

**ВЛИЯНИЕ ДЫХАТЕЛЬНОЙ И ОРТОСТАТИЧЕСКОЙ ПРОБЫ
НА ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ КРОВИ
ПРИ ИЗМЕНЕНИИ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ ДОПЛЕРОВСКОЙ
ФЛОУМЕТРИИ В РАЗНЫХ АНАТОМИЧЕСКИХ УЧАСТКАХ КОЖИ**

В.С. Янушин, А.Д. Легостаев, А.Е. Новосёлов, Е.В. Русина,
А.А. Спиридонова, В.Е. Паршакова, Ю.И. Локтионова, Е.В. Жарких
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева»,
г. Орёл

В статье рассмотрены методологические аспекты применения дыхательной и ортостатической проб при диагностике состояния системы микроциркуляции крови методом лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ). Проведены экспериментальные исследования по оценке изменения параметров ЛДФ в ответ на применение функциональных проб при измерениях в разных анатомических участках кожи.

Ключевые слова: *оптическая неинвазивная диагностика, система микроциркуляции крови, лазерная доплеровская флоуметрия, функциональные пробы.*

**THE INFLUENCE OF BREATH-HOLDING AND ORTHOSTATIC TESTS
ON CHANGES IN THE PARAMETERS OF BLOOD
MICROCIRCULATION MEASURED BY LASER DOPPLER
FLOWMETRY IN DIFFERENT ANATOMICAL SKIN AREAS**

V.S. Yanushin, A.D. Legostaev, A.E. Novosyolov, E.V. Rusina, A.A. Spiridonova,
V.E. Parshakova, Yu.I. Loktionova, E.V. Zharkikh
Orel state university named after I.S. Turgenev, Orel

The article discusses the methodological aspects of using breath-holding and orthostatic tests in diagnosing the state of the blood microcirculation system by laser Doppler flowmetry (LDF). Experimental studies have been carried out to assess the changes in LDF parameters in response to the application of functional tests during measurements in different anatomical areas of the skin.

Key words: *optical noninvasive diagnostics, blood microcirculation, laser Doppler flowmetry, functional tests.*

Оценка состояния системы микроциркуляции крови неинвазивным способом возможна с помощью оптических методов диагностики. Одним из наиболее популярных оптических неинвазивных методов исследования состояния микроциркуляции является метод лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ), позволяющий в режиме реального времени получать информацию об уровне перфузии тканей кровью в исследуемой области, а также посредством математической обработки данных оценивать состояние механизмов регуляции кровотока [1].

Стоит отметить, что система микроциркуляции крови характеризуется значительной вариабельностью параметров, на которую влияет большое количество факторов: от температуры помещения и исследуемой области до времени суток, психоэмоционального состояния испытуемого, приёмов пищи, и др. [2]. По этой причине при разработке протоколов исследования состояния микроциркуляции крови методом ЛДФ зачастую применяют функциональные нагрузочные пробы, позволяющие оценить реакцию микроциркуляторного русла на различные физиологические и фармакологические воздействия [4, 5]. Наиболее простыми в исполнении и не требующими использования дополнительного оборудования являются дыхательная и ортостатическая пробы. Однако, параметры осуществления функциональных проб отличаются у разных коллективов авторов, кроме того, не для всех областей исследования, применяемых при диагностике методом ЛДФ, существуют сведения об изменении параметров при их осуществлении. В связи с этим, целью данной работы явилось оценить изменение параметров микроциркуляции крови, измеренных методом лазерной доплеровской флоуметрии в разных анатомических участках кожи при применении дыхательной и ортостатической функциональных проб.

В исследовании приняло участие 10 условно здоровых добровольцев в возрасте 21 ± 3 года. Оценивались параметры микроциркуляции крови в следующих точках: на коже лба в зоне бассейнов надглазничных артерий, в коже дорсальной стороны запястий на срединной линии в точке, расположенной на 2 см выше шиловидного отростка, в коже ладонной поверхности дистальных фаланг 3-их пальцев рук, регистрация сигналов осуществлялась симметрично с левой и правой сторон.

