

УДК 612.223. 612.766.1

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГАЗООБМЕНА ЧЕЛОВЕКА
ВО ВРЕМЯ ИНТЕНСИВНОЙ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ
ИЗМЕНЕННОЙ ГАЗОВОЙ СРЕДЫ**

Найдич С.И.

*Крымский инженерно-педагогический университет, Симферополь, Украина
E-mail: tournesi@rambler.ru*

Выявлено, что экспериментальное улучшение функционального состояния аппарата внешнего дыхания за счет добавления во вдыхаемый воздух небольших концентраций кислорода и углекислого газа приводит к увеличению парциального давления углекислого газа в альвеолярном воздухе на протяжении всего времени работы на велоэргометре со ступенчато-возрастающей мощностью до полного утомления. Кроме того, снижение парциального давления углекислого газа в альвеолярном воздухе в определенный момент мышечной деятельности происходит при большей мощности нагрузки по сравнению с обычной газовой средой, что при сопоставлении с динамикой дыхательного коэффициента и неметаболического излишка CO_2 свидетельствует о меньших нарушениях кислотно-основного состояния внутренней среды организма.

Ключевые слова: мышечная деятельность, внешнее дыхание, работоспособность.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение проблемы сохранения высокой физической работоспособности человека в экстремальных условиях его жизнедеятельности составляет одно из актуальных направлений научных исследований в современной физиологии и спортивной медицине.

Известно, что при физической работе в организме человека наряду с недостатком кислорода нарастает дефицит CO_2 , так как интенсивная мышечная деятельность сопровождается истощением бикарбонатной емкости тканей, элиминацией буферной углекислоты и развитием метаболического ацидоза [1]. Показано, что при увеличении парциального давления CO_2 во вдыхаемом воздухе при неизменной концентрации кислорода, происходит более значительное поглощение углекислого газа плазмой крови, в результате чего образуется большое количество угольной кислоты и бикарбонатов [2]. Следовательно, теоретически существует возможность управления буферной емкостью крови и регуляции рН посредством подбора соответствующего парциального давления CO_2 во вдыхаемом воздухе. Мышечная деятельность в условиях гиперкапнии изучалась сравнительно мало [3–5], а исследования в условиях гиперкапнии-гипероксии и вовсе были единичными [6, 7].

Целью настоящего исследования было изучение влияния на организм человека различных газовых смесей, в целях выявления особенностей газообмена и кислотно-основного состояния при физическом утомлении.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследованиях принимали участие 12 квалифицированных спортсменов (средний возраст $16,8 \pm 0,8$ года, рост $166,7 \pm 2,0$ см, масса тела $60,3 \pm 1,6$ кг, жизненная емкость легких (ЖЕЛ) - 4250 ± 80 мл, максимальное потребление кислорода (МПК) - $68,4 \pm 2,8$ мл/мин/кг). После проведения 4 тренировочных занятий на велоэргометре все они были включены в программу исследований. Было проведено 3 серии исследований. В I серии определяли данные в естественных атмосферных условиях. Во II серии обследуемые лица дышали газовой смесью, содержащей 1 % CO_2 и 34 % O_2 . В III серии применяли гипероксическую газовую смесь (34 % O_2). Спортсмены выполняли работу на велоэргометре ВЭ-02 со ступенчато-возрастающей (каждая ступенька 3 минуты) мощностью до полного утомления. Во всех обследованиях функции внешнего дыхания изучались в открытой системе методом Дугласа-Холдена. С помощью химического газоанализатора определяли концентрацию CO_2 и O_2 в выдыхаемом и альвеолярном воздухе. По общепринятой методике рассчитывали потребление кислорода, выделение углекислого газа, дыхательный коэффициент, парциальное давление углекислого газа и кислорода в альвеолярном воздухе. Дыхательные объемы приводились к альвеолярным условиям (ВTPS), а показатели газообмена – к условиям стандартной атмосферы (STPD). Кроме того, на 3-й минуте после окончания тестирования определяли показатели кислотно-основного состояния (КОС) крови в капиллярной крови методом эквивалентности на микроанализаторе ОР-210/3. По номограмме находили напряжение углекислого газа в крови ($p\text{CO}_2$), количество буферных оснований (ВВ), концентрацию нелетучих кислот (ВЕ), общее количество химически связанного и физически растворенного углекислого газа ($t\text{CO}_2$).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При исследовании интегральных показателей критериев газообмена - потребления кислорода и выделения углекислого газа (таблица 1) отмечались следующие особенности.

