

ОСОБЕННОСТИ КАПИЛЛЯРНОГО КРОВОТОКА ЧЕЛОВЕКА ПРИ ДЫХАНИИ ПОДОГРЕТЫМИ ГЕЛИОКИСЛОРОДНЫМИ СМЕСЯМИ

¹А. В. Строй*, ²Д. В. Пухняк, ³А. А. Танова, ³С. А. Чеботов

¹Служба поисковых и аварийно-спасательных работ Главного Штаба Военно-Морского Флота, Санкт-Петербург, Россия

²Кубанский государственный медицинский университет, Краснодар, Россия

³Ростовский государственный медицинский университет, Ростов-на-Дону, Россия

Цель исследования: оценка особенностей микроциркуляторного кровотока

Материалы и методы. У 19 добровольцев-мужчин в возрасте 20–25 лет на фоне дыхания подогретыми до 40° С кислородно-азотными и гелиокислородными газовыми смесями проводилась сравнительная оценка микроциркуляции методом лазерной доплеровской флоуметрии.

Результаты и их обсуждение. Дыхание подогретой кислородно-азотной смесью заключалось в увеличении (примерно на 25–35%) значений интегрального показателя микроциркуляции на фоне снижения ее эффективности. Переключение на дыхание подогретой гелиокислородной смесью «ГелиОкс 25/75» у всех обследованных лиц также приводило к повышению объемной скорости периферического кровотока. Однако степень прироста показателя (на 35–45% по сравнению с обычными условиями дыхания) оказалась значительно более выраженной, чем при дыхании подогретой кислородно-азотной смесью. Кроме этого, при дыхании «ГелиОкс 25/75» начиная примерно со 2-й минуты наблюдалось повышение эффективности микроциркуляции за счет увеличения «вклада» в реакцию кровотока «активных» (нейромиогенных) его компонентов.

Ключевые слова: морская медицина, микроциркуляторный кровоток, гелиокислородные дыхательные смеси

*Контакт: Строй Алексей Владимирович, dr_stroy@mail.ru

© Stroy A.V., Pukhnyak D.V., Tanova A.A., Chebotov S.A., 2022

FEATURES OF HUMAN CAPILLARY BLOOD FLOW ON BREATHING BY HEATED HELIO-OXYGEN MIXTURES

¹Alexey V. Stroy*, ²Dmitriy V. Pukhnyak, ³Anastasiya A. Tanova, ³Sergey A. Chebotov

¹Search and Rescue Service of the Main Headquarters of the Navy, St. Petersburg, Russia

²Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia

³Rostov State Medical University, Rostov-on-Don, Russia

The purpose of the study: to assess the features of microcirculatory blood flow.

Materials and methods. A comparative assessment of microcirculation by laser Doppler flowmetry was carried out in 19 male volunteers aged 20–25 years against the background of breathing heated to 40° C oxygen-nitrogen and helium-oxygen gas mixtures.

Main results. Breathing with a heated oxygen-nitrogen mixture consisted in an increase (by approximately 25–35%) of the values of the integral indicator of microcirculation against the background of a decrease in its efficiency. Switching to breathing with a heated helium-oxygen mixture «HeliOx 25/75» in all examined persons also led to an increase in the volumetric velocity of the peripheral blood flow. However, the degree of increase in the indicator (by 35–45% compared with normal breathing conditions) turned out to be significantly more pronounced than it was during breathing with a heated oxygen-nitrogen mixture. In addition, when breathing «HeliOx 25/75», starting from about the 2nd minute of breathing, an increase in the efficiency of microcirculation was observed due to an increase in the «contribution» to the blood flow reaction of its «active» (neuromyogenic) components.

Key words: microcirculatory blood flow, helium-oxygen breathing mixtures

*Contact: Stroy Alexey Vladimirovich, dr_stroy@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Строй А.В., Пухняк Д.В., Танова А.А., Чеботов С.А. Особенности капиллярного кровотока человека при дыхании подогретыми гелиокислородными смесями // *Морская медицина*. 2022. Т. 8, № 1. С. 49–55, doi: <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2022-8-1-49-55>.

