УДК 612.211-055.2-053.02

ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ПРОИЗВОЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЫХАНИЕМ В СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ РЕЗЕРВОВ РЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ У ЛИЦ РАЗЛИЧНОГО ВОЗРАСТА

Буков Ю.А., Бурбанова О.Н.

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

В статье проведен сравнительный анализ показателей функциональных резервов дыхательной системы у женщин различных возрастных групп. В настоящее время концепция гомеостаза играет важную роль при анализе жизненных процессов на разных уровнях биологической системы. Респираторная система является основной функциональной системой жизнедеятельности организма, участвующей в его энергообеспечении. По мере реализации индивидуальной онтогенетической программы в этой системе происходят количественные и качественные изменения. В этой связи использование методов произвольного управления дыханием, позволит расширить функциональные резервы системы внешнего дыхания, оптимизировать механизмы саморегуляции. Выявлены изменения в механики дыхания у людей различных возрастных групп и влияния произвольного управления дыханием на механизмы гомеостатического регулирования.

Ключевые слова: респираторная система, функциональные резервы, регуляция, возрастные группы

PHYSIOLOGICAL SIGNIFICANCE OF ARBITRARY CONTROL BREATHING IN PERFECTION RESERVES OF RESPIRATORY SYSTEM IN PEOPLE OF DIFFERENT AGE

Bukov Y.A., Burbanova O.N.

Taurida National V.I. Vernadsky University Simferopol, e-mail: tnu-fr@rambler.ru

The article provides a comparative analysis of the functional reserves of the respiratory system in women of different age groups. Nowadays, the concept of homeostasis plays an important role in the analysis of life processes at different levels of biological organization . Respiratory system is the basic functional system functioning of the body involved in its energy supply . As implementation of individual developmental programs in this system there are quantitative and qualitative changes . In this regard, the use of arbitrary methods of breathing , will expand the functional reserves of external respiration , optimize self-regulation mechanisms . The changes in respiratory mechanics in people of different age groups and the impact of random breath control mechanisms for homeostatic regulation.

Keywords: respiratory system, functional reserves, regulation, age groups

Адаптационные возможности организма представляют собой одно из фундаментальных свойств здоровья. Адаптационные возможности – это запас функциональных резервов, которые постоянно расходуются на поддержание равновесия между организмом и средой [1,2]. Концепция гомеостаза в настоящее время играет важную роль при анализе жизненных процессов на разных уровнях биологической системы. Гомеостатические свойства целостного организма являются результатом одновременного действия многочисленных и сложно организованных регуляторных механизмов, среди которых одно из важных мест занимает вегетативная регуляция физиологических функций, обеспечивающая постоянство уровней обмена веществ и энергии в организме. Чем выше функциональный резерв, тем меньше усилия требуются для адаптации [3].

Респираторная система является основной функциональной системой жизнедеятельности организма, участвующей в его энергообеспечении. По мере реализации индивидуальной онтогенетической программы в этой системе происходят количественные и качественные изменения, характер и выраженность которых определяются целым рядом эндогенных экзогенных факторов. К числу таких факторов следует отнести возрастные морфо-функциональные изменения в механических свойствах аппарата дыхания и механизмах регуляции дыхания, уменьшение просвета бронхов, приводящих в итоге к снижению вентиляционных способностей [6].

Снижающиеся вентиляционные способности в свою очередь существенно изменяют кинетику респираторных газов, что может найти свое отражение в формировании гипоксических, гипокапнических или гиперкапнических состояний, и, в итоге, привести к резкому ограничению приспособительных возможностей организма. В этой связи использование методов произвольного управления дыханием, позволит расширить функциональные резервы системы внешнего дыхания, оптимизировать механизмы саморегуляции [5, 6].

Материалы и методы исследования

Было обследовано 160 женщин четырех возрастных группах. Каждая группа была разделена на подгруппу А и подгруппу Б. Женщины погруппы А вели обычный образ жизни, а женщины погруппы Б в течение ряда лет регулярно занимались респираторным тренингом, используя элементы дыхательной гимнастики хатха йоги и респираторных упражнений. Первую группу составили молодые женщины в возрасте 20-30 лет, вторую – женщины зрелого возраста (31-45 лет), третья группа состояла из женщин среднего возраста (46-60 лет) и в четвертую группу были включены женщины пожилого возраста (61-75 лет). Функциональное состояние респираторной системы изучали методом пневмотахометрии с использованием прибора «Спиро-Тест РС» с компьютерной обработкой регистрируемых показателей. При этом фиксировали следующие функциональные показатели: объём легочной вентиляции (V_E, л/мин), дыхательный объём (V_T, мл), частоту дыхательных движений (f, цикл/мин), пиковую объёмную скорость (ПОС, л/с), мгновенную объёмную скорость на уровне 25, 50, 75 % ЖЕЛ ($МОС_{25}$, $МОС_{50}$, $МОС_{75}$, л/с), среднюю объёмную скорость на уровне 25-75 % ЖЕЛ ($СОС_{25-75}$, л/с), среднею объёмную скорость на уровне 75-85 % ЖЕЛ ($СОС_{75-85}$, л/с), ЖЕЛ выхода (ЖЕЛвыд, л), резервный объём вдоха (РОвд, мл), резервный объём выдоха (РОвыд, мл),). Оценивали уровень дыхания (УД, отн.ед) по соотношению РОвыд/РОвд.