В условиях гипероксии потребление кислорода достоверно превышало соответствующий показатель нормоксии при нагрузке 350 ватт. Кроме того, линейная зависимость между VO_2 и мощностью физической нагрузки нарушалась при 350 ваттах, в то время как во время работы в обычных условиях экспоненциальный прирост VO_2 наступал при нагрузке 300 ватт. При обогащении вдыхаемого воздуха кислородом его дефицит при этой же нагрузке был достоверно меньше, что могло способствовать увеличению объема выполненной работы.

Высокий уровень потребления кислорода, наблюдаемый во время мышечной работы в среде с повышенной концентрацией кислорода, обеспечивался за счет значительного прироста потребления O_2 на каждый литр вентилируемого легкими воздуха. На рис. 1 показана динамика процентной величины утилизации кислорода вдыхаемого воздуха (FeO_2) при работе в разных газовых средах. Достоверные

различия по сравнению с обычными условиями проявлялись уже при нагрузке 150 ватт и составляли соответственно $4,6 \pm 0,2$ и $4,2 \pm 0,1\%$ ($p < 0,05$), а при нагрузке 350 ватт – $4,5 \pm 0,1$ и $4,1 \pm 0,2\%$ ($p < 0,05$).

Таблица 1.
Динамика потребления кислорода (V_{O_2}) и выделения углекислого газа (V_{CO_2}) у спортсменов во время работы на велоэргометре в разных газовых средах

Показатели	Условия	50 ватт	100 ватт	150 ватт	200 ватт	250 ватт	300 ватт	350 ватт
V_{O_2} , мл/мин	20,9% O_2	1029±22	1342±29	1757±35	2171±46	2529±51	3048±69	3541±83
	34% O_2	1101±25	1402±31	1800±37	2135±40	2606±59	3127±84	*3975±99
	1% CO_2 +34% O_2	1090±20	1392±27	1812±33	2201±46	2541±60	3081±79	*3770±91
V_{CO_2} , мл/мин	20,9% O_2	815±18	1098±23	1469±33	1848±41	2226±60	2725±81	3449±112
	34% O_2	810±16	1052±21	*1397±30	*1708±45	2193±63	2749±86	*3711±156
	1% CO_2 +34% O_2	824±19	1073±24	1446±31	1807±49	*2160±67	2798±89	3483±129

Примечание: * – различия статистически достоверны по сравнению с обычными условиями

Это свидетельствует о возросшей эффективности дыхания, что, по-видимому, способствовало проявлению функциональной недостаточности внешнего дыхания позже, чем в обычных условиях – при нагрузке 300 и 250 ватт, соответственно. При дыхании гиперкапнически-гипероксической газовой смесью стимулирующий эффект был менее выражен и процентная величина утилизации кислорода вдыхаемого воздуха достоверно не различалась с условиями нормоксии.

