

УДК 612.66

ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГЕМОДИНАМИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ ПРОИЗВОЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЫХАНИЕМ

Буков Ю. А., Бурбанова О. Н.

*Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского, Симферополь, Россия
E-mail: buddhaom@mail.ru*

Сердечно-сосудистая и дыхательная системы, объединенные в единую кардиореспираторную систему, теснейшим образом взаимодействуют, обеспечивая гомеостатические свойства целостного организма. Учитывая высокую степень сопряженности функций кровообращения и дыхания, существует возможность через сознательное управление респирацией оказывать влияние на систему кровообращения. Исследования показали, что регулярные респираторные тренировки за счёт информативных и энергетических воздействий способствовали росту приспособительных возможностей системы кровообращения, оказывая стимулирующее влияние на механизмы гомеостатического регулирования вне зависимости от возраста женщин.

Ключевые слова: гемодинамика, произвольное управление дыханием, гомеостатическое регулирование.

ВВЕДЕНИЕ

Система кровообращения является основной функциональной системой жизнедеятельности организма, участвующей в его энергообеспечении. В процессе онтогенетического развития сердце и сосуды подвергаются существенным морфофункциональным изменениям, которые в значительной мере ограничивают приспособительные возможности организма [1]. В этой связи одним из типичных для большинства людей является гемодинамический тип старения, поскольку наиболее выраженные изменения с возрастом возникают именно в системе кровообращения, а болезни сердца и сосудов в большей степени встречаются у пожилых людей. При этом, как отмечается в исследованиях [2], главным, решающим фактором сохранения здоровья, профилактики заболеваний системы кровообращения у этой категории людей является физическая активность [3, 4]. Низкие функциональные резервы системы кровообращения в молодом и среднем возрасте также могут являться лимитирующим фактором приспособительных реакций, поскольку ограничиваются возможности эффективной регуляции постоянства внутренней среды и энергетического обмена в организме. Поэтому чем выше функциональные резервы, тем меньше усилия требуются для адаптации [5]. Сердечно-сосудистая и дыхательная системы, объединенные в единую кардиореспираторную систему, теснейшим образом взаимодействуют, обеспечивая гомеостатические свойства целостного организма. При этом процессы внешнего дыхания оказывают постоянное воздействие на сердечную деятельность. Для оценки

эффективности этих взаимодействий предлагается использовать ряд интегральных показателей [6–8]. Учитывая высокую степень сопряженности функций кровообращения и дыхания, существует возможность через сознательное управление респирацией оказывать влияние на систему кровообращения, что и послужило основной целью нашего исследования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Было обследовано 118 женщин в трех возрастных группах. Каждая группа была разделена на подгруппы А и Б. Женщины подгруппы А вели обычный образ жизни, а женщины подгруппы Б в течение ряда лет регулярно занимались респираторным тренингом, используя элементы дыхательной гимнастики хатха йоги и респираторных упражнений. Разработанная программа респираторного тренинга включала в себя форсированное дыхание, задержки дыхания, активизацию диафрагмального дыхания, изменения параметров паттерна дыхания, статические и динамические дыхательные упражнения, что оказывало стимулирующее влияние на механизмы гомеостатического регулирования.

Первую группу составили молодые женщины в возрасте 20–30 лет, вторую – женщины среднего возраста (46–60 лет) и в третью группу были включены женщины пожилого возраста (61–75 лет).

Кардиогемодинамика изучалась методом тетраполярной реографии с помощью реоплетизмографа ReoCom с компьютерной обработкой данных. Исследования проводились как в состоянии покоя, так и при выполнении стандартной физической нагрузки мощностью 100 Вт. Для женщин пожилого возраста использовали нагрузку 50 Вт. Фиксировали следующие показатели: частоту сердечных сокращений (чсс, уд/мин), ударный объем (УО, мл), минутный объем кровообращения (МОК, л/мин), общее периферическое сопротивление сосудов ОПСС (дин.см.с⁻⁵). Артериальное давление измеряли методом Короткова. Расчетным методом определяли: среднее динамическое давление СДД (мм рт.ст.), пульсовое давление ПАД (мм рт.ст.), двойное произведение (ДП, отн.ед.), сердечный индекс СИ (л/мин/м²). Газовый состав вдыхаемого (F_I O₂, об.%) и выдыхаемого воздуха (F_EO₂, об.%) исследовали при помощи газоанализатора по кислороду ПГА-КМ. Величину утилизации кислорода ΔFO₂ (об.%) определяли по разнице между F_I O₂ – F_EO₂. Интегральный показатель эффективности кардиореспираторной системы (ИПЭ, усл.ед.) оценивали по отношению АДср к величине утилизации кислорода. Материалы исследования обработаны методом вариационной статистики.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследуемые показатели центральной гемодинамики обследуемых всех групп представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Показатели центральной гемодинамики женщин трех возрастных групп в состоянии покоя и при физических нагрузках (X+Sx)

