

УДК 612.21/. 22: 612.28] – 055.2-053.9

## ИЗМЕНЕНИЯ ПАТТЕРНА ДЫХАНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИИ ЛЕГКИХ У ЖЕНЩИН ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА ПОД ВЛИЯНИЕМ ХЕМОРЕЦЕПТОРНОГО СТИМУЛА

*Букова А.В.*

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина  
E-mail: tnu-fr@rambler.ru*

Проведены исследования паттерна дыхания и вентиляционной функции легких женщин пожилого возраста. Выявлены возрастные особенности регуляции дыхания. Определены диагностические возможности хеморецепторной стимуляции в оценке функционального состояния респираторной системы лиц пожилого возраста.

**Ключевые слова:** женщины пожилого возраста, хеморецепторный стимул, паттерн дыхания, вентиляция.

### ВВЕДЕНИЕ

Старение можно определить как неизбежно и закономерно нарастающий во времени процесс, ведущий к уменьшению приспособительных возможностей организма. В ходе старения на физиологические изменения в органах и тканях накладываются внешние патогенетические воздействия, которым человек подвергается в течении жизни. Ведущими причинами, способствующими активизации процессов дезинтеграции, следует считать снижение стимулирующих влияний различных средовых факторов на адаптационные резервы стареющего организма.

Старение организма сопряжено с большим числом обменных и регуляторных изменений, конечные следствия которых проявляются сужением адаптационных возможностей. Отмечена неразрывная связь старения с фундаментальными закономерностями биологической организации – теми, которые определяют способность организма и к сохранению самостождественности, и к эквифинальному то есть к устойчивому развитию [1]. Поскольку возрастной фактор носит антигомеостатический, дезадаптационный характер, то в процессе гомеостатического регулирования возникают количественные и качественные изменения в согласованности систем, обеспечивающих гомеостаз. В свою очередь механизмы гомеостаза имеют конечную функциональную способность, определяемую физическими ограничениями процессов саморегуляции. Применительно к определенным физиологическим параметрам эту способность можно определить через величину отклонения, с которым организм способен справиться [2]. В комплексе исследований механизмов гомеостатической регуляции

важное место занимает изучение возрастных особенностей системы внешнего дыхания. Это обусловлено, прежде всего, значением аппарата внешнего дыхания в обеспечении организма кислородом и существенной ролью гипоксии в генезе возрастных изменений ряда органов и систем, особенно при преждевременном старении, а также необходимостью выявления причин и механизмов, определяющих развитие ряда заболеваний органов дыхания при старении [3]. В этой связи знание нормативных показателей функций системы внешнего дыхания у пожилых людей, так и понимание механизмов их изменения в процессе старения позволит определить эндогенные предпосылки формирования заболеваний бронхо-легочной системы [4].

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Было обследовано 20 женщин в возрасте 65-70 лет. Вентиляционную функцию легких и паттерн дыхания изучали методом пневмотахометрии с использованием прибора «Спиро-Тест РС» с компьютерной обработкой регистрируемых показателей. При этом фиксировали следующие функциональные показатели: объем легочной вентиляции (VE, л/мин), дыхательный объем (VT, мл), частоту дыхательных движений (f, цикл/мин), ЖЕЛ вдоха (ЖЕЛвд, л), форсированную ЖЕЛ (ФЖЕЛ, л), объем форсированного выдоха за 1 секунду (ОФВ 1, л), пиковую объемную скорость (ПОС, л/с), мгновенную объемную скорость на уровне 25, 50, 75 % ЖЕЛ (МОС 25, МОС 50, МОС 75, л/с), среднюю объемную скорость на уровне 25-75 % ЖЕЛ (СОС25-75, л/с), среднюю объемную скорость на уровне 75-85 % ЖЕЛ (СОС 75-85, л/с), ЖЕЛ выхода (ЖЕЛвыд, л), резервный объем вдоха (РОвд, мл), резервный объем выдоха (РОВыд, мл), отношение времени выдоха ко времени вдоха (Твыд/Твд), ёмкость вдоха (Евд, л), длительность дыхательного цикла (Тцикл., с), длительность инспираторной (Ti, с) и экспираторной (Te, с) фаз. Оценивали уровень дыхания (УД, отн.ед) по соотношению РОВыд/РОвд, проводили пробу Тифно-Вотчала (ОФВ1/ЖЕЛвд, %). Фактические показатели сравнивали с должными значениями. Хеморецепторную стимуляцию проводили в течение 10 минут дыхания гипоксически-гиперкапнической газовой смесью, содержащей 17,0 %O<sub>2</sub> +4,0%CO<sub>2</sub>