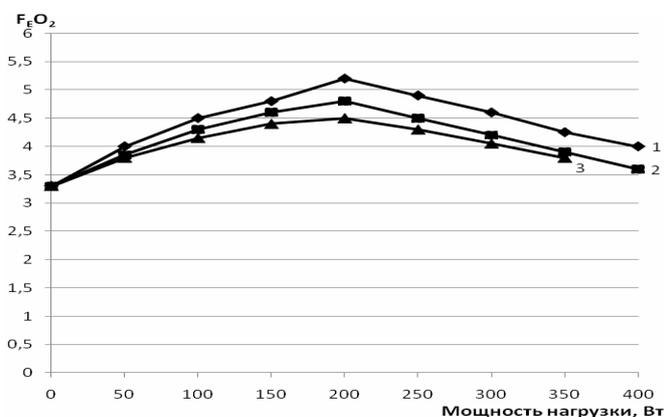


Рис. 1. Динамика процентной величины утилизации кислорода ($F_e O_2$) у спортсменов во время работы на велоэргометре в разных газовых средах.

Примечание: 1 - смесь 34% O_2 ; 2 – смесь 1% CO_2 +34% O_2 ; 3 - воздух

Благоприятное влияние повышенной концентрации кислорода во вдыхаемом воздухе на систему внешнего дыхания и метаболические процессы отражалось и на газовом составе альвеолярного воздуха. На Рис. 2 показана динамика парциального давления углекислого газа в альвеолярном воздухе (РАСО₂) во время работы на велоэргометре до полного утомления в различных газовых средах.

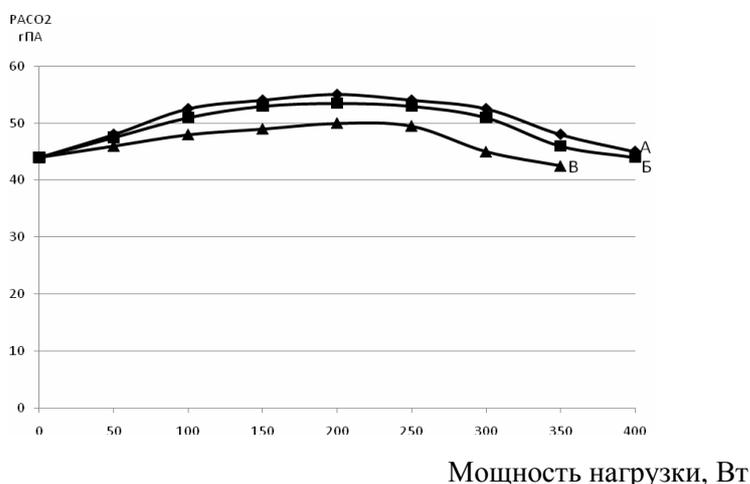


Рис. 2. Динамика парциального давления углекислого газа в альвеолярном воздухе (РАСО₂) у спортсменов во время работы на велоэргометре в разных газовых средах.

Примечание: А - смесь 34% O₂; Б – смесь 1% CO₂+34% O₂; В - воздух

Как видно из рисунка, уже при нагрузке 50 ватт значение РАСО₂ в условиях гипероксии было больше по сравнению с обычными условиями и составляло соответственно $51,2 \pm 0,4$ и $48,1 \pm 0,5$ гПа ($p < 0,05$). В дальнейшем, повышение РАСО₂ во время дыхания воздухом с повышенной концентрацией кислорода продолжалось до нагрузки мощностью 200 ватт и стабильно удерживалось до нагрузки 300 ватт, лишь затем существенно снижаясь. При работе в обычных условиях стабильный уровень РАСО₂ сохранялся до нагрузки 250 ватт, затем наблюдалось его резкое падение. При этом максимальная величина РАСО₂ в условиях гипероксии была на 8,1% ($p < 0,05$) больше, чем соответствующие величины в условиях нормоксии, а в момент прекращения работы разница достигла 10,8% ($p < 0,01$).

