

На правах рукописи



ТУГУШЕВА МАРИНА ПЕТРОВНА

**ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ У ЧЕЛОВЕКА ПРИ ДЫХАНИИ
ПОДОГРЕТОЙ КИСЛОРОДНО-ГЕЛИЕВОЙ СМЕСЬЮ**

14.00.32 - авиационная, космическая и морская медицина

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук

1 6 ОКТ 2008

Москва – 2008

Работа выполнена в Учреждении Российской академии наук Государственном научном центре Российской Федерации – Институте медико-биологических проблем Российской академии наук

Научные руководители

доктор медицинских наук, профессор
Павлов Борис Николаевич
доктор технических наук,
Дьяченко Александр Иванович

Официальные оппоненты

доктор медицинских наук,
Катунцев Владимир Петрович
доктор биологических наук, профессор
Торшин Владимир Иванович

Ведущее учреждение: Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН (г. Санкт-Петербург).

Защита диссертации состоится « 6 » сентября 2008 г. в 10 часов на заседании совета (Д 002.111.01) Государственного научного центра РФ – Института медико-биологических проблем Российской академии наук по адресу:
123007, г. Москва, Хорошевское шоссе, 76-А

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института.

Автореферат разослан « 30 » сентября 2008 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор биологических наук



М.А. Левинских

Общая характеристика работы

Актуальность работы

Применение кислородно-гелиевой смеси (КГС) в лечебных целях известно с 1934 года, когда американский врач А. Барач первым доказал лечебный эффект и обосновал практическое использование гелия [Barach A.L., 1934]. Он предложил использовать кислородно-гелиевые смеси для лечения пациентов с обострением бронхиальной астмы и обструктивными поражениями гортани и трахеи [Barach A.L., 1935]. Учитывая высокую теплопроводность гелия, А. Барач провел первые опыты с теплой кислородно-гелиевой смесью (КГС), но не описал сравнительных результатов ее применения. Однако на протяжении многих лет отношение к использованию данного метода терапии было неоднозначно.

В 60-е – 80-е годы 20 века в СССР и за рубежом были проведены многочисленные исследования влияния КГС на дыхание человека и животных [Розова Е.В., Коваленко Т.Н., Середенко М.М., 1983, Bowers R W., Fox E.L., 1967, Lin Y.C., Kato E.N., 1974, Stein PM, Ederstrom HE., 1981, Mink SN , 1984]

Начиная с 70-х годов 20 века, исследования по изучению влияния КГС на организм человека проводились в Институте медико-биологических проблем Российской академии наук [Павлов Б.Н., Логунов А.Т., Смирнов И.А., Баранов В.М. и др., 1995, Павлов Б.Н., Плаксин С.Е., и др., 2001 г.]. В дальнейшем было обосновано и предложено использование подогреваемых КГС для выведения человека из состояния гипотермии и в качестве лечебной процедуры при бронхообструктивных заболеваниях [Павлов Б.Н., Логунов А.Т., Смирнов И.А., Баранов В.М. и др., 1995, Павлов Б.Н., Дмитрук А.И., Мотасов Г.П. и др., 2001]. Были разработаны методические рекомендации по применению КГС в различных областях медицины, проведена серия научных экспериментов с подогреваемыми КГС [Черкашин Д.В., 1998; Крысин Ю С., 1998; Чучалин А. Г., 1999].

Однако до настоящего времени действие дыхания подогретой КГС на различные системы и физиологические функции организма человека изучено не достаточно. В связи с этим проблема поиска новых и совершенствования уже известных методов диагностики и лечения с применением КГС приобретает все большую актуальность. Представляется целесообразным дальнейшее, более детальное изучение физиологического действия подогретой КГС на организм человека.

Целью работы явилось исследование влияния воздействия дыхания подогретой КГС на физиологическое состояние человека

Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

1. Провести комплексное исследование влияния подогретой КГС на физиологические показатели человека: биомеханику дыхания, легочный газообмен и центральную гемодинамику.
2. Изучить особенности торакального и абдоминального вкладов в дыхание после воздействия подогретой КГС.
3. Оценить возможность применения КГС для дифференциальной диагностики вентиляционных нарушений обструктивного характера во время форсированного выдоха.

Научная новизна работы

1. Впервые сравнены два подхода диагностики бронхообструктивных заболеваний легких с использованием КГС.
2. Впервые исследовано влияние подогретой КГС на торакальный и абдоминальный вклад в дыхание.

Теоретический вклад

Проведенное более детальное изучение влияния подогретой КГС на системы дыхания, кровоснабжения, психофизиологию человека позволит расширить рамки применения данной дыхательной смеси в клинике, выработать новые рекомендации по использованию кислородно-гелиевой дыхательной смеси в лечебном и реабилитационном процессах.

Практическая значимость работы.

По результатам работы разработаны ТУ на дыхательную газовую смесь «ГелиОксА»: ТУ 2114-026-39791733-2007 от 15.01.2007 [Потапов В.Н., Жданов В.Н., Филиппов В.М., Тугушева М.П. и др., 2007]. Сертификат соответствия РОСС RU НХ05 Н00437 от 12.03.2007 года.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. После дыхания подогретой КГС происходят изменения механики дыхания, гемодинамики и газообмена. В частности, перераспределяются торакальная и

абдоминальной компоненты дыхательного акта, повышается эффективность лёгочной вентиляции.

2. Измерение изопотока во время форсированного выдоха является высокоинформативным методом диагностики бронхиальной обструкции, позволяющим при необходимости отказаться от использования провокационной пробы или пробы с бронхолитиками.

Апробация работы и публикации

Материалы диссертации доложены и обсуждены на ежегодной конференции молодых ученых и специалистов, аспирантов и студентов, посвященной дню космонавтики (Москва, 2006, 2007, 2008 г.), VIII Всероссийской конференции по биомеханике (Нижний Новгород, 2006 г.); VIII всемирном конгрессе по адаптационной биологии и медицине (Москва, 2006), XX Съезде Физиологического общества им. И.П. Павлова (Москва, 2007); международной конференции «Новые технологии в экспериментальной биологии и медицине» (Ростов-на-Дону, 2007); юбилейной конференции «Космос и медицина» (Москва, 2007); XXXII академических чтениях по космонавтике «Актуальные проблемы Российской космонавтики» (Москва, 2008), III Троицкой конференции «Медицинская физика и инновации в медицине» (МО, Троицк, 2008).

Диссертация апробирована на секции Учёного совета «Гипербарическая физиология и экологическая медицина» ГНЦ РФ-ИМБП РАН (протокол № 2 от 24 июня 2008 г.) По материалам диссертации опубликовано 13 печатных работ.

Структура и объем работы

Диссертация изложена на 116 страницах машинописного текста, из которых 12 страниц – приложение, и состоит из введения, литературного обзора (глава 1); методов воздействий, объектов и методов исследований (глава 2); результатов собственных исследований и их обсуждений (глава 3); заключения; выводов и приложений, содержащих руководство по эксплуатации аппарата «Ингалит», рисунки и таблицы. Список литературы включает 121 источник, из которых 70 опубликовано в отечественных изданиях, 51 - в иностранных. Материалы иллюстрированы 24 рисунками и 22 таблицами.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Методы воздействий. Объекты и методы исследований.