Математическая обработка полученных результатов проводилась с использованием программы STATISTICA V.6.0. Для оценки достоверности отличий использовали t-критерий Стьюдента.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Кратковременные ингаляции гиперкапническими газовыми смесями, как известно, позволяют определить не только функциональные резервы системы внешнего дыхания, но и выявить возрастные изменения в механизмах регуляции вентиляционной функции. Особое внимание при этом следует обратить на состоянии механики дыхания, обеспечивающей необходимый уровень инспираторного и экспираторного потоков, изменения которых во многом определяют газовый гомеостаз организма. Оценивая исходное состояние механики дыхания женщин пожилого возраста, следует обратить внимание на ряд возрастные

изменений, ограничивающих возможности для обеспечения эффективной вентиляции (табл. 1).

**Таблица 1.**  
**Изменения показателей механики дыхания у женщин пожилого возраста под влиянием хеморецепторного стимула (n=20, X±Sx)**

ПОКАЗАТЕЛИ		ФОН	СТИМУЛЯЦИЯ	ρ
ЖЕЛ вд	Фактические, л	2,08±0,16	2,14±0,13	> 0,05
	Должные значения, л	2,74±0,14	2,95±0,18	
	%	80,0	77,9	
ФЖЕЛ	Фактические, л	2,27±0,16	2,47±0,14	> 0,05
	Должные значения, л	2,79±0,13	2,80±0,17	
	%	80,2	88,5	
ОФВ <sub>1</sub>	Фактические, л	1,94±0,19	2,12±0,18	> 0,05
	Должные значения, л	2,32±0,16	2,29±0,19	
	%	84,1	93,4	
ОФВ <sub>1</sub> /ФЖЕЛ	Фактические, %	85,3	86,8	> 0,05
	Должные значения, %	79,2	79,0	
	%	106,9	110,0	
ПОС	Фактические, л/с	3,85±0,18	5,13±0,16	< 0,001
	Должные значения, л/с	5,65±0,24	5,64±0,17	
	%	68,0	92,3	
МОС <sub>25</sub>	Фактические, л/с	3,23±0,21	4,72±0,24	< 0,001
	Должные значения, л/с	4,97±0,18	4,95±0,16	
	%	65,6	94,5	
МОС <sub>50</sub>	Фактические, л/с	2,32±0,13	3,22±0,20	< 0,01
	Должные значения, л/с	3,89±0,21	3,55±0,19	
	%	65,0	91,2	
МОС <sub>75</sub>	Фактические, л/с	1,67±0,09	1,51±0,08	> 0,05
	Должные значения, л/с	1,67±0,10	1,50±0,07	
	%	100,0	102,5	
СОС <sub>25-75</sub>	Фактические, л/с	2,24±0,19	3,15±0,22	< 0,01
	Должные значения, л/с	2,71±0,18	2,74±0,23	
	%	82,9	101,3	

В первую очередь это относится к респираторной мускулатуре, функциональные возможности которой резко снижаются под влиянием процессов старения. При этом дегенеративно-дистрофические нарушения затрагивают как в инспираторные, так и в экспираторные мышцы, что приводит к их ригидности, падению сократительной способности. Так, функциональная недостаточность инспираторной мускулатуры проявилась снижением величины ЖЕЛвдоха по отношению к должным значениям более чем на 20,0%, ( $p < 0,05$ ). Очевидно, возрастные изменения сопряжены с неспособностью диафрагмы и наружных

межреберных мышц обеспечить рост инспираторной активности при легочных объемах, превышающих 75-80 % ЖЕЛ вдоха. Возрастная недостаточность экспираторной мускулатуры проявлялась в свою очередь падением скорости воздушного потока при форсированном выдохе в бронхах большого и среднего калибра, когда значения МОС25 и МОС50 определяются главным образом силой мышечного сокращения. Эти показатели в среднем составляли 65,0% должных значений, ( $p < 0,01$ ). Так же зарегистрировано значительное снижение ПОС в среднем на 1,8 л/с, ( $p < 0,01$ ).