Фракционное содержание кислорода и углекислого газа в пробах альвеолярного воздуха (FAO_2, $FACO_2$, об.%) определяли с использованием газоанализаторов ПГА-КМ и ПГ-ДУМ. С целью оценки механизмов регуляции дыхания применяли метод возвратного дыхания в ёмкость, объёмом 20 литров. Продолжительность дыхания составляла 10 минут. Содержание кислорода и углекислого газа (F_IO_2, F_ICO_2) в ёмкости по завершению процедуры составляло в среднем 5,5 и 14,0 об.% соответственно. Чувствительность к хеморецепторному стимулу определяли по величине прироста объёма лёгочной вентиляции ΔV_E к градиенту увеличения pCO_2 в альвеолярном газе ΔP_ACO_2 ($\Delta V_E/\ \Delta P_ACO_2$, л/мин/ мм рт.ст). Объемные показатели приведены к условиям BTPS. Исследования проводились в условиях относительного покоя. Результаты обрабатывались статистически с использованием t-критерия Стьюдента.

Результаты исследования и их обсуждение

Возрастные характеристики механики дыхания женщин, ведущих обычный образ жизни и женщин, принимавших участие в длительных занятиях респираторным тренингом, представлены в таблице.

Показатели механики дыхания обследуемых женщин различных возрастных групп (X±Sx)

Показатели	1А	1Б	2А	2Б	3А	3Б	4А	4Б
ПОС (л/с)	5,82±0,23	7,35±0,18*	6,10±0,24	7,51±0,21*	5,18±0,29	6,79±0,27*	4,21±0,25*	5,98±0,20
$МОС_{25}$ л/мин	5,64±0,20	6,35±0,22*	5,34±0,26	6,73±0,19*	4,71±0,25*	5,98±0,30	3,69±0,29*	5,12±0,18
$МОС_{50}$ л/мин	4,33±0,16	4,98±0,21*	4,18±0,25	5,33±0,20*	3,47±0,24*	4,39±0,24	2,83±0,23*	3,72±0,24
$МОС_{75}$ л/мин	2,21±0,15	3,36±0,19*	1,91±0,18	3,92±0,18*	1,69±0,16*	2,82±0,12*	1,09±0,17*	2,21±0,21
$СОС_{25-75}$ л/мин	3,63±0,24	4,38±0,27*	3,23±0,24	4,90±0,12*	2,97±0,20*	4,01±0,14	2,19±0,23*	3,38±0,20
V_E (л/м)	10,58±0,58	7,60±0,31*	10,28±0,27	5,39±0,22*	8,70±0,39*	7,50±0,47*	7,81±0,39*	9,50±0,40
F (цикл./мин)	17,2±0,50	8,9±0,60*	18,1±0,90	5,3±0,30*	17,5±0,80	8,4±0,40*	18,9±0,80	13,4±0,40*
V_T (мл)	620,0±34,1	890,0±29,9*	570,0±30,2	1060,0±31,7*	529,9±29,0	910,0±32,5*	430,1±29,7*	691,0±28,9
ЖЕЛ (л)	3,38±0,09	4,39±0,08*	3,87±0,11	4,88±0,10*	3,19±0,09	4,19±0,08*	2,14±0,10*	3,61±0,09
$РО_{вд.}$ (л)	1,89±0,08	1,80±0,09	2,11±0,10	1,49±0,09*	2,20±0,09*	1,79±0,12	1,50±0,14	1,63±0,11
$РО_{выд.}$ (л)	1,19±0,07	1,96±0,05*	1,41±0,08	1,85±0,09*	1,07±0,10	1,66±0,10*	0,30±0,11*	1,59±0,10
$РО_{выд/}РО_{вд}$ (усл.ед)	0,60±0,02	1,23±0,09*	0,70±0,04	1,24±0,06*	0,51±0,05	1,01±0,09*	0,20±0,05*	0,97±0,1

*Достоверность различий представлена в каждой возрастной группе относительно группы женщин молодого возраста (1А): p< 0,05-0,001.

