

ISSN 2078-5631(Print)  
ISSN 2949-2807(Online)

Издается с 2002 года. Включен в Перечень ВАК

Серии научно-практических рецензируемых журналов



# Медицинский АЛФАВИТ

№ 30/2024



Modern Functional  
DIAGNOSTICS

**MEDICAL ALPHABET**  
Russian Professional Medical Journal

Современная  
ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ  
ДИАГНОСТИКА (4)

РАСФД



[www.medalfavit.ru](http://www.medalfavit.ru)  
[www.med-alphabet.com](http://www.med-alphabet.com)

Научный сайт журнала  
[www.med-alfabet.com](http://www.med-alfabet.com)

Медицинский портал издательства  
[www.medalfavit.ru](http://www.medalfavit.ru)

Издательство медицинской литературы

ООО «Альфмед»  
+7 (495) 616-48-00  
[medalfavit@mail.ru](mailto:medalfavit@mail.ru)  
Россия, 129515, Москва, а/я 94

Учредитель и главный редактор  
издательства  
Татьяна Владимировна Сеница

Адрес редакции

Москва, ул. Академика Королева, 13, стр. 1,  
оф. 720

Главный редактор журнала

Сергей Сергеевич Петриков, д.м.н., проф.,  
член-корр. РАН

Руководитель проекта «Современная  
функциональная диагностика»

[Sfd.ma@list.ru](mailto:Sfd.ma@list.ru)

Руководитель отдела продвижения,  
распространения и выставочной  
деятельности

Борис Борисович Будович  
[medalfavit\\_pr@mail.ru](mailto:medalfavit_pr@mail.ru)

Журнал включен в Перечень ВАК (IIQ).

Публикуемые материалы могут не отражать  
точку зрения редакции. Исключительные  
(имущественные) права с момента  
получения материалов принадлежат  
редакции журнала «Медицинский алфавит».  
Любое воспроизведение материалов  
и иллюстраций допускается с письменного  
разрешения издателя и указанием ссылки  
на журнал.

К публикации принимаются статьи,  
подготовленные в соответствии  
с правилами редакции. Редакция не несет  
ответственности за содержание рекламных  
материалов.

За точность сведений об авторах,  
правильность цитат и библиографических  
данных ответственность несут авторы.

В научной электронной библиотеке [elibrary.ru](http://elibrary.ru)  
доступны полные тексты статей. Каждой  
статье присвоен идентификатор цифрового  
объекта DOI.

Журнал зарегистрирован Министерством РФ  
по делам печати, теле-, радиовещания  
и средств массовых коммуникаций.  
Свидетельство о регистрации средства  
массовой информации  
ПИ № 77-11514 от 04.01.2002.

Подписка: на портале [www.medalfavit.ru](http://www.medalfavit.ru),  
e-mail: [podpiska.ma@mail.ru](mailto:podpiska.ma@mail.ru), «Почта России»,  
«Урал-Пресс», индекс 014517.

Периодичность: 36 выпусков в год.

Подписано в печать 22.11.2024.

Формат А4. Цена договорная.  
© Медицинский алфавит, 2024

## Содержание

- 9 Об итогах научно-практической конференции  
«Актуальные вопросы функциональной и ультразвуковой диагностики»  
в городе Иваново 25–26 октября 2024 года
- 10 Альтернатива комплекса QRS и зубца T –  
новый электрокардиографический паттерн при синдроме  
удлиненного интервала QT  
*Л.М. Макаров, А.Г. Акоюн, Е.В. Заклязьминская, В.Н. Коломятова,  
Д.А. Беспорточный*
- 16 Оптимизация способа наложения грудных электродов  
при регистрации электрокардиограммы у новорожденных и детей  
массой тела менее 4000 г  
*Н.В. Харламова, М.Ю. Ласкина, Н.А. Шилова, М.Ю. Блохин*
- 21 Нарушения сердечного ритма и проводимости у детей с брадиаритмиями  
при длительном мониторинге ЭКГ  
*Е.Б. Полякова, Т.А. Трофимова, М.А. Школьникова*
- 28 Электрокардиография при легочной гипертензии:  
поиск новых диагностических возможностей (обзор литературы)  
*А.В. Соболев, Е.В. Блинова, Т.А. Сахнова, Д.В. Дроздов*
- 36 Клиническое значение деформации миокарда левого желудочка у детей  
с гипертрофической кардиомиопатией  
*А.А. Тарасова, О.С. Грознова, Н.Ю. Черных*
- 42 Нагрузочные тесты без велоэргометра и тредмила:  
методы и интерпретация  
*Д.В. Шутов, А.К. Пром*
- 49 Влияние упражнений йоги с произвольными изменениями вентиляции  
легких на интракраниальный артериальный кровоток  
*А.В. Фролов, С.А. Ермолаева, М.Д. Дидур*

Журнал «Медицинский алфавит» включен  
в перечень научных рецензируемых изданий, ре-  
комендуемых Высшей аттестационной комис-  
сией Минобрнауки России для опубликования  
основных научных результатов диссертаций на со-  
искание ученых степеней кандидата и доктора  
науки (II квартал) по специальностям:

- 3.1.4 Акушерство и гинекология (медицинские науки);  
3.1.6 Онкология, лучевая терапия (медицинские науки);  
3.1.7 Стоматология (медицинские науки);  
3.1.9 Хирургия (медицинские науки);  
3.1.12 Анестезиология и реаниматология (медицинские науки);  
3.1.18 Внутренние болезни (медицинские науки);  
3.1.20 Кардиология (медицинские науки);  
3.1.23 Дерматовенерология (медицинские науки);  
3.1.24 Неврология (медицинские науки);  
3.1.27 Ревматология (медицинские науки);  
3.1.29 Пульмонология (медицинские науки);  
3.2.1 Гигиена (медицинские науки);  
3.2.2 Эпидемиология (медицинские науки);  
3.3.8 Клиническая лабораторная диагностика (медицинские науки);

- 3.1.2 Челюстно-лицевая хирургия (медицинские науки);  
3.1.17 Психиатрия и наркология (медицинские науки);  
3.1.19 Эндокринология (медицинские науки);  
3.1.21 Педиатрия (медицинские науки);  
3.1.22 Инфекционные болезни (медицинские науки);  
3.1.25 Лучевая диагностика (медицинские науки);  
3.1.30 Гастроэнтерология и диетология (медицинские науки);  
3.1.33 Восстановительная медицина, спортивная медицина, лечебная физкультура, курортология и физиотерапия (медицинские науки).

