

УДК 612.12 – 008.331:612.1

## ДИНАМІКА ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ АВТОНОМНОЇ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ ПРИ ТРИВАЛИХ ФІЗИЧНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ У ОСІБ З РІЗНИМИ ТИПАМИ ГЕМОДИНАМІКИ

Фекета В. П., Ківежді К. Б., Савка Ю. М., Райко О. Ю., Бернада В. В.

*Динаміка функціонального стану автономної нервової системи при тривалих фізичних навантаженнях у осіб з різними типами гемодинамік. — В. П. Фекета, К. Б. Ківежді, Ю. М. Савка, О. Ю. Райко, В. В. Бернада. — Обстежено 26 практично здорових студентів віком від 18 до 22 років, які в залежності від вихідного типу гемодинаміки (ТГ) були розділені на дві групи (із вираженим гіперкінетичними та гіпокінетичним ТГ). В кожній із цих груп протягом 3-х місяців проводилися заняття із фізичної підготовки з різною спрямованістю. Заняття фізичними вправами на розвиток витривалості призвели до суттєвих змін серцевого ритму та вегетативного статусу організму. Фізичне тренування, спрямоване на розвиток витривалості, оптимізує стан автономної нервової системи в осіб з вираженим гіперкінетичним типом гемодинаміки, а тренування на розвиток швидкісно-силових якостей – у представників вираженого гіпокінетичного типу гемодинаміки.*

**Ключові слова:** типи гемодинаміки, фізичне навантаження, автономна нервова система.

**Адреса:** Кафедра фізіології та патофізіології УжНУ, м. Ужгород, Площа Народна, 1 медичний факультет УжНУ; e-mail: strambler@rambler.ru

*The dynamic of functional state of autonomic nervous system during a long term physical loading of people with different types of haemodynamics. — V. Feketa, K. Kivezhdi, Yu. Savka, O. Rayko, V. Bernada. — 26 practically healthy students (ages 18–22) were inspected and divided according to initial type of haemodynamics (TH) with brightly expressed hyperkinetic and hypokinetic TH. Physical training with different lines of activities were held in both groups for three months. The physical training for staying power development leded to essential changes of heart rhythm and vegetative state of organism. Physical training with focus on staying power optimized the state of autonomic system of persons with expressed hyperkinetic type of haemodynamics and training of fast-power qualities optimize it in persons with expressed hypokinetic type of haemodynamics.*

**Key words:** types of haemodynamics, physical loading, autonomic nervous system.

### Вступ

Одним з перспективних напрямів фізіології кровообігу є типологічний підхід до оцінки гемодинамічних реакцій організму людини на різноманітні впливи. Встановлено, що окремі типи гемодинаміки (ТГ) характеризуються різними адаптаційними можливостями [4, 6]. Ряд авторів вважає, що існують різні для кожного типу шляхи досягнення оптимального стану серцево-судинної системи, і для кожного з них характерним є специфічне протікання патологічних процесів [2, 5, 12]. Однак, у літературі недостатньо висвітленими є типологічні особливості реакції серцево-судинної системи на різноманітні впливи у взаємозв'язку з особливостями автономної нервової системи (АНС). Тому метою нашої роботи було дослідити адаптаційні можливості здорових людей з різними типами гемодинаміки при тривалих фізичних навантаженнях різного спрямування.

### Матеріал та методи досліджень

Обстежено 26 практично здорових студентів віком від 18 до 22 років. Всі вони раніше не займалися оздоровчою фізкультурою та спортом і на момент початку експерименту не пред'являли скарг на

стан здоров'я. Тип гемодинаміки визначали за модифікованою схемою Н. І. Арінчина. В залежності від вихідного типу гемодинаміки учасники експерименту були розділені на дві групи. І групу склали 16 чоловік із вираженим гіперкінетичними ТГ, а II – 10 чоловік із вираженим гіпокінетичним ТГ. В кожній із цих груп на протязі 3-х місяців проводилися заняття із фізичної підготовки з різною спрямованістю. У I-й групі учасники експерименту займалися переважно вправами на розвиток витривалості (біг у повільному темпі на довгі та середні дистанції, плавання на довгі дистанції, їзда на велосипеді); у II-й групі основною формою занять були тренування швидкісно-силових якостей (атлетична гімнастика, штанга, елементи спортивної гімнастики та акробатики).