У молодых женщин в возрасте 20-30 лет выявлены отклонения показателей бронхиальной проводимости относительно должных значений. Так, наиболее выраженные изменения зафиксированы в показателях ПОС, значения которых не превышали 80,0%, (p<0,05) должных величин. Поскольку показатели пиковой объёмной скорости зависят в первую очередь от сократительных способностей респираторной мускулатуры, эластичности лёгочной ткани и подвижности реберно-позвоночных сочленений, то, очевидно, снижение функциональных резервов системы дыхания в этом возрасте определялось относительной недостаточностью аппарата дыхания. Уменьшение скоростных характеристик экспираторного потока в пределах 16,0 % (p<0,05) зарегистрировано также на уровне средних и мелких бронхов. Вместе с тем достаточно широкие возможности для осуществления вентиляционной функции были связаны с увеличением РОвдоха в среднем до 2,0 л и РОвыдоха в пределах 1,19±0,09 литра. Для молодых женщин характерен также относительно низкий уровень дыхания,

определяемый отношением РОвыд/Ровд, которое составляло 0,60-0,02 отн.ед., что способствовало созданию условия для повышения альвеолярной вентиляции.

Наиболее высокими вентиляционными способностями обладали женщины зрелого возраста. Показатели функциональных резервов в большей части находились у них в диапазоне 90-95% относительно должных значений. Жизненная ёмкость легких как интегральный параметр, отражающий адаптационные возможности респираторной системы, составлял в среднем 3,87±0,12 литра. Оптимальные скоростные характеристики воздушного потока в бронхах различного калибра, обеспечиваемые в больше части сократительными резервами респираторной мускулатуры способствовали увеличению общей респираторной поверхности за счет мобилизации ацинусов.

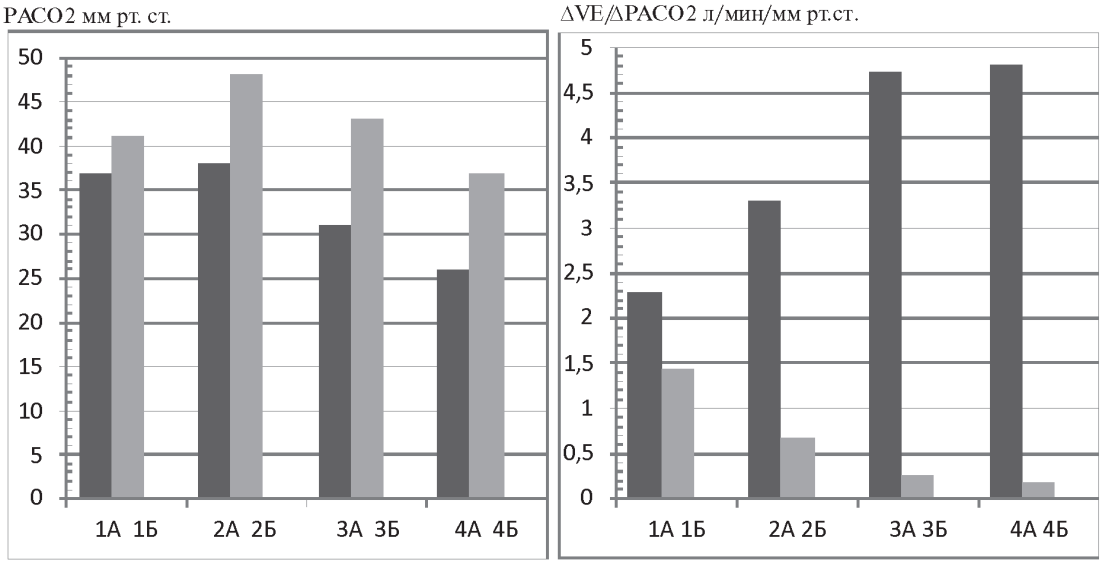
При обследовании женщин среднего возраста отмечено снижение ряда вентиляционных показателей и объёмно-скоростных характеристик форсированной экспирации. К числу таких изменений следует отнести уменьшение ЖЕЛ главным образом за счет снижения РОвыд. Снижающиеся с возрастом функциональные резервы системы внешнего дыхания были связаны также с ограничением объёмно-скоростных характеристик воздушного потока в бронхах всех уровней. Так, уменьшение значений ПОС на 20,0%, ($p<0,05$), МОС 25 на 13,0 %, ($p<0,05$) относительно должных значений связано с потерей сократительной способности респираторной мускулатуры и ограничением подвижности грудной клетки у женщин этой возрастной группы.