В связи с продвижением контента журнала  
в международном научном сообществе и рас-  
ширением его индексирования в наукометрических  
базах данных Scopus, Research4Life, WorldCat, Crossref  
и т.п., просим оформлять ссылки для цитирования  
строго по образцу.

**Образец для цитирования:** Остроумова О.Д.,  
Аляутдинова И.А., Остроумова Т.М., Ебзеева Е.Ю.,  
Павлеева Е.Е. Выбор оптимальной стратегии цере-  
бропротекции у полиморбидного пациента, перенес-  
шего инсульт. Медицинский алфавит. 2020; (2):15–19.  
<https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-2-15-19>.

## Главный редактор журнала

**Сергей Сергеевич Петриков**, д.м.н., проф., член-корр РАН,  
директор ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ» (Москва)

## Редакционный совет журнала

**Акимкин Василий Геннадьевич** («Эпидемиология, инфекционные болезни, гигиена»), д.м.н., проф., акад. РАН, директор ФБУН «ЦНИИ эпидемиологии» Роспотребнадзора (Москва)

**Артамонова Елена Владимировна** («Диагностика и онкотерапия»), д.м.н., проф., НИИ клинической онкологии ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава РФ (Москва)

**Бабаева Аида Руфатовна** («Ревматология»), д.м.н., проф., кафедра факультетской терапии ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава РФ (Волгоград)

**Балан Вера Ефимовна** («Современная гинекология»), д.м.н., проф., вице-президент Российской ассоциации по менопаузе, ГБУЗ МО «Московский областной НИИ акушерства и гинекологии» (Москва)

**Барбараш Ольга Леонидовна** («Коморбидные состояния»), д.м.н., проф., ФГБНУ «НИИ комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний» (Кемерово)

**Берестень Наталья Федоровна** («Современная функциональная диагностика»), д.м.н., проф., кафедра клинической физиологии и функциональной диагностики Академического образовательного центра фундаментальной и трансляционной медицины ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава РФ (Москва)

**Голубев Валерий Леонидович** («Неврология и психиатрия»), д.м.н., проф., кафедра нервных болезней ФППОВ ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава РФ (Москва)

**Евдокимов Евгений Александрович** («Неотложная медицина»), д.м.н., проф., заслуженный врач РФ, профессор кафедры, почетный зав. кафедрой анестезиологии и неотложной медицины ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России (Москва)

**Круглова Лариса Сергеевна** («Дерматология»), д.м.н., проф., ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» Управления делами Президента РФ (Москва)

**Кузнецова Ирина Всеволодовна** («Современная гинекология»), д.м.н., проф., советник директора ФГБУ Научный медицинский исследовательский центр акушерства, гинекологии и перинатологии имени В.И. Кулакова (Москва)

**Кулаков Анатолий Алексеевич** («Стоматология»), д.м.н., проф., акад. РАН, отделение клинической и экспериментальной имплантологии ФГБУ НМИЦ «ЦНИИ стоматологии и челюстно-лицевой хирургии» Минздрава РФ (Москва)

**Минушкин Олег Николаевич** («Практическая гастроэнтерология»), д.м.н., проф., зав. кафедрой терапии и гастроэнтерологии ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» Управления делами Президента России (Москва)

**Орлова Наталья Васильевна** («Современная поликлиника»), д.м.н., проф., кафедра поликлинической терапии лечебного факультета ФГАОУ ВО «Российский Национальный Исследовательский Медицинский Университет имени Н.И. Пирогова» Минздрава РФ (Москва)

**Остроумова Ольга Дмитриевна**, д.м.н., проф., зав. кафедрой терапии и полиморбидной патологии имени академика М.С. Вовси ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, проф. кафедры клинической фармакологии и пропедевтики внутренних болезней ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» (Сеченовский Университет) Минздрава России, проф. кафедры терапии, кардиологии и функциональной диагностики с курсом нефрологии ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» Управления делами Президента РФ (Москва)

**Падюков Леонид Николаевич**, проф. отделения ревматологии медицинского отдела Каролинского института (г. Стокгольм, Швеция)

**Сандриков Валерий Александрович**, акад. РАН, ФГБНУ «Российский научный центр хирургии им. акад. Б.В. Петровского» (Москва)

**Щербо Сергей Николаевич** («Современная лаборатория»), д.м.н., проф., ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (Москва)

## Редакционная коллегия серии «Современная функциональная диагностика»

Главный редактор серии «Современная функциональная диагностика»

