

УДК: 612.17:371.71

## ВАРІАБЕЛЬНІСТЬ СЕРЦЕВОГО РИТМУ ЯК ПОКАЗНИК РЕЗЕРВІВ ЗДОРОВ'Я

Б. Лісовський

*Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника  
вул. Шевченка, 57, Івано-Франківськ 76025, Україна  
e-mail: bodja\_les@rambler.ru*

Проаналізовано вплив дозованого велоергометричного навантаження (P1 – 1 Вт/кг, P2 – 1,5 Вт/кг, P3 – 2 Вт/кг) на варіабельність серцевого ритму залежно від рівня соматичного здоров'я. Дослідження показали, що зменшення загальної потужності спектру – TP, яке супроводжується зниженням внеску парасимпатичних впливів – HF% і посиленням гуморальних чинників регуляції – VLF% як у стані спокою, так і при фізичному навантаженні свідчить про рівень соматичного здоров'я "нижче безпечного". Низька величина TP у хлопців з високим рівнем соматичного здоров'я як у стані спокою, так і при фізичному навантаженні поєднувалася зі збільшенням HF%, що, на нашу думку, обумовлено економізацією функцій, яка виникає в результаті тренуваності організму.

*Ключові слова:* варіабельність серцевого ритму, соматичне здоров'я.

Встановлено, що інтегральним показником функціональних резервів кардіореспіраторної системи, а відповідно і здоров'я людини є максимальне споживання кисню (МСК) [1]. Залежно від цієї величини виділяють п'ять рівнів соматичного здоров'я людини: високий, вище середнього, середній, нижче середнього і низький. Доведено, що вихід інтенсивності біоенергетичних процесів за межі "безпечної зони" супроводжується розвитком різних патологічних змін [2]. Відомо, що функціональні резерви організму людини значною мірою визначаються резервами регуляції, про які можна судити на підставі варіабельності серцевого ритму (ВСР). У науковій літературі є дані щодо особливостей показників ВСР при певних патологічних станах [6, 7, 9], трапляються поодинокі відомості стосовно впливу дозованих фізичних навантажень [5]. Питання динаміки названих показників залежно від рівня здоров'я є недостатньо розкритим. Тому метою нашого дослідження було з'ясувати вплив дозованого велоергометричного навантаження (ВЕН) на ВСР залежно від рівня соматичного здоров'я.

Дослідження проведені із використанням комп'ютерного велоергометричного комплексу "Cardiolab+". У дослідженні брали участь студенти 1–3 курсів Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника (n=142). Контрольна група (КГ) була сформована зі студентів, які мали належний (у відповідності до віку) рівень рухової активності. До цієї групи увійшли студенти спеціальності "фізична реабілітація", які не мають спортивної спеціалізації (♂ – n=18, ♀ – n=27). Розподіл на дослідні групи (ДГ) було проведено залежно від визначеної під час ВЕН величини МСК. ДГ1 утворили студенти з "високим рівнем" соматичного здоров'я (♂ – n=13, ♀ – n=16), ДГ2 – студенти, що мали рівень соматичного здоров'я "вище середнього" (♂ – n=13, ♀ – n=13), ДГ3 – "середній рівень" (♂ – n=11, ♀ – n=10) і ДГ4 – "нижче середнього рівня" здоров'я (♂ – n=11, ♀ – n=10). Серед обстеженого на даний час контингенту студентів сформувати дослідну групу з "низьким рівнем" здоров'я не вдалося.

Реєстрацію показників проводили у стані спокою (лежачи), а також під час ступінчасто зростаючого ВЕН, яке включало P1 – 1 Вт/кг, P2 – 1,5 Вт/кг, P3 – 2 Вт/кг, і у період

відновлення [4]. Про ВСР судили на підставі аналізу спектральних показників. Оцінювали абсолютні значення загальної потужності спектру – ТР ( $\text{мс}^2$ ) і його складових у доменах дуже низьких частот – VLF ( $\text{мс}^2$ ) – 0,04–0,015 Гц, низьких – LF ( $\text{мс}^2$ ) – 0,15–0,04 Гц і високих частот спектра – HF ( $\text{мс}^2$ ) – 0,4–0,15 Гц, що відображають відповідно гуморальну, симпатичну і парасимпатичну регуляцію, нормовані показники (VLF%, LF% та HF%), що відображають відносний вклад у загальну потужність діапазонів дуже низьких, низьких і високих частот, а також співвідношення (LF/HF, відн. од.). Результати дослідження опрацьовані статистично з використанням критерію Стьюдента.

