

УДК 612.085.1, 612.086.2

## СИСТЕМА ВИДЕОКАПИЛЛЯРОСКОПИИ С ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ПОДСВЕТКОЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСУДОВ ЖИВОЙ ТКАНИ МЕТОДОМ СПЕКЛ-КОНТРАСТНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ

Мялицин Д.И. (Университет ИТМО), Волков М.В. (Университет ИТМО)

Маргарянц Н.Б. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – к.т.н. Маргарянц Н.Б.

(Университет ИТМО)

Разработана система цифровой видеокapилляроскопии с комбинированной когерентной и некогерентной подсветкой с различными длинами волн (532 нм и 633 нм) лазерных источников и светодиода высокой яркости (520 нм). Проведена апробация установки при решении задач визуализации капиллярной сети в живой ткани. Полученные результаты показывают эффективность заложенных в установке технологических решений и используемых методов обработки данных.

**Введение.** Ряд заболеваний, таких как сахарный диабет, ишемическая болезнь сердца, васкулиты, псориаз приводят к нарушению функционирования капиллярной сети. Анализ морфологии капиллярной сети позволяет обеспечить раннюю диагностику таких заболеваний. Традиционно при анализе морфологии капилляров в коже человека применяются методы микроскопии, одним из которых является метод капилляроскопии. Данный визуальный метод наблюдения капиллярной сети характеризуется низкой помехоустойчивостью и его применение ограничивается в основном такими областями тела человека, как ногтевое ложе или глазное дно.

Методы высокоскоростной цифровой видеокapилляроскопии (ВКС) обеспечивают регистрацию серии видеокadров участка кожи и позволяют получать синтезированные изображения капилляров в результате компьютерной обработки. Анализ изменений получаемых синтезированных изображений при проведении, например, функциональных проб (окклюзионной, холодовой) или при воздействии лекарственных препаратов позволяет упростить диагностику заболеваний.

Наряду с методами видеокapилляроскопии для визуализации сосудов применяется метод лазерной спекл-контрастной визуализации (ЛСКВ). В данном методе используется когерентное освещение при регистрации последовательности видеокadров с последующим анализом изменения пространственного, временного или пространственно-временного контраста спекл-интерференционной картины. Данный метод не позволяет оценить снижение контраста в области капилляров из-за хаотичных смещений исследуемого участка кожи, сравнимых по величине со средним диаметром капилляра с текущими в нем эритроцитами (порядка 8-10 мкм) и позволяет визуализировать только крупные сосуды. Следовательно, классическая реализация метода оценивания контраста спеклов не обладает высоким разрешением и требуется решить задачу модификации данного метода исследования для его эффективного применения в задачах визуализации и оценивания параметров капиллярной сети.

**Основная часть.** В результате проведенных исследований был модернизирован макет установки ВКС с некогерентным источником светодиодного бокового освещения. Разработана и изготовлена система крепления видеокapилляроскопа, позволяющая разместить установку на лабораторном столе и не использовать стандартные массивные штативы. Такой мобильный вариант установки может быть использован в лабораториях, не оснащенных специализированными системами микроскопии и при необходимости размеры макета могут быть оптимизированы с учетом параметров измеряемого объекта (например, ногтевого ложа или предплечья человека, лабораторного животного и др.). Для оценивания параметров

капиллярной сети методом ЛСКВ была спроектирована и изготовлена дополнительная система бокового лазерного освещения. Система работает в двух режимах. В первом режиме регистрируется последовательность спекл-интерференционных картин при освещении исследуемого объекта зеленым или красным лазером. В случае исследования биологических объектов на видеокамеру регистрируется последовательность спекл-интерференционных картин, сформированных в результате отражения преимущественно от поверхностных слоев кожи. Во втором режиме лазерный луч проходит через разрушитель пространственной когерентности (вращающийся диффузор), при этом регистрируются спекл-интерференционные картины от более глубоких слоев биоткани. Использование зеленого или красного лазера позволяет варьировать глубину проникновения света в образец.

С использованием модернизированной установки проведены исследования морфологии сосудов в коже человека и лягушки озерной. Регистрировались последовательности видеокадров при освещении участка кожи зеленым светом светодиода, а затем последовательно зеленым и красным лазером в двух режимах, описанных выше. Использование высокоскоростной видеорегистрации последовательности видеокадров, исключающей смазывание картины спеклов, с последующей компенсацией смещений изображений биоткани позволяет оценивать временное изменение сигнала в каждом пикселе кадра и вычислять синтезированное изображение сосудистой сети после частотной обработки. Показано, что при использовании зеленой когерентной или некогерентной подсветки можно визуализировать поверхностные капилляры, а излучение красного лазера при использовании разрушителя когерентности позволяет визуализировать сосуды, расположенные под верхним слоем капилляров.

**Выводы.** Разработана установка, позволяющая применять одновременно два метода исследования (ВКС и ЛСКВ) для одного и того же участка биоткани, что позволяет расширить область ее применения при исследовании системы микроциркуляции.

Работа имеет важное значение в области создания систем диагностики социально-значимых заболеваний и использования новых неинвазивных оптических технологий в задачах биомедицины.

Мялицин Д.И. (автор)

Волков М.В. (автор)

Маргарянц Н.Б. (научный руководитель)