Conflict of interest: the authors stated that there is no potential conflict of interest.

For citation: Stroy A.V., Pukhnyak D.V., Tanova A.A., Chebotov S.A. Features of human capillary blood flow on breathing by heated helio-oxygen mixtures // *Marine medicine*. 2022. Vol. 8, No. 1. P. 49–55, doi: <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2022-8-1-49-55>.

Введение. Одним из перспективных направлений в развитии баротерапевтических технологий является обоснование и апробация применения искусственных дыхательных смесей (ИДС) с повышенным содержанием инертных (благородных) газов. В состав таких ИДС обязательно входит кислород в различных концентрациях, а инертными газами (гелий, аргон, ксенон, криптон или их комбинации) частично или полностью заменяют азот. В итоге получают дыхательные смеси, обладающие разнонаправленными эффектами на организм, зависящими как от концентрации кислорода (гипо-, нормо-, гипероксические), так и от вида и концентрации инертных газов [1, с. 5–7; 2, с. 69–70; 3, с. 220]. Кроме того, эффекты таких ИДС можно модулировать путем изменения барометрического давления (гипо-, нормо-, гипербария), в условиях которого проводятся процедуры дыхания газовой смесью.

К одной из подобных баротерапевтических технологий относится использование подогретых (до 40–95° С) гелиокислородных дыхательных смесей (ГКДС) с различным соотношением гелия и кислорода при нормальном общем давлении. В настоящее время реализация данной технологии обеспечивается наличием отечественных дыхательных аппаратов «Ингалит», «Аппарат спасательный водолазно-медицинский» («АСВМ») [4, с. 12; 5, с. 288; 6, с. 24–25], оснащенных баллонами с сертифицированной гелиокислородной смесью («ГелиОкс») различного состава, например, с содержанием кислорода 25% об., гелия 75% об. («ГелиОкс 25/75»). В связи с высокой теплопроводностью гелия для недопущения переохлаждения организма при дыхании ГКДС указанные аппараты осуществляют их предварительный подогрев.

Неповторимость свойств гелия определяется наличием в его атоме (молекуле) особых природных конструкций — абсолютных «чемпионов» по компактности и прочности. В ядре гелия насыщены обе внутриядерные оболочки —

и протонная, и нейтронная. Электронный дублет, обрамляющий это ядро, тоже насыщенный. Орбиты двух его электронов совершенно одинаковы и проходят предельно близко от ядра. Чтобы оголить ядро гелия, нужно затратить рекордно большую энергию — 78,61 МэВ. Этим объясняются и его феноменальная химическая инертность, и рекордно малые размеры его атома [5, с. 127–145].

Известно, что химически инертный газ гелий обладает широким спектром биологического действия. Имеются данные о непосредственной стимуляции гелием обмена веществ как *in vivo*, так и *in vitro* [2, с. 69]. Показано усиление окислительных процессов в различных тканях, повышение активности некоторых ферментативных систем, увеличение потребления кислорода как суспензией клеток, так и организмом в целом [5, с. 148–150].

Особое внимание привлекает способность ГКДС оптимизировать температурный режим организма. Подогретая ГКДС равномерно согревает паренхиму органов грудной полости, быстро снимает переохлаждение организма, а в комфортном диапазоне температур для воздуха эффективно снижает температуру тела, в том числе при воспалительных заболеваниях. Подогретая ГКДС также оказывает мощное тепловое и теплорефлекторное воздействие на организм [2, с. 70–71; 5, с. 148–150].

