕМОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ НИЗКОИНТЕНСИВНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ТЕРАПИИ МЕТОДАМИ ВИДЕОКАПИЛЛЯРОСКОПИИ И ЛАЗЕРНОЙ ДОППЛЕРОВСКОЙ ФЛОУМЕТРИИ

Н.В. Голубова, Д.Д. Ставцев

(ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орёл)

Научный руководитель: Е.В. Потапова

(ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орёл)

С появлением лазеров в медицине об эффекте стимуляции кровообращения в микрососудах при облучении живых тканей светом возникло множество дискуссий. Согласно литературным источникам, спектр ответных реакций организма на низкоинтенсивную лазерную терапию (НИЛТ) достаточно обширен и включает в себя изменение параметров микроциркуляции, что является проявлением воздействия на физиологические процессы на уровне организма. Капилляры, являясь центральным и главным звеном микроциркуляторного русла, участвуют в ответной реакции организма на локальные терапевтические воздействия. Целью данного исследования явилось изучение гемодинамических параметров микроциркуляции крови при проведении процедуры НИЛТ.

Методы видеокapилляроскопии (ВКС) и лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) являются неинвазивными и находят применение при получении показателей, характеризующих микроциркуляторную систему человека. Метод ЛДФ заключается в зондировании ткани лазерным излучением и измерении доплеровских сдвигов частот, возникающих после отражения зондирующего излучения от движущихся по капиллярному руслу форменных элементов крови в мелких сосудах – артериолах, прекапиллярах, капиллярах, посткапиллярных венулах, венулах и артерио-венулярных анастомозов. Основой метода является эффект Допплера, который устанавливает, что изменение частоты и длины излучения, регистрируемого приемником, вызвано движением объекта (эритроцита или их группой), от которого отразилось зондирующее излучение. Результатом измерений является показатель микроциркуляции крови, измеряемый в условных перфузионных единицах (пф. ед.). Данный параметр пропорционален произведению скорости эритроцитов и их концентрации в диагностическом объеме и определяется с помощью специальной обработки измеренных доплеровских сдвигов частот. Также информативным является анализ полученных данных с целью выявления частотных ритмов процессов микрогемодинамики. Это позволяет оценить активность и вклад каждого из механизмов регуляции в общую регуляцию микрокровотока.

Метод ВКС основан на высокоскоростной видеосъемке кровеносных капилляров ногтевого ложа и последующей обработке полученной последовательности видеокadров, потенциально позволяющих определить скорости движения эритроцитов (в мм/с) в отдельно взятом капилляре. Данный метод также позволяет оценивать локальные параметры капилляров, например, их морфологию, диаметр, ширину периваскулярной (локализуемой вокруг капилляров) зоны (ПЗ).

Описываемое исследование проводилось с одновременным применением методов ВКС и ЛДФ. Метод ВКС реализован с помощью экспериментальной установки, состоящей из микрообъектива Mitutoyo M Plan APO 5X (Thorlabs, США), высокоскоростной ПЗС-камеры IDS UI-3060CP-C-HQ (IDS GmbH, Германия) и боковой LED-подсветки, сфокусированной на области исследования. Исследованию данным методом подвергались капилляры ногтевого ложа безымянного пальца.

Для получения параметров микроциркуляции крови использовались два портативных лазерных анализатора капиллярного кровотока "ЛАЗМА ПФ" (НПП «ЛАЗМА», Россия), в ЛДФ-каналах которых установлен лазер с длиной волны 850 нм. Один из портативных ЛДФ-

анализаторов находился в подставке, на которую помещалась дистальная фаланга исследуемого пальца. Второй анализатор фиксировался на предплечье исследуемой руки. Для регистрации и обработки ЛДФ-сигнала использовалось программное обеспечение, предоставленное НПП «ЛАЗМА».

Протокол проводимого исследования состоял из проведения трех базовых тестов (БТ): первый (БТ1) заключался в записи параметров непосредственно до лазерной терапии, его продолжительность – 10 минут; второй (БТ2) представлял собой запись при воздействии аппаратом НИЛТ длительностью 5 минут; третий (БТ3) являлся записью параметров после проведения терапии и длился 10 минут. Как мера контроля производилась регистрация температуры исследуемого пальца с помощью инфракрасного термометра Sensitec NB-401. Для возможности сопоставления получаемых данных измерения проводились одновременно и на одном и том же пальце. В исследовании приняли участие 9 условно здоровых добровольцев (6 мужчин и 3 женщины) в возрасте 21 ± 2 года.