Проведені дослідження показали, що у стані спокою загальна потужність спектру серцевого ритму в юнаків ДГ1 була нижча на 26,1% ( $P<0,01$ ) і ДГ4 – на 67,3% ( $P<0,001$ ), ніж у КГ (рис. 1). Достовірних відмінностей з боку величини ТР у ДГ2 і ДГ3 порівняно з КГ не виявлено. У дівчат в стані спокою ДГ1 ТР був вищий на 43,1% ( $P<0,001$ ), ДГ2 – на 29,9% ( $P<0,02$ ), ДГ3 – на 28,9% ( $P<0,01$ ) порівняно з КГ. У ДГ4 – досліджуваний показник був нижчий на 82,3% ( $P<0,001$ ). Під час велоергометричних навантажень (P1, P2, P3) загальна потужність спектру серцевого ритму знижувалась порівняно зі станом спокою як у хлопців, так і у дівчат. Виняток становить ДГ1 (хлопці), де всі три ВЕН викликали приріст ТР (66–38%) порівняно як зі станом спокою, так і з величиною досліджуваного показника за аналогічних умов у КГ. Також у ДГ4 (хлопці) виявлено при P1 підвищення величини ТР на 26,4% ( $P<0,02$ ), однак P2 вело до зниження ТР на 32,1% ( $P<0,01$ ) порівняно зі станом спокою. У ДГ3 за цих умов досліджуваний показник був нижчий на 52,9% ( $P<0,001$ ) порівняно зі станом спокою. У дівчат ДГ1 ТР перевищувала в період відновлення величину у стані спокою на 57,5% ( $P<0,001$ ), а в ДГ4 – у 2.2 рази ( $P<0,001$ ).

При аналізі потужності спектру в діапазоні LF виявлено (табл. 1), що у стані спокою у хлопців ДГ1 величина досліджуваного показника менша на 56,3% ( $P<0,001$ ) порівняно з КГ, а у ДГ4 – на 67,5% ( $P<0,001$ ). Між величиною досліджуваного показника КГ, ДГ2 і ДГ3 достовірних відмінностей не виявлено. Велоергометричне навантаження вело до зниження досліджуваної компоненти в усіх досліджуваних групах. Однак, слід зазначити, що у ДГ1 при P1 достовірних відмінностей зі станом спокою не виявлено. У ДГ4 при P1 величина досліджуваного показника знижувалась на 50,6% ( $P<0,001$ ), при P2 – на 70,9% ( $P<0,001$ ), при P3 – на 71,5% ( $P<0,002$ ) порівняно з КГ. У період відновлення між величинами LF КГ, ДГ1, ДГ2, ДГ3 значних відмінностей не

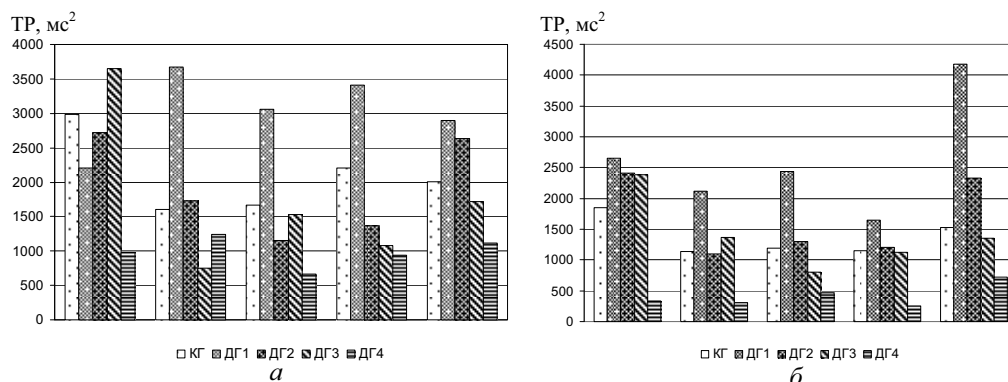


Рис. 1. Зміни загальної потужності спектру (ТР,  $\text{мс}^2$ ) під час дозованого велоергометричного навантаження: а – хлопці, б – дівчата