Таким образом, полученные данные говорят о том, что экспериментальное улучшение функционального состояния аппарата внешнего дыхания за счет добавления во вдыхаемый воздух небольших концентраций кислорода и углекислого газа, приводит к увеличению парциального давления углекислого газа в альвеолярном воздухе на протяжении всего времени работы на велоэргометре со ступенчато-возрастающей мощностью до полного утомления. Кроме того, его снижение в определенный момент мышечной деятельности происходит при большей мощности нагрузки, что при сопоставлении с динамикой дыхательного

коэффициента и неметаболического излишка CO_2 свидетельствует и о меньших нарушениях кислотно-основного состояния внутренней среды организма. Подтверждением этому могут служить величины КОС крови у спортсменов на 3-й минуте после прекращения работы на велоэргометре (таблица 2). Достоверные различия величин рН – $7,260 \pm 0,002$ и $7,224 \pm 0,003$ усл.ед. ($p < 0,05$), количества буферных оснований – $39,9 \pm 0,04$ и $35,0 \pm 0,4$ Ммоль/л ($p < 0,05$), концентрации нелетучих кислот – $7,3 \pm 0,03$ и $12,2 \pm 0,3$ мМоль/л ($p < 0,05$), соответственно в условиях гипероксии и нормоксии, свидетельствуют о более глубоких сдвигах внутренней среды организма при дыхании атмосферным воздухом, хотя объем выполненной работы был меньше. Схожий характер изменений показателей кислотно-основного состояния артериальной крови наблюдался и после работы в условиях гиперканически-гипероксической газовой среды.

Таблица 2.
Показатели кислотно-основного состояния крови у спортсменов после работы на велоэргометре в разных газовых смесях

Показатели	На 3-й минуте после работы на велоэргометре в разных газовых средах		
	20,9% O_2	34% O_2	1% CO_2 +34% O_2
рН, усл. ед.	$7,224 \pm 0,003$	$7,260 \pm 0,002$	$7,240 \pm 0,005$
ВВ, мМоль/л	$35,0 \pm 0,4$	$39,9 \pm 0,4$	$37,0 \pm 0,3$
ВЕ, мМоль/л	$- 12,2 \pm 0,3$	$- 7,3 \pm 0,3$	$- 11,1 \pm 0,3$
р CO_2 , гПа	$35,5 \pm 0,3$	$38,5 \pm 0,4$	$36,0 \pm 0,4$

Ингаляция газовыми смесями с повышенным содержанием кислорода и углекислого газа приводила к увеличению максимальных величин потребления кислорода по сравнению с обычными условиями, что могло способствовать повышению уровня физической работоспособности обследуемых спортсменов. На Рис. 3 показаны соотношения величин МПК и объема выполненной работы до отказа во время мышечной деятельности в разных газовых средах. Из рисунка видно, что при экспериментальном повышении уровня МПК на 22,6% ($p < 0,01$) с помощью гипероксической газовой смеси объем выполненной работы возрос на 20,0% ($p < 0,01$). Дыхание смесью 1% CO_2 +34% O_2 увеличило МПК на 16,4% ($p < 0,01$), при этом возросла на 10,7% ($p < 0,05$) и работоспособность.

Материалы наших исследований показали, что кратковременное дыхание гипероксической газовой смесью сопровождалось умеренным повышением легочной вентиляции и газообмена. Потребление кислорода увеличивалось за весь период ингаляции в среднем на 37%, выделение углекислого газа не изменялось по сравнению с данными, отмеченными в нормальных атмосферных условиях. Дыхательный коэффициент уменьшался до $0,445 \pm 0,001$ отн. ед., что свидетельствовало о ретенции метаболического CO_2 . Однако парциальное давление углекислого газа в крови все время оставалось стабильным и не выходило за пределы физиологической нормы. Следовательно, физиологические реакции саморегуляции газового состава внутренней среды организма обеспечивают

