

УДК 378:796.011.3

ПРИЙМАК Сергій Георгійович,кандидат наук з фізичного виховання і спорту, доцент,
Чернігівський національний педагогічний університет
імені Т. Г. Шевченка

e-mail: sprimak1972@gmail.com

**ВАРІАБЕЛЬНІСТЬ СЕРЦЕВОГО РИТМУ ТА ЦЕНТРАЛЬНА ГЕМОДИНАМІКА
В ЗАБЕЗПЕЧЕННІ АДАПТАЦІЇ ДО ФІЗИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ОРГАНІЗМУ
СТУДЕНТІВ, ЩО СПЕЦІАЛІЗУЮТЬСЯ У ВОЛЕЙБОЛІ**

Підвищений рівень систолічного, діастолічного та, відповідно, пульсового артеріального тиску найвищий у гравців лінії атаки. При цьому, у них відмічається відносно низькі значення частоти серцевих скорочень і свідчить про те, що забезпеченість трофіки визначається, головним чином, систолічним викидом серця.

Для регуляції серцевого ритму гравців лінії атаки притаманним є центральна та гуморальна складові в регуляції серцевого ритму. На фоні цих відмінностей у них відзначається достатньо високий рівень сумарної потужності спектру варіабельності серцевого ритму, який відображає абсолютний рівень активності регуляторних систем.

На відміну від гравців лінії атаки для гравців, до обов'язків яких є, більшою мірою, забезпечення захисних дій притаманні високі значення ударного об'єму крові і, відповідно, хвилинного об'єму при вищих значеннях частоти серцевих скорочень, що свідчить про відносно нижчу скоротливість серця.

Незважаючи на превалювання швидкісно-силового компоненту забезпечення діяльності центральних блокуючих та зв'язуючих, гравці даних амплуа мають найвищий рівень $PWC_{170} \cdot \text{кг}^{-1}$, що детермінується, на нашу думку, швидкісно-силовими можливостями м'язових груп нижніх кінцівок та функціональними можливостями серцево-судинної системи. В фазу реституції, відбувається інверсія спектральних потужностей за рахунок збільшення високохвильової компоненти з недовідновленням даної ознаки в діапазоні 11,6–72,8% в залежності від ігрового амплуа.

Ключові слова: освітній процес; варіабельність серцевого ритму; тонус судин; фізична працездатність; волейбол.

Постановка проблеми. У студентському спорті до завдань викладачів і тренерів зі спортивно-педагогічного удосконалення (СПУ) входить успішна підготовка студента-спортсмена до змагань, збереження належної спортивної форми зі збереженням безпечного рівня здоров'я. Високий рівень функціонального стану – обов'язкова умова достатньої адаптації до фізичних навантажень і характеризується співвідношенням «міра функції/міра субстрату». Зі збільшенням цього співвідношення надійність функціонування організму як біосистеми зростає [1; 2; 3]. Серцево-судинна система, в даному випадку, виступає в ролі маркера адаптаційно-приспосувальних реакцій на фізичне навантаження, оскільки є такою що лімітує розвиток приспосувальних реакцій організму [2; 3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Інформацію про функціональний стан організму можна отримати, аналізуючи механізми регуляції ритму скорочень серця як в базальних умовах так і під дією фізичних навантажень різної спрямованості [4; 5]. Домінування певного типу регуляції серцевого ритму детермінують адаптивні реакції організму людини на фізичні навантаження [5; 6], оскільки від стану регуляторних механізмів серцево-судинної системи залежить як рівень фізичної працездатності так і характер адаптації [5; 6].

Успішна реалізація процесу спортивно-педагогічного удосконалення в командних видах спорту неефективна без урахування індивідуальних особливостей студента-спортсмена і його ігрового амплуа [1; 2]. У зв'язку з цим, визначення особливостей регуляції серцево-судинної системи індивідууму, в залежності від ігрового амплуа, на основі аналізу варіабельності серцевого ритму та тонусу периферичних судин дозволить ефективно вирішувати завдання оперативного педагогічного контролю безпосередньо під час процесу спортивно-педагогічного удосконалення та реалізовувати його раціональне планування.

Метою статті є вивчення особливостей функціонального стану і процесів адаптації серцево-судинної системи до фізичних навантажень у студентів-волейболістів у відповідності до ігрового амплуа.

Матеріали та методи. В дослідженнях брали участь 27 осіб чоловічої статі у віці 19–21 років, що відвідують секцію зі СПУ з волейболу і входять до основного складу студентської команди СВК «Буревісник» ШВСМ, який діє на базі факультету фізичного виховання Чернігівського національного педагогічного університету імені Т.Г. Шевченка, з яких – 20 майстрів спорту і кандидатів у майстри спорту України, 7 спортсменів I розряду.

Дослідження проведені упродовж квітня-травня 2013 року на базі лабораторії психофізіології м'язової діяльності Чернігівського національного педагогічного університету імені Т.Г. Шевченка.

Особливості вегетативної регуляції серцевого ритму (BCP) вивчали на підставі аналізу показників BPC 5–7 хвилинних фрагментів з застосуванням монітору серцевого ритму Polar RS300X (Polar Electro, Фінляндія). Аналіз даних здійснювався за допомогою програмного забезпечення Kubios HRV 2.1 (Куоріо, Finland). Артефакти і екстрасистоли видалялися з електронного запису ручним методом. Визначалися наступні показники спектрального (частотного) аналізу варіабельності ритму серця (BPC): загальна потужність спектру (Total Power, TP), потужність високочастотного (High Frequency, HF), низькочастотного (Low Frequency, LF) і зверхнизькочастотного (Very Low Frequency, VLF) компонентів, внесок зазначених компонентів в загальну потужність спектру у відсотках (%), а також потужність HF і LF хвиль в абсолютних (m^2) та нормалізованих одиницях (п. у.) [7; 8].