Стан автономної нервової системи (АНС) оцінювався з допомогою методу кардіоінтервалографії (КІГ) [3]. У якості показників АНС використовувалися статистичні і спектральні характеристики варіабельності серцевого ритму. Для отримання показників ВСР була використана методика 5-хвилинної реєстрації ЕКГ. Дослідження проводилося в приміщенні, віддаленому від можливих потужних електромагнітних випромінювань. Пацієнт

знаходився в положенні лежачи на спині. Перед реєстрацією йому давався 10–15 хвилинний відпочинок для адаптації до умов обстеження. Для реєстрації був використаний електрокардіографічний модуль приладу “Варіокард”. В результаті обробки приладом кардіосигналу визначалися статистичні і спектральні показники ВСР, які характеризують різні ланки АНС: індекс напруження регуляторних систем – ІН (ум. од.); потужність хвиль високої частоти у діапазоні 0.15–0.4 Гц - HF(мс<sup>2</sup>); потужність хвиль низької частоти у діапазоні 0.04–0.15 - LF (мс<sup>2</sup>); потужність хвиль наднизької частоти у діапазоні 0.003–0.04 Гц - VLF (мс<sup>2</sup>); сумарна енергія спектру (Total Power) частот серцевого ритму - TP(мс<sup>2</sup>); відсоток HF у TP - HF%; відсоток LF у TP - LF%; відсоток VLF у TP - VLF%; симпто-парасимпатичний баланс – LF/HF. Оцінювали показник активності регуляторних систем (ПАРС), який вираховується у балах за спеціальним алгоритмом, що враховує статистичні показники, показники гістограми і дані спектрального аналізу кардіоінтервалів.

### Результати досліджень та обговорення

Згідно даних літератури найвужчими адаптаційними можливостями характеризуються особи з вираженим гіперкінетичним та вираженим гіпокінетичними ТГ [7,9]. Заняття фізичними вправами на розвиток витривалості призвели до суттєвих змін серцевого ритму та вегетативного статусу організму (табл.). Так, у осіб І-ої групи статистично вірогідно збільшилась загальна варіабельність серцевого ритму за показником TP та абсолютні і відносні показники активності парасимпатичного відділу АНС, що призвело до суттєвого зсуву симпто-парасимпатичного балансу (LF/HF) на користь периферичної ланки парасимпатичного відділу АНС. В той же час спектральні показники симпатичного

відділу АНС (LF та LF%) статистично вірогідно не змінилися. Вірогідно зменшився вклад низькочастотних компонентів (VLF%) у загальну енергію спектру, що і призвело до статистично вірогідного зменшення індексу напруження (ІН) (рис.1). У осіб II-ої групи загальна варіабельність серцевого ритму за даними TP статистично вірогідно не змінилася, однак її структура зазнала суттєвих зсувів у напрямку посилення активності симпатичної ланки. Про це свідчать вірогідне збільшення LF, LF% та LF/HF. Реципрокно на тривалі фізичні навантаження відрегулювали показники парасимпатичного відділу HF та HF%, які вірогідно зменшувалися. Позитивним було те, що у структурі спектру вірогідно зменшилася активність центрального контуру регуляції за даними абсолютного значення VLF. Проте відносний вклад цього показника у TP статистично вірогідно не змінився. Загальний позитивний ефект від перебування вегетативної регуляції знайшов своє відображення у динаміці індексу напруження (ІН), який статистично вірогідно зменшився на 35±2,2 ум.од. (p< 0,05) (рис. 2).