Пок/ли	условия	Молодой возраст (20-30 лет) n=19		Средний возраст (31-45) n=19		Пожилой возраст (61-75) n=19	
		А	Б	А	Б	А	Б
ЧСС (уд./мин)	1	79,8±5,1	68,2±3,9	76,9±2,5	65,1±2,3	79,5±3,2	65,0±3,0
	2	169,8±8,5	162,2±7,5	149,0±9,1	139,9±8,3	129,1±10,3	119,0±9,1
АДс (мм рт.ст.)	1	116,1±7,0	110,0±4,4	123,1±9,7	111,07±7,3	127,9±10,1	115,0±7,4
	2	140,8±7,6	132,6±6,37	150,9±9,9	135,2±9,8	145,3±9,2	137,0±8,7
АДд (мм рт.ст.)	1	66,9±4,3	70,0±3,1	79,0±2,1	75,0±2,4	81,1±2,9	76,0±4,0
	2	76,8±4,3	68,1±4,0	83,2±2,6	69,5±2,1	81,0±4,1	73,5±3,9
САД (мм рт.ст.)	1	82,9±5,1	83,3±4,3	93,7±2,0	87,0±1,8	96,7±2,6	89,0±2,0
	2	98,15±5,6	89,61±5,1	107,8±2,1	91,4±2,2	102,4±2,1	94,7±1,9
ПАД (мм рт.ст.)	1	49,9±3,1	40,0±4,2	44,8±1,1	36,1±1,1	46,9±1,2	39,0±1,2
	2	63,9±4,1	64,5±4,2	73,7±2,9	65,7±2,7	64,3±2,2	63,5±2,3
УО (мл)	1	52,8±2,9	58,6±3,1	45,0±1,5	63,1±2,2	39,0±1,4	54,1±1,2
	2	106,9±5,1	112,0±4,6	98,6±3,0	85,2±3,0	80,6±2,7	72,7±2,8
МОК (л/мин)	1	4,21±0,1	3,99±0,1	3,46±0,2	4,1±0,2	3,1±0,1	3,5±0,1
	2	18,2±0,6	18,1±1,04	14,69±0,9	11,92±0,7	10,4±0,5	8,7±0,1
СИ (л/мин/м ²)	1	2,43±0,1	2,45±0,1	1,93±0,1	2,51±0,1	1,7±0,1	2,14±0,1
	2	10,52±0,4	11,15±0,2	8,2±2,1	7,31±0,2	5,75±0,1	5,27±0,1
ОПСС (динс.см ⁵)	1	1237,5±51	1500,5±27,0	2148,2±51,0	1598,0±57,3	2357,2±60,1	1725,0±55,4
	2	857,9±34,74	623,2±47,5	1083,1±36,2	726,9±41,0	1132,0±42,2	807,0±45,2
ДП (усл.ед.)	1	92,6±3,8	75,0±1,4	94,6±3,0	72,3±2,1	101,7±3,6	74,8±2,3
	2	239,1±9,1	215,1±8,3	233,8±3,1	189,1±6,0	187,6±4,3	163,0±5,2
ИПЭ (усл.ед.)	1	33,2±2,8	23,5±2,4	42,6±3,0	30,6±2,8	50,9±3,7	36,0±2,6
	2	23,9±2,6	16,6±2,2	30,8±2,7	22,8±2,2	36,9±2,7	26,8±2,4
Вт/чсс (Вт/уд)		0,41±0,01	0,49±0,04	0,43±0,02	0,53±0,03	0,26±0,02	0,31±0,03

