

ХВИЛЬОВА СТРУКТУРА ПОКАЗНИКІВ ГЕМОДИНАМІКИ ПРИ РІЗНОМУ ВИХІДНОМУ РІВНІ ЧАСТОТИ ДИХАННЯ У ЧОЛОВІКІВ

Актуальність. Доцільним є дослідження особливостей хвильової структури коливань ударного об'єму крові (УОК) та тривалості R-R інтервалу (t-R-R) при різних рівнях основних вегетативних показників, таких як частота дихання та об'єм серцевого викиду, котрі згідно з даними багатьох досліджень вважаються достатньо сталими для кожної людини

Мета. З'ясувати особливості хвильової структури коливань УОК та t-R-R у здорових молодих чоловіків із різним вихідним рівнем частоти дихання.

Методика. Виміри проведені на 120 здорових молодих чоловіках віком від 17 до 23 років. За розподілом вихідного значення Мо тривалості дихального циклу чоловіків поділили на три групи: тахіпноїки (39 осіб) – з високою частотою дихання (ВЧД), нормопноїки (62 особи) – з середньою частотою (СЧД) та брадіпноїки (19 осіб) – з низькою частотою дихання (НЧД). Часові ряди аналізували за 5-хвилинними реалізаціями послідовних УОК та t-R-R у програмі „CASPICO”. Для тривалості кардіоциклів розрізняли три головних спектральних компоненти: HF (0,15-0,4 Гц), LF (0,04-0,15 Гц), VLF (0-0,04 Гц), а також загальну потужність спектру (TP), потужність високочастотних коливань у нормалізованих одиницях (HFnorm). Для УОК такими показниками були відповідно HF^{sv} , LF^{sv} , VLF^{sv} , TP^{sv} та $HFnorm^{sv}$.

Результати. Для осіб із низькою та високою частотою дихання у стані спокою характерна відносно вища амплітуда коливань тривалості інтервалу R-R та ударного об'єму крові в діапазоні 0,04-0,15 Гц, ніж для нормопноїків. У брадіпноїків це обумовлюється зрушенням дихальної періодики в даний частотний діапазон та вищим рівнем активації парасимпатичної ланки вегетативної нервової системи, а у тахіпноїків – цілим рядом факторів: відносно більшим рівнем кровонаповнення органів грудної клітки, збільшенням симпатичних впливів на серце та підвищенням спонтанної барорефлекторної чутливості. При дозованих навантаженнях, навпаки, відносно більша симпатична активація спостерігається у брадіпноїків.

Висновки. Врахування вихідної частоти дихання може суттєво поліпшити діагностичну цінність методів аналізу варіабельності ударного об'єму крові та серцевого ритму.

Ключові слова: варіабельність серцевого ритму, частота дихання.

Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій. Параметри коливань гемодинамічних показників між окремими особами суттєво розрізняються [1]. Така міжіндивідуальна девіантність цих характеристик функціонування організму може бути обумовлена індивідуально-типологічними особливостями людини. Тому доцільним є дослідження особливостей хвильової структури коливань ударного об'єму крові (УОК) та тривалості R-R інтервалу (t-R-R) при різних рівнях основних вегетативних показників, таких як частота дихання та об'єм серцевого викиду, котрі згідно з даними багатьох досліджень вважаються достатньо сталими для кожної людини [2, 3, 4].

Показано, що варіабельність серцевого ритму (BCP) в осіб із різною типологією за частотою дихання та зміни її хвильової структури при різноманітних навантаженнях розрізняються [5]. Разом з тим, малодослідженими залишаються зміни коливань ударного об'єму крові при цьому.

Мета роботи. З'ясувати особливості хвильової структури коливань УОК та t-R-R у здорових молодих чоловіків із різним вихідним рівнем частоти дихання.

Методика

Виміри проведені на 120 здорових молодих чоловіках віком від 17 до 23 років з дотриманням вимог законодавства України про охорону здоров'я і Гельсінської декларації 2000 р., директиви Європейського товариства 86/609 стосовно участі людей у медико-біологічних дослідженнях.

