

УДК [612.592:612.77]:612.22

РЕАКЦИЯ ЛЕГОЧНОГО ГАЗООБМЕНА НА ЛОКАЛЬНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ КОЖИ КИСТИ И СТОПЫ

© 2009 г. А. Б. Гудков, О. Н. Попова

Северный государственный медицинский университет, г. Архангельск

Исследовано влияние локального охлаждения кожи кисти и стопы на функцию легочного газообмена при дыхании в комфортных микроклиматических условиях у 35 мужчин и 35 женщин. Для локального охлаждения использовалась проба, предложенная Г. А. Орловым. Установлено, что локальное охлаждение кожи кисти и стопы вызывает существенные и статистически достоверные изменения легочного газообмена: возрастает величина потребления кислорода и выделение углекислого газа, причем в большей степени при охлаждении стопы, чем при охлаждении кисти. У женщин изменения в легочном газообмене более выражены, чем у мужчин.

Ключевые слова: локальное охлаждение, кисть, стопа, легочный газообмен.

Холод является ведущим фактором, определяющим специфику Севера и оказывающим непосредственное влияние на систему внешнего дыхания. В реальных природно-климатических условиях северных регионов прямому холодовому воздействию подвергаются дыхательные пути, лицо, а также нередко кисти и стопы.

Известно, что холодовое раздражение терморцепторов верхних дыхательных путей и кожи лица приводит к снижению легочной вентиляции, увеличению длительности экспираторной фазы и снижению чувствительности к гиперкапнии при возвратном дыхании [2]. Вдыхание холодного воздуха и охлаждение лица также вызывает снижение проходимости дыхательных путей у здоровых людей и может вызвать у больных бронхиальной астмой бронхоспастическую реакцию [6]. Установлено также, что локальное охлаждение кожи кисти и предплечья при дыхании в условиях теплового комфорта приводит к снижению жизненной емкости легких (ЖЕЛ), пиковой объемной скорости потока воздуха, форсированной ЖЕЛ, объема форсированного выдоха за первую секунду [3]. При локальном охлаждении кожи стопы изменяется структура ЖЕЛ вследствие увеличения дыхательного объема [5].

Однако до сих пор открытым остается вопрос о характере изменений легочного газообмена при локальном охлаждении кисти и стопы, что и побудило провести настоящее исследование.

Методика исследования

Обследованы 35 мужчин и 35 женщин в возрасте 18–23 лет, родившихся и постоянно проживающих на Европейском Севере России. Испытуемые не имели хронических заболеваний органов дыхания и не перенесли за последние 3 месяца каких-либо острых заболеваний. В начале обследования испытуемые, спокойно сидя в помещении, проводили 20 минут при температуре воздуха 20–22 °С, затем производили дыхательные маневры с использованием спирографа СМП-21/01-Р-Д. Специально разработанным устройством (рац. предложение № 6/92 от 23.03.92) отбирался выдыхаемый воздух и анализировался его состав газоанализаторами ПГА-КМ и ПГА-ДУМ для последующего расчета показателей газообмена, которые приводились к системе STPD. Для локального охлаждения кожи использовалась проба, предложенная Г. А. Орловым [4]. Производилось локальное охлаждение кожи кисти, после завершения пробы осуществлялась спирография и анализ выдыхаемого воздуха. Через 25–30 мин охлаждалась стопа, проводилась спирография и анализ выдыхаемого воздуха. Затем через 25–30 мин выполнялось сочетанное охлаждение кожи кисти и стопы, осуществлялась спирография и анализировался газовый состав выдыхаемого воздуха.

Анализировались результаты исследования с помощью статистического пакета SPSS 15.0 [1]. Проверка на нормальность распределения

измеренных переменных осуществлялась при помощи теста Шапиро – Уилка. В случае нормального распределения переменных применялись параметрические методы (t Стьюдента) для зависимых выборок, при ненормальном – непараметрические (t Вилкоксона). Результаты непараметрических методов обработки данных представлялись в виде медианы (Md), первого (Q₁) и третьего (Q₃) квартилей, параметрических – среднего значения (M) и стандартного отклонения (s). Критический уровень значимости (p) в работе принимался равным *0,05; **0,01; ***0,001.

Результаты и их обсуждение

Задача постоянно поддерживать необходимый уровень поглощения кислорода и удаления углекислого газа является специфической функцией дыхательной системы. Поэтому основным критерием нормального функционирования системы дыхания является максимально эффективный обмен газов между окружающей средой и организмом как в состоянии покоя и физической нагрузки, так и при действии возмущающих факторов, например холода.