Примечание: 1 – покой, 2 – нагрузка; А – тренированные, Б – нетренированные

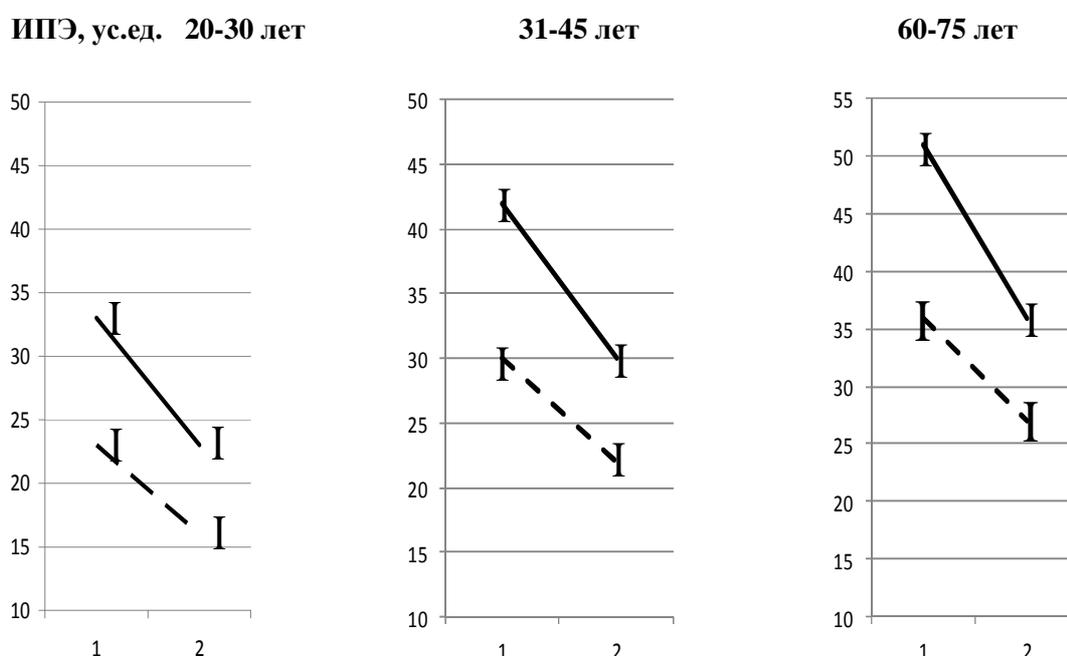
С целью оценки адаптационных резервов системы кровообращения анализировали показатели, отражающие уровень функционирования, возможности мобилизации и эффективности. Выявленная динамика параметров центральной гемодинамики женщин ведущих обычный образ жизни позволяет заключить, что основные возрастные изменения в системе кровообращения были связаны с резким снижением величины систолического объема с 52,8±2,0 мл в молодом возрасте до 39,0±1,4 мл у женщин пожилого возраста (p<0,01), ростом диастолического давления в среднем на 20,0 %, (p<0,01) и увеличением сосудистого сопротивления почти в два раза (p<0,01). Отмеченные изменения свидетельствуют, что возможности обеспечения кардио-гемодинамического гомеостаза с возрастом

снижаются, а уровень функционирования системы кровообращения как отражение функциональных резервов изменяется, при этом метаболический запрос миокарда возрастает. В этой связи следует отметить, что наряду с морфо-функциональными изменениями с возрастом корректировался и тип кровообращения, характеризующий качественные возможности к адаптации организма в целом. Если в молодом возрасте преобладал эукинетический тип кровообращения при котором показатели сердечного индекса равнялся в среднем $2,43 \pm 0,1$ л/мин/м², то у женщин среднего и пожилого возраста формировался гипокинетический тип кровообращения при котором значения СИ составляли $1,93 \pm 0,1$ и $1,70 \pm 0,15$ л/мин/м², ($p < 0,01$) соответственно. При этом показатели ОПСС с возрастом возрастали. Таким образом, изменения типа кровообращения в возрастном аспекте являлись отражением перестройки механизмов регуляции гемодинамики в организме в сторону сосудистой компоненты. Изменения в системе гомеостатического регулирования, в соответствии с этапами онтогенетического развития, определяли и формирование нового стационарного состояния, характеризуемого ограниченными возможностями по адекватному кровоснабжению тканей. Эти сдвиги нашли своё отражение в возрастной динамике уменьшения величины сердечного выброса: показатели МОК прогрессирующе снижались с $4,21 \pm 0,1$ л/мин в молодом возрасте до $3,46 \pm 0,2$ в зрелом и $3,10 \pm 0,1$ л/мин, ($p < 0,01$), у женщин пожилого возраста. Несомненно, важным в оценке эффективности системы кровообращения является определение уровней сопряженности основных регуляторов газового гомеостаза, интегральной характеристикой которой является показатель ИПЭ. Как следует из результатов исследования с возрастом возможности основных эффекторов, обеспечивающих эффективность всей транспортной системы, значительно снижались. Ведущими факторами, лимитирующими приспособительные возможности системы в данном случае, являлись реципрокные взаимосвязи между главными регуляторами, когда повышение среднего динамического давления с возрастом сопровождалось снижением показателей утилизации кислорода.

