

УДК 612.2

ПОЛОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЕАКЦИИ СИСТЕМЫ ДЫХАНИЯ НА ПРОГРЕССИРУЮЩУЮ ГИПЕРКАПНИЮ И ПОСТУРАЛЬНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

В.И. Миняев, К.Б. Маркова, А.В. Миняева

Тверской государственной университет

У 10 мужчин и 10 женщин посредством компьютерного безмасочного пневмографа исследованы особенности реакции торакального и абдоминального компонентов системы дыхания на прогрессирующую гиперкапнию в зависимости от положения тела в пространстве. Выявлено, что постуральные влияния на соотношение роли торакального и абдоминального компонентов дыхательного аппарата в осуществлении вентиляции легких при спонтанном дыхании воздухом и при гиперпноэ в ответ на гиперкапнию у женщин несколько менее выражены, чем у мужчин, что, вероятно, обусловлено морфологическими особенностями женского организма, связанными с репродуктивной функцией.

Ключевые слова: регуляция дыхания, гиперкапния, постуральные влияния, половые особенности

Известно, что спонтанные дыхательные движения человек осуществляет с участием диафрагмы и межреберных дыхательных мышц. Эти мышечные группы различаются морфологически, функционально и регуляторно. Поэтому условно выделяют торакальный (грудной) и абдоминальный (брюшной) компоненты системы дыхания [13; 9; 5]. Участие этих компонентов в осуществлении вентиляции легких при различных адекватных и неадекватных возмущениях может быть неодинаковым. Показано, что в положении стоя человек дышит, в равной степени используя торакальный и абдоминальный компоненты; при гиперпноэ в ответ на усиление хеморецепторной стимуляции исходное соотношение торакального и абдоминального вкладов в объем вентиляции, как правило, не меняется [12]; в горизонтальном положении вентиляция легких осуществляется в большей степени за счет абдоминального вклада в объем вентиляции [11]. Следует заметить, что эти данные были получены в экспериментах с участием испытуемых-мужчин. Существуют ли половые различия реакций торакального и абдоминального компонентов на постуральные и хеморецепторные возмущения – попытка ответить на эти и вытекающие из них вопросы и послужила основной целью данной работы.

Методика. В исследовании приняли участие 10 мужчин и 10 женщин (со сходными антропометрическими данными) в возрасте от 18 до 25 лет. В качестве специфического (хеморецепторного) возмущения была выбрана прогрессирующая гиперкапния (до увеличения P_{ACO_2} на 15 мм рт. ст.), достаточная для выраженной вентиляторной реакции и не сопровождающаяся токсическими явлениями [8; 6]. Условия прогрессирующей гиперкапнии достигались путем возвратного дыхания в замкнутой системе спирографа (СГ-1М) без поглощения углекислого газа и с добавлением в систему кислорода в количестве, равном потребляемому.

Исследование включало в себя две серии. В первой - в вертикальном положении тела относительно вектора гравитации (стоя) при спонтанном дыхании и в условиях прогрессирующей гиперкапнии регистрировались следующие объемные, временные и скоростные параметры вентиляции легких: частота дыхания (f , цикл/мин), дыхательный объем ($V_{T, мл}$) и его торакальная (ThV_T) и абдоминальная (AbV_T) составляющие, минутный объем вентиляции легких (\dot{V} , л/мин) и его торакальная ($Th\dot{V}$) и абдоми-

нальная ($Ab \dot{V}$) составляющие, время вдоха (T_I , с), выдоха (T_E , с), постэкспираторной паузы (T_P , с), дыхательного цикла (T_T , с), объемная скорость вдоха (\dot{V}_I , мл/с), выдоха (\dot{V}_E , мл/с), скорости торакальных и абдоминальных составляющих вдоха ($Th \dot{V}_I$, $Ab \dot{V}_I$) и выдоха ($Th \dot{V}_E$, $Ab \dot{V}_E$). Во второй серии те же параметры регистрировались в положении лежа. Использовался компьютерный безмасочный пневмограф [9]. При расчетах объемные параметры дыхания приводились к системе ВTPS. Кроме того, на всем протяжении исследования при помощи капнографа (ГУМ-2) осуществлялась регистрация парциального давления углекислого газа в альвеолярном воздухе (P_{ACO_2} , мм рт.ст.), с помощью оксигеметра (057М с ушным датчиком) – оксигенации артериальной крови (SAO_2 , %). Полученные данные обработаны стандартными методами вариационной статистики. Достоверность различий параметров оценивалась с использованием критерия Стьюдента для независимых и сопряженных рядов, достоверность коэффициентов корреляции – по Рокицкому [7].

