

ТЕХНИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АНАЛИЗА ГЕМОЛИМФОЦИРКУЛЯЦИИ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ ДОПЛЕРОВСКОЙ ФЛОУМЕТРИИ

И.О.Козлов

(ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С.Тургенева», г. Орёл)

Научный руководитель – Е.А.Жеребцов

(ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С.Тургенева», г. Орёл)

Как известно, в организме существуют два компартмента жидкости – внесосудистый и внутрисосудистый. Внутрисосудистый циркулирует в кровеносной системе, а внесосудистый находится в интерстиции, лимфе, ликворе. Между ними происходит обмен с помощью механизмов диффузии и фильтрации.

Кровеносные капилляры служат главным источником поступления жидкости в ткань, а вены – протеинов. Около 5-10 % капиллярно-венулярного фильтрата транспортируется из ткани в лимфу и примерно 2-4 литра лимфы в день возвращается в циркуляцию. Лимфатическая система выполняет ряд жизненно важных функций в организме человека – возврат воды, протеинов и других макромолекул в кровь, рециркуляцию лимфоцитов, удаление макромолекул и антигенов из жидких сред тела, участие в метаболизме и очищении матрикса, противоотечную защиту, транспорт жирных кислот, жирорастворимых витаминов и других пищевых веществ, поступающих в лимфатические капилляры кишечника.

Лимфатическая система тесно связана с венозным руслом, осуществляет дополнительный, коллатеральный к венам дренаж органов и одновременно очищение дренируемой тканевой жидкости. В этой связи с диагностической точки зрения наиболее эффективно проводить одновременное исследование микроциркуляции кровотока и лимфотока.

Несмотря на свою важность, лимфатическая система в настоящее время изучена неполным образом из-за отсутствия качественных диагностических методов, пригодных для неинвазивной оценки *in vivo* лимфоциркуляции. Современным, полностью неинвазивным, методом, позволяющими получать информацию в реальном времени, является метод лазерной доплеровской флоуметрии.

Целью настоящей работы явилось исследование возможностей метода лазерной доплеровской флоуметрии для совместного изучения микрогемолимфоциркуляторного русла кожи человека.

На этапе постановки задачи было сделано предположение, что при применении стандартных для метода ЛДФ функциональных проб (дыхательная, окклюзионная и т.д.) изменения в микрокровотоке приводят к перераспределению спектральной мощности переменного сигнала в разные частотные диапазоны доплеровского сдвига, что позволяет неинвазивно оценивать распределение рассеивающих частиц по скоростям в диагностическом объеме. Для исследований использовался экспериментальный макет ЛДФ устройства с полностью цифровой обработкой фототока с приемника, что позволило получать дополнительную информацию о распределении показателя микроциркуляции по частотному диапазону.

Рассеянное на биообъекте излучение от лазерного источника с длиной волны 1064 нм собиралось оптоволоконным зондом и преобразовывалось в фототок на фотопреобразователе. Полученный сигнал усиливался и оцифровывался на плате сбора данных NI USB 6211. Математическая обработка сигнала осуществлялась на персональном компьютере в среде

программирования NI LabVIEW с помощью разработанного алгоритма. Было сделано предположение, что при вычислении показателя микроциркуляции в низкочастотных диапазонах доплеровского сдвига, возможно регистрировать сигнал, вызванный движением белковых макромолекул в лимфатическом русле (сами лимфоциты ввиду своей «прозрачности» слабо рассеивают лазерное излучение).

Также в исследованиях использовался модифицированный прибор серии ЛАКК (НПП «ЛАЗМА», Россия). Осуществлялась одновременная запись ЛДФ-грамм для двух частотных диапазонов: 300-10000 Гц – для регистрации микрокровотока; 20-200 Гц – для регистрации низкоскоростных составляющих микроциркуляции.

При проведении дыхательного теста с применением экспериментального ЛДФ макета была зарегистрирована разнонаправленная реакция ЛДФ-граммы на различных частотных поддиапазонах. Так, при локальном снижении общего сигнала, в низкочастотных диапазонах доплеровского сдвига происходило его увеличение. Данный эффект наблюдался до частоты порядка 800 Гц.

При проведении дыхательного теста с помощью прибора серии ЛАКК во всех 22 исследованиях наблюдалась обратная взаимосвязь показателя микроциркуляции для диапазонов интегрирования 20-200 Гц и 300-10000 Гц с коэффициентом корреляции Пирсона в оба момента вдоха-выдоха $r = -0,7$.

При проведении исследований с другими функциональными тестами также наблюдалось разнонаправленная реакция микроциркуляции в разных частотных диапазонах.

Предложенный подход доплеровских измерений с разделением на частотные диапазоны показал потенциально полезные результаты при совместном исследовании микрогемо- и лимфоциркуляции. Разделение всех составляющих суммарного сигнала и является основной задачей дальнейших исследований. Также развитие метрологического обеспечения является в данной области весьма актуальной задачей. Создание тест-объектов, имитирующих движение внутри – и внесосудистых жидкостей, позволит более детально подходить к вопросу разделения полезных сигналов.

Заведующий кафедрой
«Приборостроение, метрология и сертификация»

Подмастерьев К.В.

Научный руководитель

Жеребцов Е.А.

Автор

Козлов И.О.