Артеріальний тиск визначали електромеханічним тонометром AND UA-704 (Японія). На підставі емпіричних даних розраховували пульсовий АТ (ПТ), мм. рт. ст.; середньодинамічний АТ ($\text{АТ}_{\text{сер.}}$), мм. рт. ст.; ударний об'єм крові (УОК), мл; хвилинний об'єм крові (ХОК), мл; вегетативний індекс Кердо (ВіК), ум. од. [3].

Судинний тонус визначали за фотоплетизмографічною методикою з застосуванням пульсоксиметра Ohmeda Biox 3700e Puls-Oximeter (Ohmeda, USA), інтегрованого з комп'ютером для тривалого моніторингу пульсової хвилі з можливістю запису, аналізу та інтерпретації результатів. Нами визначалися: $T_{\text{ПХ}}$ (тривалість пульсової хвилі), с; $T_{\text{ДФ}}$ (тривалість дикротичної фази пульсової хвилі), с; $T_{\text{АФ}}$ (тривалість анакротичної фази пульсової хвилі), с; $T_{\text{ФН}}$ (тривалість фази наповнення), с; $T_{\text{сист}}$ (тривалість систолічної фази серцевого циклу), с; $T_{\text{діаст}}$ (тривалість діастолічної фази серцевого циклу), с; $T_{\text{ВПХ}}$ (час відбиття пульсової хвилі), с; $A_{\text{ПХ}}$ (амплітуда пульсової хвилі), ум. од.; $A_{\text{ДХ}}$ (амплітуда дикротичної хвилі), ум. од.; $A_{\text{І}}$ (амплітуда інцизури), ум. од. На підставі вищезазначених показників розраховувалися: індекс дикротичної хвилі (ІДХ), ум. од.; ІВ (індекс відбиття), %; ІЖ (індекс жорсткості), $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; індекс висхідної хвилі (ІВХ), с. [2]. Реєстрація параметрів пульсової хвилі здійснювалась з використанням фотоплетизмографічного датчика на дистальній фаланзі 3 пальця лівої кисті в стані спокою у положенні сидячі синхронно з параметрами серцевого ритму. Виконання проби PWC_{170} здійснювалось на велоергометрі ВЭ-02 у відповідності до стандартів її виконання [9]. В стані спокою, безпосередньо після 1 та 2 навантажень, в фазах реституції (через 3 хв після 1 та 7 хв після 2 навантажень) визначалися вищезазначені показники. Крім того, нами оцінювалися співвідношення об'єму виконаної роботи до її вартості – $\text{Вт}/\text{пульс}$ ($\text{Вт}\cdot\text{уд}\cdot\text{хв}^{-1}$) та пульсову вартість роботи, як різницю між ЧСС в кінці 2 навантаження та ЧСС в базальних умовах ($\text{уд}\cdot\text{хв}^{-1}$) [9].

Під час реєстрації вищезазначених показників досліджуваний обмежувався від впливу аудіо-візуальних подразників за допомогою світлоізолюючої тканинної маски чорного кольору та звукопоглинаючих навушників, які не створювали дискомфорту.

Статистичну обробку фактичного матеріалу здійснювали за допомогою програми Microsoft Office Excel [10]. Для кількісних вимірів розраховувалися такі статистичні характеристики, як середнє арифметичне (M), стандартна помилка вибіркового середнього (m). З урахуванням наближення вибірок до закону нормального розподілу для оцінки достовірності відмінностей у рівні прояву ознаки використовували t -критерій Ст'юдента для незалежних вибірок та U -критерій Манна-Уїтні (рівень статистичної значущості $\alpha = 0,05$).

Виклад основного матеріалу дослідження. Особливості кардіогемодинаміки у поєднанні з реєстрацією варіабельності її параметрів дозволяє визначити закономірності кровообігу з урахуванням складних взаємодій різних ланок кровотоку і визначити ті, які найбільш активно залучені у процес, що досліджується. На жаль, на даний час відсутня можливість в режимі реального часу коректно реєструвати зміни гемодинаміки в комплексі з її варіабельністю безпосередньо під час виконання деяких проб, зокрема, під час тестування з використанням фізичних навантажень. Негативні чинники, що виникають під час запису (артефакти, наявність нестационарних процесів тощо) не дозволяють відповідним методом аналізу (алгоритм швидкого перетворення Фур'є) коректно розкласти всю складну структуру варіабельності серцевого ритму за частотним діапазонами, що вивчаються [7]. Відсутня можливість коректного запису параметрів амплітудно-часових параметрів пульсової хвилі під час, після та у фази реституції. У зв'язку з цим нами вивчалися окремі параметри функціонального стану серцево-судинної системи в різні фази визначення, зокрема: параметри пульсової хвилі – в

базальному стані, ВСР та інші показники кардіогемодинаміки – до, після фізичного навантаження та у фазу реституції у відповідності до Міжнародних стандартів [8].

Так, в стані відносного спокою у студентів-волейболістів рівень систолічного АТ коливається в діапазоні 120,50–137,00 мм. рт. ст, діастолічного – 78,25–87,50 мм. рт. ст., що, у свою чергу обумовлює пульсовий АТ в межах 42,25–50,67 мм. рт. ст. в залежності від ігрового амплуа. Характерно, що у гравців лінії атаки (центральні блокуючі, діагональні нападники) спостерігається підвищений систолічний (135,25–137,00 мм. рт. ст.), діастолічний (86,60–87,50 мм. рт. ст.) та, відповідно, пульсовий АТ (47,75–50,40 мм. рт. ст.). Крім того, у них відмічається відносно низькі значення ЧСС в межах 63,23–61,88 уд.·хв⁻¹ і свідчить про забезпеченість трофіки тканин за рахунок систолічного викиду серця (УО). При цьому, середньодинамічний АТ є підвищеним і вказує на високий рівень постійного тиску в аорті, який забезпечує належний гемодинамічний ефект (табл. 1).

