

УДК 612.135:615.47

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОЛНОГО ДЫХАНИЯ НА СИСТЕМУ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ КРОВИ С ПОМОЩЬЮ НОСИМЫХ УСТРОЙСТВ ЛАЗЕРНОЙ ДОПЛЕРОВСКОЙ ФЛОУМЕТРИИ

**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), **Фролов А.В.** (Санкт-Петербургский институт восточных методов реабилитации, Санкт-Петербург, Россия)

**Научные руководители – к.т.н. Сидоров В.В.** (Научно-производственное предприятие «ЛАЗМА», Москва, Россия), **к.т.н., доцент Дунаев А.В.** (Научно-технологический центр биомедицинской фотоники, Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, Орел, Россия)

**Аннотация.** Для оценки реакции микроциркуляторного русла на дыхательные тесты с помощью носимых лазерных анализаторов были разработаны протоколы, включающие полное низкочастотное дыхание. Состояние микроциркуляции крови контролировалось в симметричных зонах на лбу в областях надглазничных артерий, входящих в общие бассейны кровообращения с сонными артериями головного мозга. В результате было установлено, что реакция регуляторных механизмов кровотока носит разнонаправленный характер и зависит от частоты дыхания. Одним из положительных влияний полного дыхания явилось уменьшение асимметрии правой и левой областей исследования после функционального теста. Была показана возможность инструментального контроля качества выполнения полного дыхания.

**Введение.** Дыхательные упражнения часто применяются при реабилитации после заболеваний как органов дыхания, так и других систем организма. Эффективность такой терапии субъективно оценивается непосредственно пациентами. Также отмечается положительное влияние дыхательной гимнастики и полного йоговского дыхания на снижение уровня стресса и вовлечение в упражнения всех мышц дыхательной системы, увеличение дыхательного объема легких. Однако, в настоящее время отмечается потребность в проведении исследований, посвященных инструментальной оценке влияния полного дыхания на организм человека и его сердечно-сосудистую систему, что явилось целью данной работы.

Одним из наиболее популярных оптических неинвазивных методов регистрации кровотока является лазерная доплеровская флоуметрия (ЛДФ), основанная на зондировании тканей низкоинтенсивным лазерным излучением ближнего инфракрасного диапазона и регистрацией обратно отраженного от эритроцитов света. Метод ЛДФ позволяет оценивать колебательные процессы в микроциркуляторном русле, отражающие вклад различных факторов в общую регуляцию микрокровоотока. Частотные диапазоны колебаний периферического кровотока подразделяются на активные (эндотелиальный (0,01-0,02 Гц), нейрогенный (0,021-0,046 Гц), миогенный (0,47-0,145 Гц)) и пассивные (дыхательный (0,2-0,4 Гц) и сердечный (0,8-1,6 Гц)), отражающие сосудодвигательную активность эндотелия сосудов, нейрогенную симпатическую вазомоторную активность, активность гладкомышечных клеток сосудов, а также влияние на микроциркуляторное русло дыхательных движений грудной клетки и сердечных сокращений соответственно. Также преимуществом метода ЛДФ является возможность его применения для оценки влияния различных функциональных тестов на организм (например, дыхательных).

**Основная часть.** Для оценки реакции микроциркуляторного русла на проведение дыхательных практик было разработано 4 протокола с 5 режимами полного дыхания. Применение 5 режимов дыхания обусловлено разным уровнем подготовки испытуемых, поскольку дышать от 1 до 3 раз в минуту в течение длительного времени невозможно без специальных тренировок (средняя ЧДД составляет около 15 раз в минуту). Все испытуемые являются практикующими йогами. Всего в исследовании приняли участие 10 волонтеров.