В результате проведенных исследований установлено, что холодовое воздействие на терморепторы кожи кисти и стопы вызвало 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)

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

Примечания: сравнение зависимых выборок осуществлялось: ¹ – параметрическим критерием t-Стьюдента для зависимых выборок, (M±s); ² – непараметрическим критерием t-Вилкоксона, (Md(Q₁-Q₃)); различия достоверны по сравнению с исходным состоянием: * – p ≤ 0,05, ** – p ≤ 0,01, *** – p ≤ 0,001.

Важнейшим показателем легочного газообмена, который характеризует состояние внешнего дыхания

на этапе «альвеолярный воздух – кровь легочных капилляров», является величина потребления кислорода (ПО₂). Анализ полученных результатов у мужчин показал, что величина ПО₂ увеличилась после локального охлаждения кожи кисти на 11,8 % (p < 0,05), стопы – на 20,5 % (p < 0,01), сочетанного охлаждения кисти и стопы – на 28,1 % (p < 0,001) (рис. 1). Потребление кислорода, как результирующий показатель аэробного снабжения организма, в большой степени определяется уровнем метаболизма. Увеличение ПО₂ сопровождалось повышением процента использования О₂ в легких, в связи с чем у мужчин снижалось содержание О₂ в выдыхаемом воздухе на 1,8 (p < 0,01), 3,6 (p < 0,001), 3,0 % (p < 0,05) после охлаждения кисти, стопы, кисти и стопы соответственно.

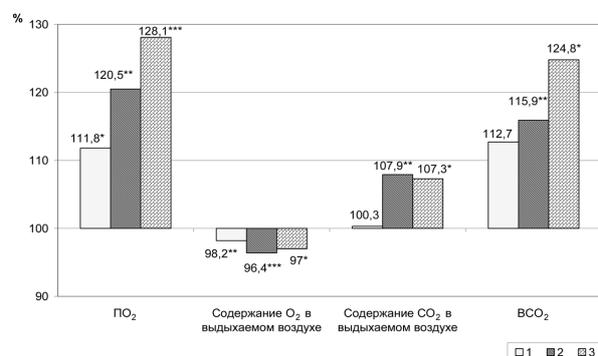


Рис. 1. Изменение показателей легочного газообмена после локального охлаждения кожи кисти (1), стопы (2), кисти и стопы (3) у мужчин

Примечания: за 100 % принята исходная величина до холодового воздействия; различия с исходной величиной достоверны: * – p ≤ 0,05; ** – p ≤ 0,01; *** – p ≤ 0,001.

Кроме аэробного снабжения организма важной функцией дыхательной системы является вынос из организма конечного метаболита энергетического обмена – СО₂. Проведенные исследования показали, что после локального охлаждения кисти и стопы в выдыхаемом воздухе у мужчин увеличивается содержание СО₂: после охлаждения кисти на 0,3 %, стопы – на 7,9 % (p < 0,01), сочетанного охлаждения кисти и стопы – на 7,3 % (p < 0,05). Увеличивается и выделение углекислого газа (ВСО₂) на 12,7, 15,9 % (p < 0,01) и 24,8 % (p < 0,05) после холодового воздействия на кожу кисти, стопы, кисти и стопы соответственно. Следует отметить, 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, как и у мужчин, вызвало значительные изменения легочного газообмена (см. табл. 1). Так, произошло увеличение ПО₂ после локального охлаждения кисти на 17,5 % (p < 0,05), стопы – на 26,5 % (p < 0,001) и сочетанного охлаждения кисти и стопы – на 24,5 % (p < 0,001) (рис. 2). Повышение величины ПО₂ у женщин не вызвало ожидаемого снижения содержания О₂ и повышения уровня СО₂ в выдыхаемом воздухе. Колебания процентного содержания их

были незначительны ($p > 0,05$). Однако достоверно возросла величина VCO_2 при охлаждении кисти на 11,4 % ($p < 0,01$), стопы – на 23,6 % ($p < 0,01$), кисти и стопы – на 31,8 % ($p < 0,01$). Таким образом, несмотря на то, что процентное содержание CO_2 в выдыхаемом воздухе у женщин после локального холодового воздействия практически не изменилось, величины минутного выделения CO_2 существенно и статистически достоверно увеличились. Такое увеличение было реализовано за счет возрастания минутного объема дыхания в ответ на локальное охлаждение. Однако такой путь реализации обеспечения выведения CO_2 у женщин следует считать менее экономичным, чем у мужчин.