Таблиця 1

Зміни потужності спектру в діапазоні низьких частот (LF мс<sup>2</sup>) під час дозованого велоергометричного навантаження (M±m)

Умови дослідження	Показник	КГ	ДГ1	ДГ2	ДГ3	ДГ4
♂		n=18	n=13	n=13	n=11	n=11
Стан спокою	M	1435,23	*627,47	1160,2	1712,06	*467,35
	m	483,09	173,59	572,32	769,77	98,83
P1	M	**179,21	*673,62	**152,13	***152,1	***88,6
	m	25,29	229,19	58,06	30,01	33,4
P2	M	**120,62	***219,06	***97,1	**122,41	***35,1
	m	30,59	55,02	14,6	38,31	11,2
P3	M	**200,49	***350,65	***56,73	***82,56	***57,25
	m	102,84	137,31	6,93	19,52	14,25
Період відновлення	M	**645,82	***842,25	*799,8	**558,24	***182,6
	m	109,85	166,52	91,05	148,84	72,1
♀		n=27	n=16	n=13	n=10	n=10
Стан спокою	M	804,35	*1099,06	1035,36	*1106,89	*154,7
	m	136,95	222,34	588,57	277,56	11
P1	M	**130,19	***305,29	**113,52	***99,81	***47,35
	m	29,79	52,26	32,04	27,83	21,85
P2	M	**86,67	***211,49	**97,48	***51,96	***25,2
	m	18,45	41,68	21,81	10,68	9,4
P3	M	**121,98	**109,3	**140,2	**92,99	***11,75
	m	47,59	29,43	83,09	42,22	1,45
Період відновлення	M	**389,83	***861,81	*693,48	***283,1	***58,05
	m	69,26	256,52	273,29	67,15	12,05

**Примітка.** \* – достовірні зміни порівняно з контрольною групою; \*\* – достовірні зміни порівняно зі станом спокою.

зареєстровано. По відношенню до стану спокою величина досліджуваного показника у КГ була на 42,2% ( $P<0,001$ ) нижча, а у ДГ3 – на 67,4% ( $P<0,001$ ). У хлопців ДГ4 величина LF була нижчою на 61,9% ( $P<0,001$ ) порівняно зі станом спокою і на 71,8% ( $P<0,001$ ) порівняно з показниками КГ.

При аналізі частки LF від загальної потужності спектру (LF%) у стані спокою достовірних відмінностей у хлопців досліджуваних груп не виявлено. Велоергометричні навантаження вели до значного (більш як на 50%) падіння частки низькочастотного компонента спектру в усіх досліджуваних групах. У період відновлення частка LF у TP зростає порівняно з фізичними навантаженнями, але не досягає величини у стані спокою. Слід зазначити, що у ДГ4 під час відновлення частка LF становила менше 50% щодо інших ДГ і була нижча на 65,6% порівняно зі станом спокою.

У дівчат у стані спокою величини досліджуваного показника в КГ, ДГ1, ДГ2, ДГ3 достовірно не відрізнялися, в ДГ4 – величина на 80,8% була меншою, ніж у КГ ( $P<0,001$ ). Велоергометричні навантаження викликали значне (69–93,5%) зниження абсолютного значення частки LF порівняно зі станом спокою. Однак величина LF у дівчат ДГ1 при P1 була вища у 2,3 рази ( $P<0,001$ ) і при P2 – у 2,4 рази ( $P<0,001$ ) порівняно з КГ. При P1 у ДГ4 досліджувана величина була нижча на 63,7% ( $P<0,001$ ), при P2 – на 70,9% ( $P<0,001$ )

порівняно з КГ. У період відновлення у дівчат усіх досліджуваних груп величина показника LF підвищувалась порівняно з фізичними навантаженнями, але була нижча, ніж у стані спокою. Динаміка частки LF від ТР була подібною, як і у хлопців.