Для проведения исследований в качестве метода воздействия применялась нормоксическая кислородно-гелиевая дыхательная газовая смесь «ГелиОксА», производства ООО «Акела-Н» (ТУ 2114-026-39791733-2007, настоящие технические условия соответствуют основным положениям ГОСТ 2.114, сертификат соответствия РОСС RU НХ05 Н00437).

В сериях по исследованию центральной гемодинамики с использованием метода ЭС электростимуляцию проводили аппаратом «Миоритм-040». Выходной сигнал аппарата в режиме стимуляции представляет собой последовательность биполярных, асимметричных импульсов, с частотой от 20 до 120 Гц и амплитудой от 0 до 100 мА. Использовали режим ритма 2 с, т.е. длительность пачки импульсов - 2 с, длительность паузы - 2 с.

Исследования выполнены при соблюдении основных биоэтических правил и требований Программа проведения исследований была принята и одобрена Комиссией по биомедицинской этике ГНЦ РФ – ИМБП РАН.

Общий объем проведенных исследований представлен в таблице 1.

Таблица 1.

Объем проведенных исследований

Направления исследования	Воздействие	Аппаратура для исследований	Кол-во обсл-ых	Изученные параметры
Изучение параметров форсированного выдоха, возможности выявления бронхообструкции при дыхании воздухом и КГС	Воздух, не подогретая 21% КГС	Прибор для исследования функции внешнего дыхания «Этон-01»	38	ФЖЕЛ, ОФВ1, ПОС, МОС ₂₅ , МОС ₅₀ , МОС ₇₅ , ΔМОС ₅₀ , МВЛ, ИП
Изучение торакального и абдоминального вкладов в дыхание после однократного воздействия подогретой КГС	Подогретая до 44 °С 21% КГС	Портативный трехканальный безмасочный прибор «Дыхание-1»	8	МОД, ДОВд, ДОВыд, ЧД, время вдоха, время выдоха, время паузы, время дых. цикла, скорость вдоха, скорость выдоха, ЖЕЛ, ДО, РОвд, РОВыд.

Изучение центральной гемодинамики после однократного воздействия КГС, ЭС и их совместного действия.	Атмосферный воздух – подогретый и не подогретый; не подогретая 21% КГС, подогретая до 44 °С 21% КГС; ЭС мышц воротниковой зоны	Комплекс мониторинга кардио-респираторной системы и гидратации тканей – КМ-АР-01 Диамант; тонометр	6	УО, ЧСС, МОК, РИ, АД
Комплексное изучение воздействия подогреваемой кислородно-гелиевой смеси на кардио-респираторную систему и психофизиологическое состояние человека	Подогретая до 44 °С 21% КГС	Газоанализатор «Normosar оху»; тонометр; комплекс для психофизиологического тестирования НС-ПсихоТест,	30	Критическая частота слияния мельканий, р-ция выбора, помехоуст-ть, контактная координацио-метрия по профилю, теппинг-тест; ВЭ O ₂ , ВЭ СО ₂ , ДК; ЧСС, АД
Всего			82	37 показателей

При статистической обработке вычисляли среднюю (M), стандартное отклонение (SD), стандартное отклонение средней (SE). Для сравнения результатов двух групп применялся дисперсионный анализ, который позволял выявлять степень достоверности различий между двумя группами данных, не подчиняющимися закону нормального распределения.

Результаты исследований и их обсуждение

1. Исследование форсированного выдоха, изопотока и максимальной объемной скорости при выдохе 50% ФЖЕЛ при дыхании воздухом и КГС.

Исследования проводились на базе отдела «Физиология кардиореспираторной системы человека в условиях измененной среды обитания» ГНЦ РФ-ИМБП РАН и отделения функциональной диагностики ФГУ МНИОИ им. П.А. Герцена Росмедтехнологий.

Было обследовано 38 человек (25 мужчин и 13 женщин), разделенных на 2 группы: I-я группа состояла из 19 практически здоровых людей (12 мужчин и 7 женщин) в возрасте от 19 до 63 лет ($36,3 \pm 15,5$) и II-я группа включала 19 человек (13 мужчин и 6

женщин) в возрасте от 52 до 75 лет ($63,9 \pm 6,8$), у которых заболевания легких являлось основным или сопутствующим заболеванием.

Все легочные объемы и вентиляционные параметры приведены к стандарту ВТРС. Полученные нами величины параметров форсированного выдоха сравнивали с должными величинами, введенными в программу аппарата «ЭТОН», рекомендуемыми ВНИИП (по Р.Ф. Клементу с соавт.) [Болезни органов дыхания / Руководство для врачей: под общей ред. Н.Р. Палеева. М.: М., 1989. Т. 1, стр.302] и НИИ Педиатрии РАМН [Савельев Б.Н., Ширяева И.С., 2001]

Параметры форсированного выдоха в I-й группе по общепринятым нормативам являются нормальными, тогда как сниженные величины параметров во II-й группе, в целом, характеризуются как умеренные (I степени) нарушения вентиляционной функции по обструктивному типу, хотя в отдельных случаях имели место II А и II Б степени обструкции.

В обеих группах обследованных ФЖЕЛ практически не изменилась при выполнении форсированного выдоха на КГС (табл. 2, табл. 3) по сравнению с выполнением маневра на воздухе.

Таблица 2.

Параметры форсированного выдоха на воздухе и на КГС в I группе $M \pm SD$.

	на воздухе	на КГС	$p=$
ФЖЕЛ, л	$4,5 \pm 1,1$	$4,6 \pm 1,0$	0,34
ОФВ1, л	$3,7 \pm 0,9$	$3,8 \pm 0,9$	0,15
ПОС, л/с	$8,6 \pm 2,4$	$10,8 \pm 3,2^*$	$p < 0,01$
МОС ₂₅ , л/с	$7,7 \pm 2,0$	$9,2 \pm 2,3^*$	$p < 0,01$
МОС ₅₀ , л/с	$4,9 \pm 1,4$	$5,7 \pm 1,6^*$	$p < 0,01$
МОС ₇₅ , л/с	$2,0 \pm 0,9$	$2,1 \pm 0,9$	0,07
ИП, %	$20,3 \pm 7,1$		
Δ МОС ₅₀ , %	$24,1 \pm 14,9$		
МВЛ, л/мин	130 ± 31	133 ± 30	0,17

* степень достоверности различий $p < 0,01$

Таблица 3.

Параметры форсированного выдоха на воздухе и на КГС во II группе $M \pm SD$.