Таблиця 1

**Функціональний стан серцево-судинної системи
у студентів, що займаються в групі СПУ з волейболу**

Показники	Стан визначення	Ліберо	Центральні блокуючі	Зв'язуючі гравці	Крайні нападники	Діагональні нападники
Частота серцевих скорочень (ЧСС), уд.·хв ⁻¹	Базальні умови	61,57 ±11,24	63,23 ±4,19	70,90 ±6,90	68,21 ±7,02	61,88 ±9,77
	Після II навантаження	178,67 ±18,88	196,50 ±24,20	160,50 ±4,36	180,55 ±31,27	169,50 ±33,91
Систолічний АТ (АТ _{сис.}), мм. рт. ст.	Базальні умови	130,67 ±5,69	135,25 ±2,06	120,50 ±5,20	124,64 ±7,61	137,00 ±11,64
	Після II навантаження	178,67 ±18,88	196,50 ±24,20	160,50 ±4,36	180,55 ±31,27	169,50 ±33,91
	Через 7 хв після II навантаження	136,33 ±10,79	159,00 ±22,26	138,50 ±7,14	146,64 ±17,09	145,00 ±21,46
Діастолічний АТ (АТ _{діаст.}), мм. рт. ст.	Базальні умови	80,00 ±6,93	87,50 ±9,29	78,25 ±8,30	78,91 ±5,74	86,60 ±6,19
	Після II навантаження	88,33 ±2,52	97,75 ±16,88	88,75 ±14,52	94,64 ±7,94	86,75 ±10,21
	Через 7 хв після II навантаження	84,67 ±3,79	93,50 ±8,06	86,00 ±3,74	89,82 ±9,91	87,00 ±10,72
Пульсове АТ (ПТ), мм. рт. ст.	Базальні умови	50,67 ±4,93	47,75 ±7,68	42,25 ±3,95	45,73 ±6,57	50,40 ±9,13
	Через 7 хв після II навантаження	90,33 ±17,56	98,75 ±17,58	71,75 ±15,20	85,91 ±27,88	82,75 ±39,83
	Після II навантаження	51,67 ±10,50	65,50 ±20,95	52,50 ±9,68	56,82 ±10,77	58,00 ±21,60
Середньодинамічний АТ (АТ _{сер.}), мм. рт. ст.	Базальні умови	105,33 ±5,84	111,38 ±5,53	99,38 ±6,64	101,77 ±5,88	111,80 ±8,13
	Після II навантаження	133,50 ±10,21	147,13 ±18,92	124,63 ±7,56	137,59 ±18,06	128,13 ±15,18
	Через 7 хв після II навантаження	110,50 ±6,14	126,25 ±13,05	112,25 ±3,01	118,23 ±12,89	116,00 ±13,08
Ударний об'єм серця (УОК), мл	Базальні умови	65,33 ±5,95	59,38 ±9,39	62,18 ±6,78	63,52 ±5,30	61,24 ±5,52
	Після II навантаження	79,93 ±8,72	79,35 ±14,28	67,48 ±15,30	73,80 ±13,33	76,85 ±23,48
	Через 7 хв після II навантаження	62,80 ±3,04	65,28 ±11,89	59,50 ±11,38	62,15 ±6,51	64,26 ±13,43
Хвилинний об'єм крові (ХОК), мл	Базальні умови	4066,46 ±1125,8	3763,90 ±723,96	4397,43 ±508,31	4310,92 ±367,51	3763,70 ±502,59
	Після II навантаження	12504,24 ±470,52	11195,00 ±2305,70	9745,12 ±1487,59	11049,00 ±2296,66	12662,00 ±4445,00
	Через 7 хв після II навантаження	5850,06 ±1084,8	5465,50 ±860,05	5723,75 ±1007,84	5814,36 ±1151,52	6509,50 ±1677,70
Вегетативний індекс Кердо (ВіК), ум. од.	Базальні умови	-33,91 ±32,62	-39,12 ±19,88	-10,91 ±14,26	-16,60 ±12,95	-41,78 ±15,90
	Після II навантаження	43,53 ±5,81	30,75 ±10,20	39,60 ±5,28	36,13 ±8,86	46,84 ±7,08
	Через 7 хв після II навантаження	6,72 ±19,80	-11,59 ±14,33	10,50 ±11,97	0,95 ±24,62	12,92 ±13,86

На нашу думку, це може бути пов'язано з гравітаційною складовою функціонування організму гравців лінії атаки, які мають найбільшу довжину тіла (195,40–200,10 см). В даному випадку забезпечення трофіки тканин потребує підвищених значень гемодинамічних показників, зокрема АТ, на тлі економічності скорочень серця і забезпечується, певним чином, впливом парасимпатичної складової регуляції на тонус судин ($ВіК = -39,12-41,78$ ум. од.), що і підтверджують амплітудно-часові характеристики пульсової хвилі (табл. 2).

Так, для центральних блокуючих та діагональних нападників притаманним є достатньо високий рівень тривалості пульсової хвилі (0,91–0,92 с), обумовлений, більшою мірою, дикротичною фазою ПХ (0,58–0,60 с), яка відображає тривалість викиду крові у кровеносне русло, характеризуючи відносно низький тонус судин верхньої кінцівки. Підтвердженням цього є менший час, необхідний для наповнення порожнин серця (0,14–0,15 с) та систолічної фази ПХ (0,41 с). Діастолічна фаза, при цьому, є найбільшою (0,50–0,51 с) (табл. 2).

Разом з тим, для регуляції серцевого ритму притаманним є симпатична за рахунок низькочастотного (38,12–40,17%) та зверхньокчастотного (39,78–45,21%) діапазонів, і вказує на перевагу центральної та гуморальної складових в регуляції серцевого ритму, що і підтверджується співвідношенням домінування судинної до дихальної аритмії серця (відповідність активності симпатичної регуляції до вагусу), який у гравців лінії атаки найбільший (2,13–3,51 ум. од.) (табл.). На фоні цих відмінностей у них відзначається достатньо високий рівень сумарної потужності спектру ВСР, який відображає абсолютний рівень активності регуляторних систем (4589,96–4805,09 $мс^2$), що вказує на належне забезпечення трофіки тканин при реалізації діяльності (табл. 3).