накопление и распределение метаболической углекислоты в органах и тканях без повышения $p_a\text{CO}_2$. Основной емкостью для углекислого газа может быть жидкость организма, способная поглощать молекулярный CO_2 и переводить его в химически связанное состояние. Главная роль в перераспределении CO_2 между органами и тканями отводится кровотоку, так как в условиях полного насыщения гемоглобина кислородом основными способами перемещения CO_2 становятся его физическое растворение в плазме и повышение скорости кровообращения [8]. По мере повышения оксигенации гемоглобина, сродство его по кислороду увеличивается. В таком случае почти весь гемоглобин оказывается выключенным из прежнего функционального ритма по оксигенации-дезоксигенации крови и становится неспособным транспортировать кислород и углекислый газ [9, 10]. В условиях гипероксии может происходить снижение тканевых обменных процессов по причине падения утилизации кислорода вследствие его сосудосуживающего действия и замедления капиллярного кровотока [11].

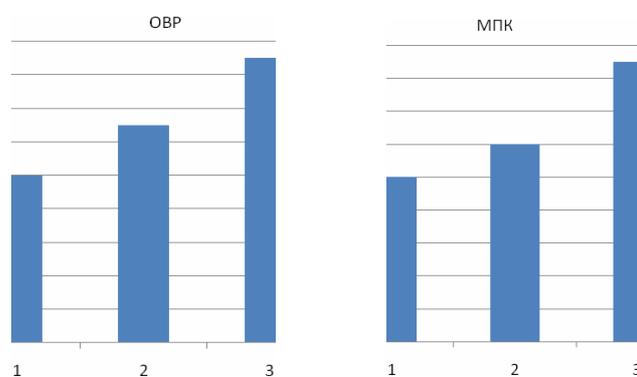


Рис. 3. Показатели максимального потребления кислорода (МПК) и объема выполненной работы (ОВР) у спортсменов во время мышечной деятельности в разных газовых средах

Примечание: 1 – воздух; 2 – смесь 1% CO_2 +34% O_2 ; 3 - смесь 34% O_2

Дыхание гиперкапнически-гипероксической газовой смесью имело некоторые отличительные способности. Прежде всего, экономизация аппарата внешнего дыхания проявлялась только при нагрузках умеренной интенсивности. По-видимому, вследствие этого диапазон линейной зависимости показателей внешнего дыхания от мощности физической нагрузки был таким же, как и в условиях нормоксии. Тем не менее, облегченные условия кислородного снабжения скелетных мышц за счет повышенного содержания кислорода в газовой смеси приводили к увеличению МПК на 16,4% ($p<0,01$), что также могло отразиться на объеме выполненной работы, который возрос на 9,7% ($p<0,05$). Вторым фактором, влияющим на уровень физической работоспособности обследуемых во время работы на велоэргометре в гиперкапнически-гипероксической газовой среде, возможно, было то, что в условиях интенсивных физических нагрузок повышенная

концентрация углекислого газа во вдыхаемом воздухе в определенной мере уменьшала расходование эндогенного CO_2 вследствие гипервентиляции легких. Это могло способствовать повышению буферной емкости крови и увеличению продолжительности работы на велоэргометре до отказа. Об этом свидетельствуют более высокие значения PACO_2 на протяжении всего периода работы и величины кислотно-основного состояния артериальной крови на 3-й минуте после окончания тестирования. Кроме того, наблюдалась более высокая эффективность кровообращения, что также могло повысить физическую работоспособность.

Известно при этом, что даже небольшое повышение содержания CO_2 во вдыхаемом воздухе при неизменной концентрации кислорода, сопровождается снижением газообмена, угнетением функций центральной и периферической нервной системы [12], развитием дыхательного ацидоза, лимитирующего физическую работоспособность людей [13, 14]. Однако малые концентрации CO_2 во вдыхаемом воздухе способствуют ускорению восстановления физической работоспособности спортсменов в период между стартами [15].

