

УДК: 612.222-036.8+612.745

ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФУНКЦИЙ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ

Найдич С.И.

Для восстановления функций внешнего дыхания после тяжелой мышечной деятельности были применены гипероксическая (34% O₂) и гиперкапнически-гипероксическая (1% CO₂ + 34% O₂) газовые смеси. Выявлено, что применение газовой смеси с повышенным содержанием углекислого газа более целесообразно, чем использование только кислородосодержащей смеси, поскольку приводит не только к ликвидации кислородного долга, но и к накоплению метаболической углекислоты в тканях, что ускоряет процессы восстановления внешнего дыхания и организма в целом.

Ключевые слова: мышечная деятельность, восстановление, внешнее дыхание

ВВЕДЕНИЕ

Проблема восстановления физической работоспособности человека после напряженной мышечной деятельности является актуальным направлением современной физиологии и спортивной медицины. Как известно, одной из основных физиологических систем организма, определяющих уровень его работоспособности, является дыхательная система [1, 2]. Поэтому, быстрое восстановление функций внешнего дыхания является актуальным вопросом спортивной практики.

В период восстановления после интенсивной мышечной деятельности применялись газовые смеси как с высокой концентрацией кислорода [3], так и углекислого газа [4]. Использовался и карбоген: 3-5% CO₂ в кислороде [5] и 1-2% CO₂ в кислороде [6, 7]. Однако сравнение эффективности воздействия газовых смесей на восстановление работоспособности человека не проводилось. С целью выявления наиболее эффективной газовой смеси для восстановления функций внешнего дыхания после напряженной мышечной деятельности были применены гипероксическая (34% O₂) и гиперкапнически-гипероксическая (1% CO₂ + 34% O₂) газовые смеси.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследованиях принимали участие 16 спортсменов-велосипедистов средней квалификации (кмс). Они выполняли работу на велоэргометре ВЭ-02 со ступенчато-возрастающей (каждая ступенька 3 минуты) мощностью до полного утомления. Во время 20-минутного пассивного восстановления в первой серии исследований спортсмены дышали газовой смесью, содержащей 34% O₂, а во второй серии – газовой смесью, содержащей 1% CO₂ + 34% O₂. В период восстановления 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 ($t\text{CO}_2$).

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).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Напряженная мышечная деятельность приводила к значительным функциональным сдвигам в организме испытуемых. Частота дыхания увеличивалась с $16,2 \pm 0,9$ до $46,6 \pm 1,8$ ц/мин ($p < 0,001$), а легочная вентиляция – до $122,8 \pm 2,2$ л/мин ($p < 0,001$). Вследствие этого потребление кислорода возрастало до $4,07 \pm 0,18$ л/мин ($p < 0,001$), а выделение углекислого газа – до $3,89 \pm 0,16$ л/мин ($p < 0,001$). Дыхательный коэффициент при этом повышался с $0,819 \pm 0,005$ до $0,955 \pm 0,01$ отн.ед. ($p < 0,001$). Частота сердечных сокращений возрастала до $190,7 \pm 1,2$ уд/мин ($p < 0,001$). Сдвиги кислотно-основного состояния крови характеризовались снижением pH до $7,090 \pm 0,001$ усл.ед. ($p < 0,001$), накоплением нелетучих кислот до $20,1 \pm 0,6$ ммоль/л ($p < 0,001$), и снижением $p\text{CO}_2$ капиллярной крови до $42,8 \pm 0,8$ гПа ($p < 0,001$).

Таким образом, после интенсивной мышечной деятельности на велоэргометре до полного утомления наблюдалось гипервентиляция легких, свидетельствующая о возникновении функциональной недостаточности внешнего дыхания организма спортсменов. Одновременно с этим отмечалось значительное снижение PACO_2 , указывающее на «вымывание» метаболической углекислоты из организма, что согласуется с данными ряда исследователей [2, 8]. Кроме того, показано, что после окончания работы происходит дальнейшее выведение эндогенного CO_2 из организма [2, 8]. По-видимому, это связано с тем, что интенсивность окислительных реакций после прекращения работы резко уменьшается, а легочная вентиляция остается повышенной, продолжая вымывать углекислоту. Дыхание газовой смесью с повышенным содержанием кислорода сопровождалось увеличением минутного объема дыхания до $12,7 \pm 1,0$ л/мин ($p < 0,001$), потребления кислорода до 483 ± 25 мл/мин ($p < 0,001$), коэффициента его использования до $46,0 \pm 1,6$ мл/мин ($p < 0,001$) и уменьшением дыхательного коэффициента до $0,653 \pm 0,02$ отн.ед. ($p < 0,001$).