**Берестень Наталья Федоровна**, д.м.н., проф., президент РАСФД, (Москва)

Заместители главного редактора

**Стручков Петр Владимирович**, д.м.н., проф. (Москва)

**Дроздов Дмитрий Владимирович**, к.м.н., в.н.с. (Москва)

**Александров Михаил Всеволодович**, д.м.н., проф. (г. Санкт-Петербург)

**Алехин Михаил Николаевич**, д.м.н., проф. (Москва)

**Бартош-Зеленая Светлана Юрьевна**, д.м.н., проф. (г. Санкт-Петербург)

**Зильбер Эльмира Курбановна**, д.м.н., проф. (г. Калининград)

**Иванов Лев Борисович**, к.м.н. (Москва)

**Каменева Марина Юрьевна**, д.м.н. (г. Санкт-Петербург)

**Кочмашева Валентина Викторовна**, д.м.н. (г. Екатеринбург)

**Куликов Владимир Павлович**, д.м.н., проф. (г. Барнаул)

**Лукина Ольга Федоровна**, д.м.н., проф. (Москва)

**Макаров Леонид Михайлович**, д.м.н., проф. (Москва)

**Нарциссова Галина Петровна**, д.м.н. (г. Новосибирск)

**Новиков Владимир Игоревич**, д.м.н., проф. (г. Санкт-Петербург)

**Павлов Владимир Иванович**, д.м.н. (Москва)

**Павлюкова Елена Николаевна**, д.м.н., проф. (г. Томск)

**Пронина Виктория Петровна**, к.м.н., ст.н.с. (Москва)

**Рогоза Анатолий Николаевич**, д.б.н., проф. (Москва)

**Савенков Михаил Петрович**, д.м.н., проф. (Москва)

**Сандриков Валерий Александрович**, д.м.н., проф., академик РАН (Москва)

**Седов Всеволод Парисович**, д.м.н., проф. (Москва)

**Селицкий Геннадий Вацлавович**, д.м.н., проф. (Москва)

**Ткаченко Сергей Борисович**, д.м.н., проф. (Москва)

**Терегулов Юрий Эмильевич**, д.м.н. (г. Казань)

**Тривоженко Александр Борисович**, д.м.н. (г. Томск)

**Федорова Светлана Ивановна**, к.м.н., проф. (Москва)

**Шнайдер Наталья Алексеевна**, д.м.н., проф. (г. Санкт-Петербург)

# Влияние упражнений йоги с произвольными изменениями вентиляции легких на интракраниальный артериальный кровоток

А.В. Фролов<sup>1</sup>, С.А. Ермолаева<sup>1</sup>, М.Д. Дидур<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ООО «Санкт-Петербургский институт восточных методов реабилитации», Россия, Санкт-Петербург

<sup>2</sup> ФГБУ «Институт мозга человека имени Н.П. Бехтерева РАН», Россия, Санкт-Петербург

## РЕЗЮМЕ

**Введение.** Дыхательные упражнения йоги с произвольными изменениями параметров вентиляции легких потенциально способны оказывать воздействие на мозговое кровообращение за счет изменений содержания  $\text{CO}_2$  в артериальной крови. **Цель.** Оценка влияния дыхательных упражнений йоги с изменениями уровня легочной вентиляции на параметры кровотока в средней мозговой артерии (СМА). **Методы.** В исследовании приняли участие 21 человек, способные выполнять упражнения йоги с частотой дыхания (ЧД) 3–3,5/мин и 1–1,5/мин. Средний возраст участников составил  $39,5 \pm 8,7$  лет. В течение 5 минут участники выполняли свободное дыхание (этап 1), дыхание с ЧД=3–3,5/мин (этап 2), и с ЧД=1–1,5/мин (этап 3). На 2 и 3 этапах участниками выполнялась техника «полное дыхание» с максимально глубоким вдохом и выдохом. Методом спиро-газоанализа регистрировалась частота дыхания (ЧД), дыхательный объем (ДО), минутный объем дыхания (МОД), парциальное давление  $\text{CO}_2$  в выдыхаемом воздухе в конце выдоха ( $\text{PetCO}_2$ ) и процентное содержание кислорода в выдыхаемом воздухе ( $\text{FeO}_2$ ). Методом транскраниального дуплексного сканирования в правой СМА регистрировалась пиковая систолическая скорость кровотока  $V_{ps}$  и конечная диастолическая скорость кровотока  $V_d$  (см/с), усредненная по времени максимальная скорость кровотока TAMAX, а также индекс резистентности  $RI$ . Рассчитывался индекс вариации скорости (ИВС) для каждого этапа. **Результаты.** По сравнению с 1 этапом 2 этап (ЧД=3–3,5/мин) сопровождался увеличением МОД и  $\text{FeO}_2$ , снижением  $\text{PetCO}_2$ , снижением  $V_{ps}$ ,  $V_d$ , TAMAX и увеличением  $RI$ . ИВС при этом статистически незначимо уменьшился. 3 этап (ЧД=1–1,5/мин) по сравнению с 1 этапом сопровождался увеличением  $\text{PetCO}_2$ , уменьшением МОД и  $\text{FeO}_2$ , а также увеличением  $V_{ps}$ ,  $V_d$ , TAMAX и снижением  $RI$ . ИВС при этом значимо увеличивался. **Выводы.** Выполнение дыхательных упражнений йоги с частотой дыхательных движений 3–3,5/мин и 1–1,5/мин приводит к разнонаправленным сдвигам параметров вентиляции и газообмена, которые сопровождаются изменениями артериального мозгового кровотока (снижение и повышение скорости кровотока при увеличении и уменьшении МОД соответственно). ИВС, отражающий колебания скорости кровотока значительно возрастает в случае снижения МОД, что может быть связано с вазодилатационным эффектом  $\text{CO}_2$ .

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** дыхательные упражнения, дуплексное сканирование, спирометрия, газоанализ, мозговое кровообращение, йога.  
**КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## The influence of yoga exercises with voluntary pulmonary ventilation changes on intracranial arterial blood flow

Artem V. Frolov<sup>1</sup>, Sargylana A. Ermolaeva<sup>1</sup>, Michael D. Didur<sup>2</sup>

<sup>1</sup> St. Petersburg Institute of Oriental Rehabilitation Methods, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup> Bekhtereva Human Brain Institute of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

