



<https://doi.org/10.28925/2664-2069.2023.210>

УДК: 612.017.2+612.172

АДАПТАЦІЯ ДО НАПРУЖЕНОЇ М'ЯЗОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСОБЛИВОСТІ ВЕГЕТАТИВНОЇ РЕГУЛЯЦІЇ ВАРІАБЕЛЬНОСТІ СЕРЦЕВОГО РИТМУ СПОРТСМЕНІВ (ІІ ПОВІДОМЛЕННЯ)

Лисенко Олена^{1,2(ABCDEF)}, Федорчук Світлана^{2(BCD)},
Колосова Олена^{2(BCD)}, Тимошенко Олександр^{1(F)}

¹ Київський університет імені Бориса Грінченка, м. Київ, Україна

² Національний університет фізичного виховання і спорту України,
м. Київ, Україна

Внесок автора:

А – концепція та дизайн дослідження; В – збір даних;
С – аналіз та інтерпретація даних; D – написання статті;
Е – редагування статті; F – остаточне затвердження статті

Анотація

Актуальність. Визначення механізмів регуляції діяльності серцево-судинної системи, як індикатора функціонального стану організму, від якої багато в чому залежить ефективність спортивної діяльності, залишається актуальною в оцінці шляхів адаптації організму спортсмена до різних фізичних навантажень.

Мета дослідження – вивчення особливостей прояву фізичної працездатності кваліфікованих спортсменів з різним типом вегетативної регуляції серцевого ритму за даними математичного аналізу особливостей варіабельності серцевого ритму.

Матеріал і методи. За участю 214 кваліфікованих спортсменів, які спеціалізувалися у веслуванні, баскетболі, гандболі, легкій атлетиці, хокеї, триатлоні, лижних гонках, біатлоні та інші види спорту. Методи аналізу особливостей варіабельності серцевого ритму, методи визначення фізичної працездатності кваліфікованих спортсменів і реакції кардіореспіраторної системи на тестові навантаження (ергоспірометричний комплекс «Охусон Про», тредміл LE-200 С), математико-статистичні методи.

Результати. При виконанні напружених фізичних навантажень вихідний тип вегетативної регуляції в багато в чому визначає ефективність компенсаторно-приспосувальних реакцій організму. Так, нормотонічний і помірно ваготонічний тип регуляції СР в стані відносного спокою був притаманний висококваліфікованим спортсменам з високим рівнем функціональної підготовленості. Нормотонічний та ваготонічний типи регуляції СР характеризують оптимальний функціональний стан організму спортсмена, високі функціональні можливості організму, що забезпечують збереження



вегетативного гомеостазу, оптимальним рівнем ефективністю регуляції і рівнем економічності функціонування, стійкою регуляцією. Симпатикотонічний тип регуляції СР ще притаманний задовільній адаптації до напружених фізичних навантажень та достатнім функціональним можливостям організму спортсмена.

Але вже відмічаються ознаки дисрегуляції в центральному контурі регуляції, знижений рівень ефективності регуляції СР, підвищений рівень напруження в регуляторних механізмах адаптації. На цьому фоні подібної регуляції СР може відмічатися погіршення функціонального стану спортсмена, з'являються об'єктивні ознаки втоми. Прогностично несприятливим для спортсменів у стані відносного спокою є виражений ваготонічний тип регуляції СР, а також різко виражений симпатикотонічний тип регуляції СР – характеризують знижені функціональні можливості організму, незадовільну адаптацію до напружених фізичних навантажень.

Висновки. Ваготонічний, нормотонічний та симпатикотонічний тип регуляції СР в стані відносного спокою дозволяють говорити про задовільну адаптацію організму людини до впливу різних факторів зовнішнього середовища. Незадовільну адаптацію організму людини до факторів зовнішнього середовища характеризує різко виражений ваготонічний та різко виражений симпатикотонічний типи регуляції СР в стані відносного спокою.

Ключові слова: адаптація, кваліфіковані спортсмени, варіабельність серцевого ритму, фізичні навантаження, кардіореспіраторна система.

ADAPTATION TO INTENSE MUSCULAR ACTIVITY AND PECULIARITIES OF AUTONOMIC REGULATION OF HEART RATE VARIABILITY IN ATHLETES (II MESSAGE)

Lysenko Olena^{1,2}, Fedorchuk Svitlana²,
Kolossova Olena², Tymoshenko Oleksander¹

¹*Borys Grinchenko Kyiv University, Kyiv, Ukraine*

²*National University of Ukraine on Physical Education and Sport, Kyiv, Ukraine*

Abstract

Introduction. Determining the mechanisms of regulation of the cardiovascular system as an indicator of the functional state of the body, on which the effectiveness of sports activity largely depends, remains relevant in assessing the ways of adaptation of the athlete's body to various physical activities.

The purpose of the study is to investigate the peculiarities of physical performance of qualified athletes with different types of autonomic regulation of heart rate based on the mathematical analysis of heart rate variability.

Material and methods. The study involved 214 skilled athletes specialising in rowing, basketball, handball, athletics, hockey, triathlon, cross-country skiing, biathlon and other sports. Methods of analysis of heart rate variability features, methods of



determining physical performance of qualified athletes and the reaction of the cardiorespiratory system to test loads (ergospirometric complex "Oxycon Pro", treadmill LE-200 C), mathematical and statistical methods.

Results. When performing strenuous physical activity, the initial type of autonomic regulation largely determines the effectiveness of compensatory and adaptive reactions of the organism. Thus, the normotonic and moderately vagotonic type of regulation of the HR in a state of relative rest was inherent in highly skilled athletes with a high level of functional fitness. Normotonic and vagotonic types of HR regulation characterise the optimal functional state of a sportsman's organism, high functional capabilities of the organism, which ensure the preservation of vegetative homeostasis, the optimal level of regulation efficiency and the level of functioning economy, and stable regulation. The sympathicotonic type of HR regulation is also inherent in satisfactory adaptation to strenuous physical activity and sufficient functional capabilities of the sportsman's organism.

However, there are already signs of dysregulation in the central regulatory circuit, a reduced level of efficiency of HR regulation, an increased level of tension in the regulatory mechanisms of adaptation. Against this background of such regulation of HR, a deterioration of the functional state of a sportsman can be noted, objective signs of fatigue appear. Prognostically unfavourable for athletes in a state of relative rest is a pronounced vagotonic type of SR regulation, as well as a sharply expressed sympathicotonic type of SR regulation - characterising reduced functional capabilities of the organism, unsatisfactory adaptation to strenuous physical activity.