Таблиця 2

**Амплітудно-часові параметри пульсової хвилі
у студентів, що займаються в групі СПУ з волейболу в базальних умовах**

Показник		Ліберо	Центральні блокуючі	Зв'язуючі гравці	Крайні нападники	Діагональні нападники
Часові	Тривалість пульсової хвилі ($T_{ПХ}$), с	0,97 ±0,13	0,87 ±0,06	0,85 ±0,08	0,92 ±0,04	0,91 ±0,09
	Тривалість дикротичної фази пульсової хвилі ($T_{ДФ}$), с	0,64 ±0,10	0,51 ±0,07	0,48 ±0,09	0,60 ±0,04	0,58 ±0,07
	Тривалість анакротичної фази пульсової хвилі ($T_{ДФ}$), с	0,33 ±0,03	0,35 ±0,06	0,37 ±0,03	0,31 ±0,02	0,33 ±0,03
	Тривалість фази наповнення (T_H), с	0,18 ±0,06	0,17 ±0,06	0,19 ±0,03	0,14 ±0,01	0,15 ±0,01
	Тривалість систолічної фази серцевого циклу ($T_{сист.}$), с	0,41 ±0,01	0,45 ±0,07	0,47 ±0,04	0,41 ±0,01	0,41 ±0,02
	Тривалість діастолічної фази серцевого циклу ($T_{діаст.}$), с	0,56 ±0,12	0,42 ±0,06	0,38 ±0,11	0,51 ±0,03	0,50 ±0,07
	Час відбиття пульсової хвилі ($T_{відб.}$), с	0,22 ±0,05	0,27 ±0,02	0,28 ±0,02	0,27 ±0,01	0,26 ±0,02
Амплітудні	Амплітуда пульсової хвилі (АПХ), ум. од.	24,04 ±0,70	23,72 ±0,89	23,88 ±1,04	24,29 ±0,48	24,00 ±0,60
	Амплітуда дикротичної хвилі (АДХ), ум. од.	13,84 ±2,83	10,07 ±1,44	9,83 ±1,00	10,92 ±2,08	10,20 ±0,57
	Амплітуда інцизури (АІ), ум. од.	11,14 ±4,46	6,21 ±1,63	5,33 ±1,75	7,25 ±1,38	9,10 ±1,19
Індекси	Індекс дикротичної хвилі (ІДХ), ум. од.	45,94 ±18,18	26,31 ±7,13	22,43 ±7,87	29,68 ±5,19	37,87 ±4,98
	Індекс відбиття (ІВ), %	65,09 ±7,42	54,48 ±3,80	53,58 ±2,07	55,80 ±5,53	53,86 ±1,37
	Індекс жорсткості (ІЖ), $м \cdot с^{-1}$	8,86 ±2,43	7,08 ±0,44	6,85 ±0,37	7,39 ±0,19	7,58 ±0,51
	Індекс висхідної хвилі (ІВХ), с	18,50 ±3,34	19,85 ±5,41	22,62 ±5,62	14,82 ±0,75	16,54 ±1,13

На нашу думку, дана особливість забезпечення серцево-судинної регуляції гравців лінії оборони пов'язана з характером домінування вправ при здійсненні функціональних

обов'язків на ігровому майданчику. Так, для даних гравців притаманним є виконання швидко-силових вправ при здійсненні нападаючих ударів, захисних дій в першій та другій лініях оборони, які реалізуються в безопорному положенні що ускладнюються точними, технічно досконалими діями з м'ячем в гліколітичному режимі енергозабезпечення. Подібна тенденція, на наш погляд, обумовлена симпатичною та гуморальною регуляцією серцевого ритму при високому рівні парасимпатичного впливу на судинний тонус. Дана взаємозалежність дозволяє підтримувати достатньо високий рівень активності регуляторних систем і є компенсуючим чинником для забезпечення належного функціонування організму при реалізації специфічної діяльності.

На відміну від гравців лінії атаки для гравців, до обов'язків яких є, більшою мірою, реалізація захисних дій (ліберо, діагональних нападників) та універсальних гравців (зв'язуючих), характерним є, відносно, нижчі значення АТ, що у свою чергу знижує ПТ, АТ_{сер.} Для гравців даних амплуа притаманні високі значення ударного об'єму крові (59,03–65,10 мл) і, відповідно, ХОК (4067,64–4286,78 мл) при вищих значеннях ЧСС (61,57–68,21 уд.·хв⁻¹), що свідчить про, відносно, нижчу скоротливість серця на тлі більшої частоти скорочень. Хвилинний об'єм циркулюючої крові обумовлений, більшою мірою, за рахунок ударного об'єму. Вегетативний індекс Кердо, при цьому, вказує схильність до ейтонії (врівноваженості до вегетативної регуляції), тонус периферичних судин характеризується більшою вираженістю, що проявляється у подовжених фазах наповнення (0,17–0,18 с) та систолічній (0,41–0,47 с) (табл. 2).