Комплексна оцінка адаптаційних можливостей учасників експерименту за показником активності регуляторних систем (ПАРС) в обох групах показала, що вони суттєво підвищилися після завершення експерименту. На це вказує вірогідно нижчий показник ПАРС, який у осіб з вираженим гіперкінетичним ТГ зменшився з 3,23± 0,33 до 1,87± 0,27 (p< 0,05), що відповідає переходу з II до I функціональної групи за класифікацією Р. М. Баєвського [3]. Аналогічно у осіб з вираженим гіпокінетичним ТГ цей показник статистично вірогідно зменшився з 3,14± 0,31 до 1,77± 0,25 (p< 0,05), що також відповідає переходу з II до I функціональної групи за класифікацією Р. М. Баєвського (рис. 3).

**Таблиця.** Динаміка спектральних та статистичних показників ВСР у здорових осіб з вираженим гіперкінетичним (I група) та вираженим гіпокінетичним (II група) ТГ під впливом фізичних навантажень різної спрямованості (M±m)

Показник	I група, n=16		II група, n=10	
	До початку занять	В кінці курсу	До початку занять	В кінці курсу
TP, мс <sup>2</sup>	5832± 189	6530± 177*	9679±359	9188±256
VLF, мс <sup>2</sup>	2372 ± 138	1792 ± 130*	2877± 199	2115± 148*
LF, мс <sup>2</sup>	2417± 225	2522± 249	2781± 236	3880± 245*
HF, мс <sup>2</sup>	1028± 165	2367± 195*	3952±293	3144±193*
LF/HF	1,82 ± 0,22	1,12 ± 0,22*	0,73 ± 0,05	1,18 ± 0,04*
VLF%	45,87 ± 2,43	35,88 ± 2,45*	32,81 ± 3,58	26,74 ± 3,18
LF%	39,65 ± 3,62	36,65 ± 3,62	27,48 ± 4,04	41,08 ± 3,24*
HF%	14,06 ± 3,52	28,16 ± 3,15*	41,28 ± 5,14	33,18 ± 3,04
ІН, ум.од.	107,18 ± 5,1	72,91 ± 5,07*	119,4 ± 10,3	84,38 ± 5,16*

Примітка: \* – статистично вірогідна різниця з показником до початку занять (p< 0,05)

Типологічний підхід дає можливість глибше оцінити функціональний стан системи кровообігу, виявити раніше невідомі закономірності, проводити ранню діагностику захворювань серцево-судинної системи [8]. Однак фізіологічна інформативність різних ТГ досі залишається дискусійною. На наш погляд, вирішення питання про фізіологіч-

ну інтерпретацію ТГ у конкретної людини неможливе без врахування особливостей стану автономної нервової системи, яка має безпосереднє відношення до формування центральної гемодинаміки. Завдяки широкому впровадженню у наукові дослідження методу комп'ютерної ритмокардіографії стало можливим з'ясувати співвідношення типів

гемодинаміки та показників вегетативної регуляції функції за даними варіабельності серцевого ритму не тільки у стані спокою, але й безпосередньо у ході виконання різноманітних тестових навантажень. При аналізі показників ВСР в осіб з різними ТГ нас, перш за все, зацікавила їх відповідність

досить розповсюдженій точці зору про превалювання симпатичної ланки АНС у представників гіперкінетичного типу гемодинаміки та її парасимпатичної ланки у представників гіпокінетичного ТГ [10, 11].

