



УДК: 612.172.2+612.176

НЕЙРОДИНАМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВИЩОЇ НЕРВОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ У ЗДОРОВИХ ОСІБ МОЛОДОГО ВІКУ ЗАЛЕЖНО ВІД ВИРАЖЕНОСТІ СИНУСОВОЇ ДИХАЛЬНОЇ АРИТМІЇ

Л. А. Глеба, В. П. Фекета, О. І. Солончук

ДВНЗ «Ужгородський національний університет», медичний факультет, кафедра фізіології та патофізіології, м. Ужгород

Вступ

Синусова дихальна аритмія (СДА) – це фізіологічні коливання тривалості серцевого циклу, пов'язані із дихальною періодикою. При вдиху активується симпатична ланка автономної нервової системи (АНС), що призводить до підвищення частоти серцевих скорочень. При видиху, навпаки, посилюється тонус парасимпатичної ланки АНС, що є причиною сповільнення серцевого ритму. Такі флюктуації частоти серцевих скорочень роблять суттєвий внесок у загальну варіабельність серцевого ритму (ВСР), зокрема у високочастотну ділянку його спектра в діапазоні 0.15–0.4 Гц (HF). У зв'язку з цим спектральну енергію кривої ВСР у цьому частотному діапазоні зазвичай використовують як неінвазивний маркер активності парасимпатичної ланки АНС. У ряді досліджень показано, що вираженість СДА позитивно корелює із тонусом парасимпатичної ланки АНС і здатна модулювати психофізіологічні реакції на ментальні стресори) [2, 3, 5, 19]. Тому пошук немедикаментозних методів підвищення варіабельності серцевого ритму і, зокрема, її високочастотної компоненти, з метою оптимізації рефлекторної відповіді на ментальні стресори видається достатньо фізіологічно обґрунтованим. В останні роки, особливий інтерес у цьому контексті викликає дихальна гімнастика в режимі біологічного зворотного зв'язку з варіабельністю серцевого ритму (ВСР) [4, 17, 18]. Глибоке дихання, яке узгоджується із природними коливаннями серцевого ритму, здатне суттєво посилити як СДА, так і загальну ВСР. Таке узгодження особливо ефективно досягається з допомогою портативних комп'ютерних пристроїв, що візуалізують варіабельність серцевого ритму і дозволяють самостійно коректувати частоту і глибину дихання для досягнення максималь-

ного ефекту. Одним із таких пристроїв, що добре зарекомендував себе як засіб біологічного зворотного зв'язку, є прилад StressEraser (TM, Helicor, USA). З його допомогою особа, що тренується, може підібрати оптимальну індивідуальну частоту і глибину дихання, яка забезпечує найбільш гармонійні співвідношення між кардіореспіраторною системою та автономною нервовою системою. У ряді досліджень показано, що така гармонізація підвищує тонус парасимпатичної ланки АНС, викликає психологічну релаксацію і підвищує стійкість до дії стресових факторів [13, 14, 19].

З іншого боку, навчальний процес у студентів медичних вузів супроводжується значними психоемоційними та інформаційними навантаженнями, які часто призводять до виснаження резервів, надмірну стресованість і в кінцевому підсумку ведуть до психосоматичної патології. Фізіологічним підґрунтям таких станів є надмірна активація симпатичної ланки АНС, неадекватний гормональний фон, енергодефіцитні стани кори головного мозку. Тому пошук немедикаментозних методів корекції вегетативних дисбалансів є актуальною медичною проблемою.

Мета дослідження

Вивчити взаємозв'язок між дихальною аритмією та здатністю здорових осіб молодого віку до обробки складної вербальної інформації.

Робоча гіпотеза полягала в тому, що висока вираженість СДА сприяє покращенню нейродинамічних властивостей вищої нервової діяльності (ВНД).