Таблиця 3

**Вегетативна регуляція серцевого ритму
у студентів, що займаються в групі СПУ з волейболу**

Показник	Стан визначення	Ліберо	Центральні блокуючі	Зв'язуючі гравці	Крайні нападники	Діагональні нападники
Very Low Frequency (VLF), ms ²	Базальні умови	1593,44 ±803,60	2092,74 ±370,38	639,28 ±353,35	1478,64 ±1101,01	2533,15 ±2566,38
	Через 7 хв після ІІ навантаження	1191,77 ±888,09	439,01 ±344,67	149,34 ±146,90	370,07 ±308,67	69,09 ±49,99
Low Frequency (LF), ms ²	Базальні умови	1927,02 ±669,75	1829,95 ±483,43	1420,90 ±1131,49	1484,19 ±772,14	1563,09 ±968,28
	Через 7 хв після ІІ навантаження	1588,90 ±935,87	309,71 ±158,39	241,04 ±230,42	580,45 ±657,20	81,41 ±39,16
High Frequency (HF), ms ²	Базальні умови	1398,99 ±659,31	667,27 ±213,01	852,48 ±459,08	831,68 ±357,82	708,85 ±452,80
	Через 7 хв після ІІ навантаження	1112,69 ±416,43	412,91 ±300,57	654,66 ±624,10	386,04 ±212,08	103,30 ±30,00
Total Power, ms ²	Базальні умови	4919,45 ±1857,70	4589,96 ±423,20	2912,66 ±1943,92	3794,51 ±2017,30	4805,09 ±3832,34
	Через 7 хв після ІІ навантаження	3893,35 ±2240,40	1161,62 ±761,54	1045,04 ±1001,43	1336,56 ±1008,30	253,79 ±90,32
	% відновлення	79,15	35,88	25,31	5,29	35,23
Very Low Frequency (VLF), %	Базальні умови	31,29 ±10,13	45,21 ±6,67	25,28 ±5,01	35,22 ±9,41	39,78 ±16,37
	Через 7 хв після ІІ навантаження	27,64 ±13,05	32,89 ±9,34	14,30 ±6,80	25,83 ±15,17	23,85 ±10,35
Low Frequency (LF), %	Базальні умови	39,95 ±3,64	40,17 ±10,92	42,83 ±11,80	40,30 ±7,52	38,12 ±11,60
	Через 7 хв після ІІ навантаження	40,31 ±8,66	30,85 ±7,39	25,26 ±6,89	29,88 ±13,88	31,40 ±4,41
High Frequency (HF), %	Базальні умови	28,76 ±6,49	14,62 ±5,37	31,89 ±11,31	24,48 ±6,96	22,10 ±9,36
	Через 7 хв після ІІ навантаження	32,05 ±5,40	36,26 ±10,16	60,44 ±11,82	44,28 ±19,43	44,75 ±14,76
LF·HF ⁻¹ , ум. од	Базальні умови	1,46 ±0,24	3,51 ±1,69	1,69 ±0,71	1,89 ±0,66	2,13 ±0,97
	Через 7 хв після ІІ навантаження	1,29 ±0,30	0,97 ±0,45	0,46 ±0,20	1,31 ±1,18	0,83 ±0,35
	% відновлення	88,4	27,2	27,6	38,4	69,3

Амплітудні параметри пульсової хвилі є різнорідними, більшою мірою, обумовлюються рівнем артеріального тиску і, на нашу думку, відображають рівень аеробно-анаеробних можливостей студентів. Так, для високих значень АТ притаманним є більша швидкість нагнітання серцем крові у магістральні судини ($T_{\text{АФ}}$, $T_{\text{Н}}$, $T_{\text{сист.}}$), тобто рівень ударного об'єму крові, обумовленого систолічним АТ. При цьому, час діастолічної фази напряду пов'язаний з величинами систолічного АТ, що вказує на те що більша швидкість руху крові в фазу діастолічної фази обумовлюється зниженням $AT_{\text{сист}}$ і збільшенням ЧСС за рахунок скорочення м'язів судин, обумовленої симпатичною регуляцією тону та діяльності серця.

Це пояснюється перерозподілом впливу пара-, симпатичної нервової системи в різні фази серцевого скорочення, а саме: в фазу систоли серцевий м'яз, магістральні і периферичні судини перебувають під впливом парасимпатичної нервової системи, яка дає можливість задіяти внутрішньосерцеві механізми регуляції ритму і знизити м'язовий тонус судин для більш швидкого наповнення кров'яного русла. І, навпаки, в фазу діастолічної фази відбувається посилення дії симпатичної нервової системи, що забезпечується збільшенням ЧСС і посиленням м'язового тону судин для забезпечення належного руху крові по кровоносній системі.

При цьому, тривалість систолічної фази та її складових (тривалість фази наповнення та анакроти), що характеризують параметри швидкого нагнітання крові з лівого шлуночка серця в аорту має вірогідний зворотній кореляційний взаємозв'язок з величиною АТ і вказує на те, що швидкість серцевого викиду крові в аорту реалізується, виключно, за рахунок величини об'ємного викиду крові. Характерно, що взаємозв'язок між часовими параметрами систолічної фази ПХ відсутній. І, навпаки, в діастолічну фазу ($T_{\text{ДФ}}$, $T_{\text{діаст.}}$) підтримання належного трофічного забезпечення організму реалізується за рахунок частоти серцевих скорочень при поступовому зниженні рівня систолічного АТ. Індекс жорсткості, який відображає еластичність/ригідність судинної стінки і враховує довжину тіла індивідууму напряду взаємопов'язаний з рівнем АТ, що і підтверджує вищевказані тенденції щодо детермінованості функціональних можливостей від гравітаційної складової гідростатичного "пасивного" тиску крові, що залежить від довжини тіла [7] (табл. 4).

Таблиця 4

Взаємозв'язок амплітудно-часових параметрів пульсової хвилі з геодинамічними параметрами у студентів, що займаються в групі СПУ з волейболу

Показник		$AT_{\text{сист.}}$	$AT_{\text{діаст.}}$	ЧСС
Часові	Тривалість пульсової хвилі ($T_{\text{ПХ}}$), с	0,051	-0,050	-0,793***
	Тривалість дикротичної фази пульсової хвилі ($T_{\text{ДФ}}$), с	0,391*	0,252	-0,688***
	Тривалість анакротичної фази пульсової хвилі ($T_{\text{АФ}}$), с	-0,538	-0,474*	-0,123
	Тривалість фази наповнення ($T_{\text{Н}}$), с	-0,439*	-0,346	-0,110
	Тривалість систолічної фази серцевого циклу ($T_{\text{сист.}}$), с	-0,550	-0,483*	-0,027
	Тривалість діастолічної фази серцевого циклу ($T_{\text{діаст.}}$), с	0,393*	0,262	-0,682***
	Час відбиття пульсової хвилі ($T_{\text{вдб}}$), с	-0,379*	-0,406*	0,143
Амплітудні	Амплітуда пульсової хвилі (АПХ), ум. од.	0,112	0,219	-0,011
	Амплітуда дикротичної хвилі (АДХ), ум. од.	0,304	0,418*	-0,360
	Амплітуда інцизури (АІ), ум. од.	0,328	0,329	-0,549*
Індекси	Індекс дикротичної хвилі (ІДХ), ум. од.	0,318	0,310	-0,551*
	Індекс відбиття (ІВ), %	0,315	0,359	-0,434*
	Індекс жорсткості (ІЖ), $\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$	0,323	0,362*	-0,232
	Індекс висхідної хвилі (ІВХ), с	-0,494*	-0,340	0,178

Примітка: * – статистична значущість коефіцієнтів кореляції Пірсона на рівні $p \leq 0,05$; ** – на рівні $p \leq 0,01$; *** – на рівні $p \leq 0,001$.