Дыхание газовой смесью, содержащей 1 % CO_2 и 34 % O_2 , сопровождалось в наших исследованиях увеличением легочной вентиляции без изменения напряжения углекислого газа в альвеолярном воздухе и обеспечивалось в большей мере увеличением дыхательного объема, а не частоты дыхания. Регуляция газового состава крови в этих условиях способствовала накоплению CO_2 , ускорению восстановления ионов водорода и показателей кислотно-основного состояния. Реакции усиления легочной вентиляции в состоянии покоя во время дыхания газовыми смесями, содержащими 1,0- 1,5% CO_2 в кислороде, без повышения $p_a\text{CO}_2$ отмечались ранее многими авторами [16, 17]. Увеличение содержания кислорода в газовой смеси приводило к повышению чувствительности аппарата внешнего дыхания к малым концентрациям CO_2 [18] и увеличению кровообращения благодаря сосудорасширяющему действию углекислого газа [19]. Наши же исследования показали, что и во время напряженной мышечной деятельности проявляется эффективность функций внешнего дыхания под влиянием измененной газовой среды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Экспериментальное улучшение функционального состояния аппарата внешнего дыхания за счет добавления во вдыхаемый воздух небольших концентраций кислорода и углекислого газа приводит к увеличению парциального давления углекислого газа в альвеолярном воздухе на протяжении всего времени работы на велоэргометре со ступенчато-возрастающей мощностью до полного утомления.
2. Снижение парциального давления углекислого газа в альвеолярном воздухе в определенный момент мышечной деятельности происходит при большей мощности нагрузки по сравнению с обычной газовой средой, что при сопоставлении с динамикой дыхательного коэффициента и неметаболического излишка CO_2 свидетельствует о меньших нарушениях кислотно-основного состояния внутренней среды организма.

Список литературы

1. Агаджанян Н.А. Физиологическая роль углекислоты и работоспособности человека. / Агаджанян Н.А., Красников Н.П., Полуниин И.Н. – Изд.: АРМА, Москва-Астрахань-Нальчик, 1995 - 188 с.
2. Агаджанян Н.А. Функции организма в условиях гипоксии и гиперкапнии / Н.А. Агаджанян, А.И. Елфимов – Москва: Медицина, 1986. – 269 с.
3. Бреслав И.С. Регуляция дыхания. / И.С. Бреслав, В.Д. Глебовский – Ленинград: Наука, 1980 – 280 с.
4. Михайлов В.В. Дыхание спортсмена / Михайлов В.В. – Москва: ФИС, 1983. – 103с.
5. Агаджанян Н.А. Оценка функционального состояния спортсмена в условиях измененной газовой среды / Н.А. Агаджанян, Н.П. Красников // Теория и практика физической культуры. – 1985. – № 3. – С. 19-21.
6. Красников Н.П. Значение газообменной функции легких и кислотно-основного состояния крови в механизме повышения работоспособности и развития мышечного утомления : автореферат дисс. на соиск. учен. степ. док. биол. наук. / Красников Н.П. – М., 1995. – 37 с.
7. Найдич С.И. Исследование функций внешнего дыхания при интенсивной мышечной деятельности в условиях нормоксии, гипероксии и гиперкапнии-гипероксии : автореферат дисс. на соиск. учен. степ. канд. биол. наук. / Найдич С.И. – Москва, 1988. – 32 с.
8. Jenning D., Lauracis A. Resp. Physiol., 1982. – Vol. 49. – P. 335–369.
9. Жиронкин А.Г. Кислород: Физиологическое и токсическое действие / Жиронкин А.Г. – Л., 1972. – 170 с.
10. Иржак Л.И. Дыхательная функция крови в условиях гипероксии. / Иржак Л.И., Гладилов В.В., Мойсеенко Н.А. – Москва, 1985. – 175 с.
11. Коваленко Е.А. Кислород тканей при экстремальных факторах полета / Е.А. Коваленко, И.Н. Черняков – Москва: Наука, 1972. – 263 с.
12. Маршак М.Е. Физиологическое значение углекислоты / Маршак М.Е. – М., 1969. – 144 с.
13. Глазков В.А. Кислотно-щелочное состояние крови при дыхании гиперкапническими газовыми смесями / В.А. Глазков, И.Н. Черняков // Космическая биол. – 1975 – Т. 9, № 2. – С. 20–27.
14. Guillerm R., Radziszewski E. / J. Physiol. – 1972. – Vol. 345. – P. 92.
15. Анисимов Е.А. Использование вдыхания кислорода и карбогена по прописке 40% O₂ + 2% CO₂ + 58% азота для ускорения восстановления работоспособности у спортсменов между соревновательными нагрузками / Е.А. Анисимов // Учен. записки Моск. обл. педагог. ин-та им. Н.К. Крупской, 1968. – Т. 206. – С. 44–48.
16. Anthonisen N., Dhingra S. / Resp. Physiol., 1978. – Vol. 32. – P. 335-344.
17. Cummin A., Iyave V. Sanders K. / J. Physiol. – 1983. – Vol. 340. – P. 17-18.
18. Брандис С.А. Функциональные изменения в организме при многочасовом дыхании газовыми смесями с высоким содержанием кислорода и углекислого газа в покое и во время работы / С.А. Брандис, В.Н. Пиловицкая // Физиол. журн. СССР, 1962. – Т. 48. – С. 455–562.
19. Власов Ю.А. Кровообращение и газообмен человека / Власов Ю.А. – Новосибирск: Наука., 1992. – 317 с.