Матеріали і методи

До дослідження було залучено 62 здорових осіб чоловічої статі віком від 17 до 20

років. Усі вони не пред'являли скарг на стан здоров'я і професійно не займалися спортом. Весь обстежуваний контингент був розподілений на 3 групи. Члени першої групи (22

осіб) щодня протягом 1 місяця займалися дихальними вправами з допомогою приладу StressEraser (рис. 1).



Рис. 1. Портативний прилад для дихальної гімнастики в режимі біологічного зворотного зв'язку StressEraser (TM, Helicor, USA).

Всього кожний учасник цієї групи провів 30 сеансів тренувань. Тривалість одного тренування коливалася від 10 до 15 хвилин. В ході тренування кожний учасник експерименту змінював частоту дихання у відповідності із візуальними сигналами приладу, який моніторував варіабельність серцевого ритму. У випадку узгодження хвильової структури серцевого ритму із темпом дихання прилад нараховував учаснику бали. Кожний сеанс тренування тривав до набору 30 балів. Учасники другої групи (20 осіб) протягом 30 днів займалися дихальною гімнастикою в режимі глибокого дихання з частотою 6 дихальних рухів за хвилину протягом 15 хвилин, але без використання приладу для біологічного зворотного зв'язку. Третю контрольну групу склали 20 осіб, які не займалися дихальною гімнастикою.

Ступінь дихальної синусової аритмії визначали за допомогою показників варіабельності серцевого ритму, які отримували з допомогою електрокардіографічного модуля приладу «Варіокард» (Україна). Для отримання показників ВСР використовували 5-хвилинну реєстрацію 1-го відведення ЕКГ, згідно з рекомендаціями Європейської та Північно-Американської асоціації кардіологів [10] в стані лежачи на спині після 10-хвилинної адаптації до умов обстеження. Про вираженість СДА судили за показником HF (мс²) – високочастотного компоненту спектра серцевого ритму в діапазоні 0,15-0,4 Гц, що відображає переважно вагусний вплив на ритм серця,

пов'язаний із диханням. Окрім цього оцінювали загальну варіабельність серцевого ритму за показником TP (мс²) – загальної енергії спектра частот серцевого ритму, яка відображає сумарний вплив на серцевий ритм всіх регуляторних систем та відсотковий вклад HF у TP – HF%.

Нейродинамічні властивості вищої нервової діяльності учасників експерименту оцінювали за методикою М.В. Макаренко [1] з допомогою апаратно-програмного комплексу «Прогноз». Цей комплекс дозволяє отримати такі об'єктивні характеристики обробки сенсорної інформації, як латентний період реакції вибору 1 із 3 вербальних стимулів (ЛПРВ1-3, мс), латентний період реакції вибору двох із трьох стимулів (ЛПРВ2-3, мс), функціональну рухливість нервових процесів (ФРНП, с) та силу нервових процесів (СНП, кількість стимулів).

Для отримання значення ЛПРВ1-3 обстежуваному пропонували таку інструкцію: «При появі на екрані монітора слова з назвою тварин Вам необхідно якнайшвидше натискувати та відпускати праву кнопку. На інші сигнали кнопку не натискати». Прилад реєстрував та відтворював на екрані середнє значення латентного періоду за 30 застосувань із експозицією 0,9 с та вказував кількість помилкових реакцій.

Для визначення ЛПРВ2-3 на вербальні стимули обстежувані реагували натисканням кнопок лівою та правою рукою в залежності від смислового значення вербального



стимулу. Обстежуваному давали наступну інструкцію: «При появі на екрані монітора слів з назвою тварин Вам необхідно якнайшвидше правою рукою натискувати і відпускати праву кнопку приладу. При появі слів із назвою рослин – лівою рукою ліву кнопку. На інші сигнали (слова з назвою неживих предметів) ні ліву, ні праву кнопку не натискати». Прилад реєстрував та відтворював на екрані середнє значення латентного періоду за 30 застосувань із експозицією 0,9 с та указував кількість помилкових реакцій. Згідно з рекомендаціями М.В. Макаренко, показником сенсомоторних реакцій окремого індивіда вважали те значення латентного періоду, яке було найменшим у трьох замірах кожного тесту.