Показатели	на воздухе	на КГС	$p=$
ФЖЕЛ, л	$3,2 \pm 1,0$	$3,2 \pm 1,0$	0,50
ОФВ1, л	$2,0 \pm 0,5$	$2,2 \pm 0,5^*$	0,06
ПОС, л/с	$5,0 \pm 1,8$	$6,0 \pm 1,9^*$	$p < 0,01$
МОС ₂₅ , л/с	$3,7 \pm 1,8$	$4,6 \pm 2,2^*$	$p < 0,01$
МОС ₅₀ , л/с	$1,9 \pm 0,8$	$2,2 \pm 1,1^*$	0,05
МОС ₇₅ , л/с	$0,5 \pm 0,3$	$0,7 \pm 0,4^*$	0,04
ИП, %	$43,0 \pm 12,1$		
Δ МОС ₅₀ , %	$23,9 \pm 19,6$		
МВЛ, л/мин	72 ± 18	$76 \pm 4^*$	0,02

* степень достоверности различий $p < 0,05$

Вместе с тем, ОФВ₁ в I-й группе несколько увеличилась при выполнении маневра на КГС, во II-й группе обследуемых имела место тенденция к небольшому приросту ОФВ₁ на 0,2±0,0 л/с (p>0,05) при дыхании КГС.

Увеличение ОФВ₁ дает основание говорить о некотором увеличении вентиляционной способности легких при дыхании КГС. Если воспользоваться рекомендациями Cotes [Cotes J.E., 1975], МВЛ = ОФВ₁ × 35 (л/мин) и Wasserman с соавт. [Wasserman K. et al., 1994] $\dot{V} = 72 \pm 15$ % от МВЛ (\dot{V} здесь – физическая работоспособность), то можно предположить, что вентиляция при максимальной работе в I-й группе после дыхания КГС увеличится на 3 л/мин., а во II-й увеличение будет более значимым и составит 4 л/мин. (p<0,05), т.е. физическая работоспособность благодаря этому может возрасти.

Скоростные параметры форсированного выдоха возросли в обеих группах обследованных. ПОС значимо (p<0,01) увеличилась на 26 % в группе здоровых и на 10 % в группе больных бронхо-легочными заболеваниями. МОС₂₅ при дыхании КГС в группе здоровых увеличилась на 20 % (p<0,01), а в группе больных – на 24 % (p<0,01).

МОС₅₀ при дыхании КГС в обеих группах возросла на 16 % (p<0,01 в I-й группе и p=0,05 во II-й группе).

МОС₇₅ у здоровых практически не изменилась, а в группе больных достоверно увеличилась (p<0,05). Известно, что на уровне мелких дыхательных путей (2 мм и менее) воздушный поток имеет ламинарный характер и не зависит от плотности газа [Савельев Б.Н., Ширяева И.С., 2001].

Таким образом, выполнение форсированного выдоха при дыхании КГС позволило существенно повысить скоростные параметры, в основном начальной части форсированного выдоха, как в группе практически здоровых людей, так и в группе больных легочными заболеваниями.

Сопоставление конечных фаз выдоха кривой в координатах поток—объем при дыхании воздухом и гелиево-кислородной смесью путем наложения одной кривой на другую позволяет определить объем изопотока (ИП) газа (в процентах) от форсированной жизненной емкости легких или величину потока, при которой скорости потоков при выполнении форсированного выдоха на воздухе и КГС совпадают. Считают, что ИП отражает долю сопротивления мелких бронхов в общем легочном сопротивлении [Савельев Б.Н., Ширяева И.С., 2001]. Должные величины для ИП рассчитывали по формулам $0,03 \times V + 13,43$, величина SD = 4,31

(для лиц моложе 50-ти лет); $0,45 \times B + 4,69$, величина $SD = 5,27$ (для лиц старше 50-ти лет), где B – возраст в годах [Gelb A.F. et al, 1975].

Кроме методики выявления бронхообструкции по величине изопотока была предложена методика, в которой обструкция мелких бронхов считается тем более выраженной, чем меньше прирост MOC_{50} (ΔMOC_{50}) при переходе с дыхания воздухом на дыхание КГС [Tammeling G.J., Quanjer Ph.H., 1985].

В табл. 2 и 3 представлены данные о полученных нами величинах ИП и ΔMOC_{50}

Для вычисления величины стандартного отклонения должной величины ИП рассматривалось различия, связанные с разницей возрастов обследуемых и разбросом должных величин у лиц фиксированного возраста. Стандартное отклонение для комбинации двух факторов рассчитывали по следующей формуле: $SD = \sqrt{(SD1)^2 + (SD2)^2}$.

В I-й группе получили величину ИП равную $20,3 \pm 7,1$ %. Нами были найдены также величины ИП для возрастных подгрупп: для лиц моложе 50-ти лет величина ИП составила $18,8 \pm 7,13$ %, для лиц старше 50-ти лет – $24,5 \pm 5,31$ %. Должная величина ИП для данной группы в целом составила $18,9 \pm 7,8$ %. При проведении сравнения с учетом возрастных должных установлено, что для лиц моложе 50-ти лет должная величина ИП [Gelb A.F. et al, 1975] составила $14,3 \pm 4,31$ %, а для лиц старше 50-ти лет – $32,0 \pm 5,40$ %. Полученные данные свидетельствуют, что фактически полученная величина ИП в группе практически здоровых людей соответствует рассчитанной должной величине.

ΔMOC_{50} в этой же группе составила $24,1 \pm 14,9$ %.

В группе людей с легочными заболеваниями ИП составил $43,0 \pm 12,1$ % (табл. 3, рис. 1). Должная величина ИП в данной группе равнялась $33,5 \pm 5,31$ %. Такое увеличение указывает на наличие ламинарности потока на значительно большем протяжении трахео-бронхиального дерева.

ΔMOC_{50} в этой группе составила $23,9 \pm 19,6$ %, что совпадает с величиной, полученной у здоровых людей, это указывает на низкую информативность данного параметра для выявления обструкции.

Таким образом, сравнение двух подходов подтвердило возможность применения КГС для диагностики обструктивных нарушений с помощью измерения доли изопотока от общего объема выдоха и показало непригодность параметра ΔMOC_{50} для выявления обструктивных нарушений.

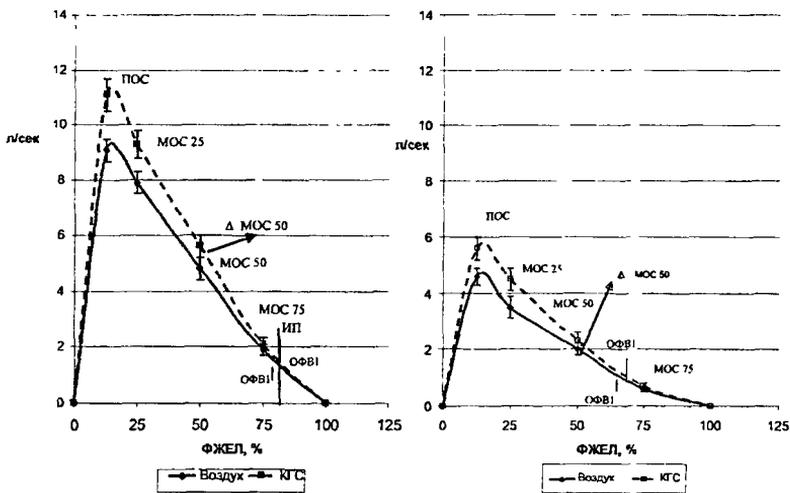


Рисунок 1. Кривые в координатах поток-объем на воздухе и КГС в группах практически здоровых (слева) и больных (справа). На рисунке указаны величины $M \pm SE$

2. Исследование торакального и абдоминального вкладов в дыхательный объем после воздействия подогретой кислородно-гелиевой смеси.