Процедура вимірювань для всіх осіб була стандартною. Попередньо проводили інструктаж (5-10 хвилин). Потім на тіло обстежуваного встановлювали електроди та датчики і вкладали його на кушетку, де він відпочивав 10-15 хвилин. Після цього проводили 5-хвилинні записи сигналів від реографа та пневмографа. Пробу регламентованого дихання з частотою 8 та 6 цикл./хв проводили в положенні лежачи впродовж 5 хвилин. Ритм дихання задавався словесними командами, записаними на комп'ютер. Через 5-6 хвилин після завершення цього тесту здійснювали активну ортопробу тривалістю 7 хвилин. В якості розумового навантаження використовували 10-хвилинний тест по визначенню працездатності головного мозку в режимі зворотного зв'язку за методикою М. В. Макаренка [6] з використанням системи «Діагност-1».

За розподілом вихідного значення M_0 тривалості дихального циклу чоловіків виділили групи: тахіпноїки – 39 осіб із високою частотою дихання (ВЧД), нормопноїки – 62 особи з середньою частотою (СЧД) та брадіпноїки – 19 осіб із низькою частотою дихання (НЧД).

Ударний об'єм крові визначали за показниками диференціальної реоплетизмограми (РПГ) за формулою, запропонованою W.G. Kubicek. Тривалість кожного кардіоциклу розраховували за часовими параметрами найвищої точки зубця QRS електрокардіограми. Часові ряди послідовних УОК та t-RR аналізували у програмі Caspico [7]. Розрізняли три головних спектральних компоненти для t-RR - HF (0,15-0,4 Гц), LF (0,04-0,15 Гц), VLF (0-0,04 Гц), загальну потужність спектру (TP), потужність високочастотних коливань у нормалізованих одиницях (HFnorm). Для УОК це були відповідно VLF^{sv} , LF^{sv} , HF^{sv} , TP^{sv} та $HFnorm^{sv}$.

Статистичний аналіз даних здійснювали за допомогою непараметричних критеріїв, оскільки розподіл показників в основному був ненормальним.

Результати та їх обговорення

У зв'язку з наявністю типологічних груп за частотою дихання у здорових молодих чоловіків виникає необхідність з'ясувати особливості як параметрів центральної гемодинаміки, так і їх коливань у цих групах у стані спокою та при різних навантаженнях. В спокої лежачи не виявлено вірогідних відмінностей тривалості інтервалу R-R, ударного об'єму крові та серцевого індексу між тахі-, нормо- та брадіпноїками. В той же час особи з ВЧД мали значуще вищий рівень кровонаповнення органів грудної клітки, ніж чоловіки з СЧД та НЧД. Цілком можливо, що така особливість має пристосувальне значення для покращення газообміну в легенях для тахіпноїків. В цій групі чоловіків із високої частотою дихання, зрозуміло, буде дещо нижчим дихальний об'єм та більшим відносний об'єм мертвого простору. Тому збільшення кровонаповнення легенів створює сприятливі умови для газообміну за механізмом, описаним J. West [8].

При переході у вертикальне положення тіла на фоні значного зменшення УОК, серцевого індексу, t-R-R та рівня кровонаповнення органів грудної клітки не було відмічено значущих відмінностей між порівнюваними групами. Також відсутні достовірні відмінності за цими фізіологічними параметрами між особами, що різняться за частотою дихання, при розумовому та фізичному навантаженнях. Хоча потрібно відмітити, що рівень кровонаповнення органів грудної клітки за всіх умов у тахіпноїків є дещо вищим, ніж у нормо- та брадіпноїків.

Отже, основні гомеостатичні показники гемодинаміки в осіб із різною частотою дихання в досліджуваних умовах не відрізняються. Разом з цим, згідно з даними П. К. Анохіна [9] підтримання достатньо сталого рівня цих показників може вимагати значної їх флуктуації в осіб різної типології.