Функціональна рухливість нервових процесів та сила нервових процесів досліджувались у режимі «зворотного зв'язку». В цьому режимі при виконанні тестового завдання експозиція сигналу змінювалася автоматично залежно від характеру відповідей: після правильної відповіді експозиція наступного сигналу скорочувалася на 20 мс, а після неправильної, навпаки, подовжувалася на те ж значення. Діапазон коливань експозиції сигналу під час роботи обстежуваного знаходився в межах 900-20 мс. Інструкція обстежуваного при проведенні досліджень із

використанням даного режиму повністю відповідала тій, що пропонувалася при діагностуванні властивостей складної сенсомоторної реакції вибору двох із трьох подразників, але з доповненням, що в разі появи помилок завдання слід продовжувати виконувати до зупинки програми.

Мірою оцінки ФРНП є час в секундах, витрачений обстежуваним на обробку 120 вербальних стимулів. Для виявлення СНП обстежуваний виконував завдання вибору слів протягом 5 хвилин. Мірою оцінки СНП вважали загальну кількість слів, що були пред'явлені та перероблені за цей час. Результат виконання тесту фіксувався на екрані у вигляді кількості переробленої інформації, мінімальної експозиції та часу виходу на неї.

Весь отриманий цифровий матеріал був оброблений методами варіаційної статистики з використанням критерію Стьюдента для оцінки вірогідності відмінностей між групами при рівні значущості $p < 0,05$.

Результати досліджень

Динаміка показників вираженості СДА у обстежених усіх трьох груп під впливом 30-денного курсу дихальної гімнастики представлена в табл. 1.

Таблиця 1

Динаміка показників синусової дихальної аритмії у досліджуваних групах

Показник	Перша група (n=22)		Друга група (n=20)		Третя група (n=20)	
	Фон	Після курсу тренувань	Фон	Після курсу тренувань	Фон	Через 30 днів
ТР, мс ²	3797±145	4615±133*	3868±101	4413±145*	3944±101	3911±134
HF, мс ²	1022±108	1945±144*	1106±125	1833±144*	1088±111	1102±156
HF, %	26,5±1,22	41,4±2,16*	27,9±2,43	41,3±2,1*	28,9±2,43	31,5±2,16

Примітки: * - статистично вірогідна зміна по відношенню до фонового показника ($p < 0,05$)

Якщо на початку експерименту статистично вірогідних відмінностей між групами не спостерігалось, то після його завершення усі 3 показники СДА у 1 та 2 групах суттєво відрізнялися від контрольної групи та між собою. У найбільшій мірі вираженість СДА зростала в учасників першої групи, дещо менше – у другій групі, і статистично вірогідно не змінилася у третій групі. Так, за даними ТР загальна варіабельність серцевого ритму у першій групі виросла на 818 ± 138 мс² ($p < 0,05$), у другій групі – на 545 ± 122 мс² ($p < 0,05$), а у третій

групі – статистично вірогідно не змінилася. В той же час приріст показника HF, який характеризує тонус парасимпатичної ланки АНС, у першій групі становив 932 ± 134 мс² ($p < 0,05$), у другій групі – 727 ± 128 мс² ($p < 0,05$), а у третій групі статистично вірогідно не змінився. Слід підкреслити, що в учасників перших двох груп виросли не тільки абсолютні значення варіабельності серцевого ритму за показником ТР, але й відносний внесок високочастотної ділянки спектра HF% у загальну варіабельність серцевого ритму відповідно



на $14,9 \pm 1,21$ ($p < 0,05$) та $13,3 \pm 1,19$ ($p < 0,05$). За даними ряду авторів, така перебудова автономної регуляції є сприятливим фоном для

вищої нервової діяльності (ВНД). Це підтверджують результати оцінки нейродинамічних властивостей, наведені у таблиці 2.

