

## **ОСОБЕННОСТИ РЕАКЦИИ ЛЁГОЧНОГО ГАЗООБМЕНА НА ЛОКАЛЬНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ КИСТИ И СТОПЫ**

*Гудков А.Б., Попова О.Н.*

*Северный государственный медицинский университет, Архангельск, Россия*

Проведено локальное охлаждение кожи кисти и стопы у 35 мужчин и 35 женщин в возрасте 18-22 лет, исследованы показатели лёгочного газообмена. Установлено, что холодное воздействие вызывает возрастание величины потребления кислорода и выделения углекислого газа, причем увеличение в большей степени наблюдается при охлаждении стопы, чем кисти. У женщин изменения в легочном газообмене более выражены, чем у мужчин.

Ключевые слова: локальное охлаждение, кисть, стопа, лёгочный газообмен

## **PECULIARITIES OF PULMONARY GAS EXCHANGE REACTION TO LOCAL COOLING OF HAND AND FOOT**

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

*Northern state medical university, Archangelsk, Russia*

Local cooling of the hands and feet skin carried out in 35 men and 35 women aged 18-22 years. Indicators of pulmonary gas exchange were studied. It has been established that the cold exposure causes an increase in oxygen consumption and the quantity of carbon dioxide emissions. The increase is observed to a greater extent upon cooling of the foot than hand. In women, changes in pulmonary gas exchange are more expressed than in men.

Keywords: local cooling, hand, foot, pulmonary gas exchange

В реальных климатических и производственных условиях Севера локальному холодовому воздействию у человека могут подвергаться не только верхние дыхательные пути и лицо, но и кисти, а также, нередко, стопы, влияя на функцию внешнего дыхания и в конечном итоге на физическую работоспособность [1]. В связи с этим исследование изменений в системе внешнего дыхания при локальном охлаждении кистей и стоп и оценка их функционального значения имеет важное научно-практическое значение.

Цель работы: выявить особенности лёгочного газообмена при локальном холодовом воздействии на кожу кистей и стоп.

Обследованы 35 мужчин (средний возраст  $(20,0 \pm 1,2)$  года), длина тела  $(177,7 \pm 5,9)$ , масса тела  $(67,9 \pm 9,4)$  и 35 женщин (средний возраст  $(20,0 \pm 1,1)$  года), длина тела  $(164,2 \pm 5,7)$ , масса тела  $(57,5 \pm 8,1)$ , родившихся и постоянно проживающих в условиях Европейского Севера.

Вначале каждый испытуемый проводил 20 минут, спокойно сидя в помещении, при температуре воздуха  $20 - 22$  °С, затем осуществлялась спирография при помощи спирографа СМП - 21/01 - «Р-Д». Отбиралась проба выдыхаемого воздуха для последующего анализа на содержание кислорода и углекислого газа. После этого производилось локальное охлаждение кожи рук и стоп по методике, предложенной Г.А. Орловым [4]. Одна рука погружалась до дистальной части предплечья в сосуд с водой, температура которой колебалась от  $6$  до  $11$  °С. Время охлаждения составляло 1 минуту. Затем избыточная влага убиралась марлевыми тампонами, проводилась спирография, анализировался состав выдыхаемого воздуха. Через 25 - 30 минут (время полного восстановления инфракрасного излучения после холодовой пробы) [4] у испытуемых осуществлялось локальное охлаждение стопы. Порядок проведения пробы был таким же как при охлаждении кисти. Затем, спустя еще 25 - 30 минут проводилось сочетанное локальное охлаждение кисти и стопы.

В результате проведенных исследований установлено, что холодовое воздействие на терморецепторы кожи кисти и стопы повлекло изменение легочного газообмена (табл. 1).

Таблица 1

**Реакция показателей легочного газообмена на локальное охлаждение кожи кисти и стопы  
у мужчин (n = 35) и женщин (n = 35)**