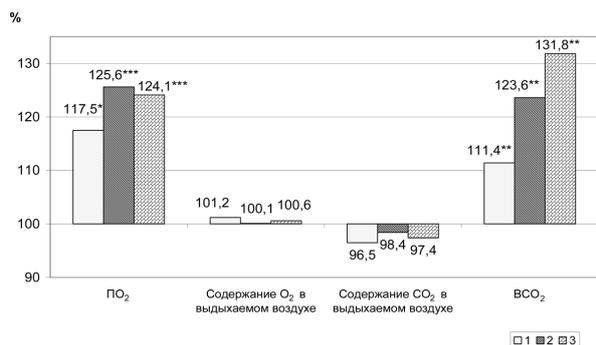


Рис. 2. Изменение показателей лёгочного газообмена после локального охлаждения кожи кисти (1), стопы (2), кисти и стопы (3) у женщин

Примечания: за 100 % принята исходная величина до холодового воздействия; различия с исходной величиной достоверны: * – $p \leq 0,05$; ** – $p \leq 0,01$; *** – $p \leq 0,001$.

Необходимо отметить, что у женщин, как и у мужчин, локальное охлаждение кожи стопы вызвало более значительные изменения со стороны показателей лёгочного газообмена, чем при охлаждении кисти.

В целом у женщин по сравнению с мужчинами происходят более выраженные изменения со стороны лёгочного газообмена в ответ на локальное холодовое воздействие (табл. 2).

Таблица 2

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

Показатель	Мужчины			Женщины		
	1	2	3	1	2	3
PO_2	11,8*	20,5**	28,1***	17,5*	25,6***	24,1***
Содержание O_2 в выдыхаемом воздухе	-1,8**	-3,6***	-3,0*	1,2	0,1	0,6
Содержание CO_2 в выдыхаемом воздухе	0,3	7,9**	7,3*	-3,5	-1,6	-2,6
VCO_2	12,7	15,9**	24,8*	11,4**	23,6**	31,8**

Примечание. Изменения достоверны: * – $p \leq 0,05$; ** – $p \leq 0,01$; *** – $p \leq 0,001$.

Таким образом, локальное холодовое воздействие на кожу кисти и стопы вызывает существенные изменения

лёгочного 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 лёгочном газообмене более выражены, чем у мужчин.

Полученные результаты отражают, по всей видимости, активирующее влияние центра терморегуляции на дыхательный центр. Можно полагать, что холодовое раздражение терморецепторов кожи кисти и стопы вызывает возбуждение центра терморегуляции, который, в свою очередь, оказывает влияние на дыхательный центр.

Список литературы

1. Бююль А. SPSS: искусство обработки информации / А. Бююль, П. Цефель. – Спб. : ООО «ДиаСофтЮП», 2005. – 608 с.
2. Глебовский В. Д. Раздражение тригеминальных рецепторов слизистой оболочки носа дыхательными потоками воздуха / В. Д. Глебовский, А. В. Баев // Физиологический журнал СССР. – 1984. – Т. 70, № 4. – С. 1534–1537.
3. Козырева Т. В. Влияние локального охлаждения кожи на спирометрические показатели человека / Т. В. Козырева, Т. Г. Симонова, О. В. Гришин // Бюллетень СО РАМН. – 2002. – № 1(103). – С. 71–73.
4. Орлов Г. А. Хроническое поражение холодом / Г. А. Орлов. – М. : Медицина, 1978. – С. 45–55.
5. Попова О. Н. Влияние локального охлаждения кожи на некоторые показатели внешнего дыхания человека / О. Н. Попова // Экология человека. – 2007. – № 2. – С. 19–21.
6. Koskela H. O., Rasanen S. H., Tukiainen H. O. // Resp. Med. – 1997. – Vol. 91. – P. 470–474.

REACTION OF PULMONARY GAS EXCHANGE TO LOCAL COOLING OF HAND AND FOOT SKIN

A. B. Gudkov, O. N. Popova

Northern State Medical University, Arkhangelsk

Influence of local cooling of hand and foot skin on the pulmonary gas exchange function during breathing in comfortable microclimatic conditions in 35 men and 35 women has been studied. For local cooling, a test proposed by G. A. Orlov was used. It has been established that local cooling of hand and foot skin caused significant and statistically reliable changes in pulmonary gas exchange: oxygen consumption and carbonic acid discharge increased, in a greater degree - during foot skin than hand skin cooling. In the women, the changes in pulmonary gas exchange were more evident than in the men.

Key words: local cooling, hand, foot, gas exchange.

Контактная информация:

Гудков Андрей Борисович – доктор медицинских наук, профессор, директор института гигиены и медицинской экологии Северного государственного медицинского университета

Адрес: 163000, г. Архангельск, пр. Троицкий, д. 51
Тел. (8182) 21-50-93

Статья поступила 18.02.2009 г.