

CONDUCTING INHALATION PROCEDURES DURING BALNEOTHERAPY

Olenev E.A.

Vladimir State University named after Alexander Grigoryevich and Nikolai Grigoryevich Stoletova, olenvea@mail.ru

Introduction

In recent years, many facts have been obtained characterizing the training of thermal adaptation mechanisms under the influence of climate treatment of various diseases. The concept of climatotherapy includes the use of special climatic influences, called climatotherapeutic procedures: air and sun baths, sleeping in the air, sleeping on the seashore sea bathing, in which the maximum influence of climatic factors on patients is achieved.

ПОРТАТИВНЫЕ УСТРОЙСТВА ЛАЗЕРНОЙ ДОПЛЕРОВСКОЙ ФЛОУМЕТРИИ В ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ ДЫХАТЕЛЬНЫХ УПРАЖНЕНИЙ ЙОГИ НА ПАРАМЕТРЫ ПЕРИФЕРИЧЕСКОГО КРОВОТОКА

^{1*} Локтионова Ю.И., ² Фролов А.В., ¹ Жарких Е.В., ³ Сидоров В.В., ⁴ Танканага А.В., ¹ Дунаев А.В.

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева», Россия, г. Орел, *julya-loktionova@mail.ru,

² Общество с ограниченной ответственностью «Санкт-Петербургский институт восточных методов реабилитации», Россия, г. Санкт-Петербург,

³ Общество с ограниченной ответственностью Научно производственное предприятие «ЛАЗМА», Россия, г. Москва,

⁴ Институт биофизики клетки Российской академии наук - обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Пушкинский научный центр биологических исследований Российской академии наук», Россия, г. Пущино,

Как известно [1], некоторые дыхательные упражнения йоги представляют собой произвольное изменение минутного объема дыхания (МОД) как в сторону увеличения (гипервентиляция), так и в сторону уменьшения (гиповентиляция) с соответствующими изменениями газообмена. Снижение МОД и достижение гиповентиляции обычно реализуется за счет снижения частоты дыхания (ЧД) при поддержании максимального дыхательного объема (ДО), по возможности приближенного к жизненной емкости легких (ЖЁЛ).

Однако, в настоящее время существует ограниченное количество работ, посвященных изучению влияния таких режимов дыхания, в частности возникающих при них изменениях параметров газообмена, на функциональное состояние микрососудистого русла системы кровообращения [2-4]. Целью данной работы явилась оценка влияния гипо- и гипервентиляционных дыхательных упражнений йоги на параметры периферического кровотока и их взаимосвязь с параметрами газообмена.

Ранее было установлено, что что паттерны дыхания с устойчивым снижением МОД при частоте дыхания 1-1,5 раза в минуту приводят к статистически значимой альвеолярной гиперкапнии и гипоксии [5]. Исследование непосредственно микроциркуляторного русла показало, что при низкочастотном дыхании наблюдается включение компенсаторных механизмов, что приводит к поддержанию гомеостаза мозга и перестройке регуляции периферического кровотока в конечностях [6].

Одним из наиболее распространенных в настоящее время методов оптической неинвазивной регистрации параметров функционального состояния микрососудистого русла является лазерная доплеровская флоуметрия (ЛДФ) [7,8]. Метод ЛДФ основан на зондировании тканей когерентным лазерным излучением в ближнем инфракрасном диапазоне и анализе отраженного от биологических структур, в том числе форменных элементов крови (эритроцитов), излучения. ЛДФ позволяет оценивать работу механизмов регуляции периферического кровотока, каждый из которых формирует колебания микрососудов в определенном частотном диапазоне [7]. Принято выделять три активных, модулирующих поперечные колебания потока крови со стороны сосудистой стенки через её мышечный компонент, и два пассивных механизма, которые вызывают поперечные колебания кровотока вне системы микроциркуляции крови и проявляются как изменение объема крови в артериальном и венозном отделах сосудистого русла. К активным механизмам относятся эндотелиальный (0,0095-0,021 Гц), обусловленный продуцированием клетками эндотелия вазодилатирующего соединения – оксида азота NO, нейрогенный (0,021-0,052 Гц), который формируется в результате симпатического адренергического влияния на гладкомышечные стенки артериол, и миогенный вазомоторный (0,052-0,145 Гц), связанный с мышечным тонусом прекапиллярных сфинктеров, регулирующих эффективную составляющую перфузии. Пассивными механизмами являются дыхательный (0,145-0,6 Гц), формируемый динамикой давления венозного отдела ввиду механической активности грудной клетки, и сердечный (0,6–2 Гц), связанный с изменением скорости движения эритроцитов в систолической и диастолической фазах работы сердца.