Conclusions. The vagotonic, normotonic and sympathicotonic types of HR regulation in a state of relative rest allow us to speak about the satisfactory adaptation of the human body to the influence of various environmental factors. The unsatisfactory adaptation of the human body to environmental factors is characterised by a pronounced vagotonic and pronounced sympathicotonic types of HR regulation in a state of relative rest.

Key words: adaptation, skilled sportsmen, heart rate variability, physical activity, cardiorespiratory system.

Вступ

Підтримка достатніх адаптаційних можливостей організму, тобто, забезпечення здоров'я, знаходиться у прямій залежності від функціональних резервів організму, від його здатності мобілізувати ці резерви для підтримки та збереження гомеостазу в умовах навколишнього середовища.

Дослідження особливостей вихідного функціонального стану

людини, що детермінують стійкість функціональних систем до прогресуючого стомлення і визначають прогноз утримання ефективних рівнів функціонування при виконанні напружених фізичних навантажень, є необхідним етапом, що дозволяє планувати і цілеспрямовано здійснювати заходи попереджуючої і поточної корекції функціонального стану організму.

Диференціювання вихідних критеріїв індивідуальної стійкості

організму до прогресуючого стомлення робить можливим виявлення осіб з низькою резистентністю до несприятливих умов і, отже, багато в чому зумовлює успішність людини за умов екстремальної діяльності.

На рис. 1 наведено узагальнену схему оцінки адаптації, а також основні фактори, які необхідно враховувати для правильного розуміння процесу формування адаптаційних реакцій організму в умовах спортивної діяльності та як результат – формування певного рівня тренуваності спортсмена, його спортивного результату [3, 20].

У більшості досліджень аналізується характер подразників, що впливають на організм спортсмена і результат адаптації, що склався (см. рис. 1 — Блок А и Блок В, відповідно).

При цьому характер адаптації організму кваліфікованих спортсменів до напруженої м'язової діяльності значною мірою зводиться до вивчення проявів фізичної працездатності, оцінки ступеня мобілізації аеробних і анаеробних сторін енергозабезпечення [3, 6, 20].

Додатково оцінюються і межі рівнів функціонування (граничні можливості) систем, що лімітують певний вид спортивної діяльності [5, 6, 20].

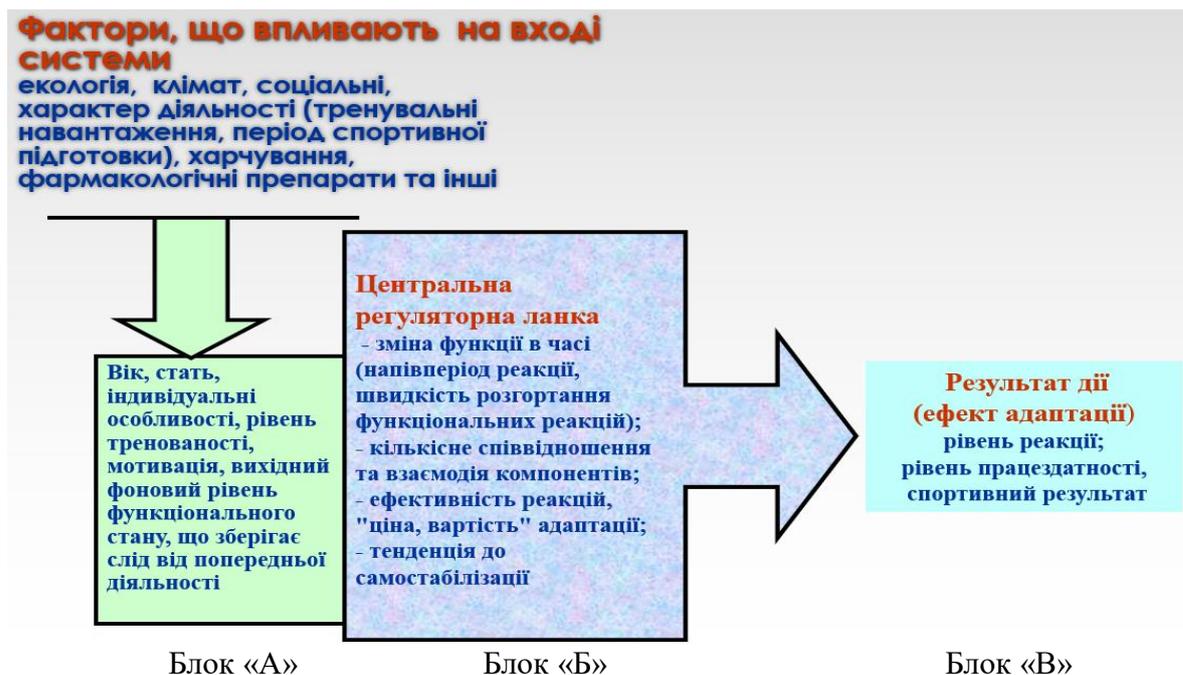


Рисунок 1. Загальна схема факторів, що впливають на формування результату адаптації організму спортсмена у процесі спортивної підготовки

Останнім часом все більш чітко починає визначатися інший важливий напрямок досліджень адаптації, що ґрунтується на аналізі регуляторних механізмів адаптації провідних для виду діяльності функціональних систем організму (див. рис.1, Блок Б)

і є найбільш перспективним дослідницьким підходом для розуміння сутності фізіологічних пристосувань, що лежать в основі оптимізації процесу довготривалої адаптації при багаторічних заняттях спортом [3, 4, 19, 20].



Системоутворюючим фактором при цьому є пристосувальний корисний результат – високоефективне, стійке та економне енергозабезпечення роботи, що найбільше впливає на кінцевий спортивний результат [20].

З таких позицій фізіологічна сутність адаптації розуміється як досягнення такого рівня функціонального стану організму, що характеризується удосконаленням механізмів регуляції, збільшенням фізіологічних резервів та готовності до їх мобілізації. [3, 5, 20].

Стан фізіологічної норми характеризується задовільною адаптацією до дії чинників зовнішнього середовища, наявністю достатніх функціональних можливостей організму, а також підтримкою гомеостазу при мінімальному напруженні регуляторних систем.