Физические свойства гелия обеспечивают при дыхании физиологические эффекты, отличающиеся от воздействия воздушными дыхательными смесями, а именно, уменьшение турбулентного потока с увеличением ламинарного, снижение энергозатрат дыхательных мышц, улучшение диффузии кислорода и углекислого газа (за счет меньшей плотности гелия и высокой проникающей способности), и, следовательно, увеличение объемной скорости движения газовой смеси, улучшение газообмена, нормализацию газового состава крови и кислотно-основного равновесия, уменьшение работы

дыхательной мускулатуры и оптимизацию деятельности дыхательного центра [2, с. 70; 4, с. 12; 6, с. 24–25; 7, с. 47–50]. Перечисленные эффекты подогретых ГКДС широко и достаточно давно используются в лечении хронических обструктивных заболеваний легких [4, с. 70; 8, с. 102–105; 9, с. 542–545].

Искусственные дыхательные газовые смеси, содержащие гелий, уже прочно заняли свое место в водолазной медицине. Использование подобных смесей при водолазных спусках позволяет избежать декомпрессионной болезни (поскольку гелий менее, чем азот, растворим в жидкостях организма), а также проявлений «азотного наркоза», связанных с физиологическим действием более тяжелых индифферентных газов [5, 120–128; 6, с. 24–25].

Однако, несмотря на имеющийся опыт успешного применения ГКДС в физиологии труда и клинической медицине, физиологических исследований по механизмам влияния дыхания ГКДС на организм явно недостаточно.

Гипотеза исследования: с учетом физических особенностей подогретых ГКДС одним из вероятных механизмов их влияния на организм может быть изменение количественных и качественных характеристик микроциркуляторного кровотока.

Целью исследования явилась оценка особенностей микроциркуляторного кровотока и механизмов его регуляции у человека при дыхании подогретыми ГКДС.

Материалы и методы. Обследовано 19 добровольцев-мужчин в возрасте 20–25 лет, не имевших медицинских противопоказаний к участию в исследованиях и подписавших добровольное информированное согласие. Критерии включения в исследование: соответствующий возраст и пол, отсутствие явных нарушений состояния соматического здоровья: хронических, часто рецидивирующих соматических заболеваний, психических заболеваний, алкоголизма, наркоманий, аллергических состояний, кожных и венерических болезней; черепных травм; отягощенной наследственности и т.д. Критерии невключения и исключения из исследования: несоответствие хотя бы одному из перечисленных выше критериев включения, невозможность или отказ от участия в исследовании на любом из этапов.

Исследование состояло из двух этапов, проводимых с 1–3-суточным интервалом. На I этапе добровольцы в течение 30 мин дышали

подогретой до 40° С ИДС с содержанием кислорода 25% об. (остальное — азот). На II этапе эти же лица в течение аналогичного времени осуществляли дыхание «ГелиОкс 25/75», также подогретой до температуры 40° С.

В течение 15 мин перед началом экспозиции (дыхание воздухом) и всего заданного периода дыхания ИДС у испытуемых оценивали базовый микроциркуляторный кровоток через исследуемую область (тыльная поверхность IV пальца кисти) методом лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) на лазерном анализаторе капиллярного кровотока (ЛАКК-М, РФ). Измерения проводились при температуре воздуха в помещении 24–25° С. Регистрацию ЛДФ-граммы начинали не раньше адаптации испытуемого к указанным температурным условиям.

Определяли средний (за период измерения) интегральный показатель микроциркуляции (ИПМ, перф.ед.), который представляет собой кривую или ЛДФ-грамму, являющуюся функцией количества эритроцитов, проходящих через исследуемую область за единицу времени, и их скорости [10, с. 150]. Кроме этого, оценивали стандартное отклонение (σ , перф. ед.) ИПМ и коэффициент вариации (K_v , %), характеризующие дисперсию объемной скорости микроциркуляторного кровотока за период измерения. Считается, что повышение σ и K_v у здорового человека является признаком усиления активных (вазомиогенных) механизмов регуляции микроциркуляции, то есть оптимизации данной функции [10, с. 152].