Так, у спокої лежачи виявлені суттєві відмінності у хвильовій структурі тривалості інтервалу R-R та ударного об'єму крові у представників різних типологічних груп за частотою дихання (табл. 1).

Таблиця 1

Показники коливань гемодинаміки в осіб із різною вихідною частотою дихання за умов спокою

Показники	Частота дихання		
	Висока	Середня	Низька
R-R			
VLF	944 [741; 1449]	708 [♦] [497; 1001]	964 [380; 1524]
LF	885 [619; 1348]	667 [373; 1019] [♦]	1888 [1108; 3120] ^{♦▲}
HF	1273 [867; 1803]	1219 [669; 1950]	1776 [776; 3921]
HFnorm	53,36 [48,59; 67,27]	66,01 [56,61; 72] [♦]	50,11 [21,48; 68,76]
TP	3432 [2437; 5473]	2767 [1806; 4061] [♦]	5500 [2790; 11525] [▲]
SV			
VLF ^{SV}	4,5 [2,6; 7,1]	3,1 [1,9; 7,6]	3,7 [1,7; 7,7]
LF ^{SV}	6,5 [3,9; 11,7]	4 [2,2; 6,3] [♦]	12,7 [5,5; 43,1] ^{♦▲}
HF ^{SV}	30,9 [16,7; 67,3]	25,2 [15,3; 43,7]	18,8 [9,7; 27,4]
HFnorm ^{SV}	84,2 [73; 91]	86,4 [76,7; 91,8]	55,9 [30,6; 79,5] ^{♦▲}
TP ^{SV}	47 [35,1; 93,2]	30,6 [20,1; 52,8] [♦]	41,6 [31,8; 87,6]

Примітка. [♦] - $p < 0,05$ – у порівнянні з групою осіб із ВЧД; [▲] - $p < 0,05$ – між групами чоловіків із СЧД та НЧД

Потужність коливань т-R-Rу діапазоні дуже низьких частоту першій групі (ВЧД) була вірогідно вища, ніж у другій. LF розрізнялась у всіх групах: найменшим цей показник був у групі з СЧД, а найбільшим – в осіб із НЧД. Така ж закономірність спостерігалась за значенням загальної потужності спектру коливань ЧСС. HF_{norm} була вищою у групі чоловіків із СЧД, ніж у крайніх групах. Тому вищий рівень LF у першій групі в порівнянні з другою можна пояснити більшим рівнем симпатичних впливів на серцевий ритм. В той же час найвищий рівень LF у третій групі, напевно, пов'язаний із наявністю в ній осіб із частотою дихання (33% від загальної кількості) чи реалізаціями окремих дихальних циклів, які зміщуються у діапазон низьких частот серцевого ритму. Отже, використання співвідношення потужностей спектру в діапазонах 0,04-0,15 Гц та 0,15-0,4 Гц чи нормалізованої потужності в діапазоні високих частот в осіб із НЧД для оцінки вегетативного тонуусу може привести до хибних висновків. Крім цього, показано, що сама структура коливань т-R-R може бути неоднорідною [10].

Подібні особливості відмічені і для коливань УОК в осіб різних типологічних груп (табл. 2). Так, LF^{SV} була вірогідно вищою в осіб із НЧД у порівнянні з іншими групами, а в осіб із ВЧД – у порівнянні з групою СЧД. Знову ж для групи осіб із НЧД це пояснюється зсувом дихального діапазону у зону низьких частот, а для чоловіків першої групи – більш високим рівнем симпатичної активності, ніж у чоловіків із СЧД. Значуще вищий рівень загальної потужності коливань ударного об'єму крові у групі з ВЧД у порівнянні з особами з СЧД може бути обумовлений більшим кровонаповненням органів грудної клітки. За літературними даними амплітуда коливань ударного об'єму крові суттєво залежить від цього показника [11].