Таблиця 2

**Нейродинамічні властивості вищої нервової діяльності
у досліджуваних групах**

Показник	Перша група (n=22)	Друга група (n=20)	Третя група (n=20)	Вірогідність відмінностей між групами		
				1 і 2	1 і 3	2 і 3
ЛПМР1-3, мс	$399,08 \pm 9,61$	$474,33 \pm 14,34$	$572,68 \pm 18,63$	**	***	**
Помилки, %	$5,84 \pm 0,77$	$6,59 \pm 0,87$	$10,12 \pm 0,48$		**	*
ЛПМР2-3, мс	$467,82 \pm 7,61$	$514,23 \pm 12,37$	$589,91 \pm 17,32$	**	***	**
Помилки, %	$6,88 \pm 0,75$	$9,59 \pm 0,79$	$12,24 \pm 0,81$	*	***	**
ФРНП, с	$59,6 \pm 2,2$	$61,4 \pm 3,3^*$	$68,4 \pm 2,3^*$		*	*
СНП, к-ть слів	$574,3 \pm 7,9$	$532,2 \pm 7,5$	$516,9 \pm 6,4$	*	**	***

Примітки: * - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$

Так, найшвидші сенсомоторні реакції на вербальні стимули демонстрували особи 1-ої групи, дещо менші – учасники 2-ої групи, а найнижча швидкість обробки вербальних стимулів була в членів 3-ої контрольної групи. Відмінності між групами були статистично вірогідні. За відсотком помилкових відповідей статистично вірогідна різниця знайдена між першою і третьою та другою і третьою групами. Найбільшу кількість помилок допускали особи третьої групи з найдовшим латентним часом реакції вибору одного із трьох подразників. Цікаво відзначити, що у осіб цієї групи була найнижчою варіабельність серцевого ритму за даними ТР та вираженість СДА за показниками HF та HF%.

Реакція вибору двох із трьох подразників вимагає від досліджуваного суттєвого напруження регуляторних механізмів ВНД та АНС. В процесі виконання цієї проби задіяна права та ліва рука обстежуваного, тому на особливості сенсомоторних реакцій накладаються також домінування півкуль. Через це в дослідженні брали участь тільки особи з ведучою правою рукою, що підвищило однорідність контингенту та зменшило статистичні похибки вимірювань. У зв'язку із вищою, ніж у попередній серії, складністю завдання латентний період реакції вибору двох із трьох вербальних подразників був у середньому найбільшим. Про-

те характер відмінностей між групами залишився аналогічним до попередньої серії тестів. Найшвидші реакції демонстрували члени 1-ої групи, а найнижчі – контрольної групи. Збереглася також статистично вірогідна відмінність у відсотку зроблених помилок між представниками всіх трьох груп. Найбільш якісно виконали тест досліджувані 1-ої групи з найкоротшим латентним періодом РВ2-3, найменш якісно – 3-ї групи, у яких латентний період був найдовшим. Загальна варіабельність серцевого ритму, оцінювана за показниками ТР та вираженість СДА за показниками HF та HF%, закономірно зменшувалася від 1-ї до 3-ї групи.

Схожі закономірності простежувалися і щодо показників функціональної рухливості нервових процесів (ФРНП) та сили нервових процесів (СНП). Найвищими ці параметри були в членів 1-ої групи, найнижчими – 3-ої групи, а у 2-ій групі займали проміжні значення. Відмінності цих показників між групами були статистично вірогідними за винятком ФРНП між першою та другою групою.

Взаємозв'язок між вираженістю СДА та нейродинамічними властивостями ВНД досліджувався методом кореляційного аналізу. Кореляційні пари склали показники ТР, HF та HF% із показниками ЛПРВ1-3, ЛПРВ2-3, ФРНП та СНП (табл. 3).



Коефіцієнти кореляції між показниками синусової аритмії та нейродинамічними показниками вищої нервової діяльності (n=62)

Параметри	ЛПМР 1-3, мс	ЛПМР 2-3, мс	ФРНП, с	СНП, к-ть слів
TP, мс ²	0,22	0,31*	0,39**	0,41**
HF, мс ²	0,26*	0,18	0,52***	0,47**
HF, %	0,35**	0,23	0,37**	0,38**

Примітки: * - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$

Кореляція вважалася статистично вірогідною при $p < 0,05$. Для розрахунків були використані отримані в попередніх серіях досліджень дані без розподілу на групи. З'ясувалося, що найсильніший статистично вірогідний позитивний кореляційний зв'язок існує між показником HF та показниками ФРНП та СНП. Коефіцієнти кореляції відповідно склали $r = 0,52$ ($p < 0,001$) та $0,47$ ($p < 0,01$). На наш погляд, причиною цього є те, що саме тести на визначення функціональної рухливості та сили нервових процесів пред'являють найвищі вимоги до автономного забезпечення ментальних функцій. Відносно простий тест на визначення зорово-моторної реакції при виборі одного із трьох подразників не дозволив виявити вплив СДА на нейродинамічні процеси.

Підсумовуючи отримані дані, можна стверджувати, що вираженість синусової дихальної аритмії має безпосереднє відношення до швидкості та якості обробки вербальної інформації в ЦНС. Аналогічні результати з допомогою інших методів отримані в дослідженнях Kranitz L, Lehrer P [12], Sherlin L et al. [16], Nolan RP et al. [18]. На наш погляд, однією із можливих причин позитивного впливу глибокого дихання на розумову діяльність є зсув симато-вагального балансу в бік посилення тону парасимпатичного відділу АНС. Про такі зсуви переконливо свідчать статистично вірогідне зростання показників HF та HF% у першій та другій групі. Ці результати узгоджуються з думкою ряду авторів про те, що посилення вагусної активності є сприятливим фоном для успішного виконання когнітивних завдань [8; 6]. З іншого боку, пригнічення парасимпатичної ланки АНС та надмірна активація симпатичної ланки при психоемоційному стресі асоціюється із повільнішою реакцією та більшою кількістю помилок при виконанні когнітивних завдань [11; 15].

У ряді досліджень показано, що вираженість СДА позитивно корелює із тонусом па-

расимпатичної ланки АНС і здатна модулювати психофізіологічні реакції на ментальні стресори. Тому пошук немедикаментозних методів підвищення варіабельності серцевого ритму і, зокрема, її високочастотної компоненти, з метою оптимізації рефлекторної відповіді на ментальні стресори видається достатньо фізіологічно обґрунтованим. Одним із таких методів є дихання в режимі біологічного зворотного зв'язку, використане в нашому дослідженні. Цей метод базується на використанні фізіологічних механізмів синусової дихальної аритмії. На відміну від звичайного глибокого діафрагмального дихання він призводить до більш повного узгодження дихальних циклів із хвильовою структурою серцевого ритму завдяки можливості спостереження за власною кривою ВСР і необхідною корекцією частоти і глибини дихання. Дихальні тренування в режимі біологічного зворотного зв'язку із серцевою діяльністю призводять до суттєвого підвищення ВСР і HF як у здорових осіб, так і у пацієнтів із психосоматичною патологією [13; 16]. Однак, на нашу думку, такі тренування корисні не тільки при лікуванні психосоматичної патології, але й можуть розглядатися як метод підвищення функціональних можливостей осіб, зайнятих професійною операторською діяльністю. До таких осіб можна віднести й студентів вузів. Про позитивний вплив глибокого дихання на здоров'я студентів повідомляють Gina P et al. [7], які виявили суттєве зростання стійкості до психофізіологічного стресу при тестуванні знань студентів медиків та підвищення його результативності після 10-місячного курсу дихальної гімнастики. На відміну від нашого дослідження, глибоке дихання під час тренувань не ґрунтувалося на принципі біологічного зворотного зв'язку. Автори цього дослідження пов'язують позитивний вплив глибокого дихання на ментальні процеси психологічною релаксацією, яка усуває небажані



фізіологічні та психологічні реакції студента і дозволяє йому концентруватися на завданні. На наш погляд, у підвищенні ефективності обробки інформації в ЦНС у осіб після курсу дихальної гімнастики, окрім психологічних факторів, суттєву роль відіграють фізіологічні зміни функціонального стану АНС.

Висновки

1. Синусова дихальна аритмія сприяє покращенню швидкості та якості обробки вербальної інформації в центральній нервовій системі, про що свідчать зменшення латентного періоду сенсомоторних реакцій на вер-

бальні стимули, збільшення функціональної рухливості та сили нервових процесів.

2. Глибоке дихання в режимі біологічного зворотного зв'язку з варіабельністю серцевого ритму зсуває симпато-вагальний баланс у бік парасимпатичного відділу автономної нервової системи і створює оптимальний фон для нейродинамічних процесів у корі головного мозку.

3. Дихальна гімнастика з використанням портативних приладів біологічного зворотного зв'язку може бути використана, як засіб профілактики психоемоційного стресу в навчальному процесі студентів медичних вузів.

Резюме. Метою даного дослідження було вивчити взаємозв'язок між дихальною аритмією та здатністю здорових осіб молодого віку до обробки складної вербальної інформації. У 62 студентів чоловічої статі віком від 17 до 19 років, розподілених на 3 групи, реєстрували показники варіабельності серцевого ритму та сенсомоторні реакції на вербальні стимули. Встановлено, що після 30-денного курсу дихальної гімнастики в групі 1 (з використанням біологічного зворотного зв'язку) та 2 (без використання біологічного зворотного зв'язку) підвищилися нейродинамічні показники вищої нервової діяльності в порівнянні з контрольною групою. Показники синусової дихальної аритмії позитивно корелювали з латентним періодом сенсомоторних реакцій та функціональною рухливістю і силою нервових процесів.

Ключові слова: синусова дихальна аритмія, варіабельність серцевого ритму, сенсомоторні реакції, автономна нервова система.

Dependence of neurodynamic properties of higher nervous activity on expression of respiratory sinus arrhythmia.

L. A. Hleba, V. P. Feketa, O. I. Solopchuk

Summary. The object of this study was to determine the relationship between respiratory arrhythmia and the ability of healthy young adults to process complex verbal information. We recorded values of heart rate variability and tested sensory-motor responses to verbal stimuli in 62 male students aged 17 to 19 years, which were divided into 3 groups. It has been found that after a 30-day course of breathing exercises, parameters of higher nervous activity increased in group 1 (breathing with biofeedback) and 2 (breathing without biofeedback) in comparison with the control group. Values of respiratory sinus arrhythmia positively correlated with latent period of sensory-motor reactions, functional mobility and strength of nervous processes.

Key words: respiratory sinus arrhythmia, heart rate variability, sensory-motor reactions, autonomous nervous system

ЛІТЕРАТУРА

1. Макаренко М. В. Основи професійного відбору військових спеціалістів та методики вивчення індивідуальних психофізіологічних відмінностей між людьми / Інститут фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України, Науково-дослідний центр гуманітарних проблем Збройних сил України. – Київ, 2007. – 395 с.
2. Покровский В. М. Сердечно-дыхательный синхронизм: выявление у человека, зависимость от свойств нервной системы и функциональных состояний организма / В.М. Покровский, Е. Г. Потягайло, В. Г. Абушкевич, А. Г. Похотько // Успехи физиологических наук. – 2003. – Т. 34, № 3. – С. 89–98.
3. Сметанкин А. А. Метод биологической обратной связи по дыхательной аритмии сердца – путь к нормализации центральной регуляции взаимодействия дыхательной и сердечно-сосудистой систем: Учебно-методическое пособие / А. А. Сметанкин. – СПб.: Изд-во НОУ «Институт БОС», 2003. – 20 с.



5. Ярмош И. В. Применение кардиореспираторного тренинга у пациентов с острым инфарктом миокарда / И. В. Ярмош, Н. Б. Суворов, С. А. Болдуева // Усовершенствованная медицинская технология. – СПб., 2011. – 25 с.
6. Bernardi L. Effects of controlled breathing, mental activity and mental stress with or without verbalization on heart rate variability / L. Bernardi, J. Wdowczyk-Szulc [et al.] // J Am Coll Cardiol. – 2000. – Vol.35, №6. – P. 1462–1469.
7. Delaney J. P. Effects of short-term psychological stress on the time and frequency domains of heart-rate variability / J. P. Delaney, D. A. Brodie // Percept Mot Skills. – 2000. – Vol.91, №2. – P. 515–524.
8. Gina Paul. A Longitudinal Study of Students' Perceptions of Using Deep Breathing Meditation to Reduce Testing Stresses / Gina Paul, Barb Elam, Steven J. Verhulst // Teaching and Learning in Medicine – 2007. – Vol.19, №3. – P. 287–292.
9. Hansen A. L. Vagal influence on working memory and attention / A. L. Hansen, B. H. Johnsen [et al.] // Int J Psychophysiol. – 2003. – Vol.48, №3. – P. 263–274.
10. Hassett, A., Radvanski, D., Vaschillo, E., et al. A pilot study of the efficacy of heart rate variability (HRV) biofeedback in patients with fibromyalgia / A. Hassett, D. Radvanski, E. Vaschillo // Applied Psychophysiology & Biofeedback. – 2007. – Vol.32, №1. – P. 1–10.
11. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use/ Task Force of the European Society of Cardiology and North American Society of Pacing and Electrophysiology // Circulation. – 1996. – Vol.93, №5. – P. 1043–1068.
12. Hjortskov N. The effect of mental stress on heart rate variability and blood pressure during computer work / N. Hjortskov, D. Rissén, A. K. Blangsted, N. Fallentin, U. Lundberg, K. Søgaard // Eur J Appl Physiol. – 2004. – Vol.92, № 1-2. – P. 84–89.
13. Kranitz L. Biofeedback applications in the treatment of cardiovascular diseases / L. Kranitz, P. Lehrer // Cardiology in Review. – 2003. – Vol.12, №1. – P. 177–181.
14. Lehrer P.M. Resonant frequency biofeedback training to increase cardiac variability: rationale and manual for training / P. M. Lehrer, E. Vaschillo, B. Vaschillo // Appl Psychophysiol Biofeed. – 2000. – Vol.25, №1. – P. 177–191.
15. Lehrer P.M. Biofeedback treatment for asthma / P. M. Lehrer, E. Vaschillo, B. Vaschillo, Lu SE [et al.] // Chest. – 2004. – Vol.126, №2. – P. 352–361.
16. Madden K. Effects of mental state on heart rate and blood pressure variability in men and women/ K. Madden, G. K. Savard // Clin Physiol. – 1995. – Vol.15, №6. – P. 557–569.
17. Nolan R.P. Heart rate variability biofeedback as a behavioral neurocardiac intervention to enhance vagal heart rate control / R. P. Nolan, M. V. Kamath [et al.] // American Heart Journal. – 2005. – Vol.149, №6. – P. 904–910.
18. Schipke J. D. Effect of respiration rate on short-term heart rate variability / J. D. Schipke [et al.] // Journal of Clinical Basic Cardiology. – 1999. – Vol.2. – P. 92–95.
19. Sherlin L. Effects of Respiratory Sinus Arrhythmia Biofeedback Versus Passive Biofeedback Control/ L. Sherlin, R. Gevritz, Wyckoff, F. Muench // International Journal of Stress Management. – 2009. – Vol.16, №3. – P. 233–248.
20. Song H. S. The effects of specific respiratory rates on heart rate and heart rate variability / H. S. Song, P. M. Lehrer // Applied Psychophysiology and Biofeedback. – 2003. – Vol.1, №1. – P.13–24.