Показатели	Пол	Исходное состояние (до охлаждения)	После локального охлаждения кисти (1), стопы (2), кисти и стопы (3)		
			1	2	3
ПО <sub>2</sub> , мл/мин	М <sup>1</sup>	498,0±159,0	557,0±168,0*	600,0±168,0**	638,0±163,0***
	Ж <sup>1</sup>	394,3±138,8	463,4±165,8*	495,5±181,6***	489,3±147,2***
Содержание О <sub>2</sub> в выдыхаемом возд., %	М <sup>1</sup>	16,9±1,0	16,6±1,0**	16,3±0,79***	16,4±0,91*
	Ж <sup>2</sup>	16,7 (16,2-17,2)	16,9 (16,4-17,4)	16,7 (16,0-17,1)	16,8 (16,5-17,1)
Содержание СО <sub>2</sub> в выдыхаемом возд., %	М <sup>1</sup>	3,01±0,55	3,02±0,61	3,25±0,64**	3,23±0,6*
	Ж <sup>1</sup>	3,1±0,47	2,93±0,49	3,05±0,5	3,02±0,61
ВСО <sub>2</sub> , мл/мин	М <sup>2</sup>	338 (230-457)	381 (276-428)	392 (315-474)**	422 (329-539)*
	Ж <sup>2</sup>	254 (194-343)	283 (229-379)**	314 (245-405)**	335 (340-418)**

*Примечание.* Сравнение зависимых выборок осуществлялось: <sup>1</sup> –параметрическим критерием Т-Стьюдента для зависимых выборок, (M±s); <sup>2</sup> – непараметрическим критерием Т-Вилкоксона, (Md(Q1-Q3)).

Различия достоверны по сравнению с исходным состоянием: \* - p≤0,05, \*\* - p≤0,01, \*\*\* - p≤0,001

Показателем легочного газообмена, характеризующим состояние внешнего дыхания на этапе альвеолярный воздух — кровь легочных капилляров, является потребление кислорода (ПО<sub>2</sub>). Анализ полученных результатов у мужчин показал, что величина ПО<sub>2</sub> после локального охлаждения кожи кисти и стопы статистически значимо увеличилась (p<0,05-0,001) (табл. 2).

Таблица 2

**Изменение легочного газообмена в ответ на локальное охлаждение кожи кисти (1), стопы (2), сочетанного охлаждения кисти и стопы (3) (в % к исходному)**

Показатели	Мужчины (n=35)			Женщины (n=35)		
	1	2	3	1	2	3
ПО <sub>2</sub>	11,8*	20,5**	28,1***	17,5*	25,6***	24,1***
Содержание О <sub>2</sub> в выд. воздухе	-1,8**	-3,6***	-3,0*	1,2	0,1	0,6
Содержание СО <sub>2</sub> в выд. воздухе	0,3	7,9**	7,3*	-3,5	-1,6	-2,6
ВСО <sub>2</sub>	12,7	15,9**	24,8*	11,4**	23,6**	31,8**

*Примечание.* Изменения по сравнению с исходным состоянием достоверны:

\* - p≤0,05; \*\* - p≤0,01; \*\*\* - p≤0,001

Известно, что потребление кислорода, как результирующий показатель аэробного снабжения организма, в большой степени определяется уровнем метаболизма [2, 3, 5]. Увеличение потребления кислорода сопровождалось повышением процента использования О<sub>2</sub> в легких, в связи с чем у обследованных мужчин отмечалось снижение содержания О<sub>2</sub> в выдыхаемом воздухе после локального охлаждения кожи.

Кроме аэробного снабжения организма, важной функцией дыхательной системы является вынос из организма конечного метаболита энергетического обмена — СО<sub>2</sub>. Проведенные исследования показали, что после локального

охлаждения кисти и стопы в выдыхаемом воздухе у мужчин увеличилось содержание  $\text{CO}_2$  ( $p < 0,05-0,01$ ), так же как и выделение углекислого газа ( $\text{VCO}_2$ ) ( $p < 0,05-0,01$ ). Следует заметить, что у мужчин при охлаждении стопы произошли более выраженные изменения со стороны показателей газообмена, чем при охлаждении кисти.

Локальное охлаждение кожи кисти и стопы у женщин, также как и мужчин, вызвало значительные изменения легочного газообмена (см. табл. 1). Так, произошло увеличение  $\text{PO}_2$  ( $p < 0,05-0,001$ ). Повышение величины потребления кислорода у женщин не вызвало ожидаемого снижения содержания  $\text{O}_2$  и повышения  $\text{CO}_2$  в выдыхаемом воздухе. Колебания процентного содержания их были не существенны ( $p > 0,05$ ). Однако, возросла величина  $\text{VCO}_2$  ( $p < 0,01$ ). Таким образом, несмотря на то, что процентное содержание  $\text{CO}_2$  в выдыхаемом воздухе у обследованных женщин после локального холодового воздействия практически не изменилось, величины минутного выделения  $\text{CO}_2$  существенно и статистически достоверно увеличились. Такое увеличение было реализовано за счет возрастания МОД в ответ на локальное охлаждение. Однако такой путь реализации обеспечения выведения  $\text{CO}_2$  у женщин следует считать менее экономичным, чем у мужчин. Необходимо заметить, что у женщин, также как и у мужчин, локальное охлаждение кожи стопы вызвало более значительные изменения со стороны показателей легочного газообмена, чем при охлаждении кисти. В целом у женщин, по сравнению с мужчинами, происходят более выраженные изменения со стороны легочного газообмена в ответ на локальное холодовое воздействие.