Проводили также амплитудно-частотный анализ кривой колебаний ИПМ (ЛДФ-граммы) за весь период регистрации с помощью быстрого Фурье-преобразования, использования математических фильтров Batteredworth и Вейвлет-преобразования [10, с. 175]. Известно [11, с. 1212; 12, с. 1400], что диапазон низких (4–12 в минуту) частот (НЧ) спектра ЛДФ-грамм отражает колебательную активность гладкомышечных элементов системы микроциркуляции на уровне прекапилляров и артериол. Диапазон высоких (13–30 в минуту) частот (ВЧ) характеризует «вклад» пассивного компонента микроциркуляторного кровотока (за счет перепада центрального венозного давления при акте дыхания). Диапазон наиболее высоких (50–90 в минуту), или сердечных частот (СЧ) отражает вклад центрального, сердечного механизма в гемодинамику в микрососудах. Ритмические составляющие данных диапазонов характеризуются

максимальной частотой и амплитудой. Определяли общую «мощность» спектра (в усл. ед.) и «мощности» составляющих спектра (МНЧ, МВЧ, МСЧ) как основных частей общей «мощности» спектра (в усл. ед.). Затем рассчитывали индекс эффективности микроциркуляции (ИЭМ), по формуле [11, с. 1217]:

$$\text{ИЭМ (отн. ед.)} = \text{МНЧ} / (\text{МВЧ} + \text{МСЧ}).$$

По ИЭМ судили о состоянии микроциркуляторного кровотока, которое тем лучше, чем больше ИЭМ.

Статистическую обработку данных выполняли с использованием программ Excel и Statistica. Данные в таблице представляли в виде среднегруппового значения показателя (M) и его стандартного отклонения (σ). Различия показателей между этапами измерений оценивали по непараметрическому критерию Вилкоксона для парных связанных выборок.

Исследования проведены в соответствии с этическими требованиями, изложенными

в Хельсинской декларации 1964 г. и ее пересмотрах 1983 и 2013 гг. Легитимность исследований подтверждена заключением независимого этического комитета.

Результаты и их обсуждение. Результаты измерений в условиях дыхания атмосферным воздухом показали, что значения оцениваемых показателей ЛДФ-метрии у всех добровольцев находились в пределах референтных значений для исследуемой области [7, с. 148]. Значимых различий оцениваемых параметров между I и II этапами обследования при дыхании воздухом не определено, что свидетельствовало о сопоставимости результатов исследований, выполненных в разные дни, несмотря на известный факт выраженной изменчивости характеристик микроциркуляторного кровотока даже у одного и того же человека под влиянием многочисленных неконтролируемых факторов.

Реакция показателей ЛДФ-граммы на дыхание подогретой кислородно-азотной смесью у всех добровольцев выражалась в увеличении (примерно на 25–35%) значений ИМП, отсут-

Таблица
Показатели микроциркуляции добровольцев (n=19) на этапах наблюдения, M (σ)

Table

Indicators of microcirculation of volunteers (n=19) at the stages of observation, M (σ)

Показатель	Условия дыхания			
	I этап		II этап	
	воздух	кислородно-азотная смесь	воздух	гелиокислородная смесь
ИПМ, перф. ед.	12,8 (2,8)	16,7 (2,5) p=0,002	12,7 (2,7)	18,0 (2,5) p<0,001 p1=0,025
σ , перф.ед.	1,72 (0,25)	1,75 (0,24)	1,70 (0,28)	2,55 (0,23) p<0,001 p1=0,004
Kv, %	13,4 (0,8)	10,5 (0,8) p=0,044	13,4 (0,5)	14,2 (0,5) p=0,049 p1=0,003
МНЧ, усл. ед.	6,42 (0,55)	6,54 (0,44)	6,39 (0,61)	8,58 (0,75) p<0,001 p1=0,022
МВЧ, усл. ед.	5,01 (0,25)	6,32 (0,32) p<0,001	5,22 (0,24)	6,20 (0,31) p<0,001
МСЧ, усл. ед.	0,66 (0,04)	0,88 (0,05) p<0,001	0,60 (0,04)	0,89 (0,08) p<0,001
ИЭМ, отн. ед.	1,13 (0,02)	0,95 (0,05) p<0,001	1,10 (0,03)	1,21 (0,06) p<0,001 p1<0,001

Примечание. Уровень значимости различий по сравнению с исходным состоянием (дыхание воздухом) в рамках одного этапа — p; между этапами исследования — p1.

