

DOI: 10.21802/artm.2020.1.13.14.  
УДК 611.839.6+796.31/32

## АНАЛІЗ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ ПОКАЗНИКІВ ВАРІАБЕЛЬНОСТІ СЕРЦЕВОГО РИТМУ І ЗАГАЛЬНОЇ ФІЗИЧНОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ У ПРЕДСТАВНИКІВ ІГРОВИХ ВИДІВ СПОРТУ

Н.І. Барила<sup>1</sup>, Т.Р. Масляк<sup>2</sup>, П.М. Жидан<sup>3</sup>, Г.Д. Марків<sup>4</sup>, Р.І. Файчак<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Івано-Франківський національний медичний університет, кафедра внутрішньої медицини № 2 та медсестринства, м. Івано-Франківськ, Україна, ORCID ID: 0000-0002-7744-2427, e-mail: nadiya27@i.ua

<sup>2</sup>Центральна міська клінічна лікарня № 1, головний лікар, м. Івано-Франківськ, Україна, ORCID ID: 0000-0001-6537-9646, e-mail: info@cmkl.if.ua

<sup>3</sup>Центральна міська клінічна лікарня № 1, завідувач консультативною поліклінікою, м. Івано-Франківськ, Україна, ORCID ID: 0000-0003-0625-3577, e-mail: ravlogsm@gmail.com

<sup>4</sup>Центральна міська клінічна лікарня № 1, завідувач лабораторією клініко-лабораторних досліджень, м. Івано-Франківськ, Україна, ORCID ID: 0000-0003-3853-3008, e-mail: lab\_cmkl@i.ua

<sup>5</sup>Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, завідувач кафедри фізичного виховання, м. Івано-Франківськ, Україна, ORCID ID: 0000-0001-9082-1213, e-mail: romfay@meta.ua

**Резюме. Мета роботи:** вивчити взаємозв'язок параметрів вегетативної нервової системи спортсменів за даними варіабельності серцевого ритму з показниками загальної фізичної працездатності в залежності від спеціалізації і статі.

**Матеріали та методи дослідження.** У дослідженні взяли участь 60 юнаків і дівчат віком 18-20 років, члени команд з волейболу, гандболу, баскетболу. Для дослідження параметрів ВСР використовували програмно-технічний комплекс «CardioLab+» ВО ХАІ (Харків, Україна). Реєстрували 5-хвилинну ЕКГ у стані спокою через 5-10 хвилин після виконання велоергометричної проби з східчасто зростаючим навантаженням при початковій потужності 125 Вт, тривалістю кожного ступеня 2 хвилини та інкрементом потужністю 25 Вт. Методом варіаційної пульсометрії досліджували гістограму розподілу кардіоінтервалів і визначали її основні характеристики з обчисленням індексу напруги регуляторних систем. Спектральні методи аналізу ВСР дозволили кількісно оцінити різні частотні складові коливань ритму серця. Забір матеріалу еритроцитів проводили безпосередньо до фізичного навантаження і через 1-3 хв. відновного періоду. Морфологічні дослідження еритроцитів проводили у скануючому електронному мікроскопі.

**Результати дослідження.** Дані дослідження показали прямий і обернено пропорційний взаємозв'язок параметрів вегетативної нервової регуляції за даними варіабельності серцевого ритму спортсменів в залежності від спеціалізації і статі. Показники варіабельності серцевого ритму є інформативним методом для об'єктивної оцінки адаптаційних ресурсів кардіореспіраторної системи.

**Висновки.** При заняттях ігровими видами спорту у юнаків і дівчат спостерігається прямий і обернено-пропорційний кореляційний взаємозв'язок між показниками варіабельності ритму і параметрами, які характеризують фізичну працездатність.

**Ключові слова:** варіабельність серцевого ритму, фізична працездатність, кореляційний взаємозв'язок, студенти.

**Вступ.** Ритм серця виконує інтегральну реакцію організму на безперервні зміни зовнішнього і внутрішнього середовища. Отже, варіабельність серцевого ритму (ВСР) як метод, що дозволяє диференціювати вплив окремих механізмів або груп механізмів управління ритмом, надзвичайно інформативний в сенсі об'єктивної оцінки адаптаційних ресурсів кардіореспіраторної системи. Метод дослідження ВСР високоточний, оскільки серцевий ритм є чутливим індикатором всіх життєвих процесів. Вважається, що порушення вегетативної та гуморальної регуляції часто випереджає прояви патологічних процесів. Надзвичайно інформативна оцінка реакцій вегетативної і центральної нервової системи при виконанні спортсменами тренувальних навантажень [1, 5]. Вивчення

працездатності серця за даними велоергометрії слугуватиме об'єктивним критерієм високої адаптації серцево-судинної системи організму спортсменів до фізичних навантажень і тісно корелює зі специфікою вегетативного забезпечення за даними варіабельності серцевого ритму [3].