Исследование включало в себя 3 этапа: регистрация параметров в спокойном физиологичном состоянии без какой-либо функциональной нагрузки в течение 8 мин (базовый тест, БТ), осуществление дыхательной пробы (ДП) с задержкой дыхания на 15 с и последующей регистрацией сигнала в течение 45 с, и осуществление ортостатической пробы (ОП) в течение 1 мин. Во время базового теста каждому добровольцу предлагали занять следующее положение: спина опиралась на спинку стула, локти лежали на столе, положение головы было вертикально, взгляд направлялся вперед, мышцы расслаблялись, колени сгибались под прямым углом, ноги стояли на полу. ОП предполагала изменение положения тела из позиции «сидя» в позицию «стоя», при этом при осуществлении ОП испытуемый опускал руки вдоль тела. В связи с неудобством крепления при измерениях в области пальцев рук осуществлялась регистрация только базового теста и дыхательной пробы.

При проведении исследований оценивались следующие параметры системы микроциркуляции крови: уровень показателя микроциркуляции крови при осуществлении базового теста (*ПМ*, пф.ед.), минимальный уровень *ПМ* при осуществлении дыхательной пробы (*ПМ_{мин}*, пф.ед.), индекс дыхательной пробы (*ИДП*, %), значение *ПМ* при осуществлении

ортостатической пробы ($ПМ_{оп}$, пф.ед.).

На рис. 1 в качестве примера представлены средние значения ПМ во время выполнения волонтерами базового теста и его минимальные значения во время дыхательной пробы для левой части тела. Изменения параметров в правой части тела имели такой же характер, как и для левой.

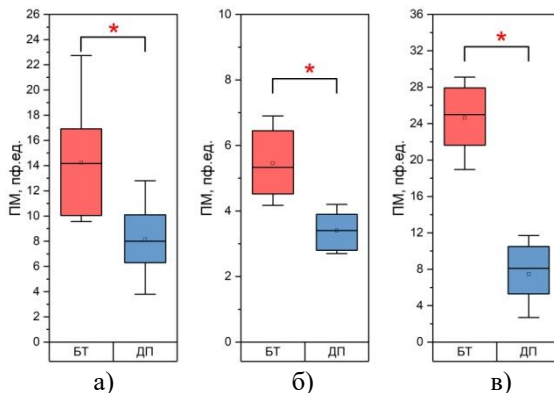


Рис. 1 – Показатель микроциркуляции крови во время базового теста (красный цвет) и при выполнении дыхательной пробы (синий цвет)

а – лоб; б – запястье; в – палец руки

** - статистически значимые различия подтверждены парным тестом Уилкоксона, $p < 0,05$*

Результаты исследования продемонстрировали статистически значимое уменьшение ПМ при проведении дыхательной пробы во всех областях измерения, по сравнению с базовым кровотоком, данное уменьшение показателя микроциркуляции связано с вазомоторным рефлексом, который запускается быстрым и глубоким вдохом, вызывая констрикцию артериол и кратковременное уменьшение кожного кровотока [3]. В табл. 1 приведены значения ИДП для кожи запястий, пальцев рук и кожи лба в области бассейнов надглазничных артерий. Данные представлены как среднеарифметическое значение \pm среднеквадратическое отклонение.

Таблица 1 – Индекс дыхательной пробы

Область исследования	Лоб	Запястье	Пальцы рук
ИДП, %	42,3 \pm 12,6	36,8 \pm 10	64,7 \pm 19,4

Индекс дыхательной пробы во всех областях интереса находится в пределах референсных значений для данной возрастной группы [3], что говорит о хорошем функциональном состоянии микроциркуляторного русла волонтеров и корректной работе вазомоторного рефлекса.

На рис. 2 приведено сравнение параметра микроциркуляции крови во время выполнения ортостатической пробы и ПМ базового теста для левой стороны тела.

