

УДК [612.222:612.216.2]-055.2

ОСОБЕННОСТИ ВЕНТИЛЯЦИИ ЛЕГКИХ И ГАЗООБМЕНА У МОЛОДЫХ ЖЕНЩИН ПРИ ДЫХАНИИ ХОЛОДНЫМ ВОЗДУХОМ

© 2005 г. **О. Н. Попова, А. Б. Гудков, *Н. Ю. Лабути**

Северный государственный медицинский университет,
*Поморский государственный университет им. М. В. Ломоносова,
г. Архангельск

Непосредственное действие вдыхаемого низкотемпературного воздуха на вентиляцию и газообмен изучалось мало. Большинство известных работ было выполнено не в натурных, а в лабораторных условиях и при температурах, близких к 0 °С [2—6, 8]. И лишь единичные исследования проводились в натурных условиях Магаданской области при дыхании воздухом температурой –30...–40 °С [1, 2]. В условиях Европейского Севера динамика вентиляции легких и газообмена при вдыхании воздуха отрицательной температуры до настоящего времени не известна.

Методика исследования

В данной работе была поставлена задача изучить изменения вентиляции легких и особенности газообмена при вдыхании холодного воздуха в натурных зимних условиях Европейского Севера РФ и оценить их функциональное значение.

При выборе температуры вдыхаемого воздуха для оценки изменений внешнего дыхания у обследуемых исходили из того, что шведским исследователем J. Holmer [7] для характеристики типов холодового воздействия были определены базовые факторы и среди них такой, как охлаждение дыхательного тракта. При этом предложено различать три уровня воздействия: легкое напряжение (температура вдыхаемого воздуха около 0 °С), умеренное напряжение (температура до –20 °С) и сильное напряжение (температура –20...–40 °С).

В связи с этим в наших исследованиях функцию внешнего дыхания было решено изучить при температуре вдыхаемого воздуха в диапазоне от 0 до –20 °С, т. е. при воздействии, которое вызывает умеренное напряжение организма. Кроме того, такой диапазон температур наиболее часто встречается в реальных зимних условиях г. Архангельска, где проводилось исследование.

Известно, что женщины более чувствительны к холоду, чем мужчины [9]. Влияние холодного воздуха на вентиляцию легких изучено у 31 молодой женщины 18—29 лет (средний возраст $(21,1 \pm 0,17)$ года, рост $(166,1 \pm 1,1)$ см, вес $(58,4 \pm 1,2)$ кг), родившихся и постоянно проживающих в Архангельской области. Исследование проводили в натурных условиях при температуре воздуха –6...–12 °С. Вначале в помещении при температуре 18...20 °С в положении сидя после 10—15-минутного отдыха регистрировали исходный уровень вентиляции легких при помощи спирографа СГ-2, состав выдыхаемого воздуха определялся газоанализаторами ПГА-КМ и ПГА-ДУМ. Показатели вентиляции и газообмена приводились к системе BTPS и STPD соответственно.

Затем испытуемые в теплой одежде выходили на открытую площадку, где находились в течение 30 минут при минимальной двигательной

Изучены изменения вентиляции легких и особенности газообмена у молодых женщин трудоспособного возраста при вдыхании холодного воздуха в натурных условиях Европейского Севера. При анализе полученных результатов установлено, что после 30-минутного пребывания на открытой площадке при температуре окружающего воздуха –6...–12 °С произошло увеличение минутного объема дыхания на 33,2 % от исходного уровня ($p < 0,01$), возросло потребление кислорода на 20,3 % ($p > 0,05$) и выделение углекислого газа на 26,8 % ($p < 0,05$). Через 5 минут после возвращения в условия температурного комфорта показатели вентиляции и газообмена приблизились к исходным значениям, однако показатели экономичности дыхательной системы оставались сниженными.

Ключевые слова: дыхание холодным воздухом, женщины, вентиляция легких, газообмен.

активности, после чего регистрировали вентиляцию легких в условиях холода и анализировали состав выдыхаемого воздуха. Этот же объем исследований осуществлялся через 5 минут после возвращения женщин в теплое помещение.