## SUMMARY

**Introduction.** Yoga breathing exercises that involve voluntary changes in pulmonary ventilation parameters can potentially influence cerebral circulation due to changes in  $\text{CO}_2$  content in arterial blood. **Objective.** To assess the effect of yoga breathing exercises with changes in pulmonary ventilation levels on blood flow parameters in the middle cerebral artery (MCA). **Methods.** The study included 21 participants, with an average age of  $39.5 \pm 8.7$  years, who were capable of performing yoga exercises at respiratory rates (RR) of 3–3.5/min and 1–1.5/min. For 5 minutes, participants underwent three stages: free breathing (stage 1), breathing with  $RR=3-3.5/\text{min}$  (stage 2), and breathing with  $RR=1-1.5/\text{min}$  (stage 3). During stages 2 and 3, the «full breathing» technique, which involves maximum deep inhalation and exhalation, was employed. Respiratory rate (RR), tidal volume (TI), minute ventilation (MV), end-tidal  $\text{CO}_2$  partial pressure ( $\text{PetCO}_2$ ), and oxygen fraction in exhaled air ( $\text{FeO}_2$ ) were recorded using spiro-gas analysis. Transcranial duplex scanning was used to measure peak systolic blood flow velocity ( $V_{ps}$ ), end-diastolic blood flow velocity ( $V_d$ ), time-averaged maximum blood flow velocity (TAMAX), and resistance index (RI) in the right MCA. The velocity variation index (VVI) was calculated for each stage. **Results.** Compared to stage 1 (free breathing), stage 2 ( $RR=3-3.5/\text{min}$ ) showed an increase in MV and  $\text{FeO}_2$ , a decrease in  $\text{PetCO}_2$ , and reductions in  $V_{ps}$ ,  $V_d$ , and TAMAX, with an increase in  $RI$ . VVI decreased statistically insignificantly. In stage 3 ( $RR=1-1.5/\text{min}$ ), compared to stage 1, there was an increase in  $\text{PetCO}_2$ , a decrease in MV and  $\text{FeO}_2$ , and increases in  $V_{ps}$ ,  $V_d$ , and TAMAX, with a decrease in  $RI$ . VVI increased significantly. **Conclusions.** Yoga breathing exercises at respiratory rates of 3–3.5/min and 1–1.5/min result in multidirectional shifts in ventilation and gas exchange parameters, leading to changes in arterial cerebral blood flow (a decrease and increase in blood flow velocity with an increase and decrease in MV, respectively). VVI, reflecting fluctuations in blood flow velocity, increases significantly with reduced MV, likely due to the vasodilatory effect of  $\text{CO}_2$ .

**KEYWORDS:** breathing exercises, duplex scanning, spirometry, gas analysis, cerebral circulation, yoga.

**CONFLICT OF INTEREST.** The authors declare that they have no conflicts of interest.

## Введение

Дыхательные упражнения йоги с произвольными изменениями параметров вентиляции легких потенциально способны оказывать воздействие на мозговое кровообращение за счет изменений содержания  $\text{CO}_2$  в артериальной крови. Показано, что в нормальных физиологических условиях между содержанием  $\text{CO}_2$  в организме и уровнем мозгового кровотока имеется практически линейная зависимость: повышению  $\text{PaCO}_2$  на 1 мм рт. ст. соответствует прирост мозгового кровотока на 1,1–1,3 мл/100 г/мин. Снижение  $\text{PaCO}_2$  до 20–25 мм рт. ст. снижает церебральное кровообращение на 40–50% [1].

В исследованиях дыхательных упражнений с использованием транскраниальной доплерографии продемонстрированы разнонаправленные изменения артериального мозгового кровотока: при выполнении техник с частым глубоким дыханием наблюдалось снижение конечной диастолической скорости и средней скорости потока в средней мозговой артерии (СМА); при задержке дыхания имели место противоположные изменения; авторы связывают это с изменениями газообмена – гипокапнией при гипервентиляции и гиперкапнией при задержке дыхания и влиянием  $\text{PaCO}_2$  на мозговое кровообращение [2]. Увеличение частоты дыхания до 2 Гц сопровождается снижением конечной диастолической и средней скорости кровотока в СМА, что авторы предположительно объясняют развитием гипервентиляции и гипокапнией [3]. Выполнение дыхательной техники йоги «квадрат пранаямы» с задержками дыхания сопровождается циклическими колебаниями линейной скорости кровотока в СМА в соответствии с фазами дыхания [4].

На сегодняшний день имеется дефицит научных работ, детально рассматривающих влияние произвольных изменений параметров легочной вентиляции на церебральный артериальный кровоток (корреляция показателей вентиляции и газообмена с параметрами мозгового кровотока, цикличность колебаний мозгового кровотока). В проведенных ранее работах регистрировались частота дыхания и изменения мозгового кровотока, но не всегда осуществлялась детальная оценка параметров легочной вентиляции и газообмена, которые являются важнейшими факторами влияния.

Исследование может дать важную информацию о влиянии дыхательных упражнений йоги на интракраниальное артериальное кровообращение и в целом улучшить понимание взаимосвязей процессов дыхания и церебрального кровотока.

**Цель исследования** – оценка влияния дыхательных упражнений йоги с изменениями уровня легочной вентиляции на параметры кровотока в средней мозговой артерии.

## Материалы и методы

Набор участников проводился из числа студентов образовательной программы профессиональной переподготовки по специальности «Тренер» Санкт-Петербургского института восточных методов реабилитации (СПб ИВМР), давших согласие на участие в исследовании, а также ос-

воивших выполнение дыхательных упражнений йоги с частотой дыхания 1–1,5/мин под руководством педагогического состава СПб ИВМР. Исследование одобрено Этическим комитетом Санкт-Петербургского государственного университета в области исследований с привлечением людей (уведомление №115-03-5 от 20.02.2024 г.).

В исследовании приняли участие 21 человек, считающих себя здоровыми, не курящих и не принимающих никаких фармакологических препаратов на постоянной основе. Средний возраст участников составил  $39,5 \pm 8,7$  лет. Участники имели опыт регулярной практики дыхательного упражнения «полное дыхание» не менее 6 месяцев. Каждому участнику выполнялся предварительный стандартный протокол исследования брахиоцефальных сосудов для исключения патологии и аномалий развития.

Для оценки параметров вентиляции легких и газообмена использовался модифицированный медицинский спирометр «MAC2-C» с функцией газоанализа и пульсоксиметрии (производство компании «Белинтелмед», г. Минск, Беларусь). При подготовке к исследованию мы столкнулись с тем, что изучение дыхательных упражнений йоги с экстремально низкими скоростями воздушного потока требует особых характеристик, которыми не обладают спирометры, предназначенные для выполнения стандартных дыхательных проб и клинической диагностики.