**Мета роботи:** вивчити взаємозв'язок параметрів вегетативної нервової системи спортсменів за даними варіабельності серцевого ритму з показниками загальної фізичної працездатності (ЗФП) в залежності від спеціалізації і статі.

**Матеріали і методи.** У дослідженні взяли участь 60 студентів факультету фізичного виховання і спорту Прикарпатського національного університе-

ту імені Василя Стефаника, які є членами команд з ігрових видів спорту (волейбол, гандбол, баскетбол).

Для дослідження параметрів ВСР використовували програмно-технічний комплекс «CardioLab+» ВО ХАІ (Харків, Україна). Дослідження проводили в стані спокою, адаптаційний період становив 5-10 хвилин. Відповідно до міжнародних стандартів реєструвалася 5-хвилинна ЕКГ. У роботі використовували наступні методи аналізу ВСР: 1. Статистичні методи, для безпосередньої кількісної оцінки ВСР в досліджуваній проміжок часу. При їх використанні кардіоінтервалограма розглядається як сукупність послідовних часових проміжків (інтервалів RR). SDNN-стандартне відхилення RR-інтервалів вважається сумарним показником варіабельності величин інтервалів RR за 5-хвилинний період часу. 2. Метод варіаційної пульсометрії, який полягає у вивченні закону розподілу кардіоінтервалів як випадкових величин. При цьому будується варіаційна крива (крива розподілу кардіоінтервалів – гістограма) і визначаються її основні характеристики:  $M_0$  (мода),  $A_m$  (амплітуда моди),  $dX$  (варіаційний розмах). Мода – це найбільш часто зустрічаються в даному динамічному ряді значення кардіоінтервала. Амплітуда моди – це число кардіоінтервалів, відповідних значенням моди, у % до обсягу вибірки. Варіаційний розмах ( $dX$ ) відображає ступінь варіабельності значень кардіоінтервалів у досліджуваному динамічному ряду. Він обчислюється по різниці максимального і мінімального значень кардіоінтервалів. За даними варіаційної пульсометрії обчислюється індекс напруги тих регуляторних систем або стрес-індекс. 3. Спектральні методи аналізу ВСР, які дозволяють кількісно оцінити різні частотні складові коливань ритму серця і наочно графічно представити співвідношення різних компонентів серцевого ритму, що відображають активність певних ланок регуляторного механізму. У спеціальній науковій літературі [1, 6] відповідні спектральні компоненти отримали назви високочастотних (HF), низькочастотних (LF) і дуже низькочастотних (VLF). Аналіз потужності дев'яти RR-інтервалів проводиться в наступних діапазонах частот: HF – 0,15-0,40 Гц (потужність у цьому діапазоні частот відображає вагусну або парасимпатичну, еферентну активність); LF – 0,04-0,15 Гц (характерний для активності симпатичної нервової системи); VLF – 0,003-0,4 Гц (відображає активність нейрогуморальних систем – ренін-ангіотензин-альдостеронової системи, концентрації адреналіну і норадреналіну в крові) [2, 4].

Для тестування загальної фізичної працездатності (ЗФП) студентам проводили пробу зі східчасто зростаючим навантаженням на велоергометри «Kettler» (Німеччина), при початковій потужності 125 Вт, тривалістю кожного ступеня 2 хвилини та інкрементом потужністю 25 Вт. Обстежувані студенти досягали максимальної вікової частоти серцевих скорочень (ЧСС) при індивідуально максимальному фізичному навантаженні [6].

Для вивчення конформаційних та біохімічних властивостей еритроцитів брали капілярну кров за протоколом визначення рівня глюкози в плазмі крові [24]. Забір матеріалу проводили безпосе-

редньо до  $F_{N_{max}}$  і через 1-3 хвилини відновного періоду.

Концентрацію гемоглобіну досліджували стандартним ціанметгемоглобінним методом, кількість еритроцитів – уніфікованим методом підрахунку в камері Горяєва, гематокрит визначали мікрометодом з використанням стандартних гепаринізованих капілярів [13]. Морфологічні дослідження еритроцитів проводили у скануючому електронному мікроскопі «JEOL-25M-T220A» (Японія) згідно з загальноприйнятою методикою [15].