При аналізі HF в стані спокою у хлопців ДГ3 досліджуваній показник був вищий на 38,6%, (P<0,001), а у дівчат – на 59,9% (P<0,001) порівняно з КГ (табл. 2). Однак величина HF була нижча порівняно з КГ у хлопців ДГ4 на 82,2% (P<0,001) і на 57,9% (P<0,001) у дівчат. Фізичні навантаження вели до значного зниження цього компонента спектру в усіх досліджуваних групах. У період відновлення спостерігалось деяке підвищення абсолютного значення даного показника порівняно з велоергометричними навантаженнями, однак його величина залишалася значно нижчою, ніж у спокої. У дівчат в період відновлення зареєстрована подібна тенденція. Проте у ДГ3 зміни порівняно з Р3 були незначними.

Оцінюючи частку HF від ТР слід вказати, що як у хлопців, так і у дівчат в стані спокою відмічається деяке її зниження в ДГ4 порівняно з КГ, ДГ1, ДГ2 і ДГ3. Фізичні навантаження вели до значного зниження частки HF від ТР порівняно зі станом спокою. У період відновлення простежується підвищення цієї величини у хлопців досліджуваних груп порівняно з Р3, у дівчат ці зміни не були настільки виражені.

Таблиця 2

Зміни потужності спектру в діапазоні високих частот (HF мс<sup>2</sup>) під час дозованого велоергометричного навантаження (M±m)

Умови дослідження	Показник	КГ	ДГ1	ДГ2	ДГ3	ДГ4
♂		n=18	n=13	n=13	n=11	n=11
Спокій	M	490,29	474,14	*723,67	464,59	*322,85
	m	134,77	115,37	228,83	180,25	186,77
P1	M	**1225,91	***2293,69	**1327,93	*504,7	***1058,85
	m	246,43	372,95	390,57	49,68	19,35
P2	M	**1327,078	***2180,79	*943,73	**1263,15	***560,35
	m	426,34	565,78	387,14	385,34	59,35
P3	M	**1655,69	***2522,95	***1147,6	***875,81	***762,65
	m	589,12	774,18	234,65	136,75	211,95
Період відновлення	M	**891,83	***1284,42	***1332,87	***741,32	***612,5
	m	175,92	318,18	891,94	127,08	342,6
♀		n=27	n=16	n=13	n=10	n=10
Спокій	M	364,81	*467,33	*511,12	*191,82	*90,5
	m	124,59	82,55	153,41	46,09	57,1
P1	M	**874,76	***1499,65	**884,58	***1088,86	***238,4
	m	132,86	234,58	151,76	255,02	76,9
P2	M	**1012,8	***1887,83	**1093,09	***693,96	***407,95
	m	155,55	319,21	208,57	131,21	44,45
P3	M	**806,19	***1370,03	***942,13	***625,92	***223,65
	m	111,46	179,81	141,01	240,87	71,25
Період відновлення	M	**731,58	***1376,56	***1066,34	**700,82	***387,7
	m	62,8	326,14	158,87	53,22	47,9

**Примітка.** \* – достовірні зміни порівняно з контрольною групою; \*\*<sup>8</sup> – достовірні зміни порівняно зі станом спокою.

При аналізі співвідношення LF/HF як у хлопців, так і у дівчат досліджуваних груп у стані спокою достовірних відмінностей не виявлено (рис. 2). При велоергометричних навантаженнях та у період відновлення як у хлопців, так і у дівчат відмічався приріст показника LF/HF щодо стану спокою. У період відновлення у дівчат досліджуваних груп вказаний показник був більший, ніж у хлопців.

Оцінюючи величину VLF у стані спокою у хлопців ДГ2 виявлено підвищення досліджуваного показника на 47,6% ( $P < 0,005$ ) порівняно з КГ, а у дівчат на 40,1% ( $P < 0,005$ ) (табл. 3). У ДГ4 у стані спокою вказана величина була менша на 34,2% ( $P < 0,01$ ) у хлопців і на 75,2% ( $P < 0,001$ ) у дівчат порівняно з величиною КГ. При велоергометричних навантаженнях і у період відновлення величина показника VLF перевищувала показники у стані спокою як у хлопців, так і у дівчат.