В выборку исследования вошли 22 человека (16 мужчин и 6 женщин), которые регулярно практикуют полное йоговское дыхание. Все волонтеры считали себя субъективно здоровыми, не принимали никаких фармакологических препаратов на постоянной основе.

Все участникам была выполнена регистрация перфузии крови кожных покровов с помощью портативных лазерных анализаторов микроциркуляции крови «ЛАЗМА-ПФ» (ООО НПП «ЛАЗМА», Москва), объединенных в распределенную систему. Устройства имеют встроенные идентичные каналы регистрации перфузии крови, а также кожный термометр и акселерометр для компенсации температурных и двигательных артефактов. В качестве источника излучения в устройствах используется одномодовый вертикально-излучающий лазер с рабочей длиной волны 850 нм и мощностью излучения 1 мВт.

Устройства закреплялись симметрично справа и слева по схеме, приведенной на рисунке 1, в областях бассейнов надглазничных артерий, волярной поверхности дистальных фаланг третьих пальцев рук и первых пальцев ног таким образом, чтобы не создавать давления на область исследования. Выбор в качестве области интересов бассейнов надглазничных артерий обуславливается тем, что в каждом покрове располагаются капилляры, которые являются ответвлением артериол и артерий, обеспечивающих кровоснабжение мозга. Таким образом, проводя измерения параметров микроциркуляции в данных областях можно косвенно судить об ответе защитных механизмов поддержания мозгового гомеостаза на изменение газового состава крови в результате выполнения гипер- и гиповентиляционных режимов дыхания.

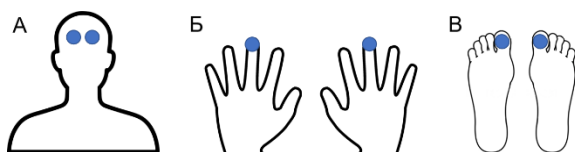


Рисунок 1 – Схема крепления портативных анализаторов «ЛАЗМА-ПФ» в областях исследования на голове в бассейнах надглазничных артерий (А), пальцах рук (Б) и пальцах ног (В)

Измерения проводились в лабораторных условиях при температуре воздуха в помещении равной 22 ± 1 °С. Всё время измерения волонтер находился в неподвижном положении, сидя за столом, руки располагались на поверхности стола на уровне сердца, ноги были согнуты под углом 135° , что препятствует пережатию сосудов в области коленного сустава и ухудшению оттока крови.

Исследования параметров микроциркуляции крови выполнялись по протоколу, представленному в таблице 1. Дыхательная проба (этап №2) в данной работе не анализировалась.

Таблица 1 – Протокол исследования

№ этапа	Описание этапа	Время, мин
1	Фоновая запись	6
2	Выполнение дыхательной пробы (глубокий вдох, задержка дыхания на 15 с)	≈ 1-2
3	Специальный режим полного дыхания по одной из схем: 1. Гиповентиляция: • 30:30 (30 с – вдох; 30 с – выдох) или 20:20 (20 с – вдох; 20 с – выдох) 2. Гипервентиляция: • 15:15 (15 с – вдох; 15 с – выдох) или 10:10 (10 с – вдох; 10 с – выдох)	5
4	Фоновая запись	6
Общее время		≈ 18-19

Спирометрия и газоанализ проводились в положении волонтера сидя за столом на стуле с прямой спиной. Для прекращения носового дыхания применялся зажим, дыхание производилось через рот в трубку прибора с использованием сертифицированного одноразового противовирусного фильтра «Vitalograph».

