

Разработка спекл-корреляционного датчика для исследования скорости кровотока

Д.А. Миленина¹, П.Д. Карпова¹, Е.А. Савченко¹, Е.Н. Величко¹

¹Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Политехническая, 29, Санкт-Петербург, Россия, 195251

Аннотация

В данной работе разрабатывается малогабаритный бесконтактный датчик с целью мониторинга скорости протекания эритроцитов в микрокапиллярном русле. В классическую схему данного метода были внесены важные изменения, позволяющие более эффективно проводить мониторинг скорости кровотока. Также был произведен расчет оптимальных параметров схемы, подбор элементов и исключили влияния фонового освещения, тремора руки и других внешних помех. Представлены полученные результаты значений скорости кровотока для условно-здоровых волонтеров в различных условиях.

Ключевые слова

Спекл, спекл-корреляционный анализ, скорость кровотока, микроциркуляторное русло

1. Введение

В настоящее время актуальным вопросом современной медицины является поиск новых методов диагностики микроциркулярного русла человека, позволяющих выявить мельчайшие изменения на ранних стадиях [1-3]. С развитием оптических методов появилась возможность обследовать большое количество людей в короткие сроки и контролировать состояния микроциркуляции в динамике [4]. В настоящей работе исследование динамики капиллярного кровотока проведено спекл-корреляционным анализом [5], поскольку он является неинвазивным, бесконтактным методом, позволяющим в режиме реального времени измерять скорость капиллярного кровотока. В данной работе разрабатывается малогабаритный бесконтактный датчик с целью мониторинга скорости протекания эритроцитов в микрокапиллярном русле. В классическую схему данного метода были внесены важные изменения, позволяющие более эффективно проводить мониторинг скорости кровотока.

2. Экспериментальная установка спекл-корреляционного датчика

Схема спекл-корреляционного датчика содержит полупроводниковый лазер, который с помощью диафрагмы и линзы фокусируется на дистальной фаланге указательного пальца правой руки. Для регистрации излучения, рассеянного эритроцитами, используется многомодовое оптоволокно и фотоэлектронный умножитель. Между объектом исследования и оптоволокном устанавливается фильтр. Полученный сигнал поступает в аналогово-цифровой преобразователь для дальнейшей обработки на компьютере. В данной работе производился расчет оптимальных параметров схемы, подбор элементов, а также исключения влияния фонового освещения, тремора руки и других внешних помех.

3. Результаты анализа капиллярного кровотока

В ходе работы были проведены исследования подтверждающей работоспособность лабораторной модели датчика для случая направленного движения раствора микросфер известного размера с заданной скоростью. Кроме того, было проведено исследование условно-

здоровых волонтеров в трех случаях: в норме, при физической нагрузке, при пережатии пальца руки. Полученные сигналы обрабатывались с помощью разработанной программы в лаборатории, используя автокорреляционный анализ. Полученные результаты значений скорости кровотока для условно-здоровых волонтеров представлены на рисунке 1.

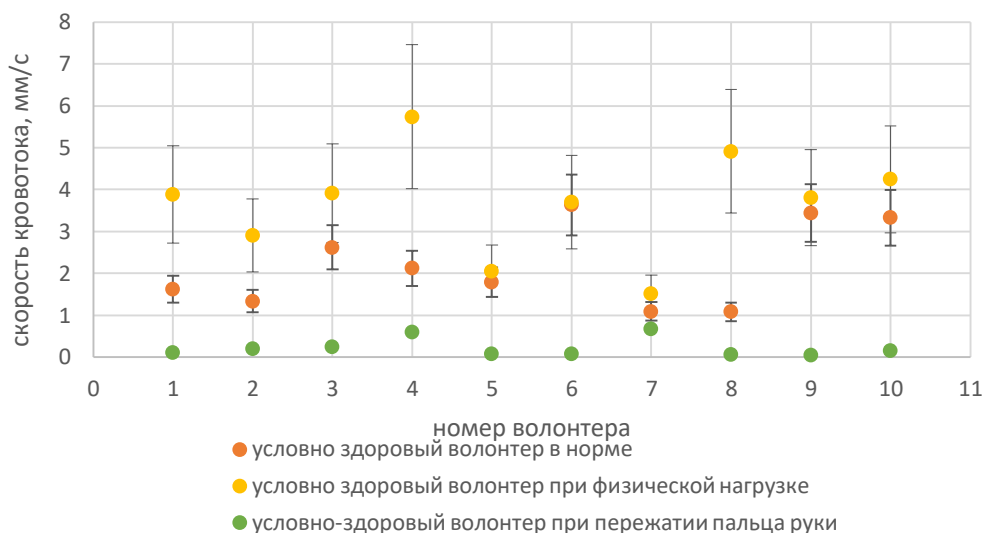


Рисунок 1: Полученные результаты по исследованию скорости кровотока

4. Заключение

В данной работе предложена реализация малогабаритного бесконтактного спекл-корреляционного датчика скорости кровотока. Продемонстрирована эффективность мониторинга скорости микроциркуляторного русла в капиллярах спекл-корреляционным анализом. Натурные эксперименты были выполнены на группе волонтеров из 10 человек в возрасте 18-24 лет. Полученные данные скорости попадают в диапазон значений скорости кровотока для условно-здоровых людей. Одним из возможных перспективных направлений применения данного метода в клинической практике является мониторинг микрогемодинамики при диабете и других заболеваниях, влияющих на микроциркуляцию, с целью диагностики и контроля осуществляемой терапии.

5. Литература

- [1] Климков, Ю.М. Лазерная техника: учебное пособие / Ю.М. Климков, М.В. Хорошев. – М.: МИИГАиК, 2014. – 143 с.
- [2] Лысенко, С.А. Методы оптической диагностики биологических объектов / С.А. Лысенко. – Минск: БГУ, 2014. – 231 с.
- [3] Савченко, Е.А. Применение спекл-корреляционного анализа для определения скорости кровотока / Е.А. Савченко, Е.Н. Величко // Оптика и спектроскопия. – 2020. – Т. 128, № 7. – С. 991-997. DOI: 10.21883/OS.2020.07.49572.86-20.
- [4] Головань, О.А. Спекл-корреляционный анализ скорости микроциркуляторного кровотока / О.А. Головань, А.А. Мурашов, Е.Н. Величко // Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием. – СПб.: Политех-Пресс, 2018. – С. 83-85.
- [5] Тучин, В.В. Оптика биологических тканей. Методы рассеяния света в медицинской диагностике / В.В. Тучин – М.: Физматлит, 2012. – 812 с.