Первый протокол состоял из четырех этапов: на 1 и 4 этапах (длительностью 5 минут каждый) испытуемые дышали в обычном режиме; на 2 этапе длительностью 15 минут частота дыхания составила 1 раз в минуту – 30 секунд длился вдох и 30 секунд – выдох (режим дыхания 30:30); на 3 этапе длительностью 15 минут выполнялся следующий режим дыхания: 15 секунд – вдох, 15 секунд – задержка дыхания, 15 секунд – выдох, 15 секунд – задержка дыхания (режим дыхания 15:15 с задержкой). Второй, третий и четвертый протоколы состояли из трех этапов: на 1 и 3 этапах длительностью 5 минут каждый испытуемые не выполняли дыхательных практик; на 2 этапе длительностью 15 минут волонтеры дышали по следующим схемам: вдох и выдох по 20 секунд (режим дыхания 20:20) – второй протокол, вдох и выдох по 15 секунд (режим дыхания 15:15) – третий протокол, вдох и выдох по 10 секунд (режим дыхания 10:10) – четвертый протокол. При выполнении полного дыхания во время вдоха выполняется брюшное, грудное и ключичное дыхание, при этом задействуется вся жизненная емкость легких, которая больше дыхательного объема в спокойном состоянии в среднем в 9 раз.

Для оценки влияния полного дыхания на микроциркуляторное русло применялись два носимых лазерных доплеровских анализатора микроциркуляции крови «ЛАЗМА-ПФ» (ООО НПП «ЛАЗМА», г. Москва). Устройства имеют встроенные каналы для записи микрокровотока, а также термометр и акселерометр. Длина волны излучателя составляет 850 нм. В качестве области исследования были выбраны правый и левый бассейны надглазничной артерии. Устройства закреплялись симметрично с помощью трубчатого бинта таким образом, чтобы не создавать давления на область исследования. Для оценки реакции микроциркуляторного русла на различные режимы дыхания была проведена оценка показателя микроциркуляции (ПМ) и амплитуд активных и пассивных осцилляций до полного дыхания, во время него и после.

У всех волонтеров наблюдается схожая реакция в правой и левой областях исследования. При выполнении 1, 2 и 3 протоколов у всех волонтеров наблюдается увеличение среднего ПМ после полного дыхания, после 4 протокола наблюдается его незначительное снижение. Амплитуды осцилляций увеличиваются у всех волонтеров в 1 протоколе. При выполнении остальных протоколов изменений в амплитудах нейрогенных колебаний не наблюдается. На режим дыхания 20:20 в амплитудах эндотелиальных и миогенных осцилляций наблюдается разнонаправленная реакция у всех волонтеров. После 3 и 4 протоколов амплитуды эндотелиальных осцилляций уменьшаются, при этом увеличивается влияние миогенного компонента. В пассивных колебаниях наблюдается следующие изменения: увеличение их вклада после дыхания 20:20, после режима дыхания 10:10 – уменьшение и разнонаправленная реакция на дыхание 15:15. При выполнении 1, 3 и 4 протоколов у всех испытуемых наблюдается увеличение симметрии между правой и левой областями исследования, что рассматривается как положительное влияние полного дыхания на организм.

Поскольку при выполнении волонтерами теста дыхательные механизмы вносят наибольший вклад в колебания микрососудов, оценить работу тонусформирующих механизмов не представляется возможным. Однако при применении вейвлет-анализа к записям перфузии крови в период полного дыхания можно оценить наличие реакции микрокровотока на выполнение функционального теста, а также качество дыхания волонтеров по частотной локализации наибольшей точки максимума суммированного по времени частотно-временного представления вейвлета-анализа.

**Выводы.** Таким образом, метод лазерной доплеровской флоуметрии позволяет оценить влияние полного низкочастотного дыхания на микроциркуляторное русло кожи человека путем анализа перфузии крови и регуляторных механизмов. У испытуемых наблюдалась как схожая, так и разнонаправленная реакция микрокровотока на различные режимы дыхания, что может свидетельствовать о зависимости изменений в регуляции микроциркуляторного русла от внешних и внутренних факторов, что необходимо исследовать в дальнейшем.

Локтионова Ю.И. (автор)

Фролов А.В. (научный руководитель)

Дунаев А.В. (научный руководитель)