Анализ показателей механики респираторного аппарата женщин пожилого возраста показывает, что инволюционные процессы в системе внешнего дыхания были наиболее выражены в этой возрастной группе. Резкое ограничение вентиляционных способностей определялось уменьшением ЖЕЛ примерно на 40,0% относительно должных значений, ($p<0,01$) в значительной степени за счёт резкого падения РОвыд, значения которого не превышали 0,30±0,05 л., ($p<0,01$). Перераспределение составляющих ЖЕЛ в сторону увеличения роли РОвд. в активизации вентиляционной функции может свидетельствовать о перестройке структуры дыхательного цикла в сторону усиления значения инспираторной активности в формировании необходимого уровня лёгочной вентиляции. Приспособительное значение в этой ситуации может иметь снижение рефлекса Геринга-Брейера, ослабление афферентной импульсации с лёгких [4,7].

Выраженные изменения выявлены также в показателях бронхиальной проводимости. Снижение значений ПОС на 21,0%, ($p<0,01$), МОС 25 на 20,5%, ($p<0,01$), относительно должных значений можно связать с усилением инволюционных процессов в респираторных мышцах, приводящих к ослаблению их сократительной способности. Кроме того возрастные изменения приводят к уменьшению диаметра бронхов, что в свою очередь способствовало снижению объёмно-скоростных показателей воздушного потока.

Таким образом, выявленные возрастные особенности механики респираторного аппарата женщин оказывали существенное влияние на вентиляционную функцию и кислородный режим организма в целом.

Как известно, одним из важнейших гомеостатических параметров организма является уровень парциального давления CO_2 в альвеолярном газе и артериальной крови, определяющий в значительной степени эффективность газообмена. Поскольку уровень pCO_2 относится к числу пластических констант, то в его регуляции участвует целый ряд физиологических механизмов. При этом особое значение отводится чувствительности дыхательного центра к CO_2 [2,8]. Как следует из представленных результатов (рисунок слева) у обследуемых наблюдалось возрастное снижение фоновых значений P_ACO_2 по отношению к физиологической норме вплоть до 26,1±2,21 мм рт.ст. у женщин пожилого возраста ($p<0,01$).



Показатели pCO_2 в альвеолярном воздухе (P_ACO_2) и вентиляционной чувствительности (ΔVE/ΔPACO2) у женщин различного возраста:
1 – 20-30 лет; 2 – 31-45 лет; 3 – 46-60 лет; 4 – 61-75 лет
■ – фоновые показатели; ■ – после респираторного тренинга

По мере формирования гипокапнического состояния отмечался рост вентиляционной чувствительности дыхательного центра к хеморецепторному стимулу (рисунок справа). Наибольшие величины прироста V_E на градиент повышения P_ACO_2 отмечены у женщин пожилого возраста, составлявшие 4,81±0,24 л/мин/мм рт.ст. ($p<0,01$). С возрастом, как известно, повышается чувствительность к гуморальным факторам при ослаблении интенсивности эфферентных импульсов из дыхательного центра [5]. В этой связи даже незначительное изменение pCO_2 сопровождается достаточно выраженной вентиляционной реакцией. Одним из механизмов компенсации гипокапнического сдвига может быть ограничение экспираторной активности. Как отмечалось ранее показатели РОвыд. с возрастом снижаются, и у лиц пожилого возраста составляют около 0,3 л ($p<0,01$), что должно ограничивать активность элиминации CO_2. Однако данный механизм компенсации являлся не эффективным. В этой связи, с учётом выявленных изменений в функциональном состоянии аппарата дыхания и механизмах регуляции, основными задачами в реализации программ произвольного управления дыханием, должно стать расширение функциональных резервов механики дыхания и нормализация уровня pCO_2 в организме.