Таблиця 2

Показники коливань гемодинаміки
в осіб із різною вихідною частотою дихання при ортопробі

Показники	Частота дихання		
	Висока	Середня	Низька
R-R			
VLF	986[539; 1683]	573[344; 1345]	883[445; 1167]
LF	815[498; 1118]	906[369; 1391]	1739[896; 3740] [♦] [▲]
HF	266[105; 571]	292[128; 577]	373[255; 1377] [♦] [▲]
SV			
VLF ^{SV}	4,1[3,1; 6,2]	2,5[1,3; 5,4] [♦]	3,9[2,6; 5,5] [♦] [▲]
LF ^{SV}	3,6[1,9; 5,2]	3,7[2; 7,2]	3,6[3; 8,9]
HF ^{SV}	10,5[6,8; 17,2]	8,9[4,8; 13,7]	5,3[3,8; 8,7]

Примітка. [♦] - $p < 0,05$ – у порівнянні з групою осіб із ВЧД; [▲] - $p < 0,05$ – між групами з СЧД та НЧД

Дещо парадоксальним є факт більшої загальної потужності коливань т-R-R в осіб із ВЧД у порівнянні з групою обстежуваних із СЧД, оскільки більша варіативність ЧСС багатьма авторами оцінюється як характеристика високих адаптаційних можливостей організму людини [1]. Для підтвердження цього факту проводили пробу з регламентованим диханням із частотою 6 циклів за хвилину. Цей вплив не змінював та не приводив до відмінностей між порівнюваними групами за рівнями т-R-R та ударного об'єму крові. Разом з цим зберігаються значущі відмінності у потужності спектру у діапазоні 0-0,04 Гц між особами I-ї та II-ї груп (відповідно 1043 [812; 1618] мс^2 та 773 [443; 1350] мс^2).

Вірогідно найменша потужність спектру у LF-діапазоні спостерігається в осіб із СЧД (5465 [3538; 8830] мс^2), а відмінності між групами осіб із ВЧД (8457 [4071; 12063] мс^2) та з НЧД (10121 [5645; 17040] мс^2) зникають. Подібні закономірності відмічені також у рівнях загальної потужності спектру. Крім цього існують значущі відмінності у значеннях HF між особами першої та другої груп. Аналіз медіанних спектрограм показав, що тахіпноїки мають більшу потужність спектру коливань т-R-R на частотах 0,2 Гц та 0,3 Гц, котрі є гармоніками основної хвилі на частоті 0,1 Гц. Такі результати можуть свідчити як про більшу потужність основної хвилі, так і про більші відмінності форми цієї хвилі від ідеальної синусоїди у тахіпноїків.

Отже, при регламентованому диханні підтверджується більша варіативність масивів кардіоінтервалів в осіб із високою вихідною частотою дихання, ніж у чоловіків із середнім її рівнем.

За результатами спектрального аналізу коливань УОК при регламентованому диханні вірогідних відмінностей за показниками VLF^{SV} та LF^{SV} між типологічними групами не знайдено, хоча на частоті 0,11 Гц між значеннями медіанних спектрограм у осіб із ВЧД та СЧД існує значуща різниця. Значуще більше HF^{SV} в осіб із ВЧД (31,7 [22,5; 48,3] мл^2) у порівнянні з групою СЧД (25,5 [11,6; 34,8] мл^2) та НЧД (21,1 [15,1; 34] мл^2). Знову ж, як і в випадку з коливаннями т-R-R, такі зміни викликані як більшою варіативністю осциляцій УОК, так і значною амплітудою додаткових хвиль на частотах, кратних частоті основної хвилі.

Більша потужність коливань УОК при регламентованому диханні в осіб із ВЧД у порівнянні з чоловіками з СЧД може бути обумовлена як дещо більшим, хоча і не вірогідним, кровонаповненням органів грудної клітки, так і більш високим рівнем їх функціональних можливостей.