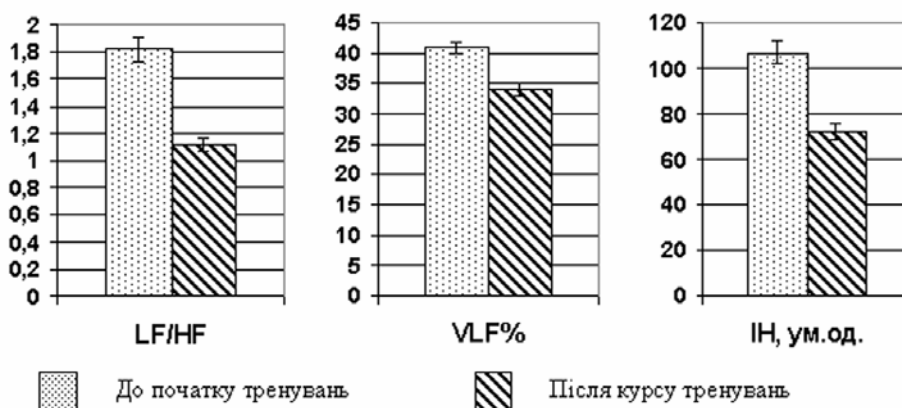


Рис. 1. Динаміка деяких показників ВСР в осіб з вираженим гіперкінетичним ТГ під впливом тренувань на розвиток витривалості

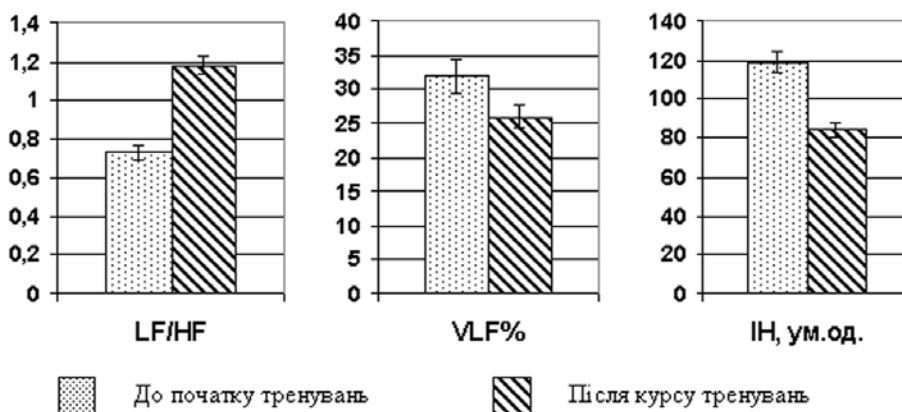


Рис. 2. Динаміка деяких показників ВСР в осіб з вираженим гіпокінетичним ТГ під впливом тренувань на розвиток швидко-силових якостей

Ряд часових показників ВСР (time domain) дійсно продемонстрував досить чітку динаміку наростання симпатичних впливів від гіпокінетичного до гіперкінетичного ТГ і реципрокне зниження парасимпатичних впливів у представників цих ТГ. Однак, особи з крайніми варіантами типів – вираженим гіперкінетичним та вираженим гіпокінетичним ТГ не підпорядковуються цій закономірності. Подібні результати отримані також при дослідженні спектральних показників ВСР. Перевагою спектральних показників серцевого ритму є те, що вони поряд із периферичною ланкою АНС характеризують і її центральну ланку. Особливо інформативним параметром є абсолютне значення показника VLF та його відсотковий вклад у загальну варіабельність серцевого ритму. З'ясувалося, що цей показник в осіб з вираженими гіпокінетичним та гіперкінетичним ТГ статистично вірогідно ви-

щий, ніж у представників інших ТГ. Це свідчить про збільшення напруженості вегетативної регуляції у цієї категорії осіб та її зміщення у бік центральної ланки. Отже, крайні варіанти ТГ – гіперкінетичний та гіпокінетичний – вимагають особливої інтерпретації у зв'язку з пригніченням периферичних ланок АНС. Виходячи із сучасних уявлень про механізми ВСР, особи з вказаними ТГ мають звужений адаптаційний резерв і можуть розглядатися, як передпатологічні. Цей висновок узгоджується із даними інших дослідників, які вивчали адаптаційні реакції здорових осіб у залежності від їх гемодинамічного типу [1, 14, 15].