Note. The level of significance of differences compared to the initial state (air breathing) within one stage — p; between the stages of the study — p1.

ствии динамики σ , что сопровождалось закономерным снижением K_v . Отмечено также снижение ИЭМ (в среднем на 17–25% по сравнению с обычными условиями дыхания). Выявленные феномены, по нашему мнению, свидетельствовали о формировании специфической реакции микроциркуляторного кровотока на гипертермию, направленной на поддержание теплового гомеостаза и заключающейся в интенсификации капиллярного кровообращения, прежде всего за счет «пассивных» его составляющих (дыхательной и сердечной). При этом относительный вклад «активных» (нейромиогенных) компонентов обеспечения объемного кровотока через резистивные и капиллярные сосуды исследуемой области редуцировался.

На II этапе исследования «переключение» на дыхание подогретой ГКДС «ГелиОкс 25/75» у всех обследованных лиц также приводило к повышению объемной скорости периферического кровотока. Однако степень прироста ИПМ (на 35–45% по сравнению с обычными условиями дыхания) оказалась значимо более выраженной, чем на I этапе эксперимента при дыхании подогретой кислородно-азотной смесью. Другой особенностью периферического кровотока в период воздействия заданной ГКДС явилось увеличение K_v и ИЭМ, также наблюдавшееся у всех добровольцев начиная примерно со 2-й минуты дыхания «ГелиОкс 25/75» и сохраняясь до конца этого периода. Средний прирост K_v у добровольцев за время экспозиции ГКДС составлял 5–9% от исходного уровня, увеличение ИЭМ — 8–12%. При этом различия указанных показателей по сравнению с дыханием кислородно-азотной смесью аналогичной температуры (I этап) также оказались высоко статистически значимыми.

Таким образом, реакция микроциркуляции при дыхании подогретой гелиокислородной дыхательной смесью заключается не только в увеличении объемной скорости кровотока (как это имеет место при гипертермии), но

и в значительном «вкладе» в данную реакцию «активных» (нейромиогенных) его компонентов. Как указывалось выше, выявленные реакции в целом отражают оптимизацию микроциркуляторного кровотока, индуцированную воздействием ГКДС, поскольку подобные реакции обеспечивают ускорение доставки кислорода и питательных веществ активно функционирующим клеткам, а также элиминацию продуктов клеточного метаболизма. В конечном итоге перечисленные процессы приводят к экстренной оптимизации функционирования жизненно важных органов, и прежде всего высших отделов ЦНС, миокарда, других наиболее энергетически зависимых клеток и тканей.

В качестве основной причины оптимизации микроциркуляторного кровотока при дыхании ГКДС, по всей видимости, следует рассматривать специфическое влияние гелия на активность гладких мышц артериол и прекапиллярных сфинктеров, поскольку известно, что повышение температуры циркулирующей крови и кислород подобными эффектами на клеточном уровне не обладают. Вероятным механизмом наблюдаемых реакций является также особое влияние гелия на физические свойства периферической крови, проявляющееся в улучшении ее реологических свойств [13, с. 69–72], поскольку гелий имеет значительно меньшую вязкость, чем азот.

Заключение. В результате проведенного исследования установлено, что дыхание подогретой ГКДС «ГелиОкс 25/75» сопровождается оптимизацией микроциркуляторного кровотока, о чем свидетельствовало не только значительное увеличение его объемной скорости, но и повышение «вклада» в его обеспечение активных (нейромиогенных) механизмов.