Дыхательные паттерны с экстраординарно низкими частотами дыхания (1–1,5/мин и менее), имеющие место при упражнениях йоги, отличаются сверхмалыми скоростями движения воздуха на вдохе и выдохе, лежащими на пороге чувствительности стандартного спирометра (100 мл/с и менее). При этом спирометр должен корректно измерять столь малые скорости, а также быть нечувствительным к 100% влажности выдыхаемого воздуха с возможностью образования конденсата в дыхательном сенсоре.

Для выполнения поставленных научных задач компанией «Белинтелмед» был специально спроектирован и изготовлен прибор, способный регистрировать такие паттерны дыхания. В качестве базового был выбран спирогазоанализатор MAC2-C; разработан долговременно стабильный термостабилизированный сенсор потока типа «трубка Флейша» со встроенной метеостанцией, измеряющей температуру, давление и относительную влажность воздуха; термостатирование сенсора потока осуществляется до температуры выдоха с целью предотвращения образования конденсата, чрезвычайно выраженного при требуемых длительностях дыхательных упражнений. Разработка описанной выше оригинальной модели спирогазоанализатора и специального программного обеспечения позволила осуществлять сбор и регистрацию данных для достижения целей исследования.

Регистрация кровотока в правой СМА методом дуплексного сканирования проводилась с использованием ультразвукового сканера VIVID-T8 производства компании General Electric (США). Регистрация выполнялась из транстемпорального доступа секторным фазированным датчиком 2–4 МГц.

Положение обследуемого: сидя на кушетке, ноги опущены вниз. Регистрация данных проводилась в три этапа:

1 этап: на фоне свободного дыхания (контроль); 2 этап: при выполнении испытуемым дыхательной техники йоги «полное дыхание» с ЧД = 3–3,5/мин; 3 этап: при выполнении испытуемым дыхательной техники йоги «полное дыхание» с ЧД = 1–1,5/мин. Регистрация данных спирогазоанализа на каждом этапе длилась в течение 5 минут, данных интракраниального кровотока – непрерывно с 3 по 5 минуту включительно. На 2 и 3 этапах участниками выполнялась техника «полное дыхание» с максимально глубоким вдохом и выдохом. Между 2 и 3 этапами участникам предоставлялся отдых 10 минут.

Методом спирогазоанализа регистрировалась частота дыхания (ЧД), дыхательный объем (ДО), минутный объем дыхания (МОД), парциальное давление  $\text{CO}_2$  в выдыхаемом воздухе в конце выдоха ( $\text{PetCO}_2$ ) и процентное содержание кислорода в выдыхаемом воздухе ( $\text{FeO}_2$ ).

Методом транскраниального дуплексного сканирования в правой СМА регистрировалась пиковая систолическая скорость кровотока  $V_{ps}$  и конечная диастолическая скорость кровотока  $V_d$  (см/сек), усредненная по времени максимальная скорость кровотока  $\text{TAMAX}$ , а также индекс резистентности  $\text{RI}$ .

Проводилась оценка изменений (вариаций) максимальной линейной скорости кровотока  $V_{ps}$  на каждом этапе (свободное дыхание, ЧД = 3–3,5/мин, ЧД = 1–1,5/мин). Для этого выбирались минимальные и максимальные значения  $V_{ps}$  на каждом 3-минутном фрагменте записи и далее рассчитывался индекс вариации скорости (ИВС) по формуле (1):

$$\text{ИВС} = 100 \frac{V_{ps \max} - V_{ps \min}}{\left( \frac{V_{ps \max} + V_{ps \min}}{2} \right)}$$

где  $V_{ps \max}$  – максимальная пиковая систолическая скорость;  $V_{ps \min}$  – минимальная пиковая систолическая скорость (на зарегистрированном фрагменте).

Статистический анализ проводился с использованием программы StatTech v. 4.2.7 (разработчик – ООО «Статтех», Россия). В случае отсутствия нормального распределения количественные данные описывались с помощью медианы ( $\text{Me}$ ) и нижнего и верхнего квартилей ( $\text{Q1-Q3}$ ). При сравнении трех и более зависимых совокупностей, распределение которых отличалось от нормального, использовался непараметрический критерий Фридмана с апостериорными сравнениями с помощью критерия Коновера – Имана с поправкой Холма. Различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

## Результаты

На фоне свободного дыхания (1 этап) ЧД составила 10,01 [9,01–12,33] /мин. По сравнению с 1 этапом режим дыхания с ЧД = 3–3,5/мин (2 этап) сопровождался статистически значимым увеличением МОД и  $\text{FeO}_2$ , снижением  $\text{PetCO}_2$  (пример протокола спирогазоанализа приведен на рис. 1), а также изменениями параметров кровотока в правой СМА: снижением  $V_{ps}$ ,  $V_d$ ,  $\text{TAMAX}$  и увеличением  $\text{RI}$ . Индекс вариации скорости (ИВС) при этом по сравнению с исходным уменьшался; изменение было статистически незначимым.

При выполнении дыхания с ЧД = 1–1,5/мин (3 этап) по сравнению с исходным свободным дыханием (1 этап) имело место статистически значимое уменьшение МОД и  $\text{FeO}_2$ , увеличение  $\text{PetCO}_2$  (пример протокола на рис. 2), а также увеличение  $V_{ps}$ ,  $V_d$ ,  $\text{TAMAX}$  и снижение  $\text{RI}$ . Индекс вариации скорости (ИВС) при этом увеличивался (изменения ИВС на всех этапах исследования отображены на рис. 3).