**Результати дослідження.** Аналіз даних юнаків-гандболістів у підготовчому періоді виявив позитивні кореляційні взаємозв'язки показників працездатності з показниками варіабельності серцевого ритму, що відображають баланс симпатичної і парасимпатичної активності (табл. 1). У гандболісток аналіз даних у підготовчому періоді виявив позитивні кореляційні взаємозв'язки показників працездатності з показниками варіабельності серцевого ритму, що відображають сумарну потужність вегетативної регуляції. Негативна кореляція виявлена між показниками працездатності у юнаків з показниками, що відображають парасимпатичний відділ регуляції, у дівчат – з показниками, що відображають ступінь переважання центральних механізмів регуляції. У змагальному періоді у дівчат виявлений позитивний кореляційний зв'язок з показниками, що відображають відносну активність симпатичного відділу регуляції.

З даних, представлених у таблиці 1, у волейболісток у підготовчому періоді видно, що позитивний взаємозв'язок визначено між показниками, що характеризують парасимпатичну активність, тоді як у змагальному періоді виявлено позитивний взаємозв'язок між показниками, що відображають відносну активність симпатичного відділу регуляції.

Дані таблиці 1 показують, що у юнаків-футболістів у підготовчому періоді зростання рівня загальної фізичної працездатності відбувається з підвищенням активності нейрогуморальних відділів регуляції і відносної активності симпатичного відділу регуляції і зниженням відносної активності парасимпатичного відділу регуляції, у дівчат-футболісток – за рахунок параметрів, що характеризують найбільш ймовірний рівень серцевого ритму. У змагальному періоді у юнаків-футболістів підвищення рівня загальної фізичної працездатності відбувається за рахунок впливу показника, що характеризує найбільш ймовірний рівень серцевого ритму.

Аналіз даних у дівчат, що займаються баскетболом, у підготовчому періоді виявив позитивний кореляційний взаємозв'язок показників, що характеризують відносну активність парасимпатичного відділу регуляції з показниками загальної фізичної працездатності і негативний кореляційний взаємозв'язок між показниками загальної фізичної працездатності та показниками активності нейрогуморальних відділів регуляції і відносної активності симпатичного відділу регуляції, а також відношенням активності симпатичного до парасимпатичного відділів вегетативної регуляції.

У змагальному періоді зниження зростання рівня загальної фізичної працездатності відбувається за рахунок зниження активності нейрогуморальних відділів регуляції.

У процесі підвищення тренуваності посилюється взаємозв'язок між вегетативними і руховими функціями організму. У той же час відзначається висока індивідуальна варіабельність у показниках співвідношень вегетативного і рухового компонентів при специфічних видах циклічної роботи. Завдяки цим особливостям співвідношення зазначених систем може допомагати при прогнозуванні потенційних можливостей виконання фізичних вправ. Специфічні форми м'язової діяльності покращують співвідношення вегетативної і рухової функцій у відповідних

видах спорту, які піддаються в ході занять систематичному тренуванню. Оптимізації співвідношення вегетативної і рухової систем сприяє раціонально організоване спортивне тренування. При оцінці ефективності тренувальних навантажень велику роль відіграють взаємовідносини між рівнем активності відповідного відділу вегетативної нервової системи і загальною фізичною працездатністю організму студентів, які займаються відповідним видом спортивних ігор. При періодичних обстеженнях у першу чергу необхідно звертати увагу на приріст індивідуальних показників варіабельності серцевого ритму і загальної фізичної працездатності, у другу – на відповідність груповим нормам у різних видах спорту.

Таблиця 1

Спрямованість значущих коефіцієнтів кореляції показників варіабельності серцевого ритму і загальної фізичної працездатності на етапах річного тренувального циклу представників ігрових видів спорту

Гандбол		
Підготовчий період		
	Позитивний взаємозв'язок	Оберненопропорційний взаємозв'язок
Юнаки, n = 11	LH/HF/W/кг, МПК/кг	HF/W/кг, МПК/кг
Дівчата, n = 9	Mo/A, W, PWC170, МПК	AMo/ A, W, PWC170, МПК
	SDNN/ A, W, PWC170, МПК	SI/ A, W, PWC170, МПК
Змагальний період		
Дівчата, n = 17	LF/ A, W, PWC170, МПК	—
Волейбол		
Підготовчий період		
Дівчата, n = 11	Mo/A, W, W/кг, PWC170, МПК, МПК/кг	SI/ W/кг
	dX/ A, W, PWC170, МПК, МПК/кг	VLF/ W/кг, МПК/кг
	—	ЧСС/ A, W, W/кг, PWC170, МПК, МПК/кг
Змагальний період		
Дівчата, n = 6	AMo/A, W/кг	dX/ W/кг
	SI/A,	W/кг SDNN/ W/кг, МПК/кг
	VLF/A, PWC170, МПК	—
Футбол		
Підготовчий період		
Юнаки, n = 21	VLF/ W/кг	HF/W/кг, МПК/кг
	LF/ W/кг	SDNN/ W/кг, МПК/кг
Дівчата, n = 5	Mo/ W/кг, МПК/кг	ЧСС/ W/кг, МПК/кг
Змагальний період		
Юнаки, n = 21	dX/PWC170	—
Баскетбол		
Змагальний період		
Дівчата, n = 10	HF/A, W	LF/ W, W/кг
	—	VLF/ A, W, PWC170
	—	LF/HF/W
Змагальний період		
Дівчата, n = 10	Mo/ PWC170, МПК	VLF/ A, W