На наш взгляд, выявленные физиологические эффекты ГКДС могут использоваться при экстренной коррекции функциональных состояний, проявляющихся в нарушениях кислородного бюджета организма.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Иванов А.О., Петров В.А., Бочарников М.С., Безкишкий Э.Н. Возможности длительного пребывания человека в аргонсодержащих газовых средах, снижающих пожароопасность гермообъектов // *Экология человека*. 2017. № 1. С. 3–8. Ivanov A.O., Petrov V.A., Bocharnikov M.S., Bezkishkiy E.N. *Vozmozhnosti dlitel'nogo prebyvaniya cheloveka v argonosoderzhashchih gazovyh sredah, snizhayushchih pozharoopasnost' germoob'ektov // Ekologiya cheloveka*. 2017. № 1. S. 3–8 [Ivanov A.O., Petrov V.A., Bocharnikov M.S., Bezkishkiy E.N. Possibilities of a long stay of a person in argon-containing gaseous environments to reduce the fire hazard of sealed objects. *Human Ecology*, 2017, No. 1, pp. 3–8 (In Russ.)].

2. Павлов Б.Н., Дьяченко А.И., Шулагин Ю.А. Исследование физиологических эффектов дыхания подогретыми кислородно-гелиевыми смесями // *Физиология человека*. 2003. Т. 29, № 5. С. 69–73. Pavlov B.N., D'yachenko A.I., Shulagin Yu.A. Issledovanie fiziologicheskikh effektivnostey dyhaniya podogretymi kislorodno-gelievymi smesyami // *Fiziologiya cheloveka*. 2003. T. 29, № 5. S. 69–73 [Pavlov B.N., Dyachenko A.I., Shulagin Yu.A. Investigation of the physiological effects of breathing with heated oxygen-helium mixtures. *Human Physiology*, 2003, Vol. 29, No. 5, pp. 69–73 (In Russ.)].
3. Скляр В.Н., Кочубейник Н.В., Иванов А.О., Грошилин В.С. Сравнительная оценка эффективности аргоногипоксических и азотногипоксических тренировок в повышении резистентности человека к транзиторной аноксии // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 2018. Т. 52, № 7. С. 219–223. Sklyarov V.N., Kochubejnik N.V., Ivanov A.O., Groshilin V.S. Sravnitel'naya ocenka effektivnosti argonogipoksicheskikh i azotnogipoksicheskikh trenirovok v povyshenii rezistentnosti cheloveka k tranzitornoj anoksii // *Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya medicina*. 2018. T. 52, № 7. S. 219–223 [Sklyarov V.N., Kochubejnik N.V., Ivanov A.O., Groshilin V.S. Comparative evaluation of the effectiveness of argon-hypoxic and nitrogen-hypoxic training in increasing human resistance to transient anoxia. *Aerospace and Ecological Medicine*, 2018, Vol. 52, No. 7, pp. 219–223 (In Russ.)].
4. Куссмауль А.Р., Подлужный С.М., Павлов Б.Н. Физиолого-клиническое обоснование применения подогреваемых кислородно-гелиевых смесей для реабилитации человека после субмаксимальных физических нагрузок в условиях производственной деятельности // *Материалы науч.-практ. конф. «Гипербарическая физиология и водолазная медицина»*. М., 2005. С. 12–13. Kussmaul' A.R., Podluzhnyy S.M., Pavlov B.N. Fiziologo-klinicheskoe obosnovanie primeneniya podogrevaemykh kislorodno-gelievyyh smesey dlya rehabilitatsii cheloveka posle submaksimal'nykh fizicheskikh nagruzok v usloviyakh proizvodstvennoy deyatel'nosti // *Materialy nauch.-prakt. konf. «Giperbaricheskaya fiziologiya i vodolaznaya medicina»*. M., 2005. S. 12–13 [Kussmaul A.R., Podluzhny S.M., Pavlov B.N. Physiological and clinical substantiation of the use of heated oxygen-helium mixtures for human rehabilitation after submaximal physical exertion in the conditions of industrial activity. *Proceedings of the scientific and practical conference «Hyperbaric Physiology and Diving Medicine»*. Moscow, 2005, pp. 12–13 (In Russ.)].
