

ОЦЕНКА ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ КРОВОТОКА В МИКРОЦИРКУЛЯТОРНОМ РУСЛЕ ПРИ ОРТОСТАТИЧЕСКОЙ И ДЫХАТЕЛЬНОЙ ПРОБАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОСИМЫХ ЛАЗЕРНЫХ ФЛОУМЕТРОВ

Локтионова Ю.И. (Научно-технологический центр биомедицинской фотоники, Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, Орел, Россия),

Жарких Е.В. (Научно-технологический центр биомедицинской фотоники, Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, Орел, Россия),

Михайлова М.А. (ФГБУ «НМИЦ ПМ» Минздрава России, Москва, Россия)

к.т.н. Жеребцова А.И. (Научно-технологический центр биомедицинской фотоники, Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, Орел, Россия)

Научные руководители – к.т.н. Жеребцов Е.А.

(Научно-технологический центр биомедицинской фотоники,

Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, Орел, Россия),

к.м.н. Федорович А.А. (ФГБУ «НМИЦ ПМ» Минздрава России, Москва, Россия)

Для оценки перераспределения кровотока в микроциркуляторном русле у условно здоровых добровольцев был проведен эксперимент с ортостатической пробой. Для оценки микроциркуляции крови были использованы 6 носимых лазерных анализаторов, реализующих метод лазерной доплеровской флоуметрии. Были найдены статистически значимые различия в амплитудах колебаний, среднем уровне перфузии и индексе дыхательных проб при различных положениях тела человека.

Ежегодно от сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) умирает 17,5 млн. человек, что составляет 30% от общего числа смертей в мире. С каждым годом эта цифра стремительно увеличивается и к 2030 году достигнет предположительно 23,6 млн. человек. По прогнозам Всемирной организации здравоохранения ССЗ останутся основной причиной смертности. Для предотвращения тяжелых осложнений необходима разработка методик ранней диагностики нарушений сосудистого русла. В настоящее время для диагностики заболеваний сосудов широкое распространение получили ультразвуковая доплерография, дуплексное и триплексное сканирование. Они основаны на эффекте Доплера и анализе отраженного от клеток крови ультразвука. Однако, данные методы позволяют оценить характер кровотока и структуру в крупных магистральных артериях. Для ранней диагностики ССЗ необходимо выявление функциональных нарушений в микроциркуляторном русле, которое первым вовлекается в патологические процессы.

Для оценки микроциркуляторного русла применяется метод лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ). Его физической основой, как и основой ультразвуковых методов, является эффект Доплера, однако в качестве источника излучения выступает лазер ближнего инфракрасного диапазона. Флоуметры – приборы, реализующие метод ЛДФ, подвергают анализу лазерное излучение, рассеянное на движущихся в капиллярах эритроцитах. Результатом ЛДФ-исследования является показатель микроциркуляции (ПМ) – уровень перфузии тканей кровью, интегральный параметр, косвенно зависящий от скорости эритроцитов и их концентрации в диагностическом объеме. Метод ЛДФ позволяет также оценивать 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), миогенный (0,052-0,145 Гц), дыхательный (0,145-0,6 Гц) и сердечный (0,6-2 Гц). Для получения дополнительной информации о состоянии микроциркуляторного русла активно применяются различные функциональные пробы, такие как окклюзионная, дыхательная, ортостатическая, тепловая, холодовая прессорная и т.д.

При проведении исследований выполнялись ортостатическая и дыхательная пробы по следующему алгоритму: доброволец находился в горизонтальном положении (положение 1), затем вертикальном (положение 2) и в антиортостатическом положении (голова ниже уровня ног на 15°, положение 3). Длительность записи ПМ в каждом положении составила 15 минут, при этом на 12-й и 14-й минутах доброволец выполнял дыхательную пробу – глубокий вдох и задержку дыхания на вдохе на 15 секунд. В выборку испытуемых вошли 10 условно здоровых добровольцев мужского пола. Средний возраст выборки составил $43,8 \pm 11,9$ года.

Исследования проводились в первой половине дня, не ранее чем через два часа после приема пищи и физических нагрузок. Доброволец располагался на кушетке с регулировкой угла наклона туловища и фиксировался ремнями. Лазерные носимые устройства регистрации кровотока располагались в 6 точках тела: на лбу (два устройства располагались рядом), на тыльной стороне запястий, а также на ногах в нижних частях голеней.

Для оценки состояния микроциркуляторного русла добровольцев были рассчитаны следующие параметры: средний ПМ, среднее квадратическое отклонение (СКО), коэффициент вариации, амплитуды эндотелиальных, нейрогенных, миогенных, дыхательных и сердечных колебаний, минимальный уровень перфузии при дыхательной пробе ($ПМ_{\min}$), индекс первой дыхательной пробы ($ИДП_1$) и индекс второй дыхательной пробы ($ИДП_2$).

Статистически значимая разница была найдена в ПМ и амплитудах эндотелиальных, нейрогенных и миогенных колебаний в запястьях между положениями тела 2 и 3, в $ИДП_1$ и $ИДП_2$ в записях со лба между положениями 2 и 3, а также в $ИДП_2$ в записях с ног между положениями тела 2 и 3 (статистическая значимость подтверждена тестом Тьюки с уровнем доверительной вероятности $P = 95\%$). В руках значимые отличия появились в СКО между положениями 2 и 3 и в сердечных колебаниях между положениями 1 и 2 (статистическая значимость подтверждена тестом Тьюки с уровнем доверительной вероятности $P = 99\%$). Статистически значимая разница была найдена в амплитуде миогенных колебаний при регистрации кровотока на лбу между положениями 1 и 2, при записи данных на ногах в ПМ и амплитудах сердечных колебаний между положениями тела 1, 2 и 3, а также в амплитудах сердечных колебаний в записях с запястий между положениями 2 и 3 (статистическая значимость подтверждена тестом Тьюки с уровнем доверительной вероятности $P = 99,9\%$).

Изучение параметров микроциркуляторного русла при ортостатических и дыхательных пробах способствует формированию более полной картины реакции кровотока на функциональные нагрузки. Для оценки данной реакции возможно применение таких параметров, как ПМ, СКО, амплитуды колебаний, ИДП. Найденные статистически значимые различия данных параметров говорят о том, что при изменении положения тела включаются разные механизмы регуляции кровотока.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-08-01153.