Во время спирометрии и газоанализа участники выполняли следующие дыхательные режимы:

- свободное дыхание в течение 2 мин;
- полное йоговское дыхание по схеме 10:10 (20:20 или 30:30) (длительность вдоха – 10 (20, 30) с, длительность выдоха – 10 (20, 30) с соответственно) с максимально доступным ДО в течение 5-6 дыхательных циклов.

Дыхательный режим выполняется при условии способности участника к его свободному выполнению. Между этапами полного дыхания участнику предоставлялся отдых в течение 5 мин.

С помощью спирометра МАС-2С с функцией газоанализа и пульсоксиметрии (производство компании «Белинтелмед», Беларусь) для каждого волонтера были определены следующие параметры: ЧД, минутный объём дыхания МОД, ДО, парциальное давление CO_2 в выдыхаемом воздухе в конце выдоха (PetCO_2), содержание O_2 в выдыхаемом воздухе (FeO_2), сатурация гемоглобина (SpO_2).

Полученные результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты спирометрии и газоанализа

Режим дыхания	МОД, л/мин	ДО, л	PetCO_2 max, %	FeO_2 , %	SpO_2 ср, %	SpO_2 min, %
---------------	------------	-------	-------------------------	--------------------	----------------------	-----------------------

			мм рт.ст.			
Свободное дыхание	8,77±1,98	0,78±0,18	37,12±2,95	13,86±0,72	96,98±1,06	95,50±1,14
Полное дыхание (10:10)	13,77±2,52*	4,47±0,83*	32,55±2,88*	15,56±0,6*	97,21±0,9	95,55±1,57
Полное дыхание (20:20)	6,49±1,32*	4,36±0,88*	40,60±3,56*	12,25±1,44*	96,66±1,17	93,91±2,84*
Полное дыхание (30:30)	4,49±0,87*	4,37±0,72*	44,71±2,69*	10,51±1,21*	95,82±1,76*	91,29±5,25*

* – Статистически значимые различия по сравнению с режимом свободного дыхания подтверждены парным тестом Вилкоксона ($p < 0,05$)

Техника выполнения полного дыхания предполагает задействование ЖЁЛ, что соотносится с полученными данными – наблюдается значительное увеличение ДО у всех волонтеров. При выполнении схемы 10:10 МОД волонтеров значительно увеличивается, такой режим дыхания называется гипервентиляционным. Для всех участников исследования дыхание 20:20 и 30:30 привело к значительному снижению минутного объема дыхания, то есть гиповентиляции.

Режим гипервентиляции характеризуется значительным снижением $P_{et}CO_2$ и увеличением FeO_2 . Для гиповентиляционного режима были получены противоположные результаты – наблюдается достоверное увеличение $P_{et}CO_2$ и достоверное снижение FeO_2 . Также при выполнении дыхания с частотой 1 раз в минуту (30:30) у волонтеров достоверно снижается сатурация гемоглобина SpO_2 .

Для изучения взаимосвязей параметров микроциркуляции крови в области бассейнов надглазничных артерий и газоанализа были рассчитаны коэффициенты корреляции Спирмена для режима свободного дыхания. Результаты представлены на рисунке 2.