Перехід у вертикальне положення спричиняв перебудову структури коливань як ударного об'єму крові, так і тривалості інтервалу R-R в осіб всіх трьох типологічних груп (табл. 2). При цьому загальна потужність коливань т-R-R була значуще вищою у брадіпноїків (3191 [1725; 7708] мс²) у порівнянні з нормопноїками (2176 [1009; 3082] мс²) та не відрізнялась від рівня у тахіпноїків (2566 [1218; 3297] мс²). HF та LF у брадіпноїків були вірогідно вищими, ніж у інших типологічних групах.

Значне переважання амплітуди коливань т-R-R в осіб із низькою частотою дихання третьої групи в діапазоні 0,04-0,15 Гц не можна пояснити тільки за рахунок зміщення дихальних хвиль на ці частоти (13 % осіб). Цілком можливо, що таке явище може бути, по-перше, наслідком більш значної активації симпатичної ланки вегетативної нервової системи, а, по-друге, будь-які впливи на низьких частотах (в тому числі і симпатичні) можуть викликати явище резонансу у брадіпноїків у більшій мірі за рахунок формування специфічної функціональної системи у них, ніж у осіб інших типологічних груп.

Міжгрупові відмінності у коливаннях УОК відмічені тільки у діапазоні дуже низьких частот. Найбільшою VLF була у тахіпноїків, меншою - у брадіпноїків, а найменшою – у нормопноїків.

Таким чином, при ортопробі різниці у структурі коливань гемодинаміки між представниками різних груп за частотою дихання у спокої деякою мірою нівелюються. В найбільшій мірі типологічні особливості за частотою дихання фізіологічних коливань гемодинаміки проявляються у спокої лежачи.

Амплітуда та хвильова структура коливань т-R-R у осіб III-ї групи при виконанні дозованого розумового навантаження має суттєві відмінності від представників інших груп (рис. 1).

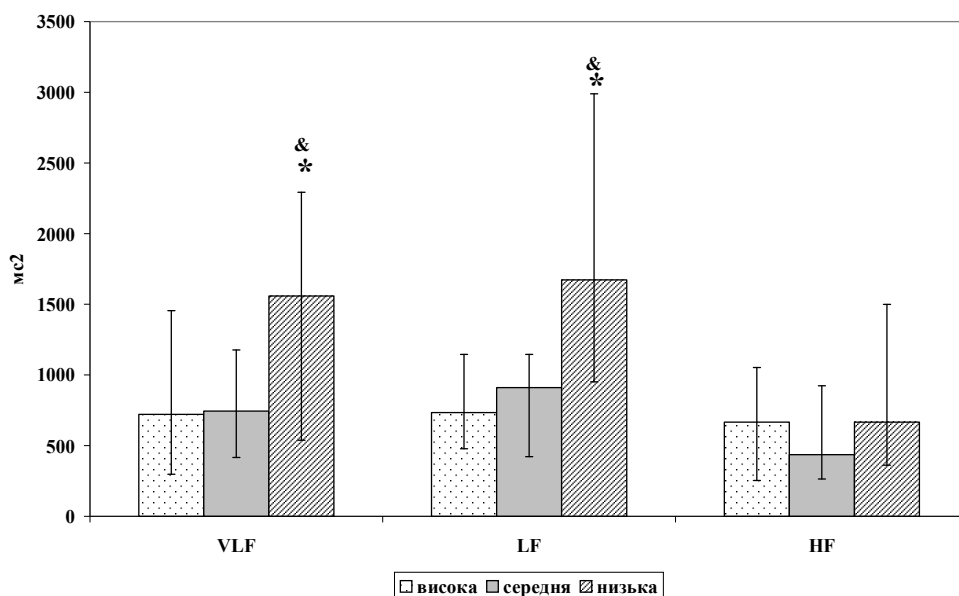


Рис. 1. Потужність коливань тривалості інтервалу R-R при розумовому навантаженні у стандартних частотних діапазонах в осіб різної типології дихання.