Суттєво важливим для з'ясування ступеня та характеру взаємовідносин між показниками центральної гемодинаміки і станом АНС є дані кореляційного аналізу. Цей аналіз дозволив встановити, що серцевий компонент у представників гіперкінетичного ТГ

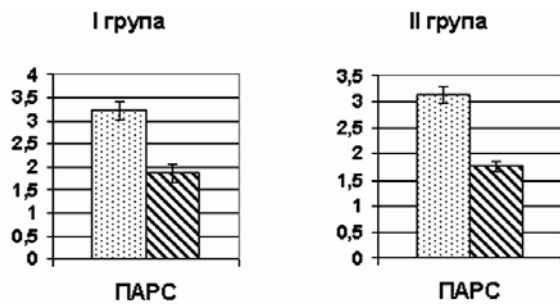


Рис. 3. Динаміка ПАРС в осіб з вираженим гіперкінетичним ТГ (I група) та вираженим гіпокінетичним ТГ (II група) під впливом фізичних тренувань

визначається, перш за все, тонусом симпатичного відділу АНС, а судинний компонент центральної гемодинаміки пов'язаний, головним чином, із тонусом парасимпатичного відділу АНС. У представників гіпокінетичного ТГ найбільша кількість статистично вірогідних коефіцієнтів кореляції мала місце між показниками судинного компоненту та параметрами парасимпатичного відділу АНС. У представників цього ж типу показники серцевого компоненту центральної гемодинаміки корелювали з параметрами симпатичного відділу. Але найбільша кількість статистично вірогідних кореляційних зв'язків мала місце між показниками ВСР та центральної гемодинаміки в осіб з еукінетичним ТГ, який виглядав найбільш збалансованим порівняно з іншими типами. У той же час, була практично відсутньою статистично вірогідна кореляція між цими показниками у всьому контингенті досліджуваних осіб без розподілу їх за типами гемодинаміки. Це, на нашу думку, є додатковою аргументацією доцільності типологічного підходу до оцінки центральної гемодинаміки у різних категорій досліджуваних, оскільки цілий ряд суттєвих закономірностей виявляється тільки в рамках окремих типологічних груп.

Функціональний резерв системи кровообігу традиційно визначається шляхом застосування функціональних проб. Чим вищий функціональний резерв, тим менше зусиль необхідно для адаптації до звичайних умов існування, умов спокою. Поточна діяльність організму завжди пов'язана з витратанням резервів, але разом з тим відбувається їх поповнення. Тому важливе значення має не тільки своєчасна мобілізація резервів, але і відповідна стимуляція процесів відновлення і захисту. Ось чому в питанні функціонального резерву системи кровообігу необхідно комплексно розглядати гомеостаз організму [2,15]. Останній має пряме

відношення до регуляції функціональних резервів організму і системи кровообігу. Ступінь напруження регуляторних систем, у тому числі симпатичного відділу вегетативної нервової системи, впливає на рівень функціонування кровообігу шляхом мобілізації тієї чи іншої частини функціонального резерву. Несприятливі дії факторів навколишнього середовища при достатньому функціональному резерві нерідко протягом тривалого часу не викликають порушення гомеостазу, а тільки ведуть до деякого зміщення значень фізіологічних показників у межах загальноприйнятого діапазону норм. Це супроводжується відповідним напруженням регуляторних систем. І навпаки, коли функціональний резерв невеликий, то уже незначне збільшення ступеня напруження регуляторних систем у відповідь на стресорний вплив середовища може викликати порушення гомеостазу. Прийнято вважати, що функціональний резерв має прямий зв'язок з рівнем функціонування і обернений – зі ступенем напруження регуляторних систем [13]. Із цього випливає, що про функціональний резерв можна судити і не вимірюючи його безпосередньо, а аналізуючи співвідношення між рівнем функціонування і ступенем напруження регуляторних систем при функціональних тестах.

Таким чином, узагальнюючи отримані дані, можна констатувати, що у формуванні типів гемодинаміки значну роль відіграють особливості функціонального стану автономної нервової системи. Зокрема показано, що крайні гемодинамічні типи з переважанням серцевого або судинного компоненту гемодинаміки – виражений гіперкінетичний та виражений гіпокінетичний – характеризуються переважною активністю надсегментарних відділів автономної нервової системи як у стані спокою, так і при виконанні функціональних проб. Особливості гемодинамічних реакцій представників різних гемодинамічних типів на дозовані навантаження визначаються не тільки співвідношенням активності симпатичного та парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи в стані спокою, а головним чином – реактивністю цих відділів та активністю надсегментарних рівнів регуляції серцевого ритму.