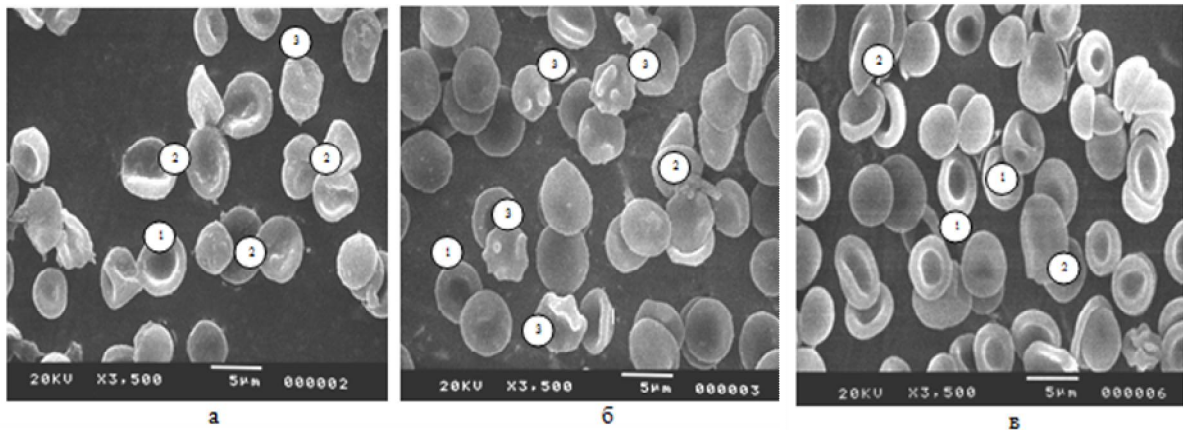
Дослідження еритроцитарної ланки гемостазу показало, що після фізичного навантаження у студентів-волейболістів відбувається статистично значиме збільшення гематокриту і рівня гемоглобіну ( $P < 0,05$ ). Однак у групі студентів-баскетболістів (як дівчат, так і юнаків), збільшення гематокриту і рівня гемоглобіну відбувається на фоні підвищення числа

еритроцитів в силу розвитку гемоконцентрації. При цьому велоергометричне навантаження у студентів-гандболістів і футболістів викликає збільшення тільки абсолютної кількості еритроцитів (в середньому на  $15,3 \pm 1,25\%$ ,  $P < 0,05$ ).

На відміну від студентів-гандболістів у студентів-волейболістів (рис. 1 а) виявляються багато

зворотно і незворотно змінених форм еритроцитів (рис. 1 б), тоді як у студентів-футболістів еритроцити

після фізичного навантаження залишаються майже без змін (рис. 1 в).



**Рис. 1. Структурна перебудова еритроцитів периферичної крові студентів-гандболістів (а), волейболістів (б) і футболістів (в) після одноразового максимального фізичного навантаження. Позначення: 1 – нормальні форми еритроцитів, 2 – зворотно змінени форми еритроцитів, 3 – незворотно змінени форми еритроцитів. Метод: скануюча електронна мікроскопія. Зб.: x 3500**

**Обговорення результатів.** Для виявлення поєднаних реакцій ССС та Ер застосовані нами методи структурно-функціонального дослідження ЕПК та автоматизованого аналізу даних за методикою варіаційної пульсометрії в ритмокардіомоніторингу, які показали, що ступінь активності ВНС визначається за результатами контролю вегетативної регуляції систем організму і, зокрема, по реакції ССС та ЕПК [9, 25]. Тут найбільш доступним параметром, що відображає процеси регуляції, є ритм серцевих скорочень, динамічні характеристики якого дозволяють оцінити симпатичні і парасимпатичні зрушення при зміні стану студентів з різним рівнем готовності до  $ФН_{max}$  [26].

Ритм серцевих скорочень є тим фізіологічним процесом, який доступний для реєстрації і таким, що відображає процеси вегетативної регуляції ССС [7, 9, 12]. При цьому ЧСС є опосередкованою характеристикою, що відображає результат регуляції на різних рівнях управління ФСО [8].