Найдич С.І. Дослідження показників газообміну людини під час м'язової діяльності в умовах зміненого газового середовища / С.І. Найдич // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2014. – Т. 27 (66), № 1. – С. 102-111.

Виявлено, що експериментальне покращення функціонального стану апарату зовнішнього дихання за рахунок зміни газового складу вдихуваного повітря призводить до збільшення парціального тиску вуглекислого газу в альвеолярному повітрі протягом всього часу роботи на велоергометрі із ступінчасто-зростаючою потужністю до повного стомлення. Крім того, зниження парціального тиску вуглекислого газу в альвеолярному повітрі в певний момент м'язової діяльності відбувається при більшій потужності навантаження в порівнянні із звичайним газовим середовищем, що при зіставленні з динамікою дихального коефіцієнта і неметаболического лишку CO₂ свідчить і про менші порушення кислотно-основного стану внутрішнього середовища організму.

Ключові слова: мускульна діяльність, зовнішнє дихання, працездатність.

**RESEARCH OF INDEXES OF INTERCHANGE OF GASES OF MAN DURING
MUSCULAR ACTIVITY IN THE CONDITIONS OF THE CHAGED GAS
ENVIRONMENT**

Naidych S.I.

*Crimean Engineer-Pedagogical University, Simferopol, Crimea, Ukraine
E-mail: tournesi@rambler.ru*

The aim of this study was to study the influence of different gaseous mixtures on human body in order to find out the specifics of gas exchange and acid-base balance in case of bodily fatigue.

The material of the study showed that a short-term breathing in of a hyperoxia mixture was accompanied with a moderate elevation of pulmonary ventilation and gas exchange. Oxygen consumption demonstrated an average increase by 37% throughout the entire inhalation period, while carbon dioxide liberation did not change as compared with the data registered in normal atmospheric conditions. The respiratory coefficient dropped as low as 0.445 ± 0.001 relative units, which testified to a metabolic CO_2 retention. However, the partial pressure of carbon dioxide in blood remained stable all the time and did not exceed the physiological standard.

In our study, the breathing in of a gaseous mixture containing 1% of CO_2 and 34% of O_2 was accompanied with an increase in pulmonary ventilation without change of carbon dioxide tension in alveolar air and was provided mainly due to an increase in breathing capacity, rather than due to a respiratory rate increase. The regulation of the gas composition of blood in these conditions contributed to CO_2 accumulation, accelerated hydrogen ion regeneration and acid-base balance parameters. This could favor the enhancement of the buffer capacity of blood and increase in length of work on a bicycle ergo meter as far as one could go. This is evidenced by higher values of PACO_2 throughout the entire period of work and arterial blood acid-base balance parameters in the 3rd minute after finishing the test.