При аналізі частки VLF від загальної потужності спектру відмічено деяке її збільшення у ДГ4 як у хлопців, так і у дівчат порівняно з іншими досліджуваними групами. При ВЕН частка досліджуваного показника у загальній величині потужності спектру серцевого ритму зростала і коливалася в межах 62,5–84,3% у хлопців і 55,7–87,9% – у дівчат. У період відновлення частка показника VLF знижувалася порівняно з ВЕН, однак перевищувала показники спокою як у хлопців, так і у дівчат.

Відомо, що серцево-судинна система є чутливим індикатором адаптаційних реакцій усього організму, оскільки її регуляція відображає всі рівні керування фізіологічними функціями [3, 10]. Адже саме від ефективності регуляторних механізмів залежить адекватне пристосування організму до мінливих умов середовища. Вважають, що величина TR є мірою резервів регуляції [8]. Зменшення цієї величини пов'язують із мобілізацією функціональних резервів організму, збільшення – активацією нижчерозташованих рівнів управління [3]. Наші дослідження показали, що зменшення TR, яке реєстрували в ДГ4, супроводжується зниженням потужності в діапазоні дуже низьких, низьких і високих частот. Поряд з цим відмічено зниження частки HF% і підвищення VLF%. Загальноновизнано, що потужність спектру в діапазоні високих частот відповідає рівню активності парасимпатичної ланки регуляції. Збільшення потужності в діапазоні дуже низьких частот пов'язують із активацією центрів енергометаболічного обміну [7], гуморальної регуляції [6]. Низька величина TR у хлопців ДГ1 як у стані спокою, так і при фізичному навантаженні, поєднувалася зі збільшенням частки високочастотного компонента регу-

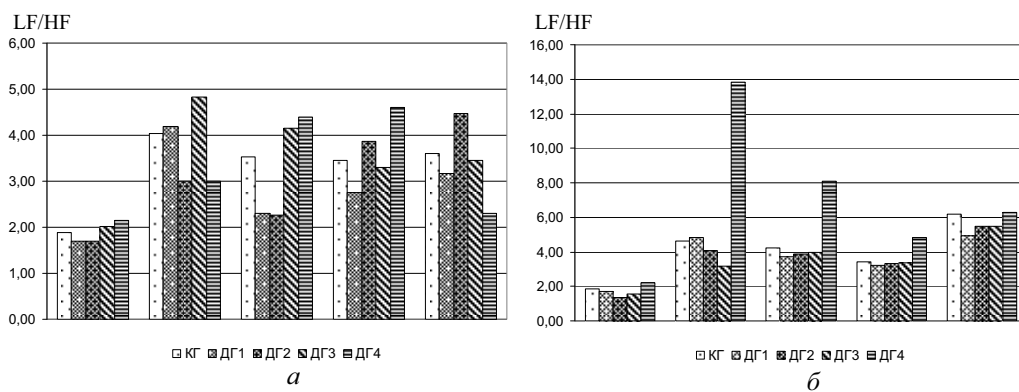


Рис. 2. Зміни загальної потужності спектру (LF/HF) під час дозованого велоергометричного навантаження: а – хлопці, б – дівчата

Таблиця 3

Зміни потужності спектру в діапазоні дуже низьких частот (VLF мс<sup>2</sup>) під час дозованого велоергометричного навантаження (M±m)

Умови дослідження	Показник	КГ	ДГ1	ДГ2	ДГ3	ДГ4
♂		n=18	n=13	n=13	n=11	n=11
Спокій	M	1053,96	1104,06	827,3	*1460,96	*186,7
	m	330,29	382,41	427,53	544,8	45,97
P1	M	**59,74	***276,1	**54,27	***47,69	***32,4
	m	12,36	60,87	20,16	12,72	15
P2	M	**72,69	***149,05	***48,23	***45,23	***8,15
	m	32,08	53,78	8,89	15,63	2,95
P3	M	**134,92	***216,62	***18,63	***34,81	***16
	m	88,44	118,84	6,97	10,25	9,1
Період відновлення	M	**258,01	***342	**273,57	**202,69	*132,7
	m	67,91	96,38	141,92	33,27	101,5
♀		n=27	n=16	n=13	n=10	n=10
Спокій	M	679,93	*1079,24	854,6	*1087,64	*82,4
	m	207,38	342,48	377,35	531,73	33,8
P1	M	**30,99	***106,38	***38,21	***37,51	***3,2
	m	5,79	32,68	16,71	11,15	0,7
P2	M	**38,26	***107,01	**32,56	***17,39	***3,3
	m	15,32	37,51	8,74	4,52	1,6
P3	M	**59,67	***40,86	**48,08	**77,87	***2,4
	m	25,90	11,91	29,26	58,19	0,4
Період відновлення	M	**88,01	***491,48	***145,72	**93,82	***9,15
	m	18,14	80,84	40,8	40,79	1,65