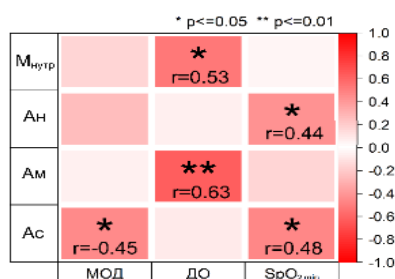


Рисунок 2 – Карта корреляций газоанализа и микроциркуляции крови в области бассейнов надглазничных артерий при свободном дыхании

Колебания вблизи частоты 1 Гц обуславливаются распространением пульсовой волны по сосудам, а амплитуды этих колебаний характеризуют приток артериальной крови в микрососудистое русло. Найденная взаимосвязь амплитуд сердечных осцилляций (Ас) с МОД и SpO_{2min} может характеризовать согласованность работы системы дыхания и доставки оксигенированной крови к клеткам. Это подтверждается и статистически значимой корреляцией ДО и $M_{нутр}$ – параметра, отражающего эффективную перфузию (непосредственно ее капиллярную составляющую), а также амплитуд миогенных осцилляций (Ам), связанных с числом функционирующих капилляров. Статистически достоверные корреляции были найдены между SpO_{2min} и амплитудами нейрогенных колебаний (АН), обуславливающих вазоконстрикцию и вазодилатацию микрососудов через их иннервацию, то есть нейрогенный тонус артериол некоторым образом зависит от оксигенации крови.

Режим гиповентиляции приводит к появлению достоверной ($p < 0,05$) обратной корреляционной связи FeO_2 во время выполнения полного дыхания и амплитуд колебаний дыхательного генеза после нагрузочного режима во всех областях исследования: коэффициент корреляции r равен -0,53 для области надглазничных артерий, -0,5 для пальцев рук и -0,43 для пальцев ног. Возможно, увеличение амплитуд дыхательных осцилляций является проявлением компенсаторной реакции организма: при значительном уменьшении кислорода в крови ввиду низкочастотного дыхания происходит последующее увеличение экскурсии грудной клетки.

Для изучения реакции механизмов регуляции системы микроциркуляции на режимы полного гипо- и гипервентиляционного йоговского дыхания сравнивались нормированные на среднюю перфузию амплитуды осцилляций в 3-х областях исследований. Результаты представлены на рисунке 3.

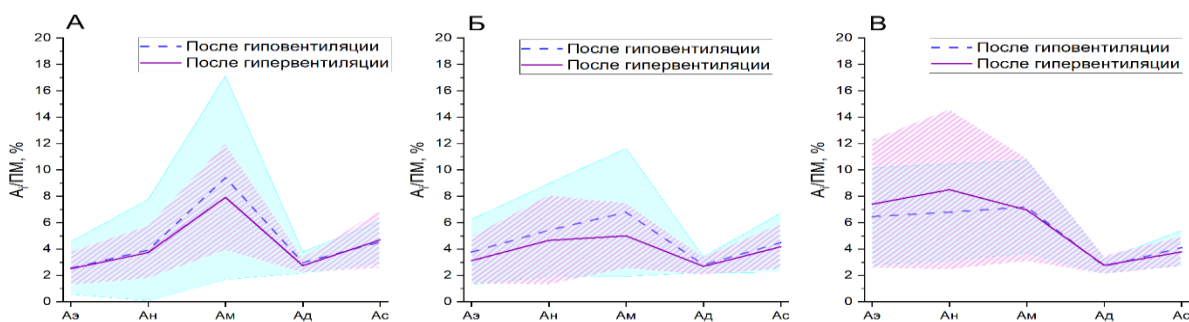


Рисунок 3 – Нормированные на показатель микроциркуляции крови амплитуды осцилляций в областях исследования на голове в бассейнах надглазничных артерий (А), пальцах рук (Б) и пальцах ног (В)

В области надглазничных артерий наблюдается незначительное увеличение среднего значения амплитуд миогенных осцилляций после гиповентиляционного режима по сравнению со значениями данного параметра после режима гипервентиляции. Предположительно это может свидетельствовать об увеличении числа функционирующих капилляров в коже лба у некоторых волонтеров. Аналогичные изменения наблюдаются и в пальцах рук в нормированных амплитудах осцилляций нейрогенного и миогенного генеза, что является следствием снижения тонуса микрососудов артериального отдела. В пальцах ног наблюдается противоположная ситуация: амплитуды колебаний нейрогенного диапазона незначительно выше у волонтеров после выполнения полного дыхания в режиме гипервентиляции, чем в режиме гиповентиляции, то есть снижение нейрогенного тонуса в пальцах ног обусловлено увеличением минутного объема дыхания в специальном режиме.