The reactions of pulmonary ventilation enhancement at rest during the breathing in of gaseous mixtures containing 1.0-1.5% of CO_2 in oxygen, with no increase in p_aCO_2 were noted earlier by other authors. As for our study, it showed that the efficiency of external respiration is manifested also during an intensive muscle performance. In addition, the decline of PACO_2 in certain moment of muscular activity takes place at greater power of loading as compared to an ordinary gas environment, that at comparison with the dynamics of respiratory coefficient and ExcCO_2 testifies and about less violations of the acid-basic state of internal environment of organism.

Keywords: muscular activity, exterior breathing, capacity.

References

1. Agadganiyan N.A. et. al., Physiological role of carbonic acid and capacity of man, ARMA, 188p. (Moscow, 1995).
2. Agadganiyan N.A., Elfymov A.I., Functions of organism in the conditions of hypoxia and hypercapnia, Medicine, 269p. (Moscow, 1995).
3. Breslav I.S., Glebovsky V.D., Breathing adjusting, Nauka, 220p. (Leningrad, 1980).
4. Mykhaylov V.V., Breathing of sportsman, FIS, 103p. (Moscow, 1983).
5. Agadganiyan N.A., Krasnikov N.P., Estimation of the functional state of sportsman in the conditions of the changed gas environment, 19, Teor. and Pract. F.C., 3 (1985).
6. Krasnikov N.P. A value of interchange of gases function of lungs and acid-basic state of blood is in the mechanism of increase of capacity and development of muscular fatigue, FNU, 37 p.,(Moscow, 1995).
7. Naidych S.I., Research of functions of the external breathing at intensive muscular activity in the conditions of нормоксии, hyperoxias and hypercapnias-hyperoxias, FNU, 32 p.,(Moscow, 1988).
8. Jenning D., Laupacis A. / Resp. Physiol., 1982. – Vol. 49. – P. 335 – 369.
9. Jyronkyn A.,G. Oxygen: the physiological and toxic action., NSU, 182 p.,(Leningrad, 1972).
10. Yrgak L.I. at.all., Medicine, 176 p. (Moscow, 1995).
11. Kovalenko E.A., Cherniyakov I.N., Oxygen of fabrics at the extreme factors of flight., Nauka, 263p. (Moscow, 1972).
12. Marshak M. E., Physiological value of carbonic acid., Nauka, 163p. (Moscow, 1969).
13. Glazcov V.A., Cherniyakov I.N., Acid-base balance of blood at breathing of hypercapnia by gas mixtures, 20, J. Sp. Biol., Vol.9, 2 (1975).
14. Guillerm R., Radziszewski E. // J. Physiol. – 1972. – Vol. 345. – P. 92.
15. Anysimov E.A. Use of breathing in oxygen and carbogenum on registration of 40% O₂ + 2% CO₂ + 58% N₂ for the acceleration of renewal of capacity for sportsmen between the competition loading., 335, Scientific Notes of Moscow Pedagog. Inst. 68. , Vol. 206 (1968).
16. Anthonisen N., Dhingra S. // Resp. Physiol., 1978. – Vol. 32. – P. 335-344.
17. Cummin A., Iyave V. Sanders K. // J. Physiol. – 1983. – Vol. 340. – P. 17-18.
18. Brandis S.A., Pylovitskaya V.N., Functional changes in an organism at the hours-long breathing by gas mixtures with high maintenance of oxygen and carbon dioxide at peace and during work., 455, J. Physiol., Vol.48, (1962).
19. Vlasov Y.A., Circulation of blood and interchange of gases of man., Nauka, 317p. (Novosibirsk, 1992).

Поступила в редакцию 18.01.2014 г.