Кратковременная хеморецепторная стимуляция сопровождалась развитием респираторного ацидоза, активизацией синокаротидных и медуллярных рефлексогенных зон, увеличением легочной вентиляции [5]. Однако вместо ожидаемого значительно усиления инспираторной активности в ответ на действие гиперкапнического драйва, зарегистрирован рост скорости экспираторного потока в бронхиальной системе. Так, показатели пиковой объёмной скорости форсированного выдоха возросли на 1,28 л/с, ( $p < 0,001$ ), значения МОС25 и МОС50 на 46,1 % и 38,5 % соответственно, ( $p < 0,001$ ).

Возможно, несмотря на усиление центральной инспираторной активности, существенную роль в ограничении инспираторной фазы играют морфологические возрастные изменения дыхательного аппарата, особенно в мышцах грудной клетки [3]. В этой связи за счет уменьшающейся по мере старения дыхательной подвижности реберно-позвоночных и реберно-грудинных суставов, экскурсии диафрагмы резко сниженными становятся возможности для осуществления активного вдоха. Кроме того нельзя исключать возрастные ограничения предельных возможностей центральной регуляции дыхания, вследствие чего интенсивность эфферентных импульсов из дыхательного центра оказывается ниже, чем у молодых [6]. Вместе с тем следует отметить, что при гиперкапнии происходит усиление возбуждения экспираторных нейронов вентрального дыхательного ядра. Активность экспираторной части вентрального ядра повышается за счет хеморецепторного входа. Кроме того, возбуждение экспираторных нейронов облегчается импульсами рецепторов растяжения легких. Частота разрядов многих из этих нейронов, в особенности бульбо-спинальных, увеличивается при раздувании легких. Соответственно, раздувание легких усиливает экспираторную активность внутренних межреберных мышц и косых мышц живота [8]. Очевидно, одним из проявлений процесса старения может служить нарушение отношений между инспираторными и экспираторными нейронами, что способствует ослаблению рефлекса Беринга-Брейера. К числу возможных механизмов, обеспечивающих увеличение скорости воздушного потока в бронхах при форсированном выдохе в ответ на усиление хеморецепторного драйва, следует отнести экспираторное закрытие дыхательных путей [9]. Возможно, увеличение концентрации углекислоты в бронхах может способствовать изменению тонуса бронхиальной мускулатуры, что обеспечит рост внутрибронхиального давления по отношению к плевральному при форсированном выдохе. Таким образом, точка равного давления сместится в более мелкие бронхи и тем самым обеспечит более позднее закрытие дыхательных путей.

Объёмно-временные параметры дыхательного цикла в состоянии покоя и при хеморецепторной стимуляции представлены в Таблице 2.

**Таблица 2.**  
**Изменение параметров паттерна дыхания у женщин пожилого возраста под влиянием хеморецепторного стимула (n=20, X±Sx)**

№	Показатели	ФОН	СТИМУЛЯЦИЯ	ρ
1	ЖЕЛ, л	2,70±0,09	3,03±0,10	<0,05
2	РО вд, л	1,75±0,12	1,70±0,14	>0,05
3	ДО, л	0,671±0,03	0,816±0,02	<0,01
4	РО выд, л	0,279±0,09	0,486±0,10	<0,001
5	Е вд, с	2,35±0,17	2,47±0,12	>0,05
6	МОД, л/мин	12,15±0,90	15,18±1,10	<0,05
7	Твыд/Твд, от.ед	1,44±0,06	1,32±0,04	<0,05
8	ЧД, цикл/мин	17,8±0,7	18,6±0,9	>0,05
9	Ровыд/Ровд, отн.ед	0,15±0,04	0,33±0,06	<0,05