Чим нижчі функціональні резерви організму, тим вищим має бути рівень напруження регуляторних систем для того, щоб забезпечити необхідний рівень функціонування основних життєво важливих систем організму.

На рисунку 2 представлені узагальнені чинники, які сприяють досягненню спортсменом високого індивідуального рівня фізичної працездатності, а також чинники, що обмежують прояви фізичної працездатності.

Звісно, що стабільність функціонування організму як функціональної системи (див. рис. 2. А) перш за все буде залежати від якості механізмів регулювання функціональних та енергетичних резервів організму. А саме від

оптимального співвідношення центральної нейро-гормонально-гуморальної регуляції та автономних контурів регуляції (саморегуляції) на системному, органному, клітинному та субклітинному рівнях організму людини.

Це буде сприяти збільшенню робочого діапазону функціонування систем організму і досягнення граничної потужності їх функціонування без зайвого напруження, а також збільшення швидкості кінетики обмінних процесів в поєднанні з підвищення економичності функціонування (енергетичної, біомеханічної).

Зайво напружений тренувальний процес, що не відповідає функціональним можливостям спортсмена буде приводити до збільшення напруженості центрального контуру регулювання, переадаптації процесів саморегуляції на системному, органному, клітинному та субклітинному рівнях (див. рис. 2. Б).

Це приводить до надмірної напруженості процесу адаптації, до нестабільності і ненадійності функціонування організму як функціональної системи і проявляється в зменшенні можливостей реалізації функціонального та енергетичного резервів організму спортсмена.

Зменшується робочий діапазон в якому можуть функціонувати системи організму без зайвого напруження поєднується з невисокою граничною потужністю їх функціонування. Зменшується швидкість кінетики обмінних процесів та рівень економичності функціонування.

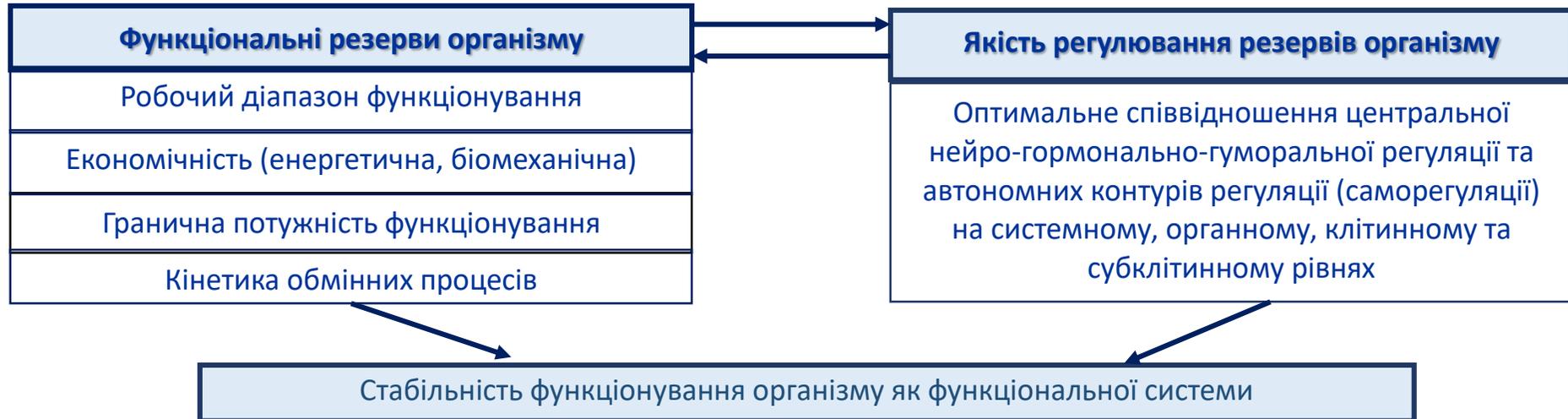
**А - Чинники, що визначають працездатність****Б - Чинники, що лімітують працездатність**

Рисунок 2. Чинники, що визначають працездатність чи лімітують фізичну працездатність при адаптації спортсменів до напруженої спортивної діяльності



Ефективність механізмів регуляції діяльності функціональних систем організму при адаптації до певного чинника і, зокрема, кардіореспіраторної системи до м'язової діяльності різного характеру, можна оцінити за рівнем напруження регуляторних механізмів [3, 7, 20].

Більше того, ступінь їхньої напруження може бути характеристикою "вартості" адаптації, тоді як новий рівень функціонування системи – це вже її результат.

Так, вивчення механізмів регуляції діяльності серцево-судинної системи, як індикатора функціонального стану організму, від якої багато в чому залежить ефективність спортивної діяльності, залишається актуальною в оцінці шляхів адаптації організму спортсмена до різних фізичних навантажень.

На сьогоднішній час все ще залишається актуальною оцінка та прогнозування індивідуальної адаптації організму спортсмена до різних за об'ємом та інтенсивністю тренувальних навантажень на підставі аналізу особливостей варіабельності серцевого ритму [2, 14, 18, 21].

Перший етап нашого дослідження (I повідомлення [4]) було присвячено вивченню залежності особливостей прояву фізичної працездатності кваліфікованих спортсменів і реакції кардіореспіраторної системи за умов фізичних навантажень різного характеру від особливостей вегетативної регуляції серцевого ритму в стані відносного спокою.

Визначено, що переважання в регуляції серцевого ритму активності

парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи (НС) сприяє досягненню спортсменами більшого рівня фізичної працездатності (по потужності роботи, W) як за умов виконання фізичної роботи при переважанні аеробних процесів в її енергозабезпеченні (від рівня аеробного порогу до анаеробного), так і за умов максимальної реалізації аеробних можливостей організму (при досягненні максимального рівня $\dot{V}O_2$).

Підвищена активність парасимпатичного відділу вегетативної НС при зниженій активності симпатичного відділу поєднується зі зниженим рівнем реакції по ЧСС, $\dot{V}O_2$, $\dot{V}CO_2$ та \dot{V}_E , що свідчить про економічність реакції КРС за умов фізичної роботи переважно аеробного характеру (малої і середньої потужності) [4, 19].

При збільшенні напруженості фізичної роботи (починаючи вже від порогу аеробного обміну) значення набуває дихальна компенсація наростаючого ступеня ацидозу - збільшення рівня $\dot{V}CO_2$ [2, 5, 10, 19, 20], що виражається в підвищенні рівня \dot{V}_E , $\dot{V}O_2$ та ЧСС, чому сприяє також підвищений рівень активності парасимпатичного відділу вегетативної НС і характеризує найбільш ефективну реакцію КРС за даних умов виконання фізичної роботи.