Результаты и их обсуждение. Анализ полученных результатов выявил следующее.

Исходно в вертикальном положении у *мужчин* все показатели спонтанного дыхания (объемные, скоростные и временные) и их соотношения были типичными [11]. Вентиляция легких в этом случае практически в равной степени обеспечивается торакальным и абдоминальным вкладами в дыхательный объем ($51,3 \pm 4,6$ и $48,7 \pm 4,6$ % соответственно). У *женщин* в этом положении абдоминальный вклад в дыхательный объем и вентиляцию легких несколько преобладает над торакальным ($Th V_T / V_T - 40,8 \pm 6,3\%$, $Ab V_T / V_T - 59,2 \pm 6,3\%$) (табл. 1, 2). Также следует отметить, что у *женщин* величины дыхательного объема в целом и его торакальной составляющей в частности меньше (при $p < 0,05$), частота дыхания несколько больше, нежели у *мужчин*. Временная структура дыхательного цикла у *мужчин* и *женщин* не различается и соответствует литературным данным для спонтанного дыхания: вдох несколько короче выдоха, у всех испытуемых отмечена постэкспираторная пауза [1; 2; 9]. Отношения объемных скоростей торакальных и абдоминальных составляющих вдоха и выдоха аналогичны соотношениям объемных параметров: у *мужчин* объемные скорости торакальной и абдоминальной составляющих и вдоха, и выдоха практически равны, у *женщин* – несколько преобладает скорость абдоминальных составляющих вдоха и выдоха (табл. 2).

В процессе возвратного дыхания в положении стоя у *мужчин* и у *женщин* наблюдается типичная реакция на гиперкапнию [8; 3]. Прирост минутного объема вентиляции в обеих группах испытуемых осуществляется в основном за счет увеличения дыхательного объема ($r=0,84$ и $0,70$ соответственно при $p < 0,01$) при сохранении исходных соотношений его торакальных и абдоминальных составляющих. Частота дыхания у тех и других не меняется. Следует отметить, что у *мужчин* и *женщин* прирост минутного объема вентиляции легких в ответ на гиперкапнию существенно не различается. При этом у *мужчин* несколько более выражена вентиляторная чувствительность к двуокиси углерода торакального компонента системы дыхания, у *женщин* – абдоминального (табл. 1).

В положении лежа вентиляторная реакция на прогрессирующую гиперкапнию у *мужчин* более выражена, чем в положении стоя, что проявляется в большем приросте минутного объема вентиляции за счет абдоминальной составляющей дыхательного объема (табл. 2). Увеличение вентиляторной чувствительности к углекислому газу у них также обусловлено статистически достоверным увеличением вентиляторной чувствительности абдоминального компонента системы дыхания (табл. 1). У *женщин* вентиляторная реакция на гиперкапнию по сравнению с положением стоя менее выражена, о чем свидетельствует меньший прирост объема вентиляции. Исходные соотношения торакального и абдоминального вкладов в дыхательный объем в этом положении также сохраняются (табл. 2). При этом снижение вентиляторной чувствительности к

Таблица 1

Сравнительная динамика показателей газообмена и вентиляции легких мужчин (1) и женщин (2) в условиях прогрессирующей гиперкапнии ($M \pm m$)