В состоянии относительного покоя при дыхании атмосферным воздухом у женщины пожилого возраста зарегистрирован повышенный объём легочной вентиляции, составлявший 12,15±0,90 л/мин. Основной вклад в вентиляционные характеристики дыхания в большей степени можно отнести на счет дыхательного объёма, равнявшегося 0,671±0,03. При достаточно высоких значениях VE в состоянии покоя жизненная ёмкость легких, определяющая вентиляционные резервы, не превышала 2,70±0,09 л. При этом процентное распределение составляющих ЖЕЛ было следующим: VT 24,8 %; РОвдох. 64,8 %; РОвыд. 10,4 %. Соотношение фаз выдоха и вдоха при спокойном дыхании составляло 1,44±0,06, что позволяет сделать заключение о наличии обструктивных процессов в бронхах. Для женщин пожилого возраста также был характерен низкий уровень дыхания. Соотношение РОвыд./РОвдох не превышало значений 0,15±0,04, что может свидетельствовать о гипервентиляции, сопровождающейся усилением процессов элиминации метаболического CO<sub>2</sub>.

Гиперкапнический стимул оказал значительное влияние, как на инспираторную активность дыхательного центра, так и на объёмно-временные параметры дыхательного цикла. Объём легочной вентиляции возрос в среднем на 3,0 л/мин, (p<0,05) в первую очередь за счет увеличения VT более чем на 20,0 %, (p<0,01) при этом отмечалось укорочение фазы выдоха на что указывает уменьшение Te/Ti до 1,32 отн.ед., (p<0,05). Гиперкапнический стимул, как известно, в большей степени усиливает центральную инспираторную активность, с которой непосредственно связано увеличение дыхательного объёма [10]. Однако существует механизм инспираторного выключения, связанный с усилением импульсной активности с рецепторов растяжения легких. Так, у молодых людей прогрессирующая гиперкапния начинает укорачивать вдох, когда дыхательный объём достигнет примерно 1,5 л. Возможно при старении снижается порог чувствительности

механорецепторов легких и реакция на ограничение вдоха включается при меньших объемах раздувания легких. Длительность экспираторной фазы наиболее лабильный компонент паттерна дыхания. Значительная роль в регуляции этой фазы связана с длительностью предшествующего вдоха и интенсивностью хеморецепторной стимуляции дыхания. Можно предположить, что у пожилых людей в связи с ранним укорочением вдоха и ограничением активности центральных структур в регуляции дыхания фаза выдоха укорачивается, но повышается её активность.

Ингаляция гиперкапнической газовой смесью способствовала изменению уровня дыхания. Увеличение  $P_{O_{\text{выд.}}}$ , при этом обеспечивало рост отношения  $P_{O_{\text{выд.}}}/P_{O_{\text{вд.}}}$  до  $0,33 \pm 0,06$  отн.ед., ( $p < 0,05$ ). Формирование более высокого уровня дыхания у пожилых людей в условиях гиперкапнии обусловлено феноменом ретенции метаболической углекислоты в связи с увеличением  $pCO_2$  в альвеолах лёгких. Следовательно, кратковременное дыхание газовой смесью с повышенным содержанием углекислого газа способствует росту напряжения  $CO_2$  в организме и может быть использовано с целью коррекции гипокапнических состояний у лиц пожилого возраста.

### **ВЫВОДЫ**

1. Выявлены возрастные изменения, ограничивающие возможности для обеспечения эффективной вентиляции у женщин пожилого возраста. Так, функциональная недостаточность инспираторной мускулатуры проявилась снижением величины ЖЕЛВдоха по отношению к должным значениям более чем на 20,0%, ( $p < 0,05$ ). Тогда как возрастные изменения экспираторной мускулатуры были связаны падением скорости воздушного потока при форсированном выдохе в бронхах большого и среднего калибра.
2. Хеморецепторная стимуляция сопровождалась усилением как инспираторной, так и экспираторной активности. Однако в большей степени отмечался рост экспираторного потока. Так, показатели пиковой объёмной скорости форсированного выдоха возросли на 1,28 л/с, ( $p < 0,001$ ), значения МОС25 и МОС50 на 46,1 % и 38,5 % соответственно, ( $p < 0,001$ ). Существенную роль в ограничении инспираторной фазы играют морфологические возрастные изменения дыхательного аппарата, нарушения отношений между инспираторными и экспираторными нейронами. К числу возможных механизмов, обеспечивающих увеличение скорости воздушного потока в бронхах при форсированном выдохе в ответ на усиление хеморецепторного драйва, следует отнести смещение точки раннего экспираторного закрытия дыхательных путей.
3. Хеморецепторный стимул оказал влияние, как на инспираторную активность дыхательного центра, так и на объёмно-временные параметры дыхательного цикла. Объём легочной вентиляции возрос в среднем на 3,0 л/мин, ( $p < 0,05$ ) в первую очередь за счет увеличения VT более чем на 20,0 %, ( $p < 0,01$ ) при этом отмечалось укорочение фазы выдоха ( $p < 0,05$ ). Определен механизм инспираторного выключения, связанный со снижением порога чувствительности механорецепторов легких. Ингаляция гиперкапнической газовой смесью