Одному і тому ж значенню ЧСС можуть відповідати неоднакові комбінації активності ланок ВНС, що забезпечують вегетативний гомеостаз [6].

Зниження тону парасимпатичного відділу ВНС може супроводжуватися зменшенням активності симпатичного відділу, при цьому середня ЧСС залишається постійною, що не відображає зміни стану вегетативної регуляції в організмі [1, 11]. Зміни показників ЧСС при стресі настають раніше, ніж з'являються гормональні та біохімічні зрушення, тому що реакція нервової системи зазвичай випереджає дію гуморальних факторів. Це дозволяє шляхом вивчення показників активності ВНС своєчасно виявити особливості стресової реакції, в тому числі і на ЕПК при фізичному навантаженні [16]. Методика кардіоінтервалометрії є одним із сучасних методів діагностики стану не тільки міокарда, але й організму в цілому [26]. Її можна з успіхом використовувати для характеристики стану серця, його регулюючих механізмів, для оцінки адаптивних можливостей організму як при відборі для певних видів спорту, так і

в контролі життєзабезпечувальних процесів в тренувальний і змагальний періоди спортивної діяльності [12].

Проведені раніше дослідження показали [14, 28], що в кінці навчального року студенти, які займаються спортом, мають низький рівень функціонального стану організму, що вимагає більш пильної уваги вчених різних спеціалізацій до їх фізичного стану.

Фізичне навантаження різного рівня інтенсивності відіграє важливу роль у формуванні загальної витривалості організму, яка особливо необхідна при проведенні різного роду змагань і тренувань, а також для діяльності у повсякденному житті студентів-спортсменів [21]. Вона відображає загальний рівень фізичної працездатності організму людини. Будучи багатфункціональною властивістю людського організму, витривалість інтегрує у собі велику кількість процесів, що відбуваються на різних рівнях: від клітинного і до цілісного організму [10].

Однак, як показують результати сучасних наукових досліджень, у переважній більшості випадків провідна роль у дослідженнях витривалості належить встановленню факторів, які сприяють активізації енергетичного обміну і вегетативних систем його забезпечення – кардіо-респіраторної і центральної нервової системи. При цьому залишаються поза увагою дослідження клітинних реакцій при фізичному навантаженні, зокрема еритроцитів периферичної крові [19, 20].

Вони в даному випадку служать зручним об'єктом для такого роду досліджень, оскільки вони беруть участь у процесах, пов'язаних з підтриманням гомеостазу на рівні цілого організму [34, 39, 40]. Ці клітини, крім властивої для них специфічної газотранспортної функції, мають здатність брати участь у регуляції кислотно-лужного стану, водно-електролітного балансу, мікрореологічного статусу крові, в імунних реакціях, зв'язуванні і перенесенні амінокислот, ліпідів і токсинів, які у великій кількості

утворюються при інтенсивному фізичному навантаженні, що представляє безпосередній інтерес при регуляції фізичного стану організму студентів [17, 27, 28].

#### Висновки:

1. Метод варіабельності серцевого ритму адекватно описує індивідуальні реакції спортсменів на фізичне навантаження. У юнаків спостерігається прямий і оберненопропорційний кореляційний взаємозв'язок показників варіабельності серцевого ритму, що характеризують частотний або спектральний спектр впливу на серцевий контур з параметрами потужності і максимальним споживанням кисню.

2. У юнаків ігрових видів спорту спостерігається зниження вагусної активності (HF). Ця компонента асоціюється також з респіраторною синусовою аритмією. Також відзначається посилення активності нейрогуморальних відділів регуляції (метаболічні, гормональні, ерготропних функції).

3. Аналіз отриманих результатів у дівчат виявив прямий і оберненопропорційний кореляційний взаємозв'язок показників варіабельності серцевого ритму (характеризують як частотний або спектральний аналіз, так і тимчасові параметри варіабельності серцевого ритму) з параметрами роботи, потужності, МПК і PWC<sub>170</sub>. У дівчат ігрових видів спорту в основному спостерігається домінування парасимпатичної активності і зниження активності нейрогуморальних відділів регуляції серцевого контуру, що тісно корелює з рівнем загальної фізичної працездатності.

4. У процесі адаптації до максимального фізичного навантаження у студентів, які займаються різними ігровими видами спорту спостерігається різко асиметричний реверс показників між симпатичною і парасимпатичною регуляцією кровообігу в ході виконання ФН<sub>max</sub>, при цьому в роботу активно включається периферична ланка регуляції кровообігу, яка проявляється появою зворотно і незворотно змінених форм еритроцитів периферичної крові.