Адаптационные возможности мобилизации гемодинамики оценивались при выполнении стандартных физических нагрузок субмаксимальной мощности. Регуляция сердечного выброса во время проведения нагрузочного теста обеспечивалась во всех возрастных группах за счет хронотропного и инотропного резервов сердца. Показатели МОК на пике нагрузки составляли $18,20 \pm 0,6$ л/мин у молодых девушек, $14,69 \pm 0,90$ л/мин у женщин среднего возраста и $10,40 \pm 0,50$ л/мин у пожилых обследуемых. Наиболее высокая активность механизмов саморегуляции сердечной деятельности отмечалась у девушек. Для них характерны более высокие значения тахикардии и величины ударного объема сердца. Однако реакция системы кровообращения на физическую нагрузку соответствовала гипертоническому типу. Достаточно высокий уровень активации системы кровообращения был зафиксирован и у женщин среднего возраста. При этом величина мощности выполняемой работы на одно сердечное сокращение у них было максимальной по отношению к другим возрастным группами. У женщин пожилого возраста основные гемодинамические сдвиги бы связаны с незначительным ростом

систолического артериального давления при стабильных величинах диастолического давления. Несмотря на увеличение показателей систолического объёма, эффективность сердечной деятельности была низкой. Показатель Вт/пульс был наименьшим по отношению к другим возрастным группам. Физические нагрузки субмаксимальной мощности оказывали стимулирующее влияние на механизмы гомеостатического регулирования, связанные с активизацией метаболических процессов. Вместе с тем эффективность адаптационно-регуляторных механизмов определялась адекватностью обеспечения кислородного запроса в соответствии с возможностями основных регуляторов кислородного режима организма. Возрастная динамика ИПЭ свидетельствует о снижении интегративных способностей всей кислород-транспортной системы в реализации приспособительного эффекта по мере увеличения возраста обследуемых. Наиболее низкими ресурсами гомеостатического регулирования обладали женщины пожилого возраста (рис 1).

Показатели эффективности КЭКРС женщин трех возрастных групп в покое и при физической нагрузке



Примечание: --- показатели покоя; - - - показатели нагрузки
1 – нетренированные; 2 - тренированные

Рис.1. Показатели эффективности кардиореспираторной системы женщин трех возрастных групп в покое и при физических нагрузках