Воздействие осуществлялось при помощи аппарата «РИКТА-ЭСМИЛ 1А» (ООО "РИКТАМЕД") на проксимальную фалангу исследуемого пальца. Облучающий терминал лазерного терапевтического аппарата состоит из трех источников излучения следующих спектральных диапазонов: лазерный излучатель (ЛИ) 0,80-0,91 мкм, светодиоды инфракрасного диапазона (СИД) 0,86-0,96 мкм и светодиоды видимого диапазона 0,60-0,67 мкм. Частота повторения импульсов ЛИ и СИД – 1000 Гц. Импульсная мощность лазерного излучения составляет 16 Вт. При площади облучения 1 см^2 средняя плотность мощности ЛИ равна $3,2 \text{ мВт/см}^2$ и энергетическая облученность за сеанс оказывается равной $0,96 \text{ Дж/см}^2$.

При обработке результатов измерений, полученных с помощью метода ЛДФ, были определены показатели шунтирования (VI) и нутритивного кровотока (I_{nutr}), определены индексы микроциркуляции (M) и амплитуды эндотелиальных (Аэ), нейрогенных (Ан), миогенных (Ам), дыхательных (Ад) и сердечных (Ас) колебаний, отражающих различные механизмы регуляции микрокровотока.

Для определения статистически значимых различий в выборках значений показателей, соответствующих одному и тому же параметру, был использован критерий Манна-Уитни. Его применение дало следующие результаты: для пальца значимые различия значений были обнаружены для параметров Аэ ($A_{\text{эсрБТ1п}} = 1,0 \pm 0,3$ пф.ед., $A_{\text{эсрБТ3п}} = 1,6 \pm 0,7$ пф.ед.), Ан ($A_{\text{нсрБТ1п}} = 0,9 \pm 0,1$ пф.ед., $A_{\text{нсрБТ3п}} = 1,5 \pm 0,5$ пф.ед.), Ам ($A_{\text{мсрБТ1п}} = 0,9 \pm 0,1$ пф.ед., $A_{\text{мсрБТ3п}} = 1,3 \pm 0,4$ пф.ед.) и Ад ($A_{\text{дсрБТ1п}} = 0,4 \pm 0,1$ пф.ед., $A_{\text{дсрБТ3п}} = 0,5 \pm 0,1$ пф.ед.). Для предплечья значимые различия выявились в M ($M_{\text{срБТ1пп}} = 6,1 \pm 0,8$ пф.ед., $M_{\text{срБТ3пп}} = 9,1 \pm 3,0$ пф.ед.), Ад ($A_{\text{дсрБТ1пп}} = 0,19 \pm 0,02$ пф.ед., $A_{\text{дсрБТ3пп}} = 0,23 \pm 0,02$ пф.ед.) и Ас ($A_{\text{срБТ1пп}} = 0,26 \pm 0,03$ пф.ед., $A_{\text{срБТ3пп}} = 0,34 \pm 0,09$ пф.ед.).

Данные, зарегистрированные методом ВКС, дали возможность для расчета ширины периваскулярной зоны для всех добровольцев. По результатам обработки в значениях для всех БТ ($PZ_{\text{срБТ1}} = 112,2 \pm 24,6$ мкм, $PZ_{\text{срБТ2}} = 109,5 \pm 25,1$ мкм, $PZ_{\text{срБТ3}} = 112,3 \pm 25,4$ мкм) различий не выявлено.

К данным, зафиксированным при регистрации температуры, был также применен критерий Манна-Уитни. При попарном сравнении выборок значимые различия не выявлены, что говорит об отсутствии существенных колебаний температуры исследуемой зоны у добровольцев.

Результаты, полученные в данной работе, показывают возможность и перспективность исследования влияния НИЛТ на гемодинамические параметры микроциркуляторного русла с помощью одновременного применения методов ВКС и ЛДФ. При обработке данных было выявлено наличие изменений в параметрах ЛДФ после оказания воздействия НИЛТ. Также в будущем с помощью метода ВКС планируется исследовать изменение скорости кровотока в отдельно взятых капиллярах в качестве возможной ответной реакции организма на НИЛТ. На данный момент требуется проведение дополнительных исследований для уточнения результатов и создания более широкой статистической выборки.