Было обследовано 8 практически здоровых мужчин в возрасте от 22 до 26 лет. Для воздействия использовали дыхание нормоксической КГС в режиме – 3 цикла по 5 минут дыхания КГС с 3-ех минутными перерывами.

Обследуемым накладывали датчики, расположенные на грудном и брюшном поясах. Дыхательные экскурсии периметра грудной клетки (в горизонтальной плоскости на уровне середины грудины) и живота (на уровне подреберья) преобразовывались в аналоговые сигналы с помощью двух первичных измерительных преобразователей. Выходные сигналы пропорциональны периметру (длине) торакального и абдоминального поясов. Эти сигналы балансировали при выполнении испытуемым одновременных произвольных разнонаправленных дыхательных движений грудной клетки и живота при закрытых ротовом и носовых отверстиях. Также проводили калибровку прибора с введением параметров окружающей среды (температура, давление, влажность). В результате проведения данных маневров амплитуда сигналов становилась пропорциональной торакальному и абдоминальному вкладам в дыхательный объем. Сигналы с грудного и брюшного датчиков суммировались и, таким образом, одновременно регистрировались суммарная, торакальная и абдоминальная пневмограммы.

По результатам нашего исследования получены следующие данные.

Минутный объем дыхания (МОД) по суммарному каналу (Tot) после воздействия подогретой КГС оказалась на 5% достоверное ($p < 0,05$) выше, чем до дыхания данной ДГС. Тогда как торакальный и абдоминальный компоненты увеличились недостоверно. Объем вдоха и объем выдоха достоверно не изменились после дыхания подогретой КГС.

Таблица 4.

Параметры спонтанного дыхания до и после воздействия подогретой КГС, $M \pm SD$.

Параметры	До КГС			После КГС					
	Total 1	Th 2	Ab 3	Total 4	P= 4-1	Th 5	P= 5-2	Ab 6	P= 6-3
МОД, л/мин	9±1	4±2	5±2	10±1 *	0,02	5±2	0,59	6±3	0,55
% МОД, %		50±17	54±21			46±21	0,74	53±27	0,96
ДО вд., мл	873±137	438±142	514±262	920±140	0,23	468±141	0,66	491±240	0,90
% ДО вд., %		50±17	53±21			49±22	0,95	53±22	0,99
ДО выд., мл	859±153	427±140	469±221	903±129	0,66	417±258	0,96	427±255	0,83
% ДО выд., %		51±18	51±19			65±25	0,23	65±28	0,31
ЧД, цикл/мин	10,6±1,6	7,3±2,3	10,8±1,8	12,1±1,5 *	0,02	8,3±3,4	0,52	11,8±1,4	0,23
Время вдоха, с	2,6±0,7	2,4±1,1	2,2±0,8	2,1±0,4	0,14	2,2±1,0*	0,02	2,4±0,7	0,67
Время выдоха, с	3,0±0,8	2,1±0,8	2,9±0,8	2,4±0,7	0,09	4,9±4,2	0,41	2,4±0,6	0,29
Время паузы, с	0,6±0,4	1,1±0,8	1,3±0,7	0,4±0,1	0,37	0,5±0,3	0,21	0,6±0,3	0,26
Общее время дыхательного цикла, с	6,2±1,3	5,5±1,7	6,3±1,4	5,3±0,4	0,10	7,8±2,4	0,53	5,4±0,4	0,21
Скорость вдоха, мл/с	381±63	231±127	268±134	399±63	0,45	258±162	0,68	179±94	0,08
Скорость выдоха, мл/с	309±30	205±84	145±40	332±38	0,41	184±116	0,74	158±95	0,84

* степень достоверности различий $p < 0,05$

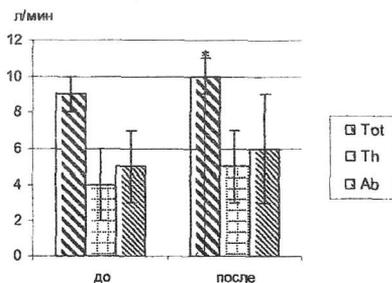


Рисунок 2. Изменение минутного объема дыхания после дыхания подогретой КГС. На рисунке указаны $M \pm SD$.

Частота дыхания по суммарному каналу достоверно ($p < 0,05$) увеличилась. При этом торакальный и абдоминальный компоненты достоверно не изменились.

Наблюдалось достоверное ($p < 0,05$) уменьшение торакальной составляющей времени вдоха (T_h). Вместе с тем абдоминальный компонент (Ab) данного параметра незначительно увеличился (табл. 4).

Также наблюдали тенденцию ($p > 0,05$) к сокращению времени выдоха T_{ot} на 19 %. T_h и Ab компоненты увеличивались недостоверно. Сокращение T_r было отмечено по всем составляющим.

Также нами была отмечена тенденция ($p > 0,05$) к сокращению времени дыхательного цикла по суммарному каналу (T_{ot}). T_h -компонент достоверно не увеличивался, в то время как роль Ab -компонент несколько снизился.

Скорость спокойного вдоха T_{ot} и T_h изменилась не существенно, тогда как Ab составляющая имела тенденцию ($p > 0,05$) к уменьшению. Скоростные показатели спокойного выдоха изменились не значительно.

Как видно из табл. 5 и рис. 3, имело место достоверное увеличение жизненной емкости по общей и торакальной составляющим ($p < 0,05$), в то время как ЖЕЛ Ab несколько уменьшилась.

Таблица 5.

Легочные объемы и емкости до и после воздействия подогретой КГС, $M \pm SD$.

Параметры	До КГС			После КГС					
	Total 1	T_h 2	Ab 3	Total 4	$P=$ 4-1	T_h 5	$P=$ 5-2	Ab 6	$P=$ 6-3
ЖЕЛ, мл	4759±431	3288±262	1893±476	5008±446 *	0,01	3733±350 *	0,02	1545±598	0,22
ДО, мл	907±178	515±172	583±188	962±183 *	0,01	539±164	0,43	493±244	0,33
РО вд, мл	2189±360	2104±469	223±118	2340±358 *	0,03	2399±607	0,11	164±79	0,52
РО выд, мл	1665±239	693±276	1140±423	1837±249	0,07	861±368	0,17	998±416	0,48

* степень достоверности различий $p < 0,05$

После воздействия подогретой КГС дыхательный объем достоверно ($p < 0,05$) возрастал по суммарному каналу, T_h -компонент также несколько увеличился, а Ab -компонент уменьшился.