способствовала изменению уровня дыхания. Увеличение  $PO_{\text{выд}}$ , при этом обеспечивало рост отношения  $PO_{\text{выд}}/PO_{\text{вд}}$ , до  $0,33 \pm 0,06$  отн.ед., ( $p < 0,05$ ). Формирование более высоко уровня дыхания у пожилых людей в условиях гиперкапнии обусловлено феноменом ретенции метаболической углекислоты в связи с увеличением  $pCO_2$  в альвеолах лёгких.

### Список литературы

1. Войтенко В.П. Системные механизмы развития и старения / В.П. Войтенко, А.М. Полухов. – Ленинград: Наука, 1986. – 280 с.
2. Горизонтов С.В. Гомеостаз / Горизонтов С.В. – М.: Медицина, 1981. – 440 с.
3. Коркушко О.В. Возрастные изменения дыхательной системы при старении и их роль в развитии бронхо-легочной патологии / О.В. Коркушко, Д.Ф. Чеботарев, Н.Д.Чеботарев // Украинський пульмонологічний журнал. – 2005. – №3. – С. 35–41.
4. Фещенко Ю.И. Проблемы хронических обструктивных заболеваний легких / Ю.И. Фещенко // Украинський пульмонологічний журнал. – 2002. – №1. – С. 5–10.
5. Человек в условиях гипоксии и гиперкапнии / [Агаджанян Н.А., Полунин И.Н., Степанов В.К., Поляков В.Н]. – Астрахань-Москва, 2001. – 340 с.
6. Иванов Л.А. Особенности вентиляционной функции легких при гиперкапнии в пожилом и старческом возрасте / Л.А. Иванов // Физиология человека. – 1985. – Т.11., №2. – С. 272–279.
7. Бреслав И.С. Паттерны дыхания человека при гиперкапнии и гипоксии / И.С.Бреслав, А.М. Шмелёва, С.М. Сидиков // Физиологический журнал. – 1983. – Т. 119., №4. – С.18–24.
8. Бреслав И.С. Регуляция дыхания / И.С. Бреслав, В.Д. Глебовский – Ленинград: Наука, 1981. – 280 с.
9. Зильбер А.П. Дыхательная недостаточность / Зильбер А.П. – М.: Медицина, 1989. – 511 с.
10. Буков Ю.А. Работоспособность в условиях измененной газовой среды. Кислород. Азот. Гелий,  $CO_2$  / Ю.А. Буков, Н.П. Красников – Симферополь, 1998. – 211 с.

**Букова А.В. Особливості механіки дихання у жінок похилого віку / А.В. Букова // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 36-42.**

Проведені дослідження патерну дихання і вентиляційної функції легких жінок літнього віку. Виявлені вікові особливості регуляції дихання. Визначені діагностичні можливості хеморецепторної стимуляції в оцінці функціонального стану респіраторної системи осіб літнього віку.

**Ключові слова:** жінки похилого віку, хеморецепторний стимул, патерн дихання, вентиляція.

**Bukova A.V. Respiratory mechanics properties in elderly women / A.V. Bukova // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No 4. – P. 36-42.**

Respiratory pattern and ventilating function were investigated in the elderly women. The age properties in respiratory regulation were exposed. Diagnostic abilities of chemoreceptive stimulation in the elderly women's respiratory system functional state determination were estimated.

**Keywords:** elderly women, chemoreceptive stimulation, respiratory pattern, ventilating.

*Поступила в редакцію 17.11.2011 г.*