На подібний факт вказують і науковці, що вивчали особливості фізичної підготовленості спортсменів та її відповідність до морфофункціональних можливостей серцево-судинної системи. Так, встановлено, що структурні особливості серця у спортсменів, що мають більшу довжину тіла, створюють морфологічну основу для збільшення показників гемодинаміки в

умовах спокою і під час м'язової роботи, завдяки чому забезпечується адекватне кровопостачання збільшеної біологічно активної маси тіла. Вираженість збільшення гемодинаміки і розмірів внутрішніх структур лівих відділів серця може бути пояснено з особливостями спортивної діяльності, що нівелюють антропометричні особливості спортсменів) [7].

Однак, ритмограма, записана в базальних умовах, надає незначну частину тієї інформації, яку можна отримати при використанні методу ритмокардіографії. Резерв студента-спортсмена, реактивність серцево-судинної системи на фізичні навантаження, особливостей функціонування, що дуже важливо для змагальної діяльності, можна виявити лише при проведенні проб з фізичним навантаженням. Це дозволяє отримати не тільки найбільш повну уяву про функціональний стан систем організму, але і надати оцінку динаміки процесу підготовки та розробити заходи щодо його оптимізації. Ціна адаптації організму, визначена за допомогою функціональних проб, є однією з важливих характеристик процесу спортивно-педагогічного удосконалення, за допомогою яких можна виявити перевантаженість окремих систем регулювання, адже чим більше завантажена та або інша функція організму, тим менше її відповідь на чинник, що значно розширює можливості оцінювання окремих зв'язків регуляції організму [7].

В результаті виконання двоступеневої велоергометричної проби PWC_{170} , сутність якої полягає у виконанні двох різноспрямованих навантажень тривалістю 5 хв кожна (частота обертань педалей велоергометра – 60 об·хв⁻¹) з 3 хв інтервалом відпочинку. Дозування 1 навантаження здійснювалось у відповідності до маси тіла досліджуємого згідно методики проведення проби. Потужність 2 навантаження залежала від потужності 1 навантаження та ЧСС в останні 30 с виконання [9] (табл. 5).

Таблиця 5.

**Результати виконання проби PWC_{170}
студентами, що займаються в групі СПУ з волейболу**

Показник		Ліберо	Центральні блокуючі	Зв'язуючі гравці	Крайні нападники	Діагональні нападники
N ₁	Вт	125,33 ±9,81	133,25 ±4,50	124,75 ±12,95	122,18 ±22,89	130,40 ±23,34
	кгм·хв ⁻¹	766,29 ±60,01	814,69 ±27,51	762,72 ±79,15	747,02 ±139,95	797,27 ±142,71
N ₂	Вт	177,00 ±20,66	207,00 ±15,79	207,50 ±34,66	196,73 ±31,98	223,20 ±47,19
	кгм·хв ⁻¹	1082,18 ±126,34	1265,60 ±96,54	1268,66 ±211,88	1202,79 ±195,52	1364,60 ±288,54
f ₁ , уд·хв ⁻¹		131,58 ±11,91	114,63 ±13,81	119,05 ±8,44	121,97 ±12,92	115,42 ±13,08
f ₂ , уд·хв ⁻¹		158,14 ±14,02	145,16 ±12,50	147,71 ±10,94	152,68 ±13,29	165,38 ±9,47
PWC ₁₇₀	кгм·хв ⁻¹	1287,25 ±302,54	1700,70 ±296,43	1680,33 ±391,80	1563,61 ±468,07	1419,20 ±277,63
	Вт	210,54 ±49,48	278,17 ±48,48	274,83 ±64,08	255,74 ±76,56	232,12 ±45,41
PWC ₁₇₀ , кгм·хв ⁻¹ ·кг ⁻¹		16,12 ±3,65	19,11 ±2,10	20,20 ±3,57	18,56 ±4,83	15,76 ±1,22
Ватт/пульс, Вт·уд·хв ⁻¹		1,112 ±0,12	0,918 ±0,03	1,405 ±0,11	0,800 ±0,04	0,789 ±0,06
Пульсова вартість роботи, уд·хв ⁻¹		96,57 ±4,68	81,93 ±3,11	76,81 ±1,24	84,47 ±1,16	103,50 ±0,98

Примітка: N₁ – потужність 1 навантаження; N₂ – потужність 2 навантаження;
f₁ – ЧСС після 1 навантаження; f₂ – ЧСС після 2 навантаження

Так, абсолютні значення виконання проби коливаються в межах 1287,25-1700 кгм·хв⁻¹ в залежності від ігрового амплуа. При цьому, найбільші значення зафіксовані у зв'язуючих та центральних блокуючих гравців (1680,33-1700,70 кгм·хв⁻¹), найменші – у ліберо та діагональних (1287,25-1419,20 кгм·хв⁻¹) (табл. 5). Враховуючи вплив антропометричних показників на результативність виконання проби нами були розраховані відносні значення даної ознаки у відповідності до маси тіла досліджуємих ($PWC_{170} \cdot \text{кг}^{-1}$), які відокремлюють особливості ігрового амплуа, обумовлених, певним чином рівнем фізичного стану та характером ігрової діяльності. Відповідно, найбільші значення як абсолютних так і відносних показників даної ознаки мають як зв'язуючі (20,20 кгм·хв⁻¹·кг⁻¹) і центральні блокуючі (19,11 кгм·хв⁻¹·кг⁻¹) так і

крайні нападники ($18,56 \text{ кгм}\cdot\text{хв}^{-1}\cdot\text{кг}^{-1}$), що вказує на достатньо високий рівень фізичної працездатності який забезпечує ігрову діяльність, характерного для осіб, які мають високий рівень аеробних можливостей. І, навпаки, найнижчий рівень цих можливостей притаманний для діагональних гравців та ліберо ($15,76\text{--}16,12 \text{ кгм}\cdot\text{хв}^{-1}\cdot\text{кг}^{-1}$ відповідно) (табл. 5).