При этом резервный объем вдоха T_{ot} , как видно из табл. 5, достоверно ($p < 0,05$) увеличился. РО вд. T_h после дыхания подогретой КГС вырос, Ab - снизился после воздействия. Таким образом, вдох до воздействия осуществлялся в основном за счет

торакальной компоненты, а после дыхания подогретой КГС роль грудных мышц в данном дыхательном маневре еще более возрасла.

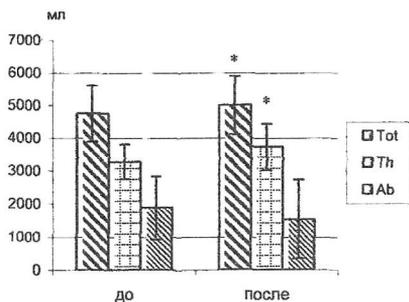


Рисунок 3. Изменение жизненной емкости легких после дыхания подогретой КГС.

Также со стороны резервного объема выдоха после воздействия подогретой КГС по суммарному каналу имела место тенденция ($p > 0,05$) к росту. Th-компонент возрос, тогда как РО выд. Ab уменьшался (табл. 5).

Таким образом, после дыхания подогретой КГС мы обнаружили увеличение доли торакальной и уменьшение доли абдоминальной компонент в дыхательном акте.

С помощью альтернативного измерения методом флоуметрии было показано, что МОД после дыхания подогретой КГС увеличивается сразу после воздействия, ЖЕЛ значимо не изменялась [Дьяченко А.И., Шулагин Ю.А., Тугушева М.П., 2006].

По данным Дьяченко А.И., Шулагина Ю.А., Сытник Е.Б. и др., после дыхания подогретой КГС снижалось максимальное давление вдоха, что указывало на расслабление инспираторных мышц и, в первую очередь, диафрагмальной [Дьяченко А.И., Шулагин Ю.А., Сытник Е.Б. и др., 2005].

Поскольку диафрагмальная мышца ответственна за абдоминальную составляющую дыхательного объема, а межреберные мышцы - за его торакальную составляющую, то видим, что на вдохе увеличивается вклад инспираторных мышц грудной клетки и снижается вклад диафрагмальной мышцы. Таким образом, наши данные косвенно подтверждают большее расслабление диафрагмальной мышцы по сравнению с инспираторными мышцами грудной клетки после дыхания подогретой КГС. Разное поведение мышц вдоха может быть связано с различным рефлекторным действием терморецепторов верхних дыхательных путей [Tabka Z, Ben Jebria A, Guenard H, 1987; Jammes Y, Nail B, 1987; Diesel D.A., Tucker A, Robertshaw D, 1990; Millqvist E, Johansson A et al, 2000].

3. Исследование влияния подогреваемой нормоксической КГС и электростимуляции воротниковой зоны на центральную гемодинамику.

Исследование проводили с участием 6 практически здоровых женщин в возрасте от 25 до 40 лет. В данной серии изучали влияния следующих воздействий:

- дыхание воздухом комнатной температуры ($20 - 22\text{ }^{\circ}\text{C}$) через полумаску;
- дыхание подогретым до $43,4 \pm 5,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ воздухом;
- дыхание КГС комнатной температуры (температура $20-23\text{ }^{\circ}\text{C}$) через полумаску;
- дыхание подогретой до $44,4 \pm 8,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ КГС;
- ЭС мышц воротниковой зоны;
- совместное действие ЭС мышц воротниковой зоны и подогретой до $44,5 \pm 8,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ КГС.

3.1. Дыхание не подогретым воздухом и не подогретой КГС.

Как после дыхания не подогретым воздухом, так и не подогретой КГС нами не было получено значимых изменений со стороны параметров центральной гемодинамики.

3.2. Дыхание подогретым до $43,4 \pm 5,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ воздухом.

В 1-ю минуту после воздействия подогретым воздухом УО имел тенденцию ($p=0,08$) к снижению от $55,6 \pm 9,4$ мл до $51,3 \pm 6,2$ мл. Через 10 минут и 20 минут от окончания воздействия УО оказался достоверно ниже исходного значения ($p=0,01$) - $50,2 \pm 7,8$ мл и $51,7 \pm 8,2$ мл соответственно.

ЧСС сразу после дыхания подогретым воздухом достоверно ($p=0,02$) увеличилась от 62 ± 3 уд/мин до $65 \pm 2,56$ уд/мин, однако данное увеличение не является существенным. Через 10 минут ЧСС оказалась на уровне $- 62 \pm 4$ уд/мин, а через 20 минут также значимо не отличалось.

МОК сразу после воздействия незначительно снизился: до воздействия - $3,5 \pm 0,7$ л/мин, сразу после - $3,3 \pm 0,5$ л/мин. Однако через 10 минут МОК снизился достоверно ($p=0,01$) до $3,1 \pm 0,7$ л/мин в связи с уменьшением УО и через 20 минут оказался достоверно ($p=0,01$) ниже исходного уровня и составил $3,3 \pm 0,6$ л/мин.

РИ до воздействия составлял $1,83 \pm 0,42$, а сразу после воздействия $1,7 \pm 0,4$. Через 10 минут РИ составил $1,8 \pm 0,3$, а через 20 минут $1,9 \pm 0,3$. Значимых изменений РИ не было получено. Систолическое и диастолическое АД не изменялось на протяжении исследования.

3.3. Дыхание подогретой до $44,4 \pm 8,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ КГС.

В серии по исследованию влияния подогретой до $44,4 \pm 8,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ КГС на показатели центральной гемодинамики УО до воздействия составлял $55,5 \pm 22,1$ мл, сразу после воздействия достоверно ($p=0,002$) увеличился до $61,6 \pm 21,9$ мл. Через 10 минут УО

оказался незначительно выше исходного значения – $56,3 \pm 15,6$ мл, а через 20 минут несколько ниже исходного уровня – $53,5 \pm 19,4$ мл. Вероятно, что данное увеличение после дыхания подогретой КГС, связано с дополнительным сопротивлением в ходе дыхания, образованным техническими средствами (редуктором, дыхательными шлангами). Снижение УО при дыхании подогретым воздухом можно объяснить отсутствием данного фактора в этой серии исследований.

ЧСС практически не менялась на протяжении данного исследования.

МОК сразу после дыхания подогретой до $44,4 \pm 8,4$ °С КГС оказался достоверно ($p=0,001$) выше исходного за счет увеличения УОК: до воздействия – $3,4 \pm 1,3$ л/мин, сразу после воздействия – $3,9 \pm 1,4$ л/мин. Через 10 минут наблюдали тенденцию ($p=0,08$) к последующему увеличению МОК до $3,7 \pm 1,1$ л/мин. Через 20 минут от окончания воздействия величина МОК оказалась на уровне исходного значения $3,4 \pm 1,2$ л/мин.

До воздействия значение РИ соответствовало $1,9 \pm 0,7$, а сразу после достоверно ($p=0,02$) увеличилось до $2,0 \pm 0,5$, что может свидетельствовать об улучшении кровенаполнения сосудов грудной клетки. Через 10 минут величина РИ еще составляла $1,9 \pm 0,5$, после чего через 20 минут наблюдали снижение до исходной величины.