Параметры		Положение стоя			Положение лежа			Сдвиг 3-1 (+ -) P<	Сдвиг 4-2 (+ -) P<
		Воздух	Гиперкапния	P<1-2	Воздух	Гиперкапния	P<3-4		
		Величины			Величины				
		1	2		3	4			
$S_{A}O_2$, %	1	96,0±0,0	95,6±0,2	0,05	96,0±0,0	95,6±0,2	0,05		
	2	96,0±0,0	95,6±0,2	0,05	96,0±0,0	95,5±0,2	0,05		
P_{ACO_2} мм рт.ст.	1	35,9±1,3	51,3±1,3	0,001	36,5±2,0	51,9±2,0	0,001		
	2	35,2±1,4	50,1±1,4	0,001	36,4±1,6	51,3±1,6	0,001		
\dot{V} , л/мин	1	10,2±1,0	21,8±2,2	0,001	8,4±0,7	25,5±4,2	0,01	(-)	(+)
	2	9,9±0,1	21,4±2,8	0,001	8,1±0,6	18,1±2,7	0,01	(-)	(-)
$\Delta \dot{V} / \Delta P_{ACO_2}$ мл/мм рт.ст	1		751±109			1116±297			(+)
	2		771±169			670±167			(-)
Th \dot{V} л/мин	1	5,2±0,6	11,8±1,9	0,01	2,4±0,4	8,7±1,7	0,01	(-) p<0,01	(-)
	2	4,0±0,6	8,6±1,1	0,001	3,2±0,4	7,0±0,9	0,01	(-)	(-)
$\Delta Th \dot{V} / \Delta P_{ACO_2}$ мл/мм рт.ст	1		429±100			406±117			(-)
	2		309±53			253±63			(-)
Ab \dot{V} , л/мин	1	5,0±0,8	9,9±1,4	0,01	6,0±0,6	16,9±2,6	0,01	(+)	(+) p<0,01
	2	5,8±1,1	12,7±3,0	0,05	4,8±0,6	11,1±2,5	0,05	(-)	(-)
$\Delta Ab \dot{V} / \Delta P_{ACO_2}$ мл/мм рт.ст	1		322±78			709±189			(+) p<0,05
	2		462±151			417±140			(-)

Примечание: здесь и далее степень достоверности различий вкладов торакального и абдоминального компонентов системы дыхания: подчеркнутый – P<0,05; **полужирный** – P<0,01; *полужирный курсив* – P<0,001.

Таблица 2

Сравнительная динамика показателей газообмена и объемных и скоростных параметров дыхания мужчин (1) и женщин (2) в условиях прогрессирующей гиперкапнии ($M \pm m$)

Параметры		Положение стоя			Положение лежа			Сдвиг 3-1 (+ -) P<	Сдвиг 4-2 (+ -) P<
		Воздух	Гиперкап- ния	P<1-2	Воздух	Гиперкап- ния	P<3-4		
		Величины			Величины				
		1	2		3	4			
P _A CO ₂ , мм рт. ст.	1	35,9±1,3	51,3±1,3	0,001	36,5±2,0	51,9±2,0	0,001		
	2	35,2±1,4	50,1±1,4	0,001	36,4±1,6	51,3±1,6	0,001		
V _T , мл	1	805±67	1704±204	0,001	623±50	1774±303	0,01	(-) p<0,05	(+)
	2	615±44*	1251±113	0,001	517±41	1093±137	0,01	(-)	(-)
Th V _T , мл	1	413±59	927±141	0,001	179±37	601±118	0,01	(-) p<0,001	(-)
	2	251±38*	506±78*	0,001	207±28	424±56	0,01	(-)	(-)
Th V _T /V _T , %	1	51,3±4,6	54,4±4,8		28,7±4,1	33,9±2,1		(-) p<0,001	(-) p<0,01
	2	40,8±6,3	40,4±5,8		40,1±4,5	38,8±5,5		0	(-)
Ab V _T , мл	1	392±40	777±144	0,01	445±24	1173±192	0,01	(+)	(+) p<0,01
	2	364±58	745±122	0,01	310±31**	669±132	0,01	(-)	(-)
Ab V _T /V _T , %	1	48,7±4,6	45,6±4,8		71,3±4,1	66,1±2,1		(+) p<0,001	(+) p<0,01
	2	59,2±6,3	59,6±5,8		59,9±4,5	61,2±5,5		0	(+)
V̇ _I , мл/с	1	374±35	780±82	0,001	318±31	904±137	0,01	(-)	(+)
	2	397±34	839±96	0,001	303±23	658±96	0,01	(-) p<0,05	(-)
Th V̇ _I , мл/с	1	196±21	421±68	0,01	92±18	300±58	0,01	(-) p<0,01	(-)
	2	162±22	346±55	0,01	120±11	257±35	0,01	(-)	(-)
Ab V̇ _I , мл/с	1	185±29	360±58	0,01	226±24	567±86	0,01	(+)	(+) p<0,05
	2	236±44	523±97	0,01	183±22	391±89	0,05	(-)	(-)
V̇ _E , мл/с	1	353±40	738±73	0,001	326±29	859±157	0,05	(-)	
	2	339±37	669±98	0,01	270±27	599±92	0,01	(-)	(-)
Th V̇ _E , мл/с	1	177±24	413±66	0,01	78±18	275±68	0,05	(-) p<0,01	(-)
	2	132±20	275±36	0,001	103±12	211±25	0,01	(-)	(-)
Ab V̇ _E , мл/с	1	174±24	335±42	0,01	242±37	545±96	0,05	(+)	(+) p<0,05
	2	200±38	396±103	0,05	155±24	355±92	0,05	(-)	(-)