Ингаляция газовой смесью с повышенным содержанием кислорода и углекислого газа также характеризовалась значительным усилением газообмена. При этом наблюдалось меньшее по сравнению с гипероксическими условиями выделение углекислого газа, вследствие чего был ниже и дыхательный коэффициент. Отмеченные изменения показателей внешнего дыхания и газообмена

ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ

у спортсменов при 20-минутном дыхании различными газовыми смесями после работы на велоэргометре до полного утомления представлены на рис. 1.

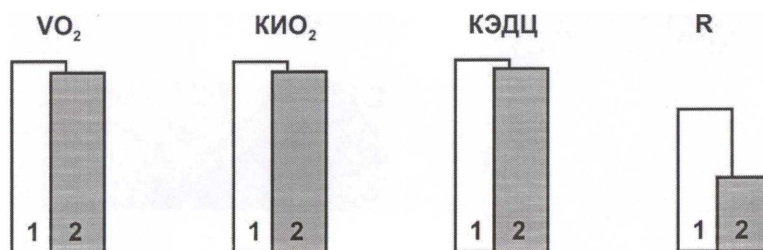


Рис. 1. Показатели внешнего дыхания у спортсменов при 20-минутном дыхании различными газовыми смесями.

1 – газовая смесь 34% O₂; 2 – газовая смесь 1% CO₂ + 34% O₂

Как видно из этого рисунка, дыхание газовыми смесями приводило к увеличению потребления кислорода, возрастанию коэффициента его использования и кислородного эффекта дыхательного цикла, что способствовало быстрой ликвидации кислородного долга. Однако в условиях гиперкапнии-гипероксии отмечался самый низкий дыхательный коэффициент, то есть, происходило большее накопление метаболической углекислоты, что указывает на большую эффективность восстановительных процессов, поскольку показано, что увеличение напряжения CO₂ в тканях приводит к усилению синтеза всех органических соединений организма [8, 9]. Подтверждением этому служат и результаты изучения показателей кислотно-основного состава капиллярной крови испытуемых, представленных в таблице 1.

Таблица 1.
Скорость восстановления показателей кислотно-основного состояния крови у спортсменов во время дыхания газовыми смесями в период восстановления (ммоль/л)

Показатели	Газовые смеси	
	34% O ₂	1%CO ₂ + 34% O ₂
ΔCO ₂	4,2 + 0,4	5,5 + 0,2
ΔBE	6,4 + 0,5	7,7 + 0,6

Как видно из полученных данных, скорость восстановления общего количества CO₂ и концентрации нелетучих кислот была наибольшей при дыхании газовой смесью, содержащей 1% CO₂ + 34% O₂.

Таким образом, дыхание воздухом, обогащенным кислородом в состоянии физического утомления вызывало умеренное повышение легочной вентиляции и газообмена, способствовало восстановлению показателей кислотно-основного состояния крови. Добавление углекислого газа в гипероксическую газовую смесь

также приводило к благоприятным физиологическим изменениям – увеличивалось потребление кислорода и коэффициента его использования. При этом снижалось выделение углекислого газа, уменьшалась величина дыхательного коэффициента, происходила задержка метаболической углекислоты без нарастания $p\text{CO}_2$ артериальной крови, отмечалось повышение скорости восстановления бикарбонатной буферной емкости и нейтрализации нелетучих кислот.

Следовательно, применение газовой смеси с повышенным содержанием углекислого газа более целесообразно, чем использование только кислородосодержащей смеси, поскольку приводит не только к ликвидации кислородного долга, но и к накоплению метаболической углекислоты в тканях, что ускоряет процессы восстановления внешнего дыхания и организма в целом.

ВЫВОДЫ

1. Кратковременное дыхание гиперкапнически-гипероксической газовой смесью способствует более эффективному по сравнению с гипероксической смесью восстановлению функций внешнего дыхания и кислотно-основного состояния крови спортсменов за счет большего накопления метаболического CO_2 в тканях и быстрой нормализации буферной емкости крови.
2. Кратковременное дыхание газовой смесью, содержащей 1% CO_2 + 34% O_2 можно применять в тренировочном процессе и соревновательной деятельности для быстрой нормализации функций внешнего дыхания и кислотно-основного состояния крови как средство ускоренного восстановления.