Систолическое и диастолическое АД значимо не изменялись.

Полученные данные согласуются с литературными, в которых указано, что сеансы кислородно-гелиевой нормобарической терапии (ингаляции №5 на курсе) существенно не повлияли на показатели центральной гемодинамики [Бойцов С.Н. и др., 2001].

3.4. ЭС мышц воротниковой зоны.

Из литературных источников известно, что электростимуляция (ЭС) шейно-воротниковой зоны улучшает бронхиальную проходимость [Петренко В.И., 2001], как и применение КГС, у больных хронической обструктивной болезнью. В связи с этим, целью данной серии исследования стало исследование влияния ЭС на центральную гемодинамику как при изолированном ее воздействии, так и при совместном с КГС - что будет показано далее, действием у здоровых добровольцев.

Сразу после ЭС воротниковой зоны УО достоверно ($p<0,001$) увеличился от $51,8 \pm 7,7$ мл до $60,2 \pm 7,8$ мл. Такое увеличение, вероятно, можно объяснить мышечной нагрузкой, создаваемой ЭС. Через 10 минут наблюдали снижение УО практически до исходного значения – $52,0 \pm 7,4$ мл. Через 20 минут от окончания воздействия величина УО вернулась к исходному уровню и составила $51,4 \pm 8,9$ мл.

ЧСС на протяжении исследования практически не изменялась

МОК сразу после воздействия достоверно ($p < 0,001$) увеличился от $3,3 \pm 0,5$ л/мин до $3,8 \pm 0,5$ л/мин за счет увеличения УО. Однако через 10 минут МОК снизился до $3,3 \pm 0,5$ л/мин. И через 20 минут от окончания воздействия МОК оказался практически на уровне исходного значения - $3,3 \pm 0,6$ л/мин.

РИ до воздействия составлял $1,7 \pm 0,5$, а сразу после воздействия достоверно ($p = 0,001$) увеличился до $1,8 \pm 0,4$, что указывает на увеличение кровенаполнения сосудов. Через 10 минут РИ несколько снизился и составил $1,8 \pm 0,4$, через 20 минут также остался увеличенным по сравнению с исходным значением - $1,8 \pm 0,4$ ($p = 0,05$).

Систолическое и диастолическое АД не изменялось в течение исследования.

3.5. Совместное воздействие подогретой до $44,5 \pm 8,4$ °С КГС и ЭС воротниковой зоны.

В серии по исследованию совместного влияния подогретой КГС и ЭС воротниковой зоны на показатели центральной гемодинамики УО до воздействия составлял $46,0 \pm 3,3$ мл, сразу после воздействия УО достоверно ($p < 0,0001$) увеличился до $55,3 \pm 6,1$ мл. Такое увеличение может быть связано с работой трапецевидных и дельтовидных мышц при ЭС и сопротивленном дыханию, созданным техническими средствами. Через 10 минут УО снизился до $50,9 \pm 6,1$ мл, но остался достоверно ($p = 0,01$) выше исходного значения. Через 20 минут УО практически соответствовал исходному значению - $47,6 \pm 5,1$ мл.

ЧСС в течение исследования практически не менялась.

Как видно из табл. 15, МОК сразу после совместного воздействия КГС и ЭС достоверно ($p < 0,001$) увеличился от $2,9 \pm 0,2$ л/мин до $3,5 \pm 0,4$ л/мин. Через 10 минут МОК остался выше исходного значения ($p = 0,01$) $3,2 \pm 0,3$ л/мин., через 20 минут от окончания воздействия величина МОК оказались незначительно выше исходного значения - $2,9 \pm 0,3$ л/мин.

До воздействия значение РИ соответствовало $1,6 \pm 0,4$, сразу после воздействия РИ увеличился до $1,9 \pm 0,4$ ($p = 0,001$). Через 10 минут РИ также оставался выше исходного значения - $1,9 \pm 0,5$ ($p = 0,01$) После чего через 20 минут наблюдали снижение РИ до величины несколько более высокой, чем исходное значение - $1,7 \pm 0,4$.

Систолическое АД значимо не изменялось, а диастолическое АД достоверно ($p = 0,04$) снизилось от $83,0 \pm 8,5$ мм рт. ст. до $75,0 \pm 10,8$ мм рт. ст. сразу после воздействия. Результаты представленных выше исследований влияния КГС и ЭС свидетельствуют о незначительной нагрузке на сердечную систему и отсутствии

физиологически существенных изменений параметров центральной гемодинамики в состоянии относительного покоя.

4. Комплексное исследование влияния однократного воздействия подогреваемой кислородно-гелиевой смеси на кардио-респираторную систему и психофизиологическое состояние человека.

Комплексное исследование по изучению газообмена, показателей сердечно-сосудистой системы, психофизиологических показателей выполнялись на базе ООО «Оренбурггазпром» в 2005 году в рамках программы «Комплекс медицинских мероприятий, повышающих эффективность охраны труда, техники безопасности и охраны окружающей среды».

В исследованиях принимали участие 30 человек. Обследуемые были разделены на 2 группы. В группу контроля входило 10 человек, в опытную группу – 20 человек. Исследования проводились 3 раза в день: до начала работы, после работы (рабочего дня) и после отдыха (через 20 минут). В контрольной группе после рабочего дня люди находились в комнате отдыха, принимали душ, в опытной группе отдых дополнялся дыханием подогретой нормоксической КГС. Дыхание подогретой до $44,4 \pm 8,4$ °C осуществлялось в режиме – 3 цикла по 5 минут дыхания КГС с 5-ти минутными перерывами.

4.1. Исследование реакции сердечно-сосудистой системы.

В рамках данной работы также было проведено исследование реакции сердечно-сосудистой системы.

По результатам проводимого исследования параметров сердечно - сосудистой системы можно сделать следующее заключение. После отдыха в контрольной группе ЧСС, систолическое АД не претерпели значимых изменений ни после нагрузки, ни после отдыха. Диастолическое АД в контрольной группе после отдыха оказалось достоверно ($p < 0,05$) выше, даже чем после нагрузки.

В опытной группе ЧСС на протяжении исследования практически не изменилась; АД систолическое достоверно снизилось после отдыха по сравнению с его величиной после нагрузки ($p < 0,05$) от $128,7 \pm 3,0$ мм рт.ст. до $123,5 \pm 2,8$ мм рт.ст.; диастолическое АД после отдыха также достоверно снижалось ($p < 0,05$) по сравнению с уровнем АД диастолического после нагрузки от $79,3 \pm 2,3$ мм рт.ст. до $75,3 \pm 2,3$ мм рт.ст. Следует отметить, что значения артериального давления в обеих группах находилось в пределах нормы на протяжении всего исследования.

Таблица 6.

Параметры сердечно-сосудистой системы, М±SD.