5. Павлов Б.Н., Смолин В.В., Баранов В.М. *Основы барофизиологии, водолазной медицины, баротерапии и лечения инертными газами* / под ред. А. И. Григорьева. М.: Гранд Полиграф, 2008. 496 с. Pavlov B.N., Smolin V.V., Baranov V.M. *Osnovy barofiziologii, vodolaznoy mediciny, baroterapii i lecheniya inertnymi gazami* / pod red. A. I. Grigor'eva. M.: Grand Polygraf, 2008. 496 s. [Pavlov B.N., Smolin V.V., Baranov V.M. *Fundamentals of barophysiology, diving medicine, barotherapy and treatment with inert gases* / ed. acad. A. I. Grigoriev. Moscow: Publishing house Grand Polygraph, 2008. 496 p. (In Russ.)].
6. Советов В.И., Мотасов Г.П. Применение кислородно-гелиевых тренировок для повышения работоспособности водолазов // *Научно-технический сборник*. 2015. № 5. С. 23–28. Sovetov V.I., Motasov G.P. Primenenie kislorodno-gelievyyh trenirovok dlya povysheniya rabotosposobnosti vodolazov // *Nauchno-tekhnicheskij sbornik*. 2015. № 5. S. 23–28 [Sovetov V.I., Motasov G.P. The use of oxygen-helium training to improve the working capacity of divers. *Scientific and technical collection*, 2015, No. 5, pp. 23–28 (In Russ.)].
7. Barach A.L. Effects of the inhalation of Helium Mixed with Oxygen on the Mechanics of Respiration // *J. Clin. Investigation*. 1936. Vol. 15. P. 47–56.
8. Bahnke A., Yarbrough O. Physiologic studies of helium // *U.S. Naval Medical Bulletin*. 1938. Vol. 36, No. 4. P. 102–108.
9. Anderson M., Svartengren M., Bylin G. Deposition in asthmatics of particles inhaled in air or in helium-oxygen // *Am. Rev. Respir Dis*. 1993. Vol. 147. P. 524–528.
10. *Лазерная доплеровская флоуметрия микроциркуляции крови: руководство для врачей* / под ред. А. И. Крупаткина, В. В. Сидорова. М.: ОАО «Издательство «Медицина», 2005. С. 146–175. *Lazernaya dopplerovskaya floumetriya mikrocyrkulyacii krovi: Rukovodstvo dlya vrachej* / pod red. A. I. Krupatkina, V. V. Sidorova. M.: OAO «Izdatel'stvo medicina», 2005. S. 146–175. [*Laser Doppler flowmetry of blood microcirculation: A guide for physicians* / Ed. A. I. Krupatkin, V. V. Sidorov. Moscow: Publishing house OJSC «Publishing house medicine», 2005, pp. 146–175 (In Russ.)].
11. Nakata A., Nakata S., Yuasa T. et al. Spectral analysis of heart rate, arterial pressure and microcirculation in normal humans // *Am. J. Physiol*. 1998. Vol. 274. P. 1211–1217.
12. Rosenbaum M., Race D. Frequency-response characteristics of vascular resistance vessels // *Am. J. Physiol*. 1968. Vol. 215. P. 1397–1402.
13. Строй А.В., Шатов Д.В., Грошилин С.М. и др. Влияние дыхания гелиокислородной смесью на реологические свойства крови человека // *Военная и экстремальная медицина: перспективы развития и проблемы преподавания: Сборник научных статей IX Международной интернет-конференции (Республика Беларусь, г. Гомель, 24–28 мая 2021 г.)*. Гомель, 2021. С. 69–73. Stroj A.V., Shatov D.V., Groshilin S.M. i dr. Vliyanie dyhaniya geliokislorodnoj smes'yu na reologicheskie svojstva krovi cheloveka // *Voennaya i ekstremal'naya medicina: perspektivy razvitiya i*