Одной из возможностей коррекции функционального состояния системы кровообращения является использование программ произвольного управления дыханием, когда через активизацию респираторной системы возможно целенаправленное влияние на механизмы регуляции гемодинамики. Предложенные комплексы респираторного тренинга, реализуемого в течение длительного времени, позволили за счёт информативных и энергетических воздействий значительно повысить приспособительные возможности системы кровообращения. Расширение возможностей гомеостатического регулирования определялось тренирующим влиянием экстракардиальных факторов на механизмы регуляции сердечной деятельности и сосудистый тонус. Во всех возрастных группах отмечено усиление отрицательного хронотропного эффекта, приводящего к снижению частоты сердечных сокращений в покое и усилению положительного инотропного эффекта, обуславливающего увеличение систолического объёма сердца. Регулирующие влияния на сердечную деятельность в итоге обеспечили рост сердечного выброса у женщин среднего возраста до $4,10 \pm 0,23$ л/мин, ($p < 0,05$), а у женщин пожилого возраста – до $3,50 \pm 0,10$ л/мин, ($p < 0,05$). При этом метаболический запрос миокарда снижался, о чём свидетельствует уменьшение показателей ДП во всех возрастных группах от 23,0 % у девушек, до 35,0 % у женщин пожилого возраста, ($p < 0,001$). Регулярные респираторные тренировки способствовали росту приспособительных возможностей организма вследствие изменения типа кровообращения на эукинетический, характеризуемый увеличением значений СИ в среднем на $0,58$ л/мин/м², ($p < 0,001$) и $0,44$ л/мин/м², ($p < 0,05$) у обследуемых среднего и пожилого возраста соответственно. При этом отмечалось снижение показателей периферического сопротивления сосудов. Отмеченные сдвиги в состоянии гемодинамики свидетельствовали об усилении роли сердечной компоненты в регуляции кровообращения, что является проявлением роста адаптационных возможностей и совершенствования механизмов регуляции кардио-гемодинамического гомеостаза. Таким образом, регулярные респираторные тренировки оказывали ярко выраженное кардиопротекторное и гипотензивное действие и, в связи с этим, могут быть использованы в профилактике и реабилитации кардиологических больных. У девушек под влияние респираторных тренировок тип кровообращения не изменился. Одним из важнейших эффектов произвольного управления дыханием следует признать повышение эффективности всей системы кислородного обеспечения организма. Учитывая общность закономерностей регуляции кровообращения и респираторных функций при повышении функционального запроса организма, респираторная тренировка способствовала формированию функциональной системы, эффективно обеспечивающей адаптационный запрос. Энергетические траты, связанные с реализацией этих функций, снижались, а эффективность регуляции кислородного режима организма повышалась. ИПЭ во всех возрастных группах уменьшился относительно показателей нетренированных женщин.

Произвольно управление дыханием оказывало тренирующее действие на систему кровообращения, повышая её функциональные резервы. Выполнение стандартной физической нагрузки сопровождалось проявлением эффекта

экономизации, связанного со снижением реактивности и уменьшением гемодинамических сдвигов. Тип реакции система кровообращения на физическую нагрузку определялся как нормотонический. Эффективность всей системы кислородного обеспечения организма значительно повысилась (рис. 1).

Таким образом, как следует из представленных результатов, у нетренированных женщин в состоянии относительного покоя эффективность механизмов кислородного обеспечения организма с возрастом снижается. Физическая нагрузка является стимулирующим фактором, способствующим активизации механизмов гомеостатического регулирования. Использование программ респираторного тренинга позволяли значительно повысить возможности основных эффекторов в регуляции кислородного запроса организма как в состоянии покоя, так при физических нагрузках. Особо высокие уровни эффективности функциональной системы кислородного обеспечения были достигнуты в результате регулярного респираторного тренинга.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработанная программа произвольного управления дыханием, включающая в себя форсированное дыхание, задержки дыхания, активизацию диафрагмального дыхания, изменения параметров паттерна дыхания, статические и динамические дыхательные упражнения оказывает стимулирующее влияние на механизмы гомеостатического регулирования вне зависимости от возраста женщин.
2. Регулярные респираторные тренировки за счёт информативных и энергетических воздействий способствовали росту приспособительные возможности системы кровообращения. Расширение возможностей гомеостатического регулирования определялось тренирующим влиянием экстракардиальных факторов на механизмы регуляции сердечной деятельности и сосудистый тонус, формированием эукинетического типа кровообращения.
3. Регулярные респираторные тренировки оказывают ярко выраженное кардиопротекторное и гипотензивное действие и могут быть использованы в профилактике и реабилитации кардиологических больных.

Список литературы

1. Коркушко О. В. Резервные возможности основных функций сердечно-сосудистой системы при старении. / О. В. Коркушко, Ю. Т. Ярошенко // Проблемы старения и долголетия. – 2012. – 21, № 2. – С.119–152.
2. Быков А. Т. Анализ гемодинамики в позднем онтогенезе у лиц с различными режимами двигательной активности / А. Т. Быков, В. В. Мякотный, Л. С. Хадасевич, И. А. Зайцев // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2011. – № 4. – С. 16–19.
3. Collins E. G. Can Ventilation-Feedback Training Exercise Tolerance in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease? / E. G. Collins, W. E. Langbein // Am. J.Respir.Care Med. – 2008. – № 177(8). – P. 844–852.
4. Miller J. D. Expiratory threshold loading impairs cardiovascular function in health and chronic heart failure during submaximal exercise / J. D. Miller, S. J Nemaier // J. Appl Physiol. – 2006. – № 101(1). – P. 213–227.