**Примітка.** \*<sup>8</sup> достовірні зміни порівняно з контрольною групою; \*\* – достовірні зміни порівняно зі станом спокою.

ляції, що, на нашу думку, обумовлено економізацією функцій, яка виникає в результаті тренуваності організму.

Таким чином, зменшення загальної потужності спектру, що супроводжується зниженням внеску парасимпатичних впливів і посиленням гуморальних чинників регуляції як у стані спокою, так і при фізичному навантаженні, свідчить про рівень соматичного здоров'я "нижче безпечного".

1. *Апанасенко Г. Л.* Диагностика индивидуального здоровья // Валеология. 2002. № 3. С. 27–31.
2. *Апанасенко Г. Л., Чистякова Ю. С.* Здоровье спортсмена: критерии оценки и прогнозирования // Теория и практика физической культуры. 2006. № 1. С. 19–22.
3. *Баевский Р. М.* Анализ вариабельности сердечного ритма: история и философия, теория и практика // Клинич. информатика и телемедицина. 2004. № 1. С. 54–64.
4. *Карпман В. Л., Белоцерковский З. Б., Гудков И. А.* Исследование физической работоспособности у спортсменов. М.: ФиС, 1974. 96 с.
5. *Коваленко С. О.* Индивидуальные особенности хвильовой структуры сердечного ритма при дозированому фізичному навантаженні // Спортивна медицина. 2006. № 1. С. 3–9.

6. Коркушко О. В., Писарук А. В., Лишневская В. Ю. и др. Вариабельность ритма сердца у здоровых лиц и пациентов с ишемической болезнью сердца пожилого возраста // Укр. кардіол. журн. 2002. № 5. С. 19–23.
7. Попов В. В., Фрицше Л. Н. Вариабельность сердечного ритма: возможности применения в физиологии и клинической медицине // Укр. мед. часопис. 2006. № 2(52). С. 24–31.
8. Яблучанский Н. И., Мартыненко А. В., Исаева А. С. Основы практического применения неинвазивной технологии исследования регуляторных систем человека. Харьков: Основа, 2000. 87 с.
9. Banzer W., Lucki K., Burklein M. et al. Sports medical aspects in cardiac risk stratification- Heart rate variability and exercise capacity // *Herzschrittmacherther Electrophysiol.* 2006. 17. P. 197–204
10. Bianchi A. M, Ferini-Strambi L., Castronovo V. et al. Multivariate and multiorgan analysis of cardiorespiratory variability signals: the CAP sleep case. *Biomed. Tech (Berl).* 2006. 51. P. 167–173.

## HEART RATE VARIABILITY AS THE INDEX OF HEALTH RESERVES

**B. Lisovsky**

*'Vasyl Stefanyk' Precarpathian National University  
57, Shevchenko St., Ivano-Frankivsk 76025, Ukraine  
e-mail: bodja\_les@rambler.ru*

The influence of the dosed cycloergometric loading (P1 – 1 Wt/kg, P2 – 1,5 Wt/kg, P3 – 2 Wt/kg) on the heart rate variability depending on the somatic health level was analyzed. The present study showed that diminishing of the general power of spectrum, which was accompanied by the decline of contribution of the parasympathetic influences – HF% and the intensification of the humoral factors of regulation – WLF% both at rest and at the physical training, testified to the somatic health level "below safe". Low quantity of TP in boys with the high somatic health level both at rest and at the physical training was combined with the increase of HF% that, in our opinion, was conditioned by the economization of functions, which arose as a result of the resources of trained organism.

*Key words:* heart rate variability, somatic health.

Стаття надійшла до редколегії 01.02.08

Прийнята до друку 26.02.08