Примітка. * - $p < 0,05$ між групами осіб із НЧД та ВЧД; & - $p < 0,05$ між групами чоловіків із НЧД та СЧД

Брадіпноїки мали вірогідно вищий рівень VLF та LF при відсутності відмінностей у HF. Тому і HF_{norm} у них було достовірно менше, ніж у тахіпноїків. Це свідчить про більший рівень симпатичної активації у них, оскільки у всіх чоловіків частота дихання була в межах високочастотного діапазону серцевого ритму. Цілком можливо, при розумовому навантаженні відбувається засвоєння ритму робочих рухів і

цей ритм найближчий до звичної частоти дихальних осциляцій тахіпноїків. Тому і симпатична активація у них значно менша, ніж в осіб, котрі засвоюють незвичний їм ритм. Разом з цим, за об'ємом виконаної розумової роботи значущих відмінностей між різними групами не виявлено.

Це припущення підтверджується і результатами аналізу коливань УОК при розумовому навантаженні. Так, HF^{SV}_{norm} у тахіпноїків (71,73 [62,52; 83,18]%) не відрізнялась від її рівня у нормопноїків (78,73 [65,17; 84,48]%). В той же час цей показник був значуще меншим у брадіпноїків (65,67[50,1; 77,34]%) у порівнянні з особами середньої групи.

Таким чином, серед фізіологічних механізмів, які, ймовірно, є причиною відмінностей хвильової структури серцевого ритму в осіб із різним вихідним рівнем частоти дихання, можна виділити наступні:

1. Порівняно вищий рівень кровонаповнення органів грудної клітки в осіб із високою частотою дихання, що можна розцінювати як пристосування для більш ефективного газообміну в легенях внаслідок меншого рівня дихального об'єму в них;

2. Наявні відмінності у стані спокою в активності симпатичної нервової системи, яка може відобразитись на частоті дихання. Крім того, аналіз реактивності на різні збурення за законом Вільдера про вихідні величини в осіб різних типологічних груп буде необ'єктивним;

3. Можливий різний рівень вуглекислого газу в крові чи різна чутливість дихального центру до нього. За літературними даними [12] ці фактори суттєво впливають на ВСР;

4. Резонансні зміни на частотах, на котрих зазвичай здійснюється дихання. Останнє характерно для осіб з низькою частотою дихання, у яких реалізація дихання здійснюється у діапазоні дії спонтанного барорефлексу. Навіть при переміщенні частоти дихання у інші діапазони будь-який вплив (приміром, функціонування барорефлексу) у звичному діапазоні дихання викликає резонансне збільшення хвиль серцевого ритму;

5. В осіб із високим вихідним рівнем частоти дихання індивідуальна варіативність тривалості спіроциклів суттєво вище, ніж в осіб інших типологічних груп. Отже, поряд із домінуючим рівнем тривалості спірокомплексу у них можуть відбуватись подовжені інтервали між вдихами. У літературі є дані [13], що у нормі на 15 звичайних спіроциклів може спостерігатись один подовжений. Таке пристосування, цілком вірогідно, слугує для додаткової вентиляції легенів.

Висновок

Особи із низькою та високою частотою дихання у стані спокою мають відносно вищу амплітуду коливань тривалості інтервалу R-R та ударного об'єму крові в діапазоні 0,04-0,15 Гц, ніж нормопноїки. У брадіпноїків це обумовлюється переходом дихальної періодики в даний частотний діапазон та вищим рівнем активації парасимпатичної ланки вегетативної нервової системи, а в тахіпноїків – цілим рядом факторів: відносно більшим рівнем кровонаповнення органів грудної клітки, збільшенням симпатичних впливів на серце та підвищенням спонтанної барорефлекторної чутливості. При дозованих навантаженнях, навпаки, відносно більша симпатична активація спостерігається у брадіпноїків.