На этапе 2 по сравнению с этапом 1 ДО значительно возрастал (так как участники получали установку выполнять дыхательную технику «полное дыхание» с максимально глубоким вдохом и выдохом). На этапе 3

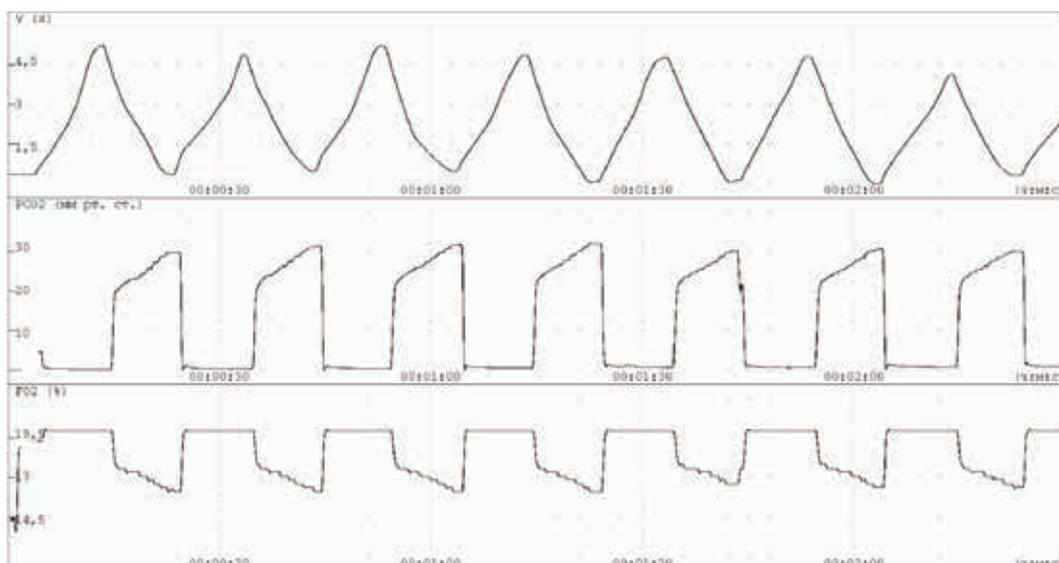


Рисунок 1. Фрагмент протокола спирографии с функцией газоанализа. Регистрируется паттерн дыхания с ЧД = 3/мин. Верхний график — спирографическая кривая: восходящая часть кривой – вдох, нисходящая часть кривой – выдох. Средний график –  $\text{PCO}_2$ ;  $\text{PetCO}_2 = 30$  мм рт. ст. (при норме 35–45 мм рт. ст.) Нижний график:  $\text{FO}_2$  (процентное содержание  $\text{O}_2$  в выдыхаемом воздухе),  $\text{FeO}_2 = 16,2\%$

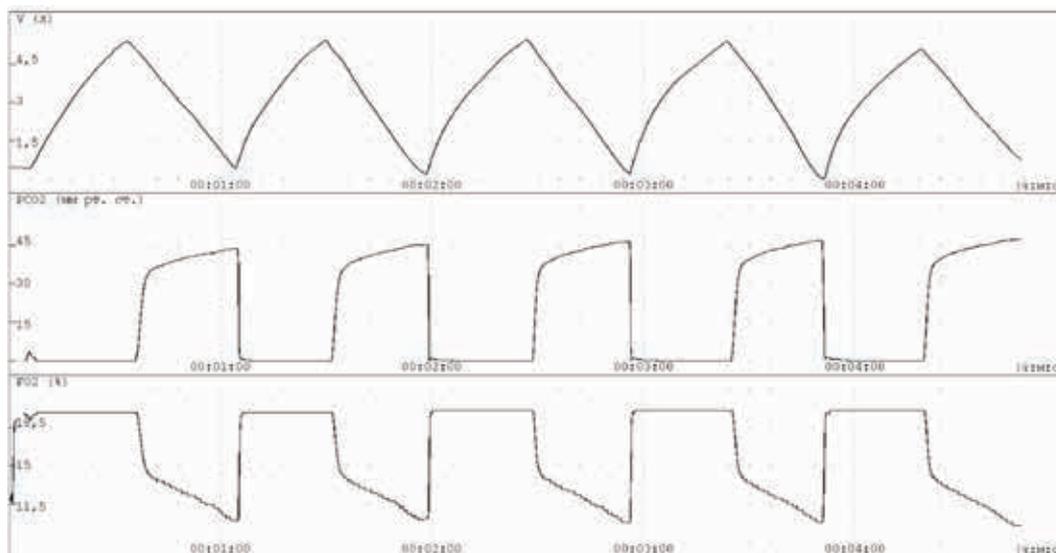


Рисунок 2. Фрагмент протокола спирографии с функцией газоанализа. Регистрируется паттерн дыхания с ЧД = 1,06/мин. Верхний график – спирографическая кривая: восходящая часть кривой – вдох, нисходящая часть кривой – выдох. Средний график –  $PCO_2$ ;  $PetCO_2 = 45,1$  мм рт. ст. (при норме 35–45 мм рт. ст.). Нижний график:  $FO_2$  (процентное содержание  $O_2$  в выдыхаемом воздухе),  $FeO_2 = 10$  мм рт. ст.

**Таблица**  
**Параметры легочной вентиляции, газообмена и кровотока в СМА на всех этапах исследования**

	Свободное дыхание Me [Q1–Q3] (1 этап)	ЧД = 3–3,5/минуту Me [Q1–Q3] (2 этап)	ЧД = 1–1,5/минуту Me [Q1–Q3] (3 этап)	p
МОД (л/мин)	7,57 [6,85–8,65]	11,07 [9,52–13,46]	3,90 [3,43–4,76]	< 0,001* $p_{1-2} = 0,005^*$ $p_{1-3} = 0,005^*$ $p_{2-3} < 0,001^*$
АО (л)	0,78 [0,65–0,88]	3,67 [3,20–4,66]	3,23 [2,79–4,30]	< 0,001* $p_{1-2} < 0,001^*$ $p_{1-3} < 0,001^*$
$PetCO_2$ (мм рт. ст.)	34,90 [33,20–36,50]	29,60 [28,70–31,30]	42,20 [41,50–45,10]	< 0,001* $p_{1-2} = 0,005^*$ $p_{1-3} = 0,005^*$ $p_{2-3} < 0,001^*$
$FeO_2$ (%)	13,70 [13,40–13,90]	15,90 [15,50–16,10]	10,50 [9,40–11,80]	< 0,001* $p_{1-2} = 0,005^*$ $p_{1-3} = 0,005^*$ $p_{2-3} < 0,001^*$
Vps	91,24 [77,82–108,24]	73,93 [66,03–83,35]	120,40 [101,52–132,73]	< 0,001* $p_{1-2} = 0,003^*$ $p_{1-3} = 0,006^*$ $p_{2-3} < 0,001^*$
Vd	42,23 [34,90–49,01]	27,49 [24,12–37,10]	58,16 [49,71–64,80]	< 0,001* $p_{1-2} = 0,003^*$ $p_{1-3} = 0,006^*$ $p_{2-3} < 0,001^*$
TAMAX	65,71 [52,92–71,55]	47,80 [37,54–54,31]	82,54 [69,55–91,23]	< 0,001* $p_{1-2} = 0,003^*$ $p_{1-3} = 0,006^*$ $p_{2-3} < 0,001^*$
RI	0,56 [0,51–0,59]	0,62 [0,55–0,68]	0,51 [0,47–0,55]	< 0,001* $p_{1-2} = 0,019^*$ $p_{2-3} < 0,001^*$

\* – различия показателей статистически значимы ( $p < 0,05$ ).