5. Реагування системи кровообігу у студентів представників різних видів спорту на максимальне фізичне навантаження проявляється гендерними відмінностями вегетативної регуляції кровообігу, коли в юнаків спостерігаються більш високі показники симпатичного контуру на фоні більш низьких показників парасимпатичного рівня впливу, що обумовлює симетричний реверс цих показників до і після фізичного навантаження при наявності підвищеної кількості зворотно змінених форм еритроцитів периферичної крові.

#### References:

1. Baevskij RM. Theoretical substantiation of modern approaches to assessment of cardio-vascular system's adaptation reactions. Moscow: Medicine; 2009. (in Russian)
2. Wojchenko KIu. Study of sportswomen's functional state with the help of new methodic approaches. Slobozhanskij naukovо-sportivnij visnik, 2014; 2:38-41. (in Russian)
3. Bosenco AI, Samokih II, Strashko SV, Orlik NA, Petrovsky EP. Evaluation of junior courses students' level of mobilization of functional backlogs at the
4. Getmancev S, Bogush V, Iacunskij O. Indicators of sportsmen's functional state in game kinds of sports. Sportivnij visnik Pridniprovja. 2010; 3:50-54. (in Ukrainian)
5. Dovganik MS, Chichkan OA, Strel'chenko VV, Iavors'kij OG. Changes in cardio-vascular systems of men and women during long term health related run practicing. Slobozhanskij naukovо-sportivnij visnik. 2014; 2:76-79. (in Ukrainian)
6. Zapovitriana EB, Korobeynikov GV, Korobeinikova LG. Peculiarities of vegetative regulation of heart rate in wrestlers of different age groups. Pedagogics, psychology, medical-biological problems of physical training and sports, 2015; 19(4):22-26. doi:10.15561/18189172.2015.0404
7. Korkushko OV. Methods of analysis and age standards of heart beats rate variability. Kiev; 2008. (in Russian)
8. Mikhajlov VM. Testing load under ECG control. Ivanovo; 2005. (in Russian)
9. Mickan BM, Popel SL, Mickan MA. Methods of physical condition, physical fitness and somatic health of schoolchildren's research. Ivano-Frankivsk; 2000. (in Ukrainian)
10. Romanenko VA. Diagnostic of human organism's functional abilities. Donetsk: Donetsk National University; 2005. (in Russian)
11. Serdyuk IV. Results of study of indexes of arteriotony for students. Pedagogics, psychology, medical-biological problems of physical training and sports, 2012; 1:105-108.
12. Cekhistro LM. Adaptation of cardio-vascular system to physical loads in elite sportsmen of cyclic kinds of sports. Slobozhanskij naukovо-sportivnij visnik, 2013; 5:266-270. (in Ukrainian)
13. Abdelha MAK, Abdelmotta S. Biochemical Changes of Hemoglobin and Osmotic Fragility of Red Blood Cells in High Fat Diet Rabbits. Pakistan Journal of Biological Sciences. 2010; 13(2):73-77. doi:10.3923/pjbs.2010.73.77
14. Barker D, Wallhead T, Quennerstedt M. Student learning through interaction in physical education. European Physical Education Review. 2016; 4:1-6. doi:10.1177/1356336x16640235
15. Ebner A, Schillers H, Hinterdorfer P. Normal and pathological erythrocytes studied by atomic force microscopy. Methods mol. biol. 2011; 736:223-241.
16. Fuks AI, Elderer J, Ellemunter H. Cardiology clearance index: Normal values, repeatability, and reproducibility in Cardiology system-healthy children. Pediatric Cardiology. 2010; 43(12):1180-1185.
17. Holcik M. Do mature red blood cells die by apoptosis? Trends in Genetics. 2001; 18(3):121-126. doi:10.1016/s0168-9525(02)02652-5
18. Ignateva SN, Kubasov RV. Metabolic adaptation resources of organism to studying at medical university students in european north. Annals of the Russian Academy of Medical Sciences. 2014; 69:11-12. doi:10.15690/vramn.v69i11-12.1188