Исследование показало, что наблюдается взаимосвязь параметров микроциркуляции крови и газоанализа как при свободном дыхании, так и при выполнении режима гиповентиляции. Также было установлено, что после режима гиповентиляции вклад миогенного компонента в общую перфузию при измерениях на лбу и в пальцах рук незначительно выше, чем после режима гипервентиляции, тогда как в пальцах ног вклад нейрогенной составляющей выше после гипервентиляции. Полученные результаты могут быть полезны при изучении особенностей работы механизмов доставки кислорода к биологическим тканям как при свободном, так и при гипер- и гиповентиляционных режимах дыхания, а также позволят разработать инструментальный метод контроля выполнения упражнений полного дыхания и их эффективности при реабилитации.

Локтионова Ю.И., Жарких Е.В. и Дунаев А.В. благодарят РФФИ за финансовую поддержку исследований № 20-08-01153 А и № 19-29-14194 соответственно.

Библиографический список

1. Фролов А. Пранаяма и шаткарма. Дыхательные и очистительные техники хатха-йоги. – СПб: Издательско-Торговый Дом «Скифия», 2018. – 240с.
2. McKay J.A.A. et. all. The effect of consistent practice of yogic breathing exercises on the human cardiorespiratory system // *Respiratory Physiology & Neurobiology* – 2016. – Vol.233. – P.41–51.
3. Muralikrishnan K. et. all. Measurement of the effect of Isha Yoga on cardiac autonomic nervous system using short-term heart rate variability // *Journal of Ayurveda & Integrative Medicine*. – 2012. – Vol. 3. – №2.
4. Nivethitha L. et. all. Effects of Various Pranayama on Cardiovascular and Autonomic Variables // *Ancient Science of Life* – 2016. – Vol.36. – №2. – С.72-77.
5. Фролов А.В. и др. Гиповентиляционные упражнения йоги: влияние на газообмен // *Вестник восстановительной медицины* – 2021. – Т.20 – №5. С.73-80.
6. Фролов А.В. и др. Исследование изменений кожной микроциркуляции крови при выполнении дыхательной техники хатха-йоги // *Регионарное кровообращение и микроциркуляция* – 2021. – Т.20. – №4. – С. 33-44
7. Крупаткин А.И. и др. Функциональная диагностика состояния микроциркуляторно-тканевых систем: колебания, информация, нелинейность: руководство для врачей. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013. – 496с.
8. Жеребцова А.И. и др. Неинвазивная диагностика функционального состояния периферических сосудов верхних конечностей: монография. – Орел: ОГУ имени И.С. Тургенева, 2016. – 181с.
9. Танканаг А.В. Методы вейвлет-анализа в комплексном подходе к исследованию кожной микрогемодинамики как единицы сердечно-сосудистой системы // *Регионарное кровообращение и микроциркуляция* – 2018. – Т.17. – №3. – С.33-44.

**PORTABLE LASER DOPPLER FLOWMETRY DEVICES
IN ASSESSING THE IMPACT OF YOGA BREATHING EXERCISES
ON THE PARAMETERS OF PERIPHERAL BLOOD FLOW**

^{1*} Loktionova Yu.I., ² Frolov A.V., ¹ Zharkikh E.V., ³ Sidorov V.V., ⁴ Tankanag A.V., ¹ Dunaev A.V.
¹ Orel State University named after I.S. Turgenev, Russia, Orel, *julya-loktionova@mail.ru,
² Ltd. St. Petersburg Institute of Oriental Methods of Rehabilitation, Russia, St. Petersburg,
³ SPE «LAZMA» Ltd, Russia, Moscow,
⁴ Institute of Cell Biophysics of the Russian Academy of Sciences - a separate division of
 Federal Research Center «Pushchino Scientific Center for Biological Research of the Russian Academy
 of Sciences», Pushchino, Russia,

Keywords: yoga breathing, blood flow microcirculation, noninvasive diagnostics, laser Doppler flowmetry, spirometry, gas analysis.