Используемый метод: критерий Фридмана с апостериорными сравнениями с помощью критерия Коновера – Имана с поправкой Холма.

участники также выполняли технику «полное дыхание» и на этапах 2 и 3 значения ДО не демонстрировали существенных различий.

В таблице представлены суммарные данные о динамике ДО и МОД, содержания  $CO_2$  и  $O_2$  в выдыхаемом воздухе, а также параметров кровотока в правой СМА.

### Обсуждение результатов

Мы получили значимые различия в показателях скорости кровотока и резистентности в бассейне СМА при выполнении дыхательных упражнений (2 и 3 этап), в том числе по сравнению с исходным свободным дыханием (1 этап). При этом непрерывная регистрация 3-минут-



и хотя на этапе 3 средние значения  $\text{PetCO}_2$  по группе в нашем исследовании составляют 42,6 мм рт.ст. (то есть в пределах диапазона от 26 до 43 мм рт. ст., в котором реакция МК на уровень  $\text{CO}_2$  представлена в чистом виде без влияния изменений АД), отдельные участники при дыхании с ЧД = 1–1,5/мин достигали значений  $\text{PetCO}_2$  46–47 мм рт. ст. – что могло приводить к изменениям системного АД и влиянию этого фактора на параметры МК.

К ограничениям исследования также следует отнести и то, что регистрация параметров кровотока проводилась унилатерально (в правой СМА). Кроме того, регистрация кровотока в течение лишь 3 минут не позволяет достоверно судить о характере периодики скоростных показателей и взаимосвязи с параметрами легочной вентиляции. Для устранения данных ограничений нужно выполнять более длинные интервалы регистрации с использованием транскраниального доплерографического шлема, фиксирующего датчики билатерально.

### Заключение

Выполнение дыхательных упражнений йоги с частотой дыхательных движений 3–3,5/мин и 1–1,5/мин приводит к разнонаправленным сдвигам параметров вентиляции и газообмена, которые сопровождаются изменениями артериального мозгового кровотока (снижение и повышение скорости кровотока при увеличении и уменьшении МОД соответственно). При этом колебания скорости кровотока во время выполнения дыхательных упражнений значительно возрастают в случае снижения вентиляции легких, что может быть связано с вазодилатационным эффектом  $\text{CO}_2$ .

Дыхательные упражнения со снижением МОД и увеличением  $\text{PetCO}_2$  потенциально могут рассматриваться

как элемент реабилитации при дисциркуляторной энцефалопатии, а также как возможный способ профилактики нарушений мозгового кровообращения атеросклеротического генеза; для подтверждения данного тезиса требуются дальнейшие исследования.

### Список литературы / References

1. Johnny E. Brian, Jr., M.D. Carbon dioxide and the Cerebral Circulation. *Anesthesiology*. 1998. 88: 1365–1386.
2. Nivethitha L., Mooventhan A., Manjunath N.K., Bathala L., Sharma V.K. Cerebrovascular hemodynamics during pranayama techniques. *J Neurosci Rural Pract*. 2017. Jan–Mar. 8(1): 60–63. doi: 10.4103/0976-3147.193532.
3. Ankur Kumar, Niranjana Kala, Shirley Telles. Cerebrovascular Dynamics Associated with Yoga Breathing and Breath Awareness Int J Yoga 2022 Jan-Apr;15(1):19-24. doi: 10.4103/ijoy.ijoy\_179\_21. Epub 2022 Mar 21.
4. Joshua A.A. McKay, Cara L. McCulloch, Jordan S. Querido, Glen E. Foster, Michael S. Koehle, A. William Sheel. The effect of consistent practice of yogic breathing exercises on the human cardiorespiratory system. *Respiratory Physiology & Neurobiology* 233 (2016) 41–51. DOI: 10.1016/j.resp.2016.07.005.
5. Newell, D. W., Aaslid, R., Stooss, R., & Reulen, H. J. (1992). The relationship of blood flow velocity fluctuations to intracranial pressure B waves. *Journal of Neurosurgery*, 76(3), 415–421. doi:10.3171/jns.1992.76.3.0415.
6. Newell DW, Nedergaard M and Aaslid R (2022) Physiological Mechanisms and Significance of Intracranial B Waves. *Front. Neurol.* 13:872701. doi: 10.3389/fneur.2022.872701.
7. Andreas Spiegelberg, Matthias Preuß, Vartan Kurtcuoglu. B-waves revisited Interdisciplinary Neurosurgery: Advanced Techniques and Case Management 6 (2016) 13-17 https://doi.org/10.1016/j.inat.2016.03.004.
8. K.M. Einhüpf, C. Garner, U. Dinagl, G. Schmieder, P. Schmiedek, G. Kufner, J. Rieder. Oscillations of ICP related to cardiovascular parameters, Intracranial Pressure VI, Springer 1986, pp. 290–297. DOI: 10.1007/978-3-642-70971-5\_55.
9. Daria V. Kuznetsova, Vladimir P. Kulikov Cerebrovascular and systemic hemodynamic response to carbon dioxide in humans *Blood Press Monit* 19:81–89, 2014 Wolters Kluwer Health | Lippincott Williams & Wilkins. DOI: 10.1097/MBP.0000000000000033.
10. В.П. Куликов, Д.В. Кузнецова. Реакция мозгового кровотока и системного артериального давления на гиперкапнию и гипоккапнию у людей. «Патологическая физиология и экспериментальная терапия», июнь, 2013. V.P.Kulikov, D.V.Kuznetsova The response of cerebral blood flow and systemic arterial blood pressure to hypercapnia and hypocapnia in humans. «Patologicheskaja fiziologija i eksperimental'naja terapija» June 2013
11. Song, Y., Kwak, Y. L., Song, J. W., Kim, Y. J., & Shim, J. K. (2014). Respiratory carotid artery peak velocity variation as a predictor of fluid responsiveness in mechanically ventilated patients with coronary artery disease. *British Journal of Anaesthesia*, 113(1), 61–66. doi:10.1093/bja/aeu057.