Результаты и их обсуждение

При анализе полученных результатов установлено, что после 30-минутного пребывания на холоде увеличилась величина минутного объема дыхания (МОД) на 33,2 % от исходного уровня, $p < 0,01$ (табл. 1). Возрастание МОД произошло за счет увеличения как дыхательного объема (ДО) на 16,7 % от исходного уровня, $p > 0,05$, так и частоты дыхания (ЧД) на 12,6 %, $p < 0,05$.

Таблица 1

Динамика показателей вентиляции при дыхании холодным воздухом ($M \pm m$)

n = 31

Показатель	Этап исследования		
	I	II	III
МОД, л/мин	9,73±0,74	13,00±0,99**	**10,60±0,80
ДО, л/мин	0,55±0,05	0,63±0,03	*0,51±0,03
ЧД в мин	18,7±0,8	21,1±1,1*	21,7±1,1

Примечания: I — комфортные условия, II — через 30 мин пребывания в натуральных условиях, III — через 5 мин после возвращения в комфортные условия. Звездочками справа обозначены достоверные отличия между I и II этапами обследования, слева — между II и III: * — $p < 0,05$; ** — $p < 0,01$.

Величина МОД является непосредственным результатом работы системы внешнего дыхания, которая обеспечивает поддержание скорости поступления кислорода в легкие и выведение углекислого газа на необходимом уровне.

В натуральных условиях Севера в результате значительного увеличения теплоотдачи и усиления теплопродукции организм испытывает повышенную потребность в кислороде, которая обеспечивается возрастанием МОД, связанным с синхронным увеличением как ДО, так и ЧД, что является наиболее эффективным механизмом реализации оптимального сочетания повышенного газообмена с минимизацией энергозатрат.

Через 5 минут после возвращения в комфортные условия величина МОД снизилась практически до исходного уровня за счет уменьшения ДО ($p < 0,05$).

Функциональное состояние системы внешнего дыхания тесно связано с характером метаболических реакций. Усиление или ослабление обмена веществ отражается на продукции углекислоты, вызывая изменения показателей газообмена (табл. 2).

При анализе полученных результатов установлено, что величина потребления кислорода (VO_2) через 30 минут пребывания в натуральных условиях при отрицательных температурах воздуха возросла на 20,3 % от исходного уровня ($p > 0,05$). Увеличение VO_2 является закономерным результатом, поскольку организм в условиях холода испытывает повышенную потребность в кислороде для усиления теплопродукции.

Таблица 2

Легочный газообмен и его экономичность при дыхании холодным воздухом ($M \pm m$)

n = 31

Показатель	Этап исследования		
	I	II	III
VO_2 , мл/мин	222,9±17,3	267,2±19,7	**203,2±16,3
KIO_2 , мл/мин	26,6±1,0	26,3±1,3	*23,3±0,9
Уд. вес CO_2 в выдыхаемом воздухе, %	2,43±0,07	2,52±0,08	2,39±0,08
Выделение CO_2 , мл/мин	213,1±20,0	270,5±21,1*	*214,6±18,8
Уд. вес O_2 в выдыхаемом воздухе, %	18,3±0,08	18,3±0,11	18,6±0,07
ДК	0,94±0,03	1,02±0,06	1,05±0,03
ВЭ	44,9±1,6	45,7±2,1	**53,6±1,9
O_{2RS} , мл	12,6±1,2	13,6±0,9	***9,9±0,8

Примечания: I — комфортные условия, II — через 30 мин пребывания в натуральных условиях, III — через 5 мин после возвращения в комфортные условия. Звездочками справа обозначены достоверные отличия между I и II этапами обследования, слева — между II и III: * — $p < 0,05$; ** — $p < 0,01$; *** — $p < 0,001$.

Несмотря на то, что удельный вес CO_2 в выдыхаемом воздухе у обследуемых практически не изменился, выделение углекислого газа увеличилось на 26,8 % ($p < 0,05$) за счет возрастания минутного объема дыхания ($p < 0,01$).

Поскольку выделение углекислого газа в процессе пребывания обследуемых на холоде возросло в большей степени, чем потребление кислорода, величина дыхательного коэффициента (ДК) превысила единицу.