	Контроль			Опыт		
	1 ДН	2. ПН P= 1-2	3. ПО P= 2-3	4. ДН	5. ПН P= 4-5	6. ПО P= 5-6
ЧСС, уд/мин	79,2±3,6	79,4±2,8 p=0,95	81,6±3,7 p=0,42	79,0±2,5	81,5±2,8 p=0,23	79,1±2,2 p=0,33
АД систол., мм рт.ст.	123,5±4,0	125,8±3,8 p=0,16	126,3±3,1 p=0,86	126,2±3,0	128,7±3,0 p=0,14	123,5±2,8* p=0,004
АД диастол., мм рт.ст.	73,5±3,8	74,0±4,2 p=0,76	77,0±3,9* p=0,02	78,3±2,0	79,3±2,3 p=0,39	75,3±2,3* p=0,06

* степень достоверности различий $p < 0,05$

4.2. Исследование параметров газообмена.

В данной работе были исследованы также изменения вентиляционных эквивалентов после дыхания подогретой КГС. Вентиляционные эквиваленты служат индексом адекватности вентиляции

Нами были рассчитаны вентиляционные эквиваленты O_2 и CO_2 по следующим формулам:

$$ВЭ O_2 = 100\% / (21\% - F_E O_2\%),$$

где ВЭ O_2 – вентиляционный эквивалент кислорода (л);
 $F_E O_2\%$ - содержание кислорода в выдыхаемом воздухе в %;

$$ВЭ CO_2 = 100\% / F_E CO_2\%,$$

где ВЭ CO_2 – вентиляционный эквивалент углекислого газа (л);
 $F_E CO_2\%$ - содержание углекислого газа в выдыхаемом воздухе в %;

Дыхательный коэффициент (ДК) рассчитывали по формуле:

$$ДК = ВЭ O_2 / ВЭ CO_2,$$

По результатам проведенного исследования вентиляционного эквивалента кислорода практически не изменился и остался в пределах нормы как в контрольной, так и в опытной группах.

Вентиляционный эквивалент углекислого газа. В контрольной группе исходная величина ВЭ CO_2 до нагрузки составила 34,4±5,0 л, после нагрузки ВЭ CO_2 несколько снизился до 33,0±4,4 л, а после отдыха достоверно увеличился ($p=0,05$) по сравнению с величиной после нагрузки и составил 33,8±3,8 л.

В опытной группе ВЭ CO_2 оставался практически неизменным до нагрузки и после нагрузки 35,7±5,1 л и 35,4±3,9 л, соответственно. После отдыха ВЭ CO_2 оказался

достоверно ниже, чем до нагрузки ($p < 0,05$) и составил $34,2 \pm 4,2$ л. Также наблюдали тенденцию ($p > 0,05$) к снижению вентиляционного эквивалента после отдыха с применением КГС по сравнению с исходным уровнем до нагрузки.

Таблица 7.

Вентиляционный эквивалент углекислого газа, л. $M \pm SD$.

Контроль			Опыт		
1. ДН	2. ПН P = 1-2	3. ПО P = 2-3	4. ДН	5. ПН P = 4-5	6. ПО P = 5-6
$34,4 \pm 5,0$	$33,0 \pm 4,4$ $p = 0,20$	$33,8 \pm 3,8^*$ $p = 0,05$	$35,7 \pm 5,1$	$35,4 \pm 3,9$ $p = 0,69$	$34,2 \pm 4,2^*$ $p = 0,04$

* степень достоверности различий $p < 0,05$

Дыхательный коэффициент является отношением объема выделяемого из организма углекислого газа к объему поглощаемого за то же время кислорода.

В обеих группах обследуемых не было отмечено значимых изменений ДК после дыхания подогретой КГС.

Таким образом, отметили достоверное снижение систолического и диастолического АД после применения КГС в опытной группе. Также отметили достоверное снижение ВЭ CO_2 после отдыха в опытной группе, чего не было отмечено в контрольной группе после отдыха.

4.3. Исследование психофизиологического состояния человека.

В рамках работы проводили пять психофизиологических тестов: исследование критической частоты слияния мельканий (КЧСМ), реакция выбора, помехоустойчивость, контактная координациометрия по профилю, теппинг-тест.

Перечисленные психофизиологические тесты позволили оценить сенсорные (восприятие и внимание) и моторные (двигательные действия и операции) типы психических процессов [ред. Ахмеджанов Э.Р., 1996, Данилова Н.Н., 2002, ред. Райгородский Д.Я., 2004].

Однако, четыре из пяти тестов не выявили значимых различий между контрольной и опытной группами. И лишь теппинг-тест, являющийся распространенной двигательной пробой, направленной на измерение скоростных характеристик, показал значимые изменения.

По результатам теппинг-теста (табл.8) можно сказать, что в обеих группах на протяжении исследований по полученным величинам средней частоты нажатий и темпа нажатий можно предполагать инертность нервных процессов как еще до нагрузки (ДН),

после нагрузки (ПН), так и после отдыха (ПО) В контрольной группе не получили значимых изменений средней частоты темпа нажатий, числа нажатий во время проводимых исследований. В то время как в опытной группе средняя частота темпа нажатий после отдыха стала достоверно выше ($p < 0,05$) значения, соответствующего величине после нагрузки. Число нажатий в опытной группе после отдыха также достоверно увеличилось ($p < 0,05$) по сравнению с показателем после нагрузки. Такие параметры как уровень начального темпа и средняя величина различий в темпе значимо не изменялись.

Таблица 8.

Теплинг-тест, $M \pm SD$.

		Средняя частота касаний	Число нажатий
Контрольная группа	1. ДН	$6,3 \pm 0,5$	$376,2 \pm 32,4$
	2 ПН P =1-2	$6,4 \pm 0,7$ $p=0,53$	$381,2 \pm 39,6$ $p=0,52$
	3. ПО P =2-3	$6,3 \pm 0,6$ $p=0,74$	$378,6 \pm 38,7$ $p=0,73$
Опытная группа	4 ДН	$6,3 \pm 0,8$	$375,7 \pm 50,0$
	5 ПН P =4-5	$6,0 \pm 0,9$ $p=0,17$	$363,0 \pm 58,4$ $p=0,28$
	6 ПО P =5-6	$6,7 \pm 0,8^*$ $p=0,01$	$399,3 \pm 46,0^*$ $p=0,01$

* степень достоверности различий $p < 0,05$

По результатам исследований было показано, что действие подогретой КГС оказывает крайне слабое опосредованное действие на психофизиологическое состояние человека посредством влияние на кровоснабжение.

Выводы

1. После дыхания подогретой КГС эффективность легочной вентиляции возрастает благодаря влиянию на биомеханику дыхания и газообмен.
2. После дыхания подогретой КГС происходит перераспределение торакального и абдоминального компонентов дыхательного акта с увеличением доли торакальной составляющей.
3. Показатели центральной гемодинамики в состоянии относительного покоя существенно не изменяются после дыхания воздухом и КГС, подогретыми до 44 °С.
4. После выполнения физической нагрузки и восстановления с помощью дыхания подогретой КГС выявлено достоверное снижение систолического и диастолического артериального давления.
5. Показана возможность дифференциальной диагностики вентиляционных нарушений благодаря применению КГС во время форсированного выдоха. Подход, основанный на определении изопотока, лучше выявляет обструкцию, чем подход, основанный на определении ΔMOC_{50} .