Вища активність парасимпатичного каналу регуляції СР сприяла формуванню і більш економічного паттерну дихальної реакції за рахунок більшого V_T і меншої f_T , що за умов фізичної роботи



дозволяла досягати більшого рівня \dot{V}_E і реалізації аеробного потенціалу спортсмена [4, 5, 12, 19, 20].

З підвищенням активності симпатичного каналу регуляції серцевого ритму, навпаки, відмічалось зниження економичності дихальної реакції. Так, необхідний робочий рівень \dot{V}_E формувався за рахунок меншої величини V_T при високому рівні f_T . Крім того, для формування більш економного паттерну дихальної реакції (за рахунок більшої величини V_T при меншій f_T) перш за все має значення більша потужність коливань в різних спектрах, як у високочастотному (HF), так і низькочастотному (LF, VLF).

Таким чином, задовільній адаптації до напружених м'язових навантажень сприяє висока активність парасимпатичного відділу ВНС з одночасним збільшенням активності підкоркових центрів та активності вазомоторного центру, що є результатом компенсаторного посилення активності вищих вегетативних центрів і нейрогуморальних механізмів у регуляції серцевого ритму (СР), спрямованих на підвищення судинного тонусу [2, 4, 16, 22, 24].

Використовуючи методику аналізу особливостей варіабельності СР ми зможемо визначити ті типи вегетативної регуляції фізіологічних функцій організму кваліфікованих спортсменів за різних умов спортивної діяльності, які будуть найбільш сприятливі для досягнення різного рівня фізичної працездатності.

В подальшому можливо визначити критерії оцінки адаптації

організму кваліфікованих спортсменів до фізичних навантажень тренувального процесу в динаміці спостереження. Це дозволить прогнозувати функціонального стану спортсменів та завчасно розпізнавати виникнення порушення функціонального стану та перенапруження у спортсменів.

Мета дослідження

Метою другого етапу дослідження (II повідомлення) було вивчення особливостей прояву фізичної працездатності кваліфікованих спортсменів з різним типом вегетативної регуляції серцевого ритму за даними математичного аналізу особливостей варіабельності серцевого ритму.

Матеріал і методи дослідження

Дослідження проводили на експериментальній базі Національного університету фізичного виховання і спорту України за участю 214 кваліфікованих спортсменів, які спеціалізувалися у веслуванні, баскетболі, гандболі, легкій атлетиці, хокеї, триатлоні, лижних гонках, біатлоні та інші види спорту.

Для аналізу вегетативної регуляції серцевої діяльності використовували математичні методи аналізу варіабельності серцевого ритму [1, 6, 15, 17, 18, 23]. Запис сигналу ("Cardiotest", ДХ-системи, Харків) здійснювалася протягом п'яти хвилин в положенні лежачи після 5-хвилинного відпочинку і протягом 5 хвилин відновлювального періоду після виконання комплексу тестових фізичних навантажень.



Подальша обробка кардіоінтервалів дозволила провести аналіз гістограм та визначити ряд статистичних характеристик варіабельності СР: математичне очікування (M, c), моду (M_0, c), варіаційний розмах ($\Delta RR, c$), амплітуду моди ($AM_0, \%$), індекс напруження ($IN, \text{ум.од.}$) [1, 6, 15, 17, 23].

Аналіз та оцінка періодичних компонентів СР здійснювалася шляхом дослідження спектральних показників у трьох діапазонах [1, 6, 15, 17, 23]: HFav - дисперсія дихальних хвиль (спектральна потужність) з частотою 0,15 - 0,4 Гц, LFav - дисперсія повільних хвиль 1-го порядку (частота 0,04-0,15 Гц), VLFav - дисперсія повільних хвиль 2-го порядку (частота 0,003-0,04 Гц), а також TP - загальна дисперсія СР (частота 0,003-0,4 Гц).

Розраховувалася відносна частка дисперсії дихальних хвиль у відсотках від загальної дисперсії (HF%), відносна частка дисперсії повільних хвиль 1-го порядку (LF%) і 2-го порядку (VLF%), а також потужність у діапазоні високих (HF n, μ) і низьких частот (LF n, μ), що виражені в нормалізованих одиницях, індекс централізації (IC), відношення середніх значень низькочастотного і високочастотного компонента СР (LFav/HFav) [1, 6].

Вивчалися прояви працездатності спортсменів і реакція кардіореспіраторної системи (КРС) на максимальні фізичні навантаження, які використовувалися для визначення загальної фізичної працездатності і функціональних можливостей організму спортсменів [4, 5, 19, 20].

Тестові навантаження зі ступінчато зростаючою потужністю виконувалася до моменту вольової втоми на тредмілі LE-200 C (Німеччина).

Визначався максимальний рівень споживання O_2 (VO_{2max}) і "критична" потужність ($W_{кр}$) роботи.

Реакцію організму на тестові фізичні навантаження оцінювали за допомогою ергоспірометричного комплексу "Охусон Про" ("Jaeger", Німеччина).

Для визначення концентрації лактату в крові (HLa) у відновлювальному періоду проводився забір крові в капіляр з розігрітого пальця (ензіматичний метод, Dr. Lange-420, Німеччина).

Спортсмени були ознайомлені зі змістом тестів, процедур вимірів і давали згоду на їхні проведення.

При проведенні комплексних біологічних обстежень за участю спортсменів дотримувалися законодавства України про охорону здоров'я та Гельсінської декларації 2000 року директиви Європейського товариства 86/609 щодо участі людей в медико-біологічних дослідженнях.

Відповідно даних календарних диспансерних обстежень усі досліджувані були практично здорові.

Статистичне опрацювання експериментального матеріалу здійснювалося на персональному комп'ютері IBM PC "Pentium" за допомогою пакета стандартних комп'ютерних програм математичної статистики "Microsoft Excel", "Statistica-6".

Результати дослідження та їх обговорення

Адаптацію до фізичних навантажень слід розглядати як динамічний процес, спрямований на досягнення високого рівня тренуваності (спортивної форми), в основі якого лежить формування нової програми реагування перш за все провідних для діяльності систем організму.

Адаптивне врівноважування організму із середовищем та при фізичних навантаженнях відбувається за рахунок зростання напруження процесів регуляції.