С точки зрения функциональной характеристики аппарата внешнего дыхания имеет значение сопоставление показателей VO_2 и МОД, так как темп нарастания поглощения кислорода нередко отстает от увеличения минутного объема дыхания. Соотношение МОД и VO_2 характеризует коэффициент использования кислорода (KIO_2), являющийся важнейшим показателем эффективности вентиляции и газообмена в легких. У обследованных женщин величина KIO_2 в комфортных и натуральных условиях практически не изменилась, так же как и величина кислородного эффекта одного дыхательного цикла (O_{2RS}).

Через 5 минут после возвращения в условия температурного комфорта у обследуемых снизилась величина VO_2 ($p < 0,01$), она достигла исходного уровня. Также уменьшилось выделение CO_2 ($p < 0,05$) до исходных значений в основном за счет снижения величины МОД ($p < 0,01$). Однако величина ДК все еще превышала единицу.

Привлекает внимание тот факт, что величина KIO_2 достоверно снизилась ($p < 0,05$), что закономерно привело к уменьшению величины O_{2RS} ($p < 0,01$) и повышению вентиляционного эквивалента (ВЭ) ($p < 0,01$).

Таким образом, при возвращении в комфортные условия после пребывания на холоде экономичность дыхательной системы в первом звене кислородных

режимов (общая легочная вентиляция) у молодых женщин трудоспособного возраста снижается.

Список литературы

1. Шишкин Г. С. Изменение вентиляционной функции при воздействии холодного воздуха у жителей Северо-Востока СССР / Г. С. Шишкин, С. Г. Кривошеков, Е. И. Швецова и др. // Адаптация человека к различным климатогеографическим и производственным условиям. — Ашхабад, 1981. — Т. 1. — С. 181—182.
2. Шишкин Г. С. Особенности вентиляции легких при дыхании низкотемпературным воздухом / Г. С. Шишкин, С. А. Петрунѐв, В. К. Преображенская // Физиология человека. — 1995. — Т. 21, № 2. — С. 61—66.
3. Burgess K. L. Reducing respiratory response to CO₂ by breathing cold air / K. L. Burgess, U. A. Whitelaw // Amer. Rev. Dis. — 1984. — Vol. 3, N 5. — P. 682.
4. Burgess K. L. Effect of nasal cold receptors on pattern of breathing / K. L. Burgess, U. A. Whitelaw // J. Appl. Physiol. — 1988. — Vol. 64. — P. 371.
5. Doesel D. A. Cold-induced changes in breathing pattern as a strategy to reduce respiratory heat loss / D. A. Doesel, A. Turker, D. Robertshaw // Ibid. — 1990. — Vol. 69, N 6. — P. 1946.
6. Haas F. Reduced hyperpnea-induced bronchospasm following repeated cold air challenge / F. Haas, N. Levin, S. Pasiersky et al. // Ibid. — 1986. — Vol. 81, N 1. — P. 210.
7. Holmer J. Risk assessment in cold environment / J. Holmer // Barents. — 1998. — Vol. 1, N 3. — P. 77—79.
8. McBride B. A physiological stimulus to upper airway

receptors in humans / B. McBride, W. A. Whitelaw // J. Appl. Physiol. — 1981. — Vol. 51. — P. 1189.

9. Rintamaki H. Human performance in cold / H. Rintamaki // Barents. — 1998. — Vol. 1, N 3. — P. 84—85.

PECULIARITIES OF PULMONARY VENTILATION AND GAS EXCHANGE IN YOUNG WOMEN DURING RESPIRATION OF COLD AIR

O. N. Popova, A. B. Gudkov, *N. Yu. Labutin

Northern State Medical University,

*Pomor State University named after M. V. Lomonosov, Arkhangelsk

The changes in pulmonary ventilation and peculiarities of gas exchange in young women at able-bodied age by respiration of cold air in natural conditions of the European North have been studied.

By the analysis of the received results, it has been determined that after the 30-minute stay on the open spot with air temperature $-6...-12^{\circ}\text{C}$, there occurred an increase of minute respiration volume 33,2 % of the initial level ($p < 0,01$), oxygen use increased 20,3 % ($p > 0,05$) and carbonic acid elimination increased 26,8 % ($p < 0,05$).

5 minutes after the return to the conditions of temperature comfort, the ventilation and gas exchange indices approached the initial values, but the indices of the respiratory system's economy decreased.

Key words: respiration of cold air, women, pulmonary ventilation, gas exchange.