Таким образом, локальное холодовое воздействие на кожу кисти и стопы вызывает существенные изменения легочного газообмена. Так, возрастают величины потребления кислорода и выделения углекислого газа, причем такое увеличение в большей степени наблюдается при охлаждении стопы, чем кисти. У женщин изменения в легочном газообмене более выражены, чем у мужчин.

## Список литературы

1. Агаджанян Н. А. Экологическая физиология человека / Н. А. Агаджанян, А. Г. Марачев, Г. А. Бобков. – М. : «КРУК», 1998. – 414 с.
2. Гудков А.Б. Характер метаболических изменений у рабочих при экспедиционно-вахтовом режиме труда в Заполярье / А.Б.Гудков, Ю.Р.Теддер // Физиология человека. – 1999. - №3. – С.138-142.
3. Иржак Л.И. Потребление кислорода и энергетические затраты, связанные с применением проб Генчи и Штанге / Л И. Иржак // Рос. физиол. журн. им. И. М. Сеченова. – 2002. – Т. 88, № 7. – С. 935–938.
4. Орлов Г. А. Хроническое поражение холодом / Г. А. Орлов. – Л. : Медицина, 1978. – 168 с.
5. Попова О.Н. Особенности вентиляции лёгких и газообмена у молодых женщин при дыхании холодным воздухом / О.Н.Попова, А.Б.Гудков, Н.Ю.Лабутин // Экология человека. – 2005. - №12. – С.43-45.

## References:

1. Agadzhanjan N. A. Jekologicheskaja fiziologija cheloveka / N. A. Agadzhanjan, A. G. Marachev, G. A. Bobkov. – M. : «KRUK», 1998. – 414 с.
2. Gudkov A.B. Harakter metabolicheskikh izmenenij u rabochih pri jekspedicionno-vahtovom rezhime truda v Zapoljar'e / A.B.Gudkov, Ju.R.Tedder // Fiziologija cheloveka. – 1999. - №3. – S.138-142.
3. Irzhak L.I. Potreblenie kisloroda i jenergeticheskie zatraty, svjazannye s primeneniem prob Genchi i Shtange / L I. Irzhak // Ros. fiziol. zhurn. im. I. M. Sechenova. – 2002. – T. 88, № 7. – S. 935–938.
4. Orlov G. A. Hronicheskoe porazhenie holodom / G. A. Orlov. – L. : Medicina, 1978. – 168 s.

5. Popova O.N. Osobennosti ventiljacji ljogkih i gazoobmena u molodyh zhenshhin pri dyhanii holodnym vozduhom / O.N.Popova, A.B.Gudkov, N.Ju.Labutin // Ekologija cheloveka. – 2005. - №12. – S.43-45.

Сведения об авторах:

Гудков Андрей Борисович, директор Института гигиены и медицинской экологии Северного государственного медицинского университета, доктор медицинских наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ. 163000, г.Архангельск, пр.Троицкий 51, Институт гигиены и медицинской экологии. Email: [gudkovab@nsmu.ru](mailto:gudkovab@nsmu.ru)

Попова Ольга Николаевна, профессор кафедры гигиены и медицинской экологии Северного государственного медицинского университета, доктор медицинских наук. 163000, г.Архангельск, пр.Троицкий 51, Институт гигиены и медицинской экологии. Email: [popovaon@nsmu.ru](mailto:popovaon@nsmu.ru)

Адрес на который необходимо выслать экземпляры журнала: (2 шт.)  
163000, г.Архангельск, пр.Троицкий 51, Институт гигиены и медицинской экологии. Гудкову А.Б.

Gudkov Andrei Borisovich, MD., D.Sci., Professor of Hygiene, Director of the Institute of Hygiene and Medical Ecology.  
Northern State Medical University,  
51 Troitsky Pr.  
Archangelsk 163000, Russia

Popova Olga Nikolaevna, MD., D.Sci. Professor of Hygiene.

Northern State Medical University,  
51 Troitsky Pr.  
Archangelsk 163000, Russia