Незважаючи на превалювання швидкісно-силового компоненту забезпечення діяльності центральних блокуючих та зв'язуючих, гравці даних амплуа мають найвищий рівень $\text{PWC}_{170}\cdot\text{кг}^{-1}$, що пояснюється субмаксимальним характером виконання проби на рівні аеробно-анаеробного порогу. Результативність виконання проби і характер економізації функцій при її здійсненні детермінується, на нашу думку, швидкісно-силовими можливостями м'язових груп нижніх кінцівок та функціональними можливостями серцево-судинної системи що їх забезпечують [6].

Підставою для даного висновку є відповідність ЧСС в процесі виконання PWC_{170} потужності роботи (Вт), яка характеризує економічність серцево-судинної системи під час навантаження, а саме: для вищезначених гравців (зв'язуючих, центральних блокуючих, ліберо) характерним є найвищі значення даної ознаки ($0,918\text{--}1,405$) на відміну від крайніх нападників та діагональних, у яких коливання показника знаходиться в діапазоні $0,789\text{--}0,800 \text{ Вт}\cdot\text{уд}\cdot\text{хв}^{-1}$.

В фазу реституції після закінчення проби PWC_{170} відбувається різнопланове зміщення регуляції СР. Так, в стані відносного спокою у студентів-волейболістів переважає вплив центрального контуру за рахунок активності вазомоторного центру (LF, %) та гуморальної ланки (VLF, %) ВСР, які є домінуючими при рецесії парасимпатичної ланки регуляції (табл. 3). Через 7 хв після проби відбувається інверсія спектральних потужностей за рахунок збільшення високохвильової компоненти (HF, %). При цьому, найбільші зміни спостерігаються у гравців всіх амплуа за виключенням ліберо, у яких в фазу реституції параметри ВСР відновлюється до вихідного стану. Подібна тенденція підтверджується і співвідношенням домінування активності симпатичного нерва до вагусу, а саме: у ліберо недовідновлення даної ознаки становить 11,6%, тоді як у гравців інших амплуа співвідношення залишається низьким і знаходиться в діапазоні 30,7–72,8%. Аналогічним чином недовідновленим залишається сумарний абсолютний рівень активності регуляторних систем (Total Power, мс^2), який у гравців лінії оборони знаходиться на рівні $1336,56\text{--}3893,35 \text{ мс}^2$ ($74,69\text{--}94,71\%$).

Висновки. 1. Підвищений рівень систолічного, діастолічного та, відповідно, пульсового АТ найвищий у гравців лінії атаки (центральных блокуючих, діагональних нападників). При цьому, у них відмічається відносно низькі значення ЧСС і свідчить про те, що забезпеченість трофіки визначається, головним чином, систолічним викидом серця (УО). Високий середньодинамічний АТ, на нашу думку, може бути пов'язаний з гравітаційною складовою функціонування організму гравців лінії атаки, які мають найбільшу довжину тіла. В даному випадку забезпечення трофіки тканин потребує підвищених значень гемодинамічних показників, зокрема АТ, на тлі економічності скорочень серця і детермінується, певним чином, впливом парасимпатичної складової регуляції на тонус судин, що і підтверджують амплітудно-часові характеристики пульсової хвилі.

2. Для регуляції серцевого ритму гравців лінії атаки притаманним є центральна та гуморальна складові в регуляції серцевого ритму. На фоні цих відмінностей у них відзначається достатньо високий рівень сумарної потужності спектру ВСР, який відображає абсолютний рівень активності регуляторних систем, що вказує на належне забезпечення трофіки тканин при реалізації діяльності.

3. На відміну від гравців лінії атаки для гравців, до обов'язків яких є, більшою мірою, забезпечення захисних дій (ліберо, діагональних нападників) та універсальних гравців (зв'язуючих) притаманні високі значення ударного об'єму крові і, відповідно, ХОК при вищих значеннях ЧСС, що свідчить про відносно нижчу скоротливість серця на тлі більшої частоти скорочень. Хвилиний об'єм циркулюючої крові забезпечується, більшою мірою, за рахунок ударного об'єму. Вегетативний індекс Кердо, при цьому, вказує схильність до ейтонії.

4. Абсолютні значення виконання проби PWC_{170} коливаються в межах $1287,25\text{--}1700 \text{ кгм}\cdot\text{хв}^{-1}$ в залежності від ігрового амплуа. При цьому, найбільші значення зафіксовані у зв'язуючих та центральних блокуючих гравців, найменші – у ліберо та діагональних. Найбільші значення відносних ($\text{PWC}_{170}\cdot\text{кг}^{-1}$) показників мають як зв'язуючі і центральні блокуючі так і крайні нападники, що, вказує на достатньо високий рівень фізичної працездатності який забезпечує ігрову діяльність, характерного для осіб, що мають високий рівень аеробних можливостей. І, навпаки, найнижчий рівень цих можливостей притаманний для діагональних гравців та ліберо що, може бути обумовлено характером ігрових дій, притаманних гравцям того або іншого ігрового амплуа. Незважаючи на превалювання швидкісно-силового компоненту

забезпечення діяльності центральних блокуючих та зв'язуючих, гравці даних амплуа мають найвищий рівень PWC₁₇₀-кг-1, що пояснюється субмаксимальним характером виконання проби на рівні ПАНО і детермінується, на нашу думку, швидкісно-силовими можливостями м'язових груп нижніх кінцівок та функціональними можливостями серцево-судинної системи.