двуокси углерода происходит в результате одинакового снижения ее торакальной и абдоминальной составляющих (табл. 1).

Таким образом, постуральные влияния на соотношение роли торакального и абдоминального компонентов дыхательного аппарата в осуществлении вентиляции легких при спонтанном дыхании воздухом и при гиперпноэ в ответ на гиперкапнию у *женщин* несколько менее выражены, чем у *мужчин*. Менее значимая роль абдоминального компонента в вентиляции легких при гиперпноэ в положении лежа у *женщин* (по сравнению с мужчинами), вероятно, обусловлена морфологическими особенностями женского организма, связанными с репродуктивной функцией.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блохин И. П. Фазовый анализ дыхательного акта // Физиол. журн. СССР. 1980. Т. 65, № 12. С. 1783–1789.
2. Бреслав И.С. Паттерны дыхания. Л., 1984.
3. Бреслав И.С., Глебовский В.Д. Регуляция дыхания. Л., 1981.
4. Дворецкий Д.П. Вентиляция, кровообращение и газообмен в легких // Физиология дыхания. Основы современной физиологии. СПб., 1994. С. 197–257.
5. Дьяченко А.И., Миняев В.И., Миняева А.В. Методы исследования торакального и абдоминального компонентов системы дыхания в вентиляции легких 2007 // Вестн. Тверс. гос. ун-та. Сер. «Биология и экология». 2007. Вып. 6, № 22 (50). С. 15–21.
6. Иванов К.П. Дыхательная функция крови // Физиология дыхания. СПб, 1994. С. 258–300.
7. Лакин Г.Ф. Биометрия. М., 1973.
8. Маршак М.Е. . Регуляция дыхания у человека // М. 1961.
9. Миняев В.И., Гречишкин Р.М., Миняева А.В. и др. Особенности реакций брюшного и грудного компонентов дыхания на прогрессирующую гиперкапнию // Физиол. журн. им. И.М.Сеченова. 1993. Т. 9, № 12. С. 74–78.
10. Миняев В.И., Маркова К.Б., Миняева А.В. Сравнительная характеристика объемной структуры жизненной емкости легких мужчин и женщин // Вестн. Тверс. гос. ун-та. Серия «Биология и экология». 2007. Вып. 5, № 21 (49). С. 15–21.
11. Миняев В.И., Миняева А.В. Зависимость соотношения и степени использования торакального и абдоминального дыхательных резервов от положения тела // Физиол. человека. 1998а. Т. 24, № 5. С. 11–15.
12. Миняев В.И., Миняева А.В. Сравнительный анализ реакций торакального и абдоминального компонентов дыхания на гиперкапнию и мышечную работу // Физиол. журн. им. И.М.Сеченова. 1998б. Т. 84. № 4. С. 323–329.
13. McKonno, Mead J. Measurement of the separate volume changes of rib cage and abdomen during breathing // J. Appl. Physiol. 1967. V. 22. P. 407–422.

SEXUAL PECULIARITIES OF RESPIRATION SYSTEM REACTION ON PROGRESSING HYPERCAPNIA AND POSTURAL EFFECTS.

V.I. Mynjaev, K.B. Markova, A.V. Mynjaeva

Tver State University

The experiments conducted on 10 male and 10 female patients done through computer non-mask pneumograph investigated the peculiarities of reaction of thoracal and abdominal components of lung system on progressing hypercapnia subjected to position of the body. It was detected that postural influence on correlation of role of thoracal and abdominal components of respiratory apparatus during lungs ventilation with spontaneous breathing and hyperpnea as reaction of hypercapnia of women less expressed than of men. It is likely conditioned by morphological peculiarities of female organism connected with reproductive function.