Література

1. Коваленко С. О. Варіабельність серцевого ритму. Методичні аспекти. / С. О. Коваленко, Л. І. Кудій – Черкаси : Черкаський національний університет ім. Б. Хмельницького, 2016. – 298 с.
2. Березовский В. А. Исследование функции внешнего дыхания у близнецов в условиях измененной газовой среды / В. А. Березовский, Т. В. Серебровская., П. Ю. Липский // Физиол. журн. – 1981. – Т. 27, №1. – С. 20-25.

3. Сергиенко Л. П. Основы спортивной генетики / Л. П.Сергиенко. – К.: Вища школа, 2004. – 631 с.
4. Цибенко В. О. Особливості регіонарної гемодинаміки у людей з різними типами кровообігу / В. О.Цибенко, О. В.Грищенко // Физиол. журн. - 1995. - Т.41, №1-2. - С. 8-13.
5. Коваленко С. О., Кудій Л. І., Калениченко О. В. Варіабельність серцевого ритму у людей з різною частотою дихання//Фізіологічний журнал. – 2004. – Т.50, №6. – С.43-47.
6. Макаренко М. В. Методика проведення обстежень та оцінки індивідуальних нейродинамічних властивостей вищої нервової діяльності людини // Фізіол. журн. – 1999. – Т.45, №4. – С. 125-131.
7. Коваленко С. О., Яковлев М. Е. Комп'ютерна програма для реєстрації та аналізу ритму серця і дихання („CASPICO”). Авторське свідоцтво України №11262 – 54 с. – Укр.. – Деп. в УААСП 4.10.2004. – Реф. у офіційному бюлетені „Авторське право і суміжні права” – 2005. - №6. – С.338.
8. Вест Дж. Физиология дыхания. Основы / Дж.Вест. – М.: Мир, 1988. – 200 с.
9. Анохин П. К. Общие принципы формирования защитных приспособлений организма // Вестник АМН СССР. – 1962. – Т.17, №4. – С.16-26.
10. Коваленко С. О., Токар С. І. Хвильова структура коливань ударного об'єму крові та RR-інтервалів у діапазоні низьких частот серцевого ритму//Фізіол. журн. –2007. – Т.53, №2. – С.36-40.
11. Wiesenack C. et al. Stroke volume variation as an indicator of fluid responsiveness using pulse comtour analysis in mechanically ventilated patients // Anesth Analg. – 2003. – V.96, №5. – P.1254-1257.
12. Мищенко В. С. Реактивные свойства кардиореспираторной системы как отражение адаптации к напряженной физической тренировке в спорте / В. С.Мищенко, Е. Н.Лысенко, В. Е.Виноградов. – К.: Науковий світ, 2007. – 351 с.
13. Словарь-справочник по физиологии и патофизиологии дыхания / Под общ. ред. В. А. Березовского. – К.: Наукова думка, 1984. – 256 с.

