

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ СОСУДОВ В КОЖЕ ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ВИДЕОКАПИЛЛЯРОСКОПИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОГЕРЕНТНОЙ И НЕКОГЕРЕНТНОЙ ПОДСВЕТКИ

Потёмкин А.В., Волков М.В., Маргарянц Н.Б.

(Университет ИТМО)

Научный руководитель – Волков М.В.

В работе рассматривается применение систем видеокapилляроскопии (ВКС) и спекл-контрастной визуализации (СКВ) для оценивания состояния сосудов в коже человека. В отличие от классических методов ВКС и СКВ, при регистрации данных применяется модифицированная система высокоскоростной ВКС с дополнительной когерентной подсветкой. Предложены методы обработки данных, обеспечивающие визуализацию капиллярной сети при использовании методов СКВ и ВКС. Проведен ряд экспериментов по измерению параметров системы кровообращения в коже человека и лягушки. Полученные данные свидетельствуют об эффективности предложенных подходов.

Ряд опасных заболеваний, таких как сахарный диабет второго типа, болезнь Рейно, склеродермия, псориаз, васкулиты, приводят к различным нарушениям периферийной системы кровообращения. Диагностировать данные заболевания на ранних стадиях позволяют различные методы исследования состояния сосудов и параметров системы микроциркуляции в коже человека.

Для исследования состояния сосудов *in vivo* традиционно в медицине используется ряд методов, к которым относятся ультразвуковые (УЗИ, УЗГД), доплерография (ЛДФ, УЗГД), оптическая когерентная томография (ОКТ), ангиография, фотоплетизмография (ФПГ), метод спекл-контрастной визуализации (СКВ) и ВКС. При этом ультразвуковые методы имеют низкое разрешение и позволяют визуализировать только крупные сосуды; методы ЛДФ, как правило, основаны на анализе одномерного сигнала и не обеспечивают визуализацию сосудов; большинство систем ОКТ обеспечивают наблюдение сечения кожи в пределах ограниченного отрезка; методы ангиографии не относятся к неинвазивным. Методы спекл-контрастной визуализации имеют низкое разрешение и позволяют визуализировать только крупные сосуды. Из перечисленных методов только методы ВКС обеспечивают визуализацию капилляров и вычисление таких первичных параметров микроциркуляции, таких как скорость кровотока.

Классические системы капилляроскопии (КС) не имеют модулей регистрации данных, и позволяют наблюдать капилляры непосредственно в зрачке микроскопа. Из-за сложности распознавания капилляров область применения таких систем существенно ограничена. Как правило, капилляры исследуют в области ногтевого ложа пальцев рук человека. Морфологические особенности капиллярной сети в данной области позволяют диагностировать только общие нарушения микроциркуляции. При этом актуальной является проблема диагностики заболеваний, приводящих к нарушениям микроциркуляции, локализованных в участках кожи за пределами ногтевого ложа.

С развитием компьютерной техники и средств видеорегистрации появились системы цифровой видеокapилляроскопии, позволяющие регистрировать и обрабатывать последовательности видеокadров. Компьютерная обработка данных для систем ВКС существенно расширяет области применения классических систем КС и упрощает диагностику заболеваний, приводящих к локальным нарушениям микроциркуляции.

В работе рассмотрена модифицированная система высокоскоростной ВКС с дополнительной когерентной подсветкой. Данная система позволяет проводить исследование одного и того же участка кожи с использованием методов ВКС и СКВ, что обеспечивает верификацию полученных результатов. При этом, в отличие от классических методов СКВ,

применяются высокоскоростная регистрация видеокадров, специализированные методы локального совмещения изображений кровотока и частотно-временной анализ полученных сигналов в различных точках кадра.

В работе предложены эффективные методы и ПО для регистрации и обработки данных, обеспечивающие визуализацию капиллярной сети с применением методов ВКС и СКВ. Проведен ряд экспериментов по измерению состояния капилляров в коже человека, также выполнены эксперименты по измерению состояния сосудов лягушки. Выполнена обработка зарегистрированных серий видеокадров, получены карты сосудов для проведенных измерений. Проведено сравнение результатов, полученных методами ВКС и СКВ.

Работа имеет важное значение для развития методов ранней диагностики и контроля лечения ряда заболеваний, связанных с нарушениями системы микроциркуляции. Рассматривается возможность применения разработанных методов для проверки эффективности лечения COVID-19.

Потёмкин А.В. (автор)

Маргарянц Н.Б.

Волков М.В. (научный руководитель)