Варіабельність біологічних параметрів, у тому числі варіабельність серцевого ритму – це філософська категорія, що характеризує життя як інформаційний процес, що відображає взаємодію регуляторних систем, що забезпечують гомеостаз і адаптацію організму в умовах навколишнього середовища.

Варіабельність біологічних сигналів відображає роботу механізмів регулювання цілісного організму, а не лише серця та судин.

Схему двоконтурного управління серцевим ритмом було вперше описано в 1966 році В.В.Паріним та Р.М.Баєвським [1, 2]. У цій схемі (рис. 3) робота центрального контуру регуляції в основному пов'язана зі змінами тонуусу симпатичного відділу вегетативної НС.

Робота автономного контуру (або контуру саморегуляції) в основному пов'язана зі змінами тонуусу парасимпатичного відділу вегетативної НС.

Різне співвідношення автономного і центрального контурів в регуляції варіабельності серцевого ритму дозволяє виділити різні типи регуляції СР: нормотонічний тип регуляції, ваготонічний і симпатикотонічний типи регуляції СР.

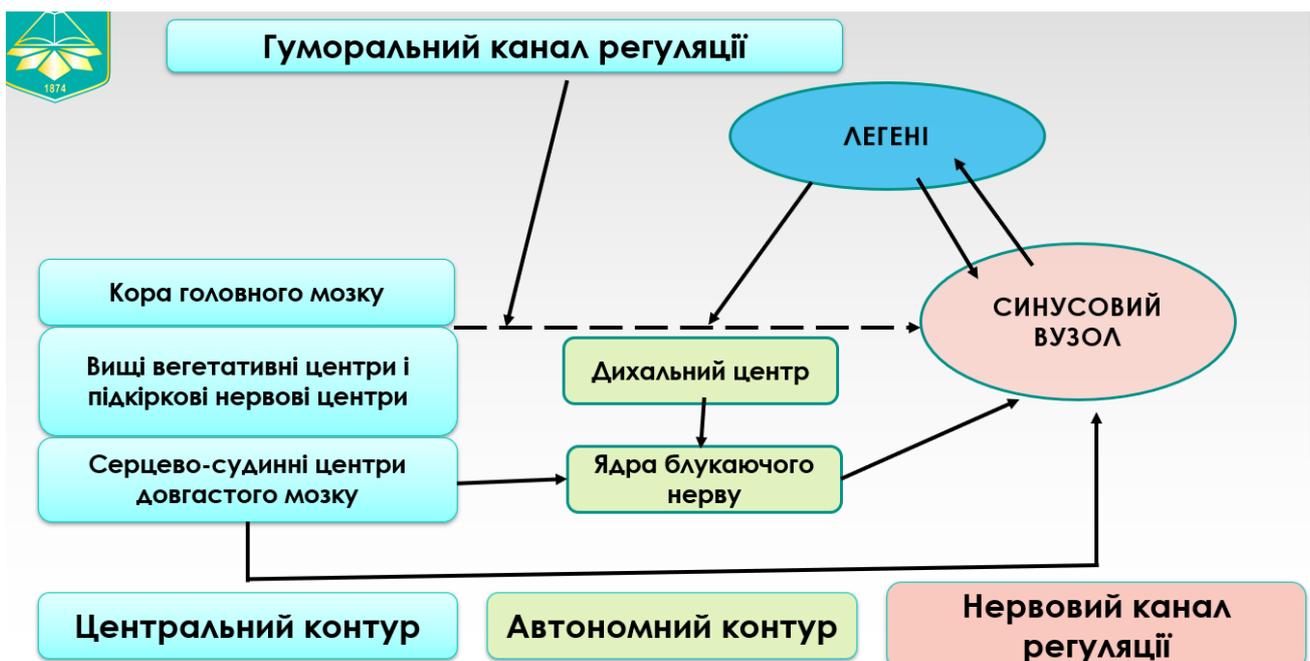


Рисунок 3. Схема двоконтурного управління серцевим ритмом (за В.В.Паріним, Р.М.Баєвським [1, 2])



На підставі статистичного аналізу варіаційних пульсограм у 214 кваліфікованих спортсменів були виділені різні типи вегетативної регуляції діяльності серцево-судинної системи (ССС) в стані відносного спокою.

В таблиці 1 представлено діапазон змін основних статистичних показників варіабельності СР, що характерні для конкретних типів вегетативної регуляції СР, що характеризують різне співвідношення активності парасимпатичного та симпатичного відділу вегетативної нервової системи в регуляції діяльності ССС, а також різний рівень напруження регуляторних механізмів адаптації.

Як видно з таблиці 1 ваготонічний, нормотонічний та симпатикотонічний тип регуляції СР в стані відносного спокою дозволяють говорити *про задовільну адаптацію організму* людини до впливу різних факторів зовнішнього середовища.

Незадовільну адаптацію організму людини до факторів зовнішнього середовища характеризує різко виражений ваготонічний та різко виражений симпатикотонічний типи регуляції СР в стані відносного спокою (табл. 1).

При аналізі результатів математичного аналізу варіабельності серцевого ритму перш за все звертає на себе увагу відмінність досліджуваних параметрів, що характеризують різний стан вегетативного гомеостазису і рівень загального напруження регуляторних механізмів адаптації у висококваліфікованих спортсменів у стані відносного спокою *при майже однакових величинах ЧСС*

(див. табл. 1).

Очевидно, ЧСС не відображає стану регуляторних систем, а є лише кінцевим підсумком регуляції і характеризує рівень функціонування систем, що склався в результаті діяльності механізмів регуляції СР [2, 3, 4, 6].

Для досягнення одного і того ж кінцевого результату кожен організм витрачає неоднакові зусилля, тобто платить різну "ціну", яка визначається ступенем активації симпатичного відділу вегетативної НС та підкоркових центрів.

Очевидна необхідність дослідження стану механізмів регуляції, визначення ступеня їх напруження для оцінки особливостей адаптації організму спортсменів до фізичних навантажень різного характеру [4, 7, 19, 20]. Це дозволить прогнозувати зміну функціональних можливостей спортсменів, що відіграє істотну роль для своєчасної індивідуальної корекції тренувального процесу.

Оптимальне співвідношення тону парасимпатичного і симпатичного відділу ВНС у регуляторних механізмах адаптації характеризує **нормотонічний тип** регуляції СР з варіаційним розмахом в межах 0,307-0,487 с і АМо 27,21-32,11%.