### Благодарности

Авторы выражают глубокую благодарность профессору, д.м.н. В. П. Куликову и заведующей отделением гематологии СЗГМУ Е. С. Павлюченко за неоценимую помощь в проведении этой работы, а также всем волонтерам, принявшим участие в настоящем исследовании.

### Acknowledgements

The authors express their deep gratitude to professor, D.Sc. (Medicine) V.P. Kulikov and chief of the Hematology Department of the North-Western State Medical University E.S. Pavlyuchenko for their invaluable assistance in carrying out this work, as well as to all the volunteers who took part in this study.

Статья поступила / Received 14.09.2024  
Получена после рецензирования / Revised 20.11.2024  
Принята в печать / Accepted 20.11.2024

### Информация об авторах

**Фролов Артем Владимирович**<sup>1</sup>, врач функциональной диагностики  
E-mail: polyclinic@list.ru. ORCID ID: http://orcid.org/0000-0001-8774-6996  
**Ермолаева Саргылана Александровна**<sup>1</sup>, аналитик медицинских данных, методист по адаптивной физкультуре  
E-mail: supersagi@gmail.com. ORCID ID: http://orcid.org/0000-0003-4754-9255  
**Дидур Михаил Дмитриевич**<sup>2</sup>, д.м.н., профессор, директор  
E-mail: Didour@mail.ru. ORCID ID: http://orcid.org/0000-0003-4086-5992

<sup>1</sup> ООО «Санкт-Петербургский институт восточных методов реабилитации», Россия, Санкт-Петербург

<sup>2</sup> ФГБУ «Институт мозга человека имени Н.П. Бехтерева РАН», Россия, Санкт-Петербург

### Контактная информация:

Фролов Артем Владимирович. E-mail: polyclinic@list.ru

**Для цитирования:** Фролов А.В., Ермолаева С.А., Дидур М.Д. Влияние упражнений йоги с произвольными изменениями вентиляции легких на интракраниальный артериальный кровоток. *Медицинский алфавит*. 2024;(30):49–54. https://doi.org/10.33667/2078-5631-2024-30-49-54

### Author information

**Artem V. Frolov**<sup>1</sup>, functional diagnostics doctor St. Petersburg Institute of Oriental Rehabilitation Methods, Russian Federation  
ORCID ID: http://orcid.org/0000-0001-8774-6996  
**Sargylana A. Ermolaeva**<sup>1</sup>, medical data analyst  
ORCID ID: http://orcid.org/0000-0003-4754-9255  
**Michael D. Didur**<sup>2</sup>, D.Sc. (Medicine), professor, chief at N.P. Bekhtereva Human Brain Institute of the Russian Academy of Sciences  
ORCID ID: 0000-0003-4086-5992

<sup>1</sup> St. Petersburg Institute of Oriental Rehabilitation Methods, St. Petersburg, Russia

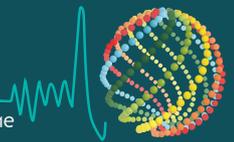
<sup>2</sup> Bekhtereva Human Brain Institute of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

### Contact information

Artem Frolov. E-mail: polyclinic@list.ru

**For citation:** Frolov Artem V., Ermolaeva Sargylana A., Didur Michael D. The influence of yoga exercises with voluntary pulmonary ventilation changes on intracranial arterial blood flow. *Medical alphabet*. 2024;(30):49–54. https://doi.org/10.33667/2078-5631-2024-30-49-54





## Паллестезиометр АНВЧ-01

- ♦ Выявление нарушений вибрационной чувствительности в эндокринологии, неврологии, профпатологии
- ♦ Экспертиза трудоспособности, инвалидности
- ♦ Оценка эффективности лечебных мероприятий для пациентов с вибрационной болезнью и/или поражением периферической нервной системы различного генеза
- ♦ Проведение периодических медицинских осмотров работников, подвергающихся воздействию локальной вибрации; контроль терапии



- ♦ Реабилитационные центры
- ♦ Санаторно-курортные учреждения
- ♦ Диагностические центры
- ♦ Отделения функциональной диагностики
- ♦ Неврологические отделения



## MAC2-C

### Спирометр автономный запоминающий

- ♦ Высокая пропускная способность (80 и более человек в день)
- ♦ Обмен данными с локальной сетью по LAN-интерфейсу
- ♦ Запись результатов измерений на USB flash-disk
- ♦ Поддержка работы до 7 сенсоров потока
- ♦ Формирование досье респираторных рисков при рутинной спирометрии

- ♦ Передача данных на ПК
- ♦ Экспорт данных в формате PDF под управлением МИС
- ♦ Сетевая база спирометрических данных с подключением удаленных мест врача
- ♦ EHR/EMR интеграция
- ♦ Режимы капнометрии, газоанализа



ISO 13485:2016



от 3 до 95 лет



ATS/ERS-2019

GLI-2012



BELINTELMED

Телефон: +375 17 316 61 77  
Факс: +375 17 316 61 80  
Viber/WhatsApp: +375 44 516 61 80

000 «БЕЛИНТЕЛМЕД»  
E-mail: marketing@belintelmed.by  
sale2@belintelmed.by

Телефон компании на территории РФ:  
+7 999 333 26 10  
www.belintelmed.com