5. Агаджанян Н. А. Проблемы адаптации и учение о здоровье / Агаджанян Н. А., Баевский Р. М., Берсенева А. П. – Москва: Университет дружбы народов, 2006. – 281 с.
6. Анализ интегральных показателей респираторно-гемодинамической системы у студенток медицинского вуза первого года обучения. / Т. И. Тананакина, Д. Н. Борулько, О. С. Бесплахотная [и др.] // Украинский морфологический альманах. – 2013. – Т. 11, № 2. – С. 24.
7. Гринченко В. Т. Модель взаимодействия сердечно-сосудистой и дыхательной систем. / В. Т. Гринченко, А. Г. Рудницкий // Акустический вестник. – 2006. – Т. 9, № 3. – С. 16–26.
8. Бородина М. А. Оценка кардиореспираторных взаимодействий на основе комплексного изучения гемодинамики малого круга кровообращения, респираторной функции, газового состава крови у пациентов с хронической обструктивной болезнью легких. / М. А. Бородина // Вестник новых медицинских технологий – 2011. – Т. XVIII, №2. – С. 413.

AGE FEATURES RANDOM HEMODYNAMIC EFFECTS OF BREATHING

Bukov Y. A., Burbanova O. N.

*Crimean Federal University. V.I. Vernadsky, Simferopol, Russia
E-mail: buddhaom@mail.ru*

The circulatory system is the main functional system of life of the human body. In the process of ontogenetic development of the heart and blood vessels are exposed to significant morphological changes, which are largely limited adaptive capacities.

Cardiovascular and respiratory systems, combined in a single cardiorespiratory system closely cooperate to ensure homeostatic properties of the whole organism. In this process of external respiration have a permanent impact on the heart. Given the high degree of conjugate functions of circulation and respiration, it is possible through conscious control of respiration influence on the circulatory system. As follows from the results in untrained women in a state of relative calm efficiency of mechanisms of oxygen supply of the body decreases with age. Physical activity is a stimulating factor contributing to the activation mechanisms of homeostatic regulation. Regular use of respiratory training program can significantly increase the possibility of the main effectors in the regulation of the body's oxygen request is at rest, so if you exercise.

The program developed voluntary control of breathing, including the forced breathing, breath retention, activation of diaphragmatic breathing, changes in breathing pattern parameters, static and dynamic breathing exercises have a stimulating effect on the mechanisms of homeostatic regulation *vnezavisimosti* on the age of women.

Studies have shown that regular exercise due to respiratory informative and energetic influences contributed to the growth of adaptive possibilities of the circulatory system.

Keywords: hemodynamics, voluntary breath control, homeostatic regulation.

References

1. Korkushko O.V., Yaroshenko Y.T. Redundant possible basic functions of the cardiovascular system during aging. *Problems of aging and longevity*, **21, 2**, 119 (2012)
2. Bykov A.T., Mykotny V.V. Analysis of hemodynamics in late ontogeny in individuals with different modes of motor activity. *Issues of balneology, physiotherapy and therapeutic physical training*, **4**, 16, (2011).

3. Collins E.G., Langbein W.E. Can Ventilation-Feedback Training Exercise Tolerance in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease, *Am. J. Respir. Care Med.*, **177(8)**, 844. (2008).
4. Miller J.D., Hemauer S.J. Expiratory threshold loading impairs cardiovascular function in health and chronic heart failure during submaximal exercise. *J. Appl Physiol.*, **101(1)**, 213 (2006).
5. Aghajanian N.A., Baevsky R.M. Problems of adaptation and teaching about health. *Moscow University of Friendship of Peoples*, 281 p. (2006).
6. Tananakin T.I., Borulko D.N. An analysis of integrated indicators respiratory hemodynamic system in medical school students the first year. *Ukrainian morphological Almanac.*, **11, 2**, 24 (2013).
7. Grinchenko V.T., Rudnicki A.G. Interaction model of the cardiovascular and respiratory systems. *Acoustic Bulletin.*, **9, 3**, 16 (2006).
8. Borodina M.A. Evaluation of cardiorespiratory interactions based on a comprehensive study of hemodynamics of the pulmonary circulation, respiratory function, blood gas in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Bulletin of new medical technologies.*, **13, 2**, 413 (2011).

Поступила в редакцию 05.12.2015 г.