

ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗРАСТНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В СИНХРОНИЗАЦИИ КОЛЕБАНИЙ ПЕРФУЗИИ КРОВИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОСИМЫХ ЛАЗЕРНЫХ АНАЛИЗАТОРОВ КАПИЛЛЯРНОГО КРОВОТОКА

Локтионова Ю.И.¹

Научный руководитель – к.т.н., Жеребцова А.И.

¹ Научно-технологический центр биомедицинской фотоники, Орловский государственный университет имени И.С.Тургенева, Орел, Россия

Сердечно-сосудистая система является одной из важнейших систем организма человека, но с возрастом в ней появляются различные трофические изменения, приводящие к нарушениям микроциркуляции крови и негативно сказывающиеся на течении заболеваний и развитии сопутствующих осложнений. Поэтому для проведения достоверной диагностики необходимо сформулировать понятие нормального состояния микроциркуляции крови для разных возрастных групп.

Одним из наиболее распространенных неинвазивных оптических методов измерения перфузии крови является метод лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ), который основан на лазерном зондировании ткани и последующем анализе рассеянного света, отраженного от эритроцитов. ЛДФ используется для функциональной диагностики системы микроциркуляции крови, диагностики социально значимых заболеваний, связанных с сердечно-сосудистой системой, а также их осложнений. Также этот метод позволяет оценить колебательные процессы в микроциркуляторном русле. Существует несколько частотных диапазонов, характеризующих вклад различных факторов в сигнал ЛДФ: эндотелиальный (0,0095-0,021 Гц), нейрогенный (0,021-0,052 Гц), миогенные (0,052-0,145 Гц), дыхательный (0,145-0,6 Гц) и сердечный (0,6-2 Гц). В настоящее время наблюдается дефицит исследований по одновременному выявлению сигнала перфузии крови с симметричных участков верхних конечностей.

Цель данной работы заключалась в изучении синхронизации колебаний перфузии крови от контралатеральных конечностей в двух разных возрастных группах.

Экспериментальные исследования проводились с использованием прототипов двух носимых лазерных доплеровских мониторов для анализа микроциркуляции крови. Устройства имеют встроенные каналы для записи кровоснабжения и позволяют проводить одновременные измерения в нескольких точках организма. Каждый анализатор также имеет встроенный датчик температуры кожи и акселерометр для контроля и устранения возможных артефактов движения.

В исследовании приняли участие 40 здоровых добровольцев, которые были разделены на две группы по возрасту: 22 добровольца в возрасте до 20 лет (1-я группа: средний возраст $19,4 \pm 0,6$ года), 18 добровольцев старше 40 лет (2-я группа: средний возраст $52,6 \pm 10,2$ года). Испытуемые в обеих исследуемых группах были практически здоровыми добровольцами. У них не было выявлено проблем со здоровьем.

Исследования проводились в сидячем положении, руки волонтера были размещены на столе на уровне сердца. Индекс микроциркуляции регистрировали в течение 10 мин, при этом датчики прикреплялись к ладонной поверхности дистальной фаланги 3-х пальцев.

Добровольцы набирались таким образом, что вторая группа была значительно старше первой ($p < 0,05$). По другим параметрам (частота сердечных сокращений и артериальное давление) существенной разницы не наблюдалось.

Исследование выявило более высокий средний уровень перфузии во 2-й группе по сравнению с 1-й группой. Статистически значимые различия между двумя группами

обнаружены также в амплитудах эндотелиальных (Аэ) и миогенных (Ам) колебаний. Результаты вейвлет-анализа представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты вейвлет-анализа полученных данных

Параметры	ИМ, пф.ед.	Аэ, пф.ед.	Ан, пф.ед.	Ам, пф.ед.	Ад, пф.ед.	Ас, пф.ед.
1 группа	14,4±4,7*	0,74±0,32*	0,35±0,15	0,56±0,26*	0,61±0,30	0,59±0,28
2 группа	18,2±3,0	0,59±0,56	0,35±0,16	0,43±0,23	0,55±0,35	0,63±0,42

* – достоверность различий между значениями параметров подтверждена с помощью теста Манна-Уитни, $p < 0,05$

Было проведено сравнение параметров вейвлет-когерентности на кончиках пальцев для двух групп испытуемых. По данным теста Вилкоксона миогенные колебания перфузии крови в молодой группе имели более высокий параметр вейвлет-когерентности, чем в старшей группе.

Волонтеры имели сходные значения артериального давления и частоты сердечных сокращений. Это значит, что полученный результат связан со спецификой возраста микроциркуляторного русла.

Можно предположить, что с возрастом работа механизмов, которые синхронизируют колебания в этом частотном диапазоне сердечно-сосудистой системы, меняется, вызывает различия сосудистого тонуса правой и левой частей тела. Микроциркуляторное русло подвергается значительным структурным и функциональным изменениям в процессе старения. Представленное исследование показало различия в параметрах вейвлет-когерентности двух различных возрастных групп. Установлено, что миогенные колебания перфузии крови в младшей группе имели более высокий параметр вейвлет-когерентности, чем в старшей.

Также необходимо продолжить исследования с увеличением количества и размера проб. Использование вейвлет-анализа полученных ЛДФ-сигналов для выявления возрастных изменений в регуляторных механизмах микроциркуляции является также перспективным. Полученные данные могут быть рассмотрены в дальнейшем при разработке протоколов исследований системы микроциркуляции крови у пациентов с различными патологиями.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-79-00237).