Оптимальне співвідношення відносної частки дисперсії дихальних (21,74-26,76%) і повільних (31,67-35,99%) хвиль в загальній дисперсії СР, а також інші характеристики спектрального аналізу серцевого ритму (табл. 2) свідчать про те, що досягнутий рівень функціонування фізіологічних систем (нормокардія ЧСС в межах 55,56-65,46 уд·хв⁻¹)



забезпечується при найбільш оптимальній активації центральних механізмів регуляції і рівні енерговитрат організмом (ІН 25,30-56,04 ум.од.), а оптимальне поєднання принципів централізації і автономності управління забезпечує максимальні адаптаційні можливості організму спортсменів при його взаємодії з навколишнім середовищем (табл. 3) – задовільна адаптація.

Нормотонічний тип регуляції СР характеризує оптимальний функціональний стан організму спортсмена, високі функціональні можливості організму, що забезпечують збереження вегетативного гомеостазу, оптимальним рівнем ефективністю регуляції і рівнем економічності функціонування, стійкою регуляцією (див. табл. 3).

Переважання впливу парасимпатичного відділу вегетативної НС в регуляції (ΔRR 0,501-0,586 с, CV 8,80-9,72%) на фоні деякої зниженої симпатичної активності (АМо 20,00-26,42%) відображає **ваготонічний тип регуляції СР**.

Значення RR-інтервалів знаходяться в діапазоні 0,805-1,374 с, що характеризує брадикардію і відповідає змінам ЧСС в межах 51,63-60,69 уд·хв⁻¹ (Мо 0,957-1,138 с).

Відповідно до уявлень про двоконтурну модель регуляції ритму серця [1, 2], така гістограма свідчить про переважання автономного контуру в регуляції і ослабленні центральних впливів, що є доцільним з точки зору економізації серцевої діяльності (ІН 14,99-25,06 ум.од).

За результатами спектрального аналізу СР (див. табл. 2) при

ваготонічному типі регуляції СР, в порівнянні з нормотонічним типом, характеризує найбільша загальна потужність серцевого ритму (ТР), що може свідчити про більшу участь вищих вегетативних центрів і нейрогуморальних механізмів в регуляції СР.

Крім того, при ваготонічному типі регуляції СР відзначається в 2,81 рази вище активність коливань СР як в діапазоні високих частот (HFav), так і в 1,37 рази в діапазоні низьких частот (LFav, VLFav).

Співвідношення потужностей низькочастотного і високочастотного діапазонів спектрів свідчать про високу активність парасимпатичного відділу ВНС з одночасним збільшенням активності підкоркових центрів та активності вазомоторного центру.

Подібне розцінюється деякими дослідниками як компенсаторне посилення активності вищих вегетативних центрів і нейрогуморальних механізмів у регуляції СР, спрямоване на підвищення судинного тону, що і підтверджується переважанням в 1,71 рази загальної дисперсії (ТР) серцевого ритму у спортсменів [1, 2].

Однак, при ваготонічному типі регуляції СР в стані відносного спокою відносна частка дисперсії дихальних хвиль (HF% 36,70-45,06) у загальній потужності СР достовірно вище відносної частки дисперсії повільних хвиль 1-го (LF% 23,73-31,69%) і 2-го (VLF% 29,05-33,39%) порядку.

Переважання високочастотних коливань, пов'язаних з диханням і є проявом активності автономного контуру регуляції СР та переважним



впливом на СР парасимпатичного відділу вегетативної НС [10], що підтверджується і співвідношенням потужностей низько- і високочастотних діапазонів спектрів, виражених в нормалізованих одиницях (див. табл. 2).

Таким чином, ваготонічний тип регуляції СР також притаманний задовільній адаптації організму спортсмена до напружених фізичних навантажень і характеризує оптимальний функціональний стан організму спортсмена, високі функціональні можливості організму, брадикардія.

При ваготонічному типі регуляції СР може спостерігатися помірне порушення автоматизму в наслідок переважання в регуляції парасимпатичного відділу вегетативної НС.

Високий рівень ефективності регуляції і рівень економичності функціонування, а також стійка регуляція СР (див. табл. 3).

В при виконанні напружених фізичних навантажень вихідний тип вегетативної регуляції в багато в чому визначає ефективність компенсаторно-приспосувальних реакцій організму.

Так, нормотонічний і помірно ваготонічний тип регуляції СР в стані відносного спокою був притаманний висококваліфікованим спортсменам з високим рівнем функціональної підготовленості.

У цих групах спортсменів були зареєстрований високий (щодо всіх спортсменів) рівень максимального споживання O_2 ($\dot{V}O_{2max}$ 70,37-80,91 $мл \cdot кг^{-1} \cdot хв^{-1}$), який поєднувався з найбільшим по загальній групі спортсменів рівнем загальної

фізичної працездатності ($\dot{W}_{кр}$ 6,01-7,14 $Вт \cdot кг^{-1}$), найбільшою ефективністю діяльності серцево-судинної системи ("O₂-пульс" 26,54-31,42 $мл \cdot уд^{-1}$) і метаболічних процесів ($\dot{W}_{кр} \cdot HLa^{-1}$ 38,01-45,13 $Вт \cdot ммоль^{-1} \cdot л^{-1}$) під час виконання напруженої фізичної роботи і меншою активністю анаеробних гліколітичних процесів (HLa 7,99-12,81 $ммоль \cdot л^{-1}$) в її енергозабезпеченні.

Слід зазначити, що у висококваліфікованих спортсменів, яких у стані відносного спокою відрізняє нормотонічний і помірно ваготонічний тип регуляції СР, індекс напруження на 15 хвилині відновлювального періоду після фізичних навантажень в більшості випадків змінювався в межах 268,26-559,28 ум.од., що свідчило про адекватні енерговитрати на підтримку досягнутого рівня функціонування ССС в умовах напруженої м'язової діяльності і про задовільну адаптацію організму спортсменів до тренувальних навантажень.

Збільшення потужності спектру в VLF-діапазоні відображає мобілізацію енергетичних і метаболічних резервів за умов функціональних впливів [15, 17, 23].