Список литературы

1. Агаджанян Н. А., Елфимов А. И. Функции организма в условиях гипероксии и гиперкапнии. / Н. А. Агаджанян, А. Е. Елфимов. — М.: Медицина, 1986. — 272 с.
2. Красников Н. П. Значение газообменной функции легких и кислотно-основного состояния крови в механизме повышения работоспособности и развития мышечного утомления : автореф. дис. на соискание док. биол. наук : 14.00.17: «Нормальная физиология» / Н.П. Красников. — М., 1995. — 58 с.
3. Аболин Л.М. Влияние дыхания газовой смесью на функциональное состояние спортсменов / Л. М. Аболин, И.Н., Черняков // Психология спортивной деятельности. - 1985. - № 2. - С. 141-150
4. Есмагамбетов З.Е. Вдыхание гиперкапнической смеси как фактор управления процессами восстановления в спортивной тренировке / З.Е. Есмагамбетов // Теор. и практ. физ. культуры, 1978. - № 8. - С. 32-34
5. Коваленко В.А., Черняков И.Н. Кислород тканей при экстремальных факторах полета / В.А. Коваленко, И.Н. Черняков. - М.: Наука, 1972. — 263 с.
6. Агаджанян Н.А., Красников Н.П., Найдич С.И. Использование газовых смесей с повышенным содержанием кислорода и CO_2 для нормализации функции внешнего дыхания и кислотно-основного состояния крови при мышечном утомлении/ Н. А. Агаджанян, Н.П. Красников, С.И. Найдич // Космическая биология и авиакосмическая медицина. – 1986. - № 4. – С. 32-37.
7. Анисимов Е.А. Использование вдыхания кислорода и карбогена по прописке 40% O_2 + 2% CO_2 + 58% азота для ускорения восстановления работоспособности спортсменов между соревновательными нагрузками / Е. А. Анисимов // Ученые записки МОПИ. – 1968. – Т. 206, вып. 6. - С. 44
8. Gollnick P.D., Hermansen L. Biochemical adaptation to exercise: anaerobic metabolism / Gollnick P. D., L. P. Hermansen // Exercise and Sports Sciences Reviews. – 1973. - vol.1. - P. 1-43.
9. Rowell L. Saturation of arterial blood with oxygen during maximal exercises / L. N. Rowell // J. Apple Physiol. – 1964. – vol. 19, № 2. - P. 284.

Найдич С.І. Дослідження ефективності газової суміші для відновлення функцій зовнішнього дихання // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2009. – Т. 22 (61). – № 1. – С. 59-63.

З метою виявлення найбільш ефективної газової суміші для відновлення функцій зовнішнього дихання застосовувались гіпероксична (34% O₂) та гіперкапінічно-гіпероксична (1% CO₂ + 34% O₂) газові суміші. Було виявлено, що використання газової суміші з надлишковим вмістом вуглекислого газу більш ефективно, ніж застосування тільки киснево-складової, оскільки приводить не тільки до погашення кисневого боргу, але і до накопичування метаболічної вуглекислоти в тканинах, прискорюючи тим самим процеси відновлення функцій зовнішнього дихання та всього організму. Короткочасне вдихання газової суміші 1% CO₂ + 34% O₂ можна застосовувати в тренувальному та змагальному процесах як засіб швидкої нормалізації функцій зовнішнього дихання.

Ключові слова: м'язова діяльність, відновлення, зовнішнє дихання.

Naydich S.I. Studying effectiveness of gas mixtures in recovering the exterior breathing functions // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V. I. Vernadskogo. Series «Biology, chemistry». – 2009. – V.22 (61). – № 1. – P. 59-63.

In order to reveal the most effective gas mixtures for recovering functions of exterior breathing after strenuous muscles activity, hyper-oxygen (34% O₂) and hyper-oxygen (1% CO₂ + 34% O₂) gas mixtures were applied. It was revealed that it is more effective to apply a gas mixture containing higher percentage of carbonic acid gas, than to use gas mixture containing oxygen alone, as it leads not only to liquidation of the oxygen debt, but also to metabolic carbon dioxide accumulation in tissues, that in its turn speeds up the process of recovery of exterior breathing and of the whole body. Inhaling the gas mixture containing 1% CO₂ + 34% O₂ for a short time can be used during training process and competitions for quick normalization of exterior breathing functions and basic oxygen blood conditions as a means of rapid recovery.

Keywords: muscles activity, recovery, exterior breathing.

Поступила в редакцію 26.04.2009 г.