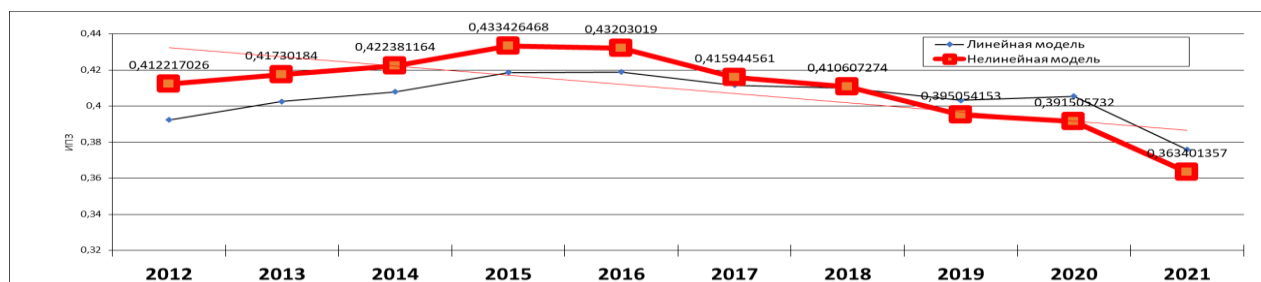
Annotation. The work is devoted to study of effect of complete hyper- and hypoventilation breathing on the parameters of the blood flow microcirculation and its relationship with the results of spirometry and gas analysis. Volunteers achieved hypoventilation (respiratory rate 1-1.5 times per minute) and hyperventilation (respiratory rate 2-3 times per minute) modes with performing full breathing, which was confirmed by spirometry and gas analysis. The correlations found between the parameters of gas analysis and blood microcirculation may indicate the peculiarities of the mechanisms of oxygen delivery to biological tissues during the changes of volume of inhaled air.

**ТЕНДЕНЦИИ ФОРМИРОВАНИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ВЛАДИМИРСКОЙ
ОБЛАСТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ.**

А.И. Ильин

Заслуженный врач РФ, к.м.н., член-корр. ПАНИ

В соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 07.05.2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» Правительству РФ поручено обеспечить достижение национальных целей развития РФ на период до 2024 года, среди них повышение ожидаемой продолжительности до 78 лет к 2024 году (к 2030 году - до 80 лет). Согласно доктрины, сформулированной академиком Ю.П. Лисицыным, здоровье на 10 % зависит от медицины, 15-20 % от наследственных факторов, 15-20 % от экологии, 50-60 % от качества и образа жизни. В регионе за годы реформ были приняты ряд целевых программ, направленных на повышение качества медицинской помощи населению, укрепление здоровья и увеличение продолжительности жизни. Для оценки результата административной, межведомственной и общественной деятельности по сохранению и укреплению здоровья населения региона Центр общественного здоровья ДЗВО совместно с учеными ВЛГУ с 2012 года применяет в качестве индикатора Интегральный показатель общественного здоровья (ИПОЗ). Как показывает практика, до 2015 года тренд ИПОЗ имел тенденцию к росту, а затем стал динамично снижаться, особенно в 2020-2021 г.г.



С 1990 года по настоящее время демографическая ситуация свидетельствует о значительном сокращении количества жителей региона с разной степенью интенсивности. Показатель смертности в минувшем году достиг максимума за 30 лет наблюдения на фоне снижения рождаемости.