Разработанная программа респираторного тренинга, основанная на упражнениях, включающих форсированное дыхание, задержку дыхания, усиление диафрагмального дыхания и изменение параметров паттерна дыхания, активизировала механизмы рефлекторного и хеморецепторного контуров регуляции. Широкий диапазон варьирования параметров дыхания при проведении респираторных тренировок обеспечил возможность их произвольной регуляции. Основным эффекторным звеном висцеральных рефлексов, представленных преимущественно собственными дыхательными рефлексами, являлись дыхательные мышцы. К числу таких рефлексов, в первую очередь, относится рефлекс Геринга-Брейера. Повышение активности фазы выдоха благодаря включению межреберных мышц и мышц брюшного пресса, позволило сформировать новый стереотип дыхания, позволяющий оптимизировать процессы газообмена в легких. Кроме того при форсированном дыхании в регуляции глубины и частоты дыхания участвуют рецепторы верхних, нижних дыхательных путей и легких, результатом активности которых является удлинение фазы выдоха. Формирование брадипноического типа дыхания у обследуемых всех возрастных групп сопровождалось увеличение эластичности тканей дыхательных путей, повышением сократительной способности респираторной мускулатуры, что обеспечило рост скоростных характеристик воздушного потока на всех уровнях бронхо-лёгочной системы. Увеличение бронхиальной проводимости, изменения соотношения фаз форсированного выдоха и вдоха и формирование вы-

сокого уровня дыхания, способствовало активному вовлечению максимального числа ацинусов в процессы легочной вентиляции.

Помимо повышения функциональных возможностей аппарата дыхания и бронхиальной проходимости результатом респираторного тренинга явилось изменение баланса углекислоты в организме. Рост напряжения CO2 в альвеолах лёгких обеспечивался несколькими процессами, в числе которых основными являются усиление продукции метаболической углекислоты в следствие активизации респираторной мускулатуры и изменения чувствительности хеморецепторов к гиперкапническому стимулу (рисунок). В результате чего, показатели PACO2 у всех обследуемых достигли нормакапнического уровня, соответствующего 40,0 мм рт.ст. Резко изменилась и вентиляционная чувствительность к CO2. Так, у лиц пожилого возраста этот показатель уменьшился примерно в 5 раз, ($p<0,01$).

Таким образом, произвольное управление дыханием способствует активному включению механизмов гомеостатического регулирования, переводу организма на новый стационарный уровень не зависимо от возраста обследуемых.

Заключение

1. Выявлено, что функциональные изменениями в механики дыхания наблюдаются у людей различных возрастных групп, причем наиболее выражены инволюционные процессы у женщин пожилого возраста. Так, возрастные изменения паттерна дыхания были связаны с ограничением бронхиальной проводимости, снижением сократительной способности респираторной мускулатуры, перестройкой структуры дыхательного цикла, формированием гипокапнического типа вентиляции.

2. Разработанная программа респираторного тренинга, основанная на упражнениях, включающих форсированное дыхание, задержку дыхания, усиление диафрагмального дыхания и изменение параметров паттерна дыхания, способствовала активизации механизмов рефлекторного и хеморецепторного контуров регуляции. Широкий диапазон варьирования параметров дыхания при проведении респираторных тренировок обеспечил возможность их произвольной регуляции.

Список литературы

1. Агаджанян Н.А. Учение о здоровье и проблемы адаптации / Н.А. Агаджанян, Р.М. Баевский, А.П. Берсенева // Ставрополь: СГУ, 2000. – 204 с.

2. Борилкевич В.Е. Увеличение диапазона максимальных резервных возможностей дыхательной системы методом регламентированно-управляемых режимов дыхания / В.Е. Борилкевич, В.А.Милодан // Функциональные резервы спортсменов различной квалификации и специализации.- Л.: Изд. ГДОИФК, 1986.- С. 67-76.

3. Дубилей В.В. Физиология и патология системы дыхания у спортсменов / В.В. Дубилей, П.В. Дубилей, С.Н. Кучкин // Казань: Изд-во Казанского университета, 1991. – С. 144.

4. Коркушко О.В., Вікові зміни дихальної системи при старінні та їх роль у розвитку бронхо-легеневої патології / О.В. Коркушко, Д.Ф. Чеботарев, Н.Д.Чеботарев // Украінський пульмонологічний журнал.- 2005.- №3. – С. 35-41.

5. Романенко В.А. Диагностика двигательных способностей. Учебное пособие / В.А. Романенко // Донецк: Изд-во ДонНУ, 2005. – 290 с.

6. Синельникова Е.В. Вегетативный статус организма при резистивной нагрузке на дыхание / Е.В. Синельникова, А.А. Артеменков. Ю.П. Пушкарев // Пути оптимизации функции дыхания при нагрузках, в патологии и в экстремальных состояниях. – Тверь, 1997.- С. 100-103.

7. Guenette J.A., Witt J.D.,McKezie D.C. Respiratory mechanics during exercise in endurance-trained men and women. J. Physiol., June 15, 2007.- 581(3). – p.1309-1322.

8. Simonova O., Kapranov N., Vasiliev D. PWC-170 test from Russian CF children // European Respiratory Journal, V. 16, Supp. 31, August 2000, 122s, P 910.