References

1. Kovalenko S. O., Kudii L. I. (2016). Heart Rate Variability. Methodical aspects. Cherkasy: Cherkas'kyu natsional'nyy universytet im. B. Khmel'nyts'koho. 298p (In Ukr.)
2. Berezovsky V. A , Serebrovskaia T.V., Lypskyi P. Y. (1981). Examination of the function of external respiration in twins under conditions of a changed atmosphere.*Fiziolohichnyi zhurnal (Physiological journal)*. , 27 (1), 20-25 (in Rus.)
3. Sergienko L .P. (2004). Fundamentals of sports genetics. K .: Vishcha school, 631 (in Rus.)
4. Tsibenko V. O. (1995). Specificity of the regimorary hemodynamics in people with rare blood types. *Fiziolohichnyi zhurnal (Physiological journal)*. , 41 (1-2), 8-13 (In Ukr.)
5. KovalenkoS. O., Kudii .L. I., KalenychenkoO. V. (2004).Heart rhythm variability in individuals with different respiration frequency.*Fiziolohichnyi zhurnal (Physiological journal)*. , 50 (6), 43-7(In Ukr.)
6. Makarenko, M. V. (1999). Method of estimation of individual neurodynamic characteristics of higher nervous activity in man.*Fiziolohichnyi zhurnal (Physiological journal)*. , 45 (4), 123-131 (in Ukr.)
7. Kovalenko, S. O. Yakovlev, M. Ye. (2005). The computer program for registration and analysis of heart rate and respiration („CASPICO”). The author testimony of Ukraine №11262, Abstract in the official journal "Copyright and Related Rights", 6. 338. (in Ukr.)
8. West J. (1988). Physiology of breathing. Basics.Moscow: Mir, 200 (in Rus.)
9. Anokhin P. K.(1962). General principles of the formation of protective adaptations of the organism. Bulletin of the Academy of Medical Sciences of the USSR, 17 (4), 16-26 (in Rus.)
10. Kovalenko S. O., Tokar S. I. (2007). The wave structure of the stroke volume and RR-interval oscillations in the low wave range of the heart rhythm.*Fiziolohichnyi zhurnal (Physiological journal)*. , 53 (2), 36-40 (in Ukr.)
11. Wiesenack C. et al. (2003). Stroke volume variation as an indicator of fluid responsiveness using pulse comtour analysis in mechanically ventilated patients. *Anesth Analg.*, 96 (5), 1254-1257.
12. Mishchenko V. S., Lysenko E. N., Vinogradov V. E. (2007). Reactive properties of the cardiorespiratory system as a reflection of adaptation to stressful physical training in sports. K .: Naukova's World, 351 (in Ukr.)
13. Berezovsky V. A. (1984). Dictionary-reference book on the physiology and pathophysiology of breathing. K .: Naukova dumka, 256 (in Rus.)

Kudii L. I., Rybalko A. V., Zaporozhets T.V. Wave structure of hemodynamic indicators by the different level of the respiratory rate in men

Introduction. It is expedient to investigate the features of wave structure of the oscillations of the stroke volume (SV) and duration of R-R interval by the different level of the main vegetative indicators such as respiratory rate and volume of cardiac output which are considered to be constant for each person according to the data of many studies.

Purpose. To find out the features of the wave structure of oscillations of SV and duration of R-R interval in healthy young men with a different level of respiratory rate.

Methods. The measurements are carried out on 120 healthy young men aged from 17 to 23 years. By the distribution of the initial value of the Mo duration of respiratory cycle men were divided into 3 groups: tachypnea (39 men) – with abnormally rapid breathing, normopnea (62 men) – with normal respiratory rate and bradypnea (19 men) - with abnormally slow breathing. Time series were analyzed with five-minutes implementations of successive stroke volume and R-R duration in the “Caspico” program. For the duration of cardiocycles were distinguished 3 main spectral components: HF (0,15-0,4 Hz), LF (0,04-0,15 Hz), VLF (0-0,04 Hz) and total power of the spectrum (TP), the power of high frequency oscillations in normalized units (HFnorm). These indicators for SV were respectively HF^{sv} , LF^{sv} , VLF^{sv} , TP^{sv} and $HFnorm^{sv}$.

Results. People with low and high frequency of breathing in a state of rest are characterized by the relatively higher amplitude of oscillations of duration of R-R interval and stroke volume in the range of 0,04-0,15 Hz than normopnea. By bradypnea it is stipulated by a violation of respiratory periodicals in this frequency range and higher level of activation of parasympathetic link of the vegetative nervous system, by tachypnea it is stipulated by a number of factors: relatively higher level of blood-filling of organs in thorax, increase of sympathetic effects on the heart and increase of spontaneous baro-reflex sensitivity. By dosed load it is vice verse – relatively larger sympathetic activation is observed by bradypnea.

Conclusion. Taking into account the output frequency of breathing can significantly improve the diagnostic value of the methods for analyzing of the variability of the stroke volume and heart rate.

Keywords: heart rate variability, respiratory frequency.

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

Одержанорекдакцією 18.03.2017

Прийнято до публікації 11.06.2018