Так, фізичне тренування, спрямоване на розвиток витривалості, оптимізує стан автономної нервової системи в осіб з вираженим гіперкінетичним типом гемодинаміки, а тренування на розвиток швидко-силових якостей – у представників вираженого гіпокінетичного типу гемодинаміки.

1. Агаджанян Н. А., Баевский Р. М., Берсенева А. П. Учение о здоровье и проблемы адаптации. Ставрополь: Изд-во СГУ, 2000. – 204 с.  
 2. Баевский Р. М., Берсенева А. П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск заболеваний. М.: Медицина, 1997. – С.265.

3. Баевский Р. М., Иванов Г. Г. Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2001. – №3. – С. 106–127.  
 4. Дембо А. Г., Земцовский Э. В. Спортивная кардиология: руководство для врачей. – Л.: Медицина, 1989. – 464 с

5. Коваленко В. Н., Насукай Е. Г., Дмитриченко Е. В. Вариабельность ритма сердца как показатель функции вегетативной нервной системы больных с сердечно-сосудистыми заболеваниями // Украинский кардиологический журнал. – 2006. – №3. – С. 68 – 72.
6. Лучинин М. Ю. Половые и типологические особенности кардиогемодинамики лиц юношеского возраста, не занимающихся и занимающихся спортом, в покое и при физических нагрузках. Дис. ... канд. биол. наук. Тюмень, 2003. 164 с.
7. Михалюк Е. Л., Бражников А. Н., Чечель Н. М. Влияние направленности тренировочного процесса и квалификации на показатели центральной гемодинамики и тип кровообращения спортсменов. // В сб. Актуальні проблеми фізичної культури та спорту в сучасних соціально-економічних і екологічних умовах. – Запоріжжя, 2000. – с.178 – 182.
8. Михалюк Е. Л., Филлимонов В. И., Бражников А. М., Лозовой В. Значение типов кровообращения для отбора в спорте. // IV Міжнар. наук. конгрес "Олімпійський спорт і спорт для всіх". Тези доповід. – К., 2000. – с.218.
9. Савка Ю. М., Фекета В. П., Кивежді К. Б., Цяпець С. В., Щобак О. І., Райко О. Ю. Типологічні особливості адаптації центральної гемодинаміки здорових людей до тривалих фізичних навантажень різної спрямованості // Експериментальна та клінічна фізіологія і біохімія № 4, 2003. – С. 14 – 17.
10. Goren Y., Davrath L. R., Pinhas I. Individual time-dependent spectral boundaries for improved accuracy in time-frequency analysis of heart rate variability // IEEE Trans Biomed Eng. – 2006. – Vol. 53. – P. 35 – 42.
11. Hilz M. J., Dutsch M. Quantitative studies of autonomic function // Muscle Nerve. – 2006. – Vol. 33. – P. 6 – 20.
12. Inagaki H., Kuwahara M., Tsubone H. Effects of psychological stress on autonomic control of heart in rats // Exp. Anim. – 2004. – Vol. 53. – P. 373 – 378.
13. Lucini D., Di Fede G., Parati G. Impact of chronic psychosocial stress on autonomic cardiovascular regulation in otherwise healthy subjects // Hypertension. – 2005. – Vol. 46. – P. 1201 – 1206.
14. Mourot L., Bouhaddi M., Tordi N. Short- and long-term effects of a single bout of exercise on heart rate variability: comparison between constant and interval training exercises // Eur. J. Appl. Physiol. – 2004. – Vol. 92. – P. 508 – 517.
15. Pichon A. P., de Bischof C., Roulaud M. Spectral analysis of heart rate variability during exercise in trained subjects // Med. Sci. Sports Exerc. – 2004. – Vol. 36. – P. 1702 – 1708.

Отримано: 9 січня 2010 р.

Прийнято до друку: 4 лютого 2010 р.