19. Jastrzębski Z, Zychowska M, Jastrzębska M, Prusik K, Prusik K, Kortas J et al. Changes in blood morphology and chosen biochemical parameters in ultra-marathon runners during a 100-km run in relation to the age and speed of runners. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*. 2015; 29(5):801-814. doi:10.13075/ijomeh.1896.00610
20. Jensen FB. The dual roles of red blood cells in tissue oxygen delivery: oxygen carriers and regulators of local blood flow. *Journal of Experimental Biology*. 2009; 212(21):3387-3393. doi:10.1242/jeb.023697
21. Kang M. Should the physical educator be held accountable for student physical activity levels beyond physical education?. *Physical Education, Recreation & Dance*. 2016; 87(6):55-56. doi:10.1080/07303084.2016.1192930
22. Kortas J, Kuchta A, Prusik K, Prusik K, Ziemann E, Labudda S, et al. Nordic walking training attenuation of oxidative stress in association with a drop in body iron stores in elderly women. *Biogerontology* 2017. P.1-8. doi:10.1007/s10522-017-9681-0
23. Kortas J, Prusik K, Flis D, Prusik K, Ziemann E, Leaver N, et al. Re: Possible effect of decreased insulin resistance on ferritin levels after Nordic Walking training. *Clinical Interventions in Aging*, 2016; 11:150-151.
24. Kortas J, Prusik K, Flis D, Prusik K, Ziemann E, Leaver N. Effect of nordic walking training on iron metabolism in elderly women. *Clinical Interventions in Aging*, 2015; 10:1889-1896.
25. Lambert MI. *General Adaptations-Exercise: Acute Versus Chronic and Strength Versus Endurance Training*. Exercise and Human Reproduction. London: Heidelberg Dordrecht; 2016.
26. Lorente-Catalan E, Kirk D. Student teachers understanding and application of assessment for learning during a physical education teacher education course. *European Physical Education Review*. 2015; 22(1):65-81. doi:10.1177/1356336x15590352
27. Mairbäurl H. Red blood cells in sports: effects of exercise and training on oxygen supply by red blood cells. *Frontiers in Physiology*, 2013; 4:34-36. doi:10.3389/fphys.2013.00332
28. Mikhaylova LA. Central hemodynamics indices in senior pupils with increased educational and motive loading. *Siberian Medical Review*. 2013; 3:55-58. doi:10.20333/25000136-2013-3-55-58

УДК 611.839.6+796.31/32

#### **АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВАРИАбельНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА И ОБЩЕЙ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНО- СТИ В ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ИГРОВЫХ ВИДОВ СПОРТА**

Н.И. Барила<sup>1</sup>, Т.Р. Масляк<sup>2</sup>, П.М. Жидан<sup>3</sup>,  
Г.Д. Маркив<sup>4</sup>, Р.И. Файчак<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Ивано-Франковский национальный медицинский университет, кафедра внутренней медицины № 2 и медсестринства, г. Ивано-Франковск, Украина  
ORCID ID: 0000-0002-7744-2427,  
e-mail: nadiya27@i.ua

<sup>2</sup>Центральная городская клиническая больница № 1, главный врач, г. Ивано-Франковск, Украина,  
ORCID ID: 0000-0001-6537-9646,  
e-mail: info@cmkl.if.ua

<sup>3</sup>Центральная городская клиническая больница № 1, заведующий консультативной поликлиникой, г. Ивано-Франковск, Украина,  
ORCID ID: 0000-0003-0625-3577,  
e-mail: pavlogsm@gmail.com

<sup>4</sup>Центральная городская клиническая больница № 1, заведующий лабораторией клиничко-лабораторных исследований, г. Ивано-Франковск, Украина,  
ORCID ID: 0000-0003-3853-3008,  
e-mail: lab\_cmkl@i.ua

<sup>5</sup>Прикарпатский национальный университет имени Василия Стефаника, заведующий кафедрой физического воспитания, г. Ивано-Франковск, Украина,  
ORCID ID: 0000-0001-9082-1213,  
e-mail: romfay@meta.ua

**Резюме. Цель работы:** изучить взаимосвязь параметров вегетативной нервной системы спортсменов по данным variability сердечного ритма с показателями общей физической работоспособности в зависимости от специализации и пола.

**Материалы и методы исследования.** В исследовании приняли участие 60 юношей и девушек 18-20 лет, члены команд по волейболу, гандболу, баскетболу. Для исследования параметров ВСР использовали программно-технический комплекс «CardioLab+» ПО ХАИ (Харьков, Украина). Регистровали 5-мин ЭКГ в состоянии покоя через 5-10 минут после выполнения велоэргометрической пробы с ступенчато возрастающей нагрузкой при начальной мощности 125 Вт, длительностью каждой ступени 2 минуты и инкрементом мощностью 25 Вт. Методом вариационной пульсометрии исследовали гистограмму распределения кардиоинтервалов и определяли ее основные характеристики с вычислением индекса напряжения регуляторных систем. Спектральные методы анализа ВСР позволили количественно оценить различные частотные составляющие колебаний ритма сердца. Забор материала эритроцитов проводили непосредственно к физической нагрузке и через 1-3 мин. восстановительного периода. Морфологические исследования эритроцитов проводили в сканирующем электронном микроскопе.