У деяких випадках прогностично несприятливим для спортсменів у стані відносного спокою є виражена брадикардія, що притаманна *вираженому ваготонічному типу* регуляції СР, який вказує на значне посилення процесу авторегуляції в поєднанні зі зниженням ролі центрального контуру в управлінні СР, який є джерелом коригуючих впливів на синусовий вузол через автономний



контур регуляції, що може привести до неузгодженості в системі “синусової вузол-вегетативна нервова система” – виражене порушення автоматизму [1, 2, 6, 24].

Характеризуючи стійкість регуляції СР можна говорити про дисрегуляцію з переважанням парасимпатичного відділу вегетативної НС, переважанням процесів гальмування в ЦНС.

Це свідчить про знижений рівень функціонування серцево-судинної системи, про наявність початкових ознак перетому, зниження функціональних можливостей організму, слідом за якими можуть з'явитися і патологічні зміни в організмі – незадовільна адаптація (див. табл. 3).

Так, у спортсменів з даним типом регуляції СР було зареєстровано різке збільшення загального рівня напруження в регуляції СР на 15-й хвилині відновлювального періоду, виражене посилення тону симпатичного відділу вегетативної НС: ΔRR знизився до 0,02-0,14 с, ІН збільшився до 791,69 ум.од. і більше.

Тому, виражений ваготонічний тип регуляції СР в стані відносного спокою вимагає більш пильного контролю динаміки досліджуваних показників серцевого ритму під впливом тренувального процесу і стандартних навантажень для виявлення ранніх порушень у регуляторних механізмах адаптації.

Це дозволить за допомогою своєчасної корекції тренувального режиму та відновлювальних заходів запобігти несприятливим зрушенням вегетативного гомеостазису та, як наслідок, запобігти появи явних ознак

незадовільної адаптації організму спортсменів до напружених фізичних навантажень.

Чітке переважання впливу адренергічних механізмів на синусовий вузол при одночасному зниженні активності вагусно-холінергічних механізмів регуляції і посилення централізації управління відмічається для **симпатикотонічного типу** регуляції СР, що відобразилось в зниженні варіаційного розмаху RR-інтервалів (ΔRR в межах 0,278-0,378 с, CV 5,05-6,37%), в збільшенні АМо 43,38-53,36% – помірна синусова аритмія.

Більша відносна активність коливань серцевого ритму (див. табл. 2) в області низьких частот (LF% 38,49-42,03%, VLF% 38,08-42,40%) і менша активність коливань серцевого ритму в області високих частот (HF% 18,45-21,03%) характеризує менш економний тип регуляції, що вимагає підвищених енергетичних витрат організмом (ІН змінюється в межах 64,85-90,34 ум.од.) на підтримку досягнутого рівня функціонування організму. ЧСС змінюється в межах 67,75-84,98 уд·хв⁻¹, що характерно для помірної тахікардії.

Симпатикотонічний тип регуляції СР ще притаманний задовільній адаптації до напружених фізичних навантажень та ще достатніми функціональними можливостями організму спортсмена.

Але вже відмічаються ознаки дисрегуляції в центральному контурі регуляції, знижений рівень ефективності регуляції СР, підвищений рівень напруження в регуляторних механізмах адаптації.

На цьому фоні подібної



регуляції СР може відмічатися погіршення функціонального стану спортсмена, з'являються об'єктивні ознаки втоми (див. табл. 3).

Спортсмени з симпатикотонічним типом регуляції СР в стані відносного спокою можуть досягати високих рівнів загальної та спеціальної фізичної працездатності, але при цьому демонструвати менш ефективний шлях енергозабезпечення, підвищений загальний рівень напруження в регуляторних механізмах адаптації (ІН у відновлювальному періоді змінюється в межах 679,04-1219,48 ум.од.).

У більшості випадків в даній групі спортсменів відзначається відносно інших спортсменів по команді середній рівень загальної фізичної працездатності ($W_{кр}$ в межах 4,46-5,49 Вт·кг⁻¹), який поєднується з середнім (щодо всіх спортсменів) рівнем максимального споживання O_2 (VO_{2max} 54,56-67,73 мл·кг⁻¹·хв⁻¹) і середнім рівнем ефективності метаболічних процесів під час виконання напруженої фізичної роботи.

При різко вираженому переважанні активності симпатичного відділу вегетативної НС в регуляції СР в стані відносного спокою значення RR-інтервалів знаходяться в межах 0,693-0,915 с з малим варіаційним розмахом (ΔRR в межах 0,04-0,19 с) і більшою амплітудою M_0 (AM_0 більше 55%).

Ці зміни відповідають високому рівню активності симпатико-адреналової системи, підвищеної синхронізації різних ланок центрального управління і свідчать про високий загальний рівень

напруження в центральних регуляторних механізмах адаптації.

Неекономний тип регуляції, що вимагає високого рівня енерговитрат організмом (ІН більшу 100 ум.од.) на підтримку досягнутого рівня функціонування (ЧСС більше 90 уд·хв⁻¹ – виражена тахікардія).

Це свідчить, що в синусовому вузлі функціонує мала кількість клітин, здатних забезпечувати лише занадто стабільний ригідний ритм, характерним для серця з недостатніми функціональними адаптаційними можливостями [1, 2].

Низькочастотні коливання, що змінюються під впливом як симпатичного, так і парасимпатичного відділу ВНС через механізми регуляції судинного тону, відображають рівень активності вазомоторного центру (LFav) [1] і середній рівень активності симпатичної ланки вегетативної регуляції (VLFav) [1].

Різко виражений симпатикотонічний тип регуляції СР характеризує стан перенапруження, знижені функціональні можливості організму, незадовільну адаптацію до напружених фізичних навантажень.

Дуже низький рівень ефективності регуляції СР, високий рівень напруження в регуляторних механізмах адаптації (див. табл. 3).

Високий загальний рівень напруження регуляторних механізмів адаптації може бути наслідком неадекватності тренувального процесу функціональному стану спортсмена і свідчити про незадовільну адаптацію організму до тренувального процесу, а також може характеризувати стан предхвороби [3, 20].



При реєстрації подібних значень основних характеристик аналізу варіабельності СР у спортсменів у стані відносного спокою необхідно перш за все знизити інтенсивність і об'єм тренувальних навантажень, провести відновлювальні заходи.

Різко виражений симпатикотонічний і ваготонічний тип регуляції СР в стані відносного спокою вказували на погіршення функціонального стану кваліфікованих спортсменів.