5. В фазу реституції, після закінчення проби PWC₁₇₀, відбувається інверсія спектральних потужностей за рахунок збільшення високохвильової компоненти (HF, %) з недовідновленням даної ознаки в діапазоні 11,6–72,8% в залежності від ігрового амплуа. Аналогічним чином недовідновленим залишається сумарний абсолютний рівень активності регуляторних систем, який у гравців лінії оборони знаходиться на рівні 74,69–94,71%.

Список використаної літератури

1. Носко М.О., Данілов О.О., Маслов В.М. Особливості проведення тренувального процесу при заняттях зі студентами у групах спортивного удосконалення: [спортивні ігри]. *Фізичне виховання і спорт у ВНЗ при організації кредитно-модульної технології*: підруч. для ВНЗ. Київ, 2011. С. 115–134.
2. Приймак С.Г. Спектральний аналіз варіабельності серцевого ритму студентів, що займаються в групах спортивно-педагогічного удосконалення. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету імені Т.Г. Шевченка. Серія: Педагогічні науки*. 2017. № 144. С. 199–202.
3. Романенко В. Психологический статус студенток. Saarbrücken: LAP LAMBERT Publishing, 2013. 192 с.
4. Оценка показателей вариабельности сердечного ритма у спортсменов циклических видов спорта / С.М. Разинкин, А.С. Самойлов та інші. *Спортивная медицина: наука и практика*, 2015. №4. С. 46–55.
5. Шлык Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов: монография. Ижевск: Удмуртский университет, 2009. 255 с.
6. Сонькин В.Д. Проблема оценки физической работоспособности. *Вестник спортивной науки*. 2010. № 2. С. 37–42.
7. Гаврилова Е.А. Использование вариабельности ритма сердца в оценке успешности спортивной деятельности. *Практическая медицина*. 2015. № 3(1). С. 52–57.
8. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Heart rate variability. Standards of Measurement. Physiological interpretation and clinical use. Circulation*. 1996. V.93. P. 1043–1065.
9. Белоцерковский З.Б. Эргометрические и кардиологические критерии физической работоспособности у спортсменов. М.: Советский спорт, 2005. 312 с.
10. Минько А.А. Статистический анализ в MS Excel. М.: Вильямс, 2004. 448 с.

References

1. Nosko, M.O., Danilov, O.O., Maslov, V.M. (2011). Features of conducting a training process during classes with students in sports improvement groups: [sports games]. *Physical education and sports in higher educational establishments under organization of credit-module technology: a textbook for the departments of physical education and sports of the university*. Kyiv, 115-134. (in Ukr.).
2. Priymak, S.G. (2017). Spectral Analysis of the Heart Rate Variability of Students Engaged in the Group of Sporting Pedagogical Improvement. *Bulletin of Chernihiv National Pedagogical University named after T.G. Shevchenko Series: Pedagogical Sciences, 144*, 405–408. (in Ukrainian)
3. Romanenko, V. (2013). *Psycho-physiological status of girl students*. LAP LAMBERT Publishing. (in Rus.).
4. Razinkin, S.V., Samoylov, A.S., Fomkin, P.A. & others. Heart rate variability in athletes of endurance sports (2015). *Sports Medicine: Research and Practice*, 4, 46–55. (in Rus.).
5. Shlyk, N.I. (2009). *The heart rate and regulation type of children, teenagers and sportsmen*. Izhevsk: Publishing House Udmurt State University. (in Rus.).
6. Sonkin, V.D. (2010). The problem of physical Working Capacity. *Herald of sports science*, 2, 43–51. (in Rus.).
7. Gavrilova, E.A. (2015). Using heart rate variability in the assessment of the success the activities in the sport. *Practical medicine*, 3(1), 52–57. (in Rus.).
8. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology (1996). *Heart rate variability. Standards of Measurement. Physiological interpretation and clinical use. Circulation*, 93, 1043–1065.
9. Belotserkovskyy, Z.B. (2005). *Ergometric and cardiological criteria for physical performance among the athletes*. Moscow: Sovetsport. (in Rus.).
10. Min'ko, A.A. (2004). *Statistical analysis in MS Excel*. Moscow: Williams Publishing House. (in Rus.).

PRYIMAK Serhii,

Ph.D in Physical Education and Sports, Associate Professor,
Taras Shevchenko Chernihiv National Pedagogical University
e-mail: spriimak1972@gmail.com

THE VARIABILITY OF HEART RHYTHM AND CENTRAL HEMODYNAMICS IN PROVIDING ADAPTATION TO THE BODY'S PHYSICAL LOADS OF STUDENTS SPECIALIZING IN VOLLEYBALL

Abstract. Elevated levels of systolic and diastolic and, respectively, pulse arterial pressure, the highest in the line of attack players. At the same time, they have relatively low values of heart rate and indicate that the supply of trophism is mainly determined by systolic cardiac output.

To regulate the heart rhythm of the players in the line of attack, the central and humoral components in the regulation of the heart rhythm are inherent. Against the backdrop of these differences, they have a fairly high level of the total power of the spectrum of heart rate variability, which reflects the absolute level of activity of regulatory systems.

Unlike the players in the attack line, for players who are more responsible for defensive actions, high values of the shock volume of blood and, correspondingly, a minute volume with high heart rate values are inherent, which indicates a relatively low heart contractility.

Despite the prevalence of the speed-strength component of the activity of central blocking and binding agents, players of these roles have a high level of $PWC_{170} \cdot \text{kg}^{-1}$, it is determined, in our opinion, by the speed-strength capabilities of the muscle groups of the lower extremities and the functional capabilities of the cardiovascular system. During the restitution phase, inversion of spectral powers occurs due to an increase in the high-volt-wave component with an under-recovery of this attribute in the range of 11,6–72,8%, depending on the playing role.

Keywords: *educational process; heart rate variability; vascular tone; physical performance; volleyball.*

*Одержано редакцією 04.10.2017
Прийнято до публікації 12.10.2017*