**Результаты исследования.** Данные исследования показали прямую и обратно-пропорциональную взаимосвязь параметров вегетативной нервной регуляции по данным variability сердечного ритма спортсменов в зависимости от специализации и пола. Показатели variability сердечного ритма являются информативным методом для объективной оценки адаптационных ресурсов кардиореспираторной системы.

**Выводы.** При занятиях игровыми видами спорта у юношей и девушек наблюдается прямая и обратнопропорциональная корреляционная взаимосвязь между показателями вариабельности ритма и параметрами, характеризующими физическую работоспособность.

**Ключевые слова:** вариабельность сердечного ритма, физическая работоспособность, корреляционная взаимосвязь, студенты.

UDC 611.839.6+796.31/32

## HEART RATE VARIABILITY AND GENERAL PHYSICAL WORK CAPACITY RELATION ANALYSIS IN REPRESENTATIVES OF SPORTS

N.I. Baryla<sup>1</sup>, T.R. Masliak<sup>2</sup>, P.M. Zhidan<sup>3</sup>,  
G.D. Markiv<sup>4</sup>, R.I. Faichak<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Ivano-Frankivsk National Medical University, assistant of internal medicine № 2 and Nursing, Ivano-Frankivsk, Ukraine,

ORCID ID: 0000-0002-7744-2427,  
e-mail: nadiya27@i.ua

<sup>2</sup>Central City Hospital, Chief Physician, Ivano-Frankivsk, Ukraine, ORCID ID: 0000-0001-6537-9646,  
e-mail: info@cmkl.if.ua

<sup>3</sup>Central City Hospital, Head of the Consultative Clinic, Ivano-Frankivsk, Ukraine,  
ORCID ID: 0000-0003-0625-3577,  
e-mail: pavlogsm@gmail.com

<sup>4</sup>Central City Hospital, head of the Laboratory of Clinical and Laboratory Studies,  
ORCID ID: 0000-0003-3853-3008,  
e-mail: lab\_cmkl@i.ua

<sup>5</sup>Vasyl Stefanyk Precarpathian National University, Head of the Department of Physical Education, Ivano-Frankivsk, Ukraine,  
ORCID ID: 0000-0001-9082-1213,  
e-mail: romfay@meta.ua

**Abstract.** The purpose of the work is to study the relation between the parameters of the autonomic nervous system of athletes according to heart rate variability with indicators of overall physical performance, depending on specialization and gender.

**Materials and methods research.** The study involved 60 boys and girls aged 18-20 years, who are members of teams in volleyball, handball and basketball. CardioLab + software complex at KhAI (Kharkiv, Ukraine) was used to study HRV parameters. Recorded

5-min ECG at rest 5-10 minutes after performing a bicycle ergometric test with a step-by-step load at an initial power of 125 watts, the duration of each degree of 2 minutes and an increment of power of 25 watts. The histogram of cardio intervals distribution was investigated by the method of variational pulsometry and its main characteristics were determined with the calculation of the voltage index of the regulatory systems. Spectral methods of HRV analysis made it possible to quantify different frequency components of heart rhythm oscillations and graphically represent the ratios of different components of heart rhythm, reflecting the activity of certain units of the regulatory mechanism. To study the biochemical properties of erythrocytes, the material was taken directly to exercise and after 1-3 minutes of the recovery period. Erythrocyte morphological studies were performed in a scanning electron microscope by the conventional method.

**Results.** The data presented in the study showed a direct and inversely proportional relation between the parameters of autonomic nerve regulation according to the heart rate variability of athletes specializing in game sports with indicators of overall physical performance, depending on specialization and gender. It is shown that heart rate variability indicators are an informative method for the objective evaluation of the adaptive resources of the cardiorespiratory system, which can detect the response of the autonomic and central nervous system to exercise training loads.

**Conclusion.** In sport games, boys and girls have a direct and inversely correlated relation between the heart rate variability indicators that characterize the frequency or spectral spectrum of influence on the cardiac circuit and the parameters that characterize the overall physical performance. The heart rate variability method adequately describes the athletes' individual responses to exercise. The young men have a direct and inversely correlated correlation of heart rate variability indicators that characterize the frequency or spectral spectrum of influence on the cardiac circuit with power parameters and maximum oxygen consumption. Response of the circulatory system in students of representatives of different sports to the maximum physical activity is manifested by gender differences in the autonomic regulation of blood circulation, when the boys have higher indicators of sympathetic contour against the background of lower parasympathetic levels of influence, which causes these symptoms to become symmetric to the presence of an increased number of reversed forms of peripheral blood erythrocytes.

**Keywords:** heart rate variability, physical performance, correlation, students.

Стаття надійшла в редакцію 10.11.2019 р.