У цих спортсменів під час тесту з фізичним навантаженням були зареєстровані найнижчі щодо інших спортсменів загальної групи рівень VO_{2max} (VO_{2max} 44,03-49,32 $мл \cdot кг^{-1} \cdot хв^{-1}$), а також загальний рівень фізичної працездатності ($W_{кр}$ 3,17-3,98 $Вт \cdot кг^{-1}$) у поєднанні з уповільненими процесами відновлення, найменшою ефективністю метаболічних процесів (W/HLa 14,31±19,40 $Вт \cdot ммоль^{-1} \cdot л^{-1}$) та високою активністю анаеробних гліколітичних процесів (HLa 15,29±20,24 $ммоль \cdot л^{-1}$) в енергозабезпеченні напруженої фізичної роботи.

Серед спортсменів з різко вираженою симпатикотонією і ваготонією відзначалися випадки *неадекватної реакції організму на фізичні навантаження*: після роботи спостерігалися дискоординовані зміни основних параметрів регуляції СР (наприклад, зниження M_0 в поєднанні зі збільшенням ΔRR , AM_0 , IH).

Одночасне посилення тону симпатичного і парасимпатичного відділів ВНС під впливом фізичної роботи свідчить про незадовільну адаптацію організму спортсменів, що

надалі супроводжується погіршенням ефективності спортивної діяльності і, в деяких випадках, з'являються ознаки перенапруження I ступеня за даними електрокардіографічних досліджень або патологічні порушення серцевого ритму (поява екстрасистол різної етіології).

Незважаючи на збереження гомеостазису, адаптивне урівноваження організму з середовищем відбувається за рахунок зростання напруження механізмів регуляції.

Висновки

1. Вивчення механізмів регуляції діяльності серцево-судинної системи, як індикатора функціонального стану організму, від якої багато в чому залежить ефективність спортивної діяльності, залишається актуальною в оцінці шляхів адаптації організму спортсмена до різних фізичних навантажень. Ваготонічний, нормотонічний та симпатикотонічний тип регуляції СР в стані відносного спокою дозволяють говорити *про задовільну адаптацію організму людини до впливу різних факторів зовнішнього середовища. Незадовільну адаптацію організму людини до факторів зовнішнього середовища характеризує різко виражений ваготонічний та різко виражений симпатикотонічний типи регуляції СР в стані відносного спокою.*

2. ЧСС не відображає стану регуляторних систем, а є лише кінцевим підсумком регуляції і характеризує рівень функціонування систем, що склався в результаті діяльності механізмів регуляції СР. Для досягнення одного і того ж



кінцевого результату кожен організм витрачає неоднакові зусилля, тобто платить різну "ціну", яка визначається ступенем активації симпатичного відділу вегетативної НС та підкоркових центрів. Очевидна необхідність дослідження стану механізмів регуляції, визначення ступеня їх напруження для оцінки особливостей адаптації організму спортсменів до фізичних навантажень різного характеру.

3. В при виконанні напружених фізичних навантажень вихідний тип вегетативної регуляції в багато в чому визначає ефективність компенсаторно-приспосувальних реакцій організму. Так, нормотонічний і помірно ваготонічний тип регуляції СР в стані відносного спокою був притаманний висококваліфікованим спортсменам з високим рівнем функціональної підготовленості, що забезпечують збереження вегетативного гомеостазу, оптимальним рівнем ефективністю регуляції і рівнем економічності функціонування, стійкою регуляцією.

4. Симпатикотонічний тип регуляції СР ще притаманний задовільній адаптації до напружених фізичних навантажень та достатнім

функціональним можливостям організму спортсмена. Але вже відмічаються ознаки дисрегуляції в центральному контурі регуляції, знижений рівень ефективності регуляції СР, підвищений рівень напруження в регуляторних механізмах адаптації. На цьому фоні подібної регуляції СР може відмічатися погіршення функціонального стану спортсмена, з'являються об'єктивні ознаки втоми

5. Прогностично несприятливим для спортсменів у стані відносного спокою є *виражений ваготонічний тип* регуляції СР, а також різко виражений симпатикотонічний тип регуляції СР - характеризують знижені функціональні можливості організму, незадовільну адаптацію до напружених фізичних навантажень.

Перспективи подальших досліджень. Дослідити зміни основних характеристик варіабельності серцевого ритму в динаміці спортивного тренування і визначити критерії оцінки адаптації та критерії прогнозування подальшого перебігу процесу адаптації до напружених фізичних навантажень.



Таблиця 1

Статистичні характеристики варіабельності серцевого ритму в стані відносного спокою у спортсменів, що відповідають різним типам регуляції СН і різний характер адаптації організму до фізичних навантажень, $n = 214$

Показники	Різко виражений ваготонічний тип регуляції, $n=15$, – <i>перевтома, незадовільна адаптація</i>	Тип регуляції серцевого ритму в стані відносного спокою – <i>в межах норми, задовільна адаптація</i>			Різко виражений симпатикотонічний тип регуляції, $n=21$, – <i>перенапруження, незадовільна адаптація</i>
		Ваготонічний тип регуляції, $n=79$	Нормотонічний тип регуляції, $n=64$	Симпатикотонічний тип регуляції, $n=35$	
Математичне очікування, M , с	більше 1,18	0,992-1,152	0,922-1,082	0,706-0,889	менше 0,66
Мода, M_o , с	більше 1,20	0,957-1,138	0,901-1,104	0,756-0,877	менше 0,69
Амплітуда моди, AM_o , %	менше 15	20,00-26,42	27,21-32,11	43,38-53,36	більше 55
Варіаційний розмах значень R-R інтервалів, ΔRR , с	більше 0,60	0,501-0,586	0,307-0,487	0,278-0,378	0,04 – 0,19
Коефіцієнт варіації, CV , %	більше 10	8,80-9,72	7,27-7,35	5,05-6,37	менше 4
Індекс напруження, IN , ум.од.	4 – 10	14, 99-25,06	25,30-56,04	64,85-90,34	більше 100
Частота серцевих скорочень, ЧСС, xv^{-1}	менше 45	51,63-60,69	55,56-65,46	67,75-84,98	більше 90



Таблиця 2

**Спектральний аналіз варіабельності серцевого ритму в стані відносного спокою у спортсменів
з різним типом регуляції серцевого ритму**

Показники	Різко виражений ваготонічний тип регуляції, n=15 – <i>перевтома, незадовільна адаптація</i>	Тип регуляції серцевого ