

С.О.Коваленко, Л.І. Кудій, О.В.Каленіченко

## Варіабельність серцевого ритму у людей з різною частотою дихання

*Проведены измерения вариабельности сердечного ритма и частоты дыхания у 71 мужчины в возрасте от 17 до 23 лет в покое и при умственной нагрузке. Выяснено, что в покое уровень вариабельности кардиоинтервалов выше у лиц с низкой и высокой частотой дыхания в сравнении с мужчинами со средним значением этого показателя. При умственной нагрузке наибольшие по амплитуде изменения сердечного ритма отмечены у людей с высокой частотой дыхания.*

### ВСТУП

Серед сучасних підходів оцінки стану серцево-судинної системи та організму в цілому вельми перспективним є аналіз варіабельності серцевого ритму. Разом з тим складність практичного використання цього методу полягає в значних індивідуальних відмінностях характеристик серцевого ритму у здорових осіб [3, 4]. Так, виявлена значимість врахування властивостей особистості [10] та рівня функціональної рухливості нервових процесів для оцінки реактивності серцевого ритму [5]. Крім того, існують типологічні особливості тонічних його складових як за умов спокою [3], так і за різних функціональних станів [8]. Однак слід зазначити, що в більшості робіт з вивчення серцевого ритму не враховується такий фактор, як частота дихання (ЧД), хоча її вплив на роботу серця є очевидним [6]. Крім того відомо, що цей показник великою мірою контролюється генетичними факторами [2] й існує поділ людей на бради-, нормо- і тахіпноіків.

Метою нашої роботи було вивчення варіабельності серцевого ритму у чоловіків із різним типом дихання в стані спокою та при розумовому навантаженні.

### МЕТОДИКА

Обстежено 71 чоловіка віком від 17 до 23 років. За фоновими показниками ЧД їх було розподілено на три групи. До I групи ввійшли 18 чоловік з низькою ЧД (брадипноіки), у яких тривалість дихального циклу була більшою за 4,44 с. До II групи – 35 чоловік із середньою ЧД (нормопноіки), тривалість дихального циклу в яких знаходилася в межах 3,32–4,44 с. III групу склали 18 чоловік з високою ЧД (тахіпноіки) і тривалістю спіроциклу меншою за 3,32 с. Виміри здійснювали з 8-ї до 11-ї години ранку після 15-хвилинного відпочинку. Записи сигналів тривали 5 хв у положенні сидячи та 10 хв під час виконання розумового навантаження (тест на працездатність головного мозку в режимі “зворотного зв’язку” за методикою М.В. Макаренка [9]). Сигнали ЕКГ від біопідсилювача РА-5-01 і пневмограми цифрували через АЦП ADC 1280 і записували на вінчестер комп’ютера, а потім аналізували за допомогою спеціальної програми [7]. Тривалість кардіоінтервалів визначали як відстань між найвищими точками сусідніх зубців R електрокардіограми, а тривалість спіроциклу розраховували за пневмогра-

мою, що реєструвалася п'єзоелектричним датчиком, встановленим перед ніздрями носа обстежуваного. Показники варіативності серцевого ритму розраховували за 5-хвилинними відрізками записів (при розумовому навантаженні з 3-ї по 7-му хвилину включно).

Розрахунки показників варіабельності серцевого ритму та тривалості дихального циклу здійснювали за загальноприйнятими формулами [12] з використанням макросів у електронних таблицях Excel та у програмах Evrsta for DOS та Statistica for Windows-5. Вивчали такі показники: М – середнє значення R-R інтервалів; аМо – відсоткове відношення серцевих циклів у максимальному розряді гістограми з кроком 50 мс до загальної їх кількості у часовому ряді; SDNN – середньоквадратичне відхилення тривалості кардіоциклу; rMSSD – середньоквадратичне відхилення різниць величин послідовних пар R-R інтервалів, HF (0,15–0,4 Гц) – потужність хвиль високої частоти або дихальні хвилі спектрограми кардіоінтервалів; LF (0,04–0,15 Гц) – потужність хвиль низької частоти спектрограми кардіоінтервалів.

Достовірність відмінностей визначали методом парних порівнянь Вілкоксона. Для оцінки залежності між тривалістю спіроциклу та показниками варіабельності серцевого ритму використовували коефіцієнт кореляції Спірмена.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Аналіз отриманих результатів показав (табл. 1), що у чоловіків з низькою та високою ЧД фонові показники серцевого ритму не мають достовірних відмінностей. Однак аМо, SDNN, rMSSD і LF у них вірогідно відрізнялися від цих показників у чоловіків з середньою ЧД. Так SDNN, rMSSD і LF у останніх становили  $62,0 \pm 3,7$  мс,  $61,0 \pm 4,1$  та  $1163,0 \text{ мс} \pm 151,0$  мс відповідно, що було достовірно меншим, а аМо була  $35,6 \% \pm 1,7 \%$  – достовірно більшою, ніж у обстежених з низькою та високою ЧД. Причому відмінності за аМо більш виражені між чоловіками з середньою та низькою ЧД. Крім того, обстежені цих груп достовірно відрізнялися за HF, значення котрої у чоловіків I групи становило  $4760,0 \text{ мс}^2 \pm 1479,4 \text{ мс}^2$ , а у осіб II групи –  $1362,0 \text{ мс}^2 \pm 175,7 \text{ мс}^2$ .

Таким чином, чоловіки з крайніми типами дихання, особливо брадипноїки, в стані спокою мають більшу варіабельність серцевого ритму та нижчий рівень його організації порівняно з обстеженими з середньою ЧД. Відомо, що висока варіативність показників свідчить про більший потенціал живої системи [1]. Тому пояснити такі відмінності можна тим, що особи крайніх типів у популяції складають таку групу, в якій і відбувається пристосування до змінних умов зовнішнього середовища.

Таблиця 1. Фонові показники варіабельності серцевого ритму у чоловіків з різною частотою дихання (М±m)

| Показник   | Частота дихання |              |               |
|--|-----------------|--------------|---------------|
|  | низька          | середня      | висока        |
| Середнє значення кардіоінтервалу, мс                     | 990,0±37,9      | 957,0±23,1   | 990,0±35,0    |
| Амплітуда моди, %  | 25,0±1,8***     | 35,6±1,7     | 27,8±2,4*     |
| Середньоквадратичне відхилення, мс                       |                 |              |               |
| тривалості кардіоінтервалу                               | 98,0±11,6*      | 62,0±3,7     | 81,0±7,9*     |
| різниць між сусідніми кардіоінтервалами                  | 93,0±14,4*      | 61,0±4,1     | 93,0±13,2*    |
| Потужність спектру кардіоінтервалограми, мс <sup>2</sup> |                 |              |               |
| діапазон 0,15–0,4 Гц                                     | 4760,0±1479,4*  | 1362,0±175,7 | 2824,0±792,5  |
| діапазон 0,04–0,15 Гц                                    | 4539,0±1611,5*  | 1163,0±151,0 | 1895,0±293,3* |

\* P<0,05; \*\*\* P<0,001 порівняно з обстеженими з середньою частотою дихання.

Ось чому наступною задачею нашого дослідження було визначити реактивність серцевого та дихального ритмів у чоловіків з різною ЧД на розумове навантаження (табл. 2). Характер змін показників тривалості дихального циклу та серцевого ритму суттєво залежав від їх вихідних значень, фонові відмінності між котрими при виконанні розумового навантаження дещо нівелювалися. При цьому у чоловіків з високою та середньою ЧД всі показники серцевого ритму достовірно не відрізняються, крім тривалості спіроциклу ( $P < 0,01$ ). В той же час особи з низькою ЧД мають вірогідні відмінності за значеннями  $aM_0$ , SDNN та LF порівняно з обстежуваними середнього ЧД.

Отже, при розумовому навантаженні у чоловіків з високою ЧД поряд з найменшими змінами у тривалості спіроциклу відмічено найбільшу реактивність показників серцевого ритму, всі значення котрих достовірно змінювалися. В осіб з середньою ЧД при зменшенні тривалості спіроциклу на  $20,9\% \pm 2,3\%$  також відбуваються достовірні зміни показників серцевого ритму. Однак вираженість цих змін є дещо меншою порівняно з особами з високою ЧД, що, ймовірно, зумовлено як вихідним рівнем їхніх показників, так і наявністю великої частки протилежно спрямованих реакцій. Слід відмітити, що у обстежених з низькою

ЧД істотно проявляється різноспрямованість реакцій серцевого ритму разом з найбільшими змінами в тривалості дихального циклу.

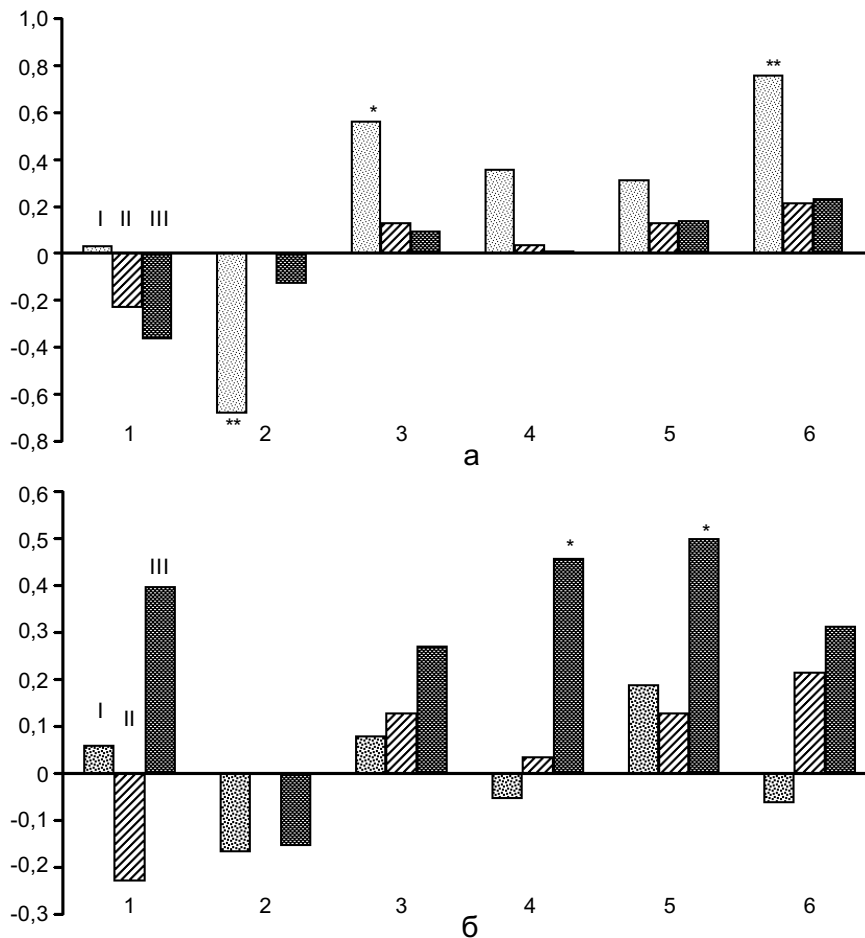
Таким чином, при розумовому навантаженні спостерігається тенденція посилення різноспрямованості реакцій показників серцевого ритму при підвищенні реактивності дихання.

Відомо, що як критерій емоційного напруження можна використовувати коефіцієнти кореляції між показниками функціональних систем гомеостатичного рівня [11]. Тому для з'ясування зв'язків між тривалістю дихального циклу та показниками варіабельності серцевого ритму нами був проведений кореляційний аналіз. Встановлено, що в стані спокою у осіб з низькою ЧД тривалість дихального циклу достовірно корелює з  $aM_0$ , SDNN та LF на відміну від чоловіків з середньою та високою ЧД, в яких не має вірогідних коефіцієнтів кореляції між даними показниками (рисунок, а). При виконанні розумового навантаження у них спостерігається зменшення коефіцієнтів кореляції до недостовірного рівня і навіть перехід зв'язку до зворотних величин (див. рисунок, б). У чоловіків з середньою ЧД як у фоновий період, так і при виконанні розумового навантаження, коефіцієнти кореляції тривалості спіроциклу і показників

**Таблиця 2. Реактивність (%) показників варіабельності серцевого ритму на розумове навантаження у осіб з різною частотою дихання**

| Показник   | Частота дихання        |                         |                         |
|--|------------------------|-------------------------|-------------------------|
|  | низька                 | середня                 | висока                  |
| Середнє значення кардіоінтервалу, мс                     | $-8,77 \pm 1,89^{***}$ | $-9,97 \pm 1,06^{***}$  | $-14,61 \pm 1,47^{***}$ |
| Амплітуда моди, %  | $33,73 \pm 9,79^{**}$  | $20,80 \pm 5,56^{**}$   | $35,19 \pm 9,12^{**}$   |
| Середньоквадратичне відхилення, мс                       |                        |                         |                         |
| тривалості кардіоінтервалу                               | $-18,29 \pm 6,35^{**}$ | $-15,25 \pm 5,20^{**}$  | $-22,52 \pm 4,46^{***}$ |
| різниць між сусідніми кардіоінтервалами                  | $-10,94 \pm 7,25$      | $-21,26 \pm 5,95^{***}$ | $-31,26 \pm 4,20^{***}$ |
| Потужність спектру кардіоінтервалограми, мс <sup>2</sup> |                        |                         |                         |
| діапазон 0,15–0,4 Гц                                     | $-22,43 \pm 11,9$      | $-33,52 \pm 10,4^{***}$ | $-47,28 \pm 5,65^{***}$ |
| діапазон 0,04–0,15 Гц                                    | $-3,42 \pm 26,1$       | $7,51 \pm 15,60$        | $-19,6 \pm 13,2^*$      |

\*  $P < 0,05$ ; \*\*  $P < 0,01$ ; \*\*\*  $P < 0,001$  порівняно з фоном.



Коефіцієнти кореляції між тривалістю спіроциклу та показниками варіабельності серцевого ритму у осіб з різною частотою дихання у стані спокою (а) та при розумовій роботі (б): I – низька частота дихання, II – середня частота дихання, III – висока частота дихання; 1 – середнє значення кардіоінтервалу, 2 – амплітуда моди, 3 – середньоквадратичне відхилення тривалості кардіоінтервалу, 4 – середньоквадратичне відхилення різниць між сусідніми кардіоінтервалами, 5 – потужність спектру кардіоінтервалограми у діапазоні 0,15–0,4 Гц, 6 – потужність спектру кардіоінтервалограми у діапазоні 0,04–0,15 Гц. \* P<0,05, \*\* P<0,01

серцевого ритму були низькими і недостовірними.

Однак у осіб з високою ЧД під час виконання розумового навантаження з'являються вірогідні зв'язки між ЧД та показниками, що характеризують рівень парасимпатичних впливів на ритм серця – rMSSD і HF.

Таким чином, тільки у осіб з високим рівнем ЧД спостерігалось ущільнення зв'язків між часовими показниками зовнішнього дихання та серцевих скорочень при розумовій роботі.

## ВИСНОВКИ

У стані спокою рівень варіативності серцевого ритму вищий у осіб з низькою та високою ЧД порівняно з особами з середньою ЧД.

Найбільші зміни показників варіативності серцевого ритму на розумове навантаження спостерігались у осіб з високою ЧД.

При розумовому навантаженні у осіб з високою та середньою ЧД кореляції між цим показником і показниками варіативності серцевого ритму зменшуються, а у осіб з високим рівнем ЧД збільшуються.

**S.O.Kovalenko, L.I.Kudij, O.V.Kalenichenko**

**HEART RHYTHM VARIABILITY  
IN INDIVIDUALS WITH DIFFERENT  
RESPIRATION FREQUENCY**

Variability in heart rhythm and respiration frequency in the men aged 17-23 were measured at rest and during mental loading. It was found that the variability level of cardio intervals was higher in individuals with low and high respiration frequency when compared with individuals with average respiration frequency at rest. During mental loading, the biggest changes in the amplitude of the heart rhythm were marked in individuals with high respiration frequency.

*Bohdan Khmelnytsky Cherkasy National University*

**СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Анохин П.К. Общие принципы формирования защитных приспособлений организма // Вестн. АМН СССР. – 1962. – 17, №4. – С. 16–26.
2. Березовский В.А., Серебровская Т.В., Липский П.Ю. Исследование функции внешнего дыхания у близнецов в условиях измененной газовой среды // Физиол. журн. – 1982. – 27, №1. – С. 20–25.
3. Богданова Э.А., Кутерман Э.М., Платонова А.А. Типологические особенности структуры сердечного ритма здорового человека. – В кн.: Теория и практика автоматизации электрокардиографических и клинических исследований. – Каунас, 1981. – С. 181.
4. Галеев А.Р., Игишева Л.Н., Казин Э.М. Вариабельность сердечного ритма у здоровых детей в возрасте 6–16 лет // Физиология человека. – 2002. – 28, № 4. – С. 54–58.
5. Лизогуб В.С. Онтогенез психофизиологических функций людини. Автореф. дис. ... д-ра біол.наук. – К., 2001. – 44с.
6. Лукошкова Е.В., Хаютин В.М., Бекбосынова М.С. QRS-амплитудограмма и ее частотный спектр: применение для оценки мощности колебаний частоты сердечбиений // Кардиология. – 2000. – №9. – С. 54–63.
7. Коваленко С.А., Кушниренко А.Е. Программная система определения показателей кардиодинамики в различных фазах дыхательного цикла // Кибернетика и вычислительная техника. – 1999. – Вып. 124. – С. 92–98.
8. Кутерман Э.М., Хаспекова Н.Б. Типологические особенности тонических составляющих ритма сердца // Физиология человека. – 1995. – 21, № 6. – С. 146–152.
9. Макаренко М.В. Методика проведения обстежень та оцінки індивідуальних нейродинамічних властивостей вищої нервової діяльності людини // Фізіол. журн. – 1999. – 45, № 4. – С. 125–131.
10. Медведев М.А., Загулова Д.В., Несторенко А.И., Васильев В.Н. Значимость личностных особенностей при интерпретации показателей спектральных составляющих сердечного ритма // Физиология человека. – 2002. – 28, № 3. – С. 54–60.
11. Судаков К.В., Тараканов О.П., Юматов Е.А. Кросс-корреляционный вегетативный критерий эмоционального стресса // Там же. – 1995. – 21, № 3. – С.87–95.
12. Heart rate variability. Standatds of Measurement, Physiological interpretation and clinical use // Circulation. – 1996. – 93. – P.1043–1065.

*Черкас. ун-т ім. Богдана Хмельницького*

*Матеріал надійшов до редакції 20.04.2004*