Заключение

Результаты наших исследований подтверждают общие представления о действии КГС. При дыхании подогретой сухой ДГС происходят два значимых процесса – передача тепла от горячей ДГС в организм и затрата тепла организмом на испарение воды и насыщение вдыхаемой ДГС парами воды. Наши оценки показали, что на насыщение ДГС парами воды расходуется больше энергии, чем поступает за счет остывания подогретой ДГС и только в некоторых условиях в организм поступает небольшое количество тепла. Поэтому мы предполагаем, что найденные эффекты последствия подогретой КГС связаны с рефлекторным механизмом температурного воздействия на терморепторы верхних дыхательных путей человека. Воздействие на терморепторы через систему регуляции кардио-респираторной системы приводит к обнаруженным нами изменениям в дыхании и кровообращении. Кроме того, измененные плотность и вязкость ДГС приводят к изменениям механики дыхания, что может повлиять также на механорецепторы системы дыхания. По-видимому, совокупность этих воздействий на рецепторы дыхательного тракта и приводит к описанному комплексу изменений физиологических параметров

Список работ по теме диссертации

1. Main trends of investigation of properties of gas mixtures and atmospheres containing helium, argon, xenon and krypton // Materials of VIII World Congress of ISAM Moscow, 2006, P.86-87 (co-authors: Pavlov N B., Kussmaul A R.)
2. Влияние дыхания подогретым воздухом и кислородно-гелиевой газовой смесью на состояние дыхательного тракта и температуру тела // Сб. материалов 8-ой Всеросс. Конф. Биомех., г. Нижний Новгород, 22 - 26 мая 2006 г. (соавторы: Дьяченко А.И., Манюгина О.В., Сытник Е.Б., Гусева Е.А., Шулагин Ю.А., Колесников В.И., Ничипорук И.А.)
3. Исследование физиологического действия подогретой кислородно-гелиевой дыхательной смеси на параметры внешнего дыхания человека // Авиакосмическая и экологическая медицина, 2007, №3, стр.48-49 (соавторы: Дьяченко А.И., Шулагин Ю.А.)
4. Исследование физиологического действия подогретой кислородно-гелиевой дыхательной смеси на параметры внешнего дыхания человека. // Сб. тезисов Конференции молодых ученых и специалистов, аспирантов и студентов, посвященной дню Космонавтики, Москва, 2007, с. 58-59.
5. Исследование физиологического действия подогретой кислородно-гелиевой дыхательной смеси на параметры внешнего дыхания человека // Сб. материалов XX Съезда Физиологического общества им. И.П. Павлова. Москва, 2007. С.97.
6. Перспективы применения инертных газов в терапии и физиотерапии // Сб. материалов конференции «Новые технологии в экспериментальной биологии и медицине». Ростов-на-Дону, 2007 (соавторы: Куссмауль А Р., Павлов Б.Н.)
7. Кислородно-гелиевые дыхательные смеси и аппараты в реабилитации после психофизических нагрузок // Авиакосмическая и экологическая медицина, 2007, Т. 41, №6/1, стр.74-77 (соавтор: Логунов А.Т.)
8. Физиологические эффекты газовых смесей и сред, содержащих аргон, гелий, ксенон и криптон. // Сб научных трудов. Вопросы экспериментальной и клинической физиологии дыхания. Тверь, 2007. с. 173-179 (соавторы: Павлов Б.Н., Павлов Н.Б., Куссмауль А Р.)
9. Исследование торакального и абдоминального вкладов в дыхательный объем после воздействия подогретой кислородно-гелиевой смеси. // Сб. материалов XXXII академических чтений по космонавтике. Актуальные проблемы российской космонавтики, Москва, 2008. С. 534-535. (соавторы: Суворов А.В., Колесников В.И.)
10. Влияние подогретой кислородно-гелиевой смеси на торакальный и абдоминальный компоненты дыхания // Сб. материалов VII «Конференции молодых ученых, специалистов и студентов», посвященной дню космонавтики и приуроченной к 45-летию ГНЦ РФ-ИМБП РАН. Москва, 2008. С. 65-66.
11. Влияние дыхания подогретыми газовыми смесями на механический импеданс дыхательного тракта человека // Сб. материалов III Троицкой конференции «Медицинская физика и инновации в медицине», Троицк, 2008 (соавторы: Сытник Е.Б., Гусева Е.А., Дьяченко А.И., Шулагин Ю.А.)
12. Влияние комплексной терапии с использованием подогреваемой кислородосодержащей дыхательной смеси «ГелиОксА» на состояние кардиореспираторной системы у больных хроническими обструктивными заболеваниями легких // Вестник ТвГУ, 2008, № 1 (соавторы: Григорьев С.П., Лошкарева Е.О., Клишина М.Ю., Александров О.В., Золкина И.В., Алехин А.И., Гончаров Н.Г., Погорелова Е.А., Греченко В.В., Павлов Н.Б., Куссмауль А.Р., Жданов В.Н.)

13. Основы барофизиологии, водолазной медицины, баротерапии и лечения инертными газами. // Учебное пособие под ред А.И Григорьева. «ГРАНП ПОЛИГРАФ», Москва, 2008. (соавторы: Павлов Б.Н., Смолин В.В., Баранов В.М., Соколов Г.М., Куссмауль А.Р., Павлов Н.Б., Шереметова Н.Н., Жданов В.Н., Логунов А Т., Потапов В.Н.)

Список сокращений:

КГС – кислородно-гелиевая смесь
ЭС - электростимуляция
ФЖЕЛ – форсированная жизненная емкость легких
ОФВ1 – объем форсированного выдоха в 1-ю секунду
ПОС – пиковая объемная скорость
МОС₂₅₋₇₅ - максимальные объемные скорости на уровнях 25-50 % ФЖЕЛ
ИП – изопоток
ΔМОС₅₀ – разность максимальных объемных скоростей на уровне 50 % ФЖЕЛ при выдохе на воздухе и КГС
МВЛ – максимальная вентиляция легких
ЖЕЛ – жизненная емкость легких
МОД – минутный объем дыхания
ЧД – частота дыхания
ДО – дыхательный объем
РО вд , выд – резервный объем вдоха, выдоха
УО – ударный объем
ЧСС – частота сердечных сокращений
МОК – минутный объем крови
РИ – реографический индекс
АД – артериальное давление
ВЭ O₂ – вентиляционный эквивалент кислорода
ВЭ CO₂ - вентиляционный эквивалент углекислого газа
ДК – дыхательный коэффициент

Подписано в печать 22.09.2008 г.
Отпечатано 23.09.2008 г.

Отпечатано в типографии ООО «Дельфорг», ИНН 7705756857
г. Москва, ул. М.Каменщики, д. 16
Заказ № 550

Бумага офсетная. Печать трафаретная ризографическая.
Усл. печ.л. 1,75. Тираж 100 экз.