problemy prepodavaniya: Sbornik nauchnyh statej IX Mezhdunarodnoj internet-konferencii (Respublika Belarus', g. Gomel', 24–28 maya 2021 g.). Gomel', 2021. S. 69–73 [Stroy A.V., Shatov D.V., Groshilin S.M. et al. Effect of breathing with a helium-oxygen mixture on the rheological properties of human blood. «Military and extreme medicine: development prospects and teaching problems»: Collection of scientific articles of the IX International Internet Conference (Republic of Belarus, Gomel, May 24–28, 2021). Gomel, 2021, pp. 69–73 (In Russ.)].

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 10.01.2022 г.

Авторство:

Вклад в концепцию и план исследования — А. В. Строй, А. А. Танова, Д. В. Пухняк, С. А. Чеботов. Вклад в сбор данных — А. В. Строй, А. А. Танова, Д. В. Пухняк, С. А. Чеботов. Вклад в анализ данных и выводы — А. В. Строй, Д. В. Пухняк, А. А. Танова, С. А. Чеботов. Вклад в подготовку рукописи — А. В. Строй, С. А. Чеботов, А. А. Танова, Д. В. Пухняк.

Сведения об авторах:

Строй Алексей Владимирович — главный инспектор (водолазный), служба поисковых и аварийно-спасательных работ Главного Штаба Военно-Морского Флота; 190000, Санкт-Петербург, Адмиралтейский проспект, д. 1; e-mail: dr_stroy@mail.ru; ORCID 0000-0002-4777-780X; SPIN 8071-1003;

Пухняк Дмитрий Васильевич — кандидат медицинских наук, доцент кафедры скорой медицинской помощи, мобилизационной подготовки здравоохранения и медицины катастроф ФПК и ППС федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 350063, г. Краснодар, ул. Седина, д. 4; e-mail: puhnyak@mail.ru; ORCID 0000-0001-6366-0688; SPIN-код 9710-2993;

Танова Анастасия Андреевна — аспирант кафедры нервных болезней и нейрохирургии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 344022, г. Ростов-на-Дону, пер. Нахичеванский, д. 29; e-mail: eroshenkona@rambler.ru; ORCID 0000-0003-3765-8714; SPIN-код 3947-0526;

Чеботов Сергей Алексеевич — старший преподаватель военного-учебного центра при федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 344022, г. Ростов-на-Дону, переулок Нахичеванский, д. 29; e-mail: chebotovsergey@mail.ru; ORCID 0000-0001-7945-618X; SPIN-код 8108-2054.



К 20-ти летию Морской Коллегии при Правительстве Российской Федерации состоялся выпуск коллективной монографии **«Стратегическое планирование развития морской деятельности Российской Федерации»**.

В монографии рассматриваются актуальные вопросы развития системы документов стратегического планирования морской деятельности Российской Федерации, направленной на повышение эффективности государственного управления морской деятельностью в целом и ее отдельных видов. Эти вопросы лежат в практической плоскости деятельности Морской коллегии при Правительстве Российской Федерации и представляет интерес для широкого круга читателей, интересующихся вопросами государственного управления. Авторами монографии являются члены Научно-экспертного совета Морской коллегии при Правительстве Российской Федерации, доктора и кандидаты наук.

Одна из глав представлена главным редактором журнала «Морская медицина», Председателем секции по морской медицине НЭС, д.м.н., профессором И. Г. Мосягиным «Стратегическое планирование медицинского обеспечения морской деятельности».

Для получения более подробной информации Вы можете обратиться в издательство «Балтийский медицинский образовательный центр» по телефону **(812) 956-92-55**.