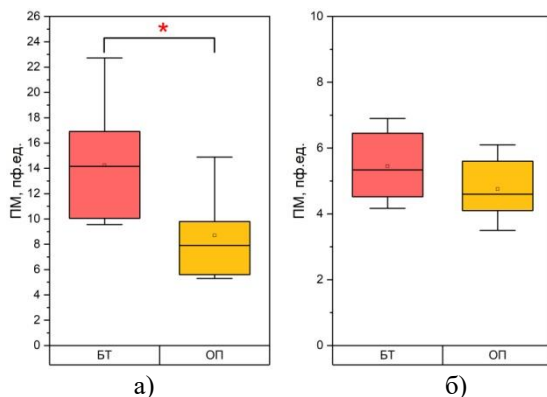


Рис. 2 – Показатель микроциркуляции крови во время базового теста (красный цвет) и при выполнении ортостатической пробы (жёлтый цвет)
а – лоб; б – запястье

* - статистически значимые различия подтверждены парным тестом Уилкоксона, $p < 0,05$

При применении ортостатической пробы зафиксировано статистически значимое уменьшение микроциркуляции крови в области кожи лба. В области измерения запястья наблюдается тенденция на снижение ПМ, не достигающая статистически значимого уровня. Такая динамика показателя микроциркуляции может быть связана с работой вазоконстрикторного механизма.

Таким образом, в настоящей работе исследовано изменение параметров микроциркуляции крови в разных анатомических участках кожи человека при применении двух функциональных тестов – дыхательного и ортостатического. Получены референсные значения параметров микроциркуляции для разных областей и условий исследования. Данное исследование показывает значимость таких функциональных тестов как дыхательная и ортостатическая пробы. Применение данных функциональных тестов позволяет выявлять адаптационные резервы микроциркуляторно-тканевых систем, а также общее функциональное состояние микроциркуляторного русла для выявления признаков различных заболеваний на ранних стадиях развития.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ (проект №23-25-00522).

Библиографический список

1. Дунаев А. В. Мультимодальная оптическая диагностика микроциркуляторно-тканевых систем организма человека: монография / А. В. Дунаев. — Старый Оскол: ТНТ, 2022. — 440 с.: ил.
2. В.Е. Паршакова, Е.В. Жарких, Ю.И. Локтионова, А.В. Коськин, А.В. Дунаев, Исследование физиологического разброса параметров микроциркуляторно-тканевых систем организма человека с помощью мультимодальных портативных анализаторов, *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*, 2(364), 165-176 (2024).
3. Крупаткин, А.И. Функциональная диагностика состояния микроциркуляторно-тканевых систем: Колебания, информация, нелинейность. Руководство для врачей. Изд. 2-е. / А.И. Крупаткин, В.В. Сидоров – М.: ЛЕНАНД, 2016. – 496 с.
4. Жарких, Е.В. Возможности исследования изменений амплитуд колебаний кожного кровотока с помощью адаптивного вейвлет-анализа при проведении окклюзионных проб [Текст] / Е.В. Жарких, А.И. Жеребцова, И.Н. Маковик, В.В. Дрёмин, Е.А. Жеребцов, Е.В. Потапова, А.В. Дунаев // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*. – 2015. – Т. 314, №6. – С. 114-121.
5. Дунаев, А.В. Анализ физиологического разброса параметров микроциркуляторно-тканевых систем [Текст] / А.В. Дунаев, И.Н. Новикова, А.И. Жеребцова, А.И. Крупаткин, С.Г. Соколовский, Э.У. Рафаилов // *Биотехносфера*. – 2013. – Т. 29, № 5. – С. 44-53.

УДК 615.47:004.93

**СИСТЕМА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК
ДРОЖАТЕЛЬНОГО ГИПЕРКИНЕЗА**

А.А. Карпухина, О.В. Мельник

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет
им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

Рассмотрена совокупная оценка параметров дрожательного гиперкинеза по методам поверхностной электромиографии и количественной оценки выраженности тремора.

Ключевые слова: *дрожательный гиперкинез, тремор, поверхностная электромиография, спираль.*

**SYSTEM FOR STUDYING THE CHARACTERISTICS OF THRIVING
HYPERKINESIS**

A.A. Karpukhina, O.V. Melnik

Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

The article considers the combined assessment of the parameters of tremor hyperkineses using the methods of surface electromyography and quantitative assessment of tremor severity.

Key words: *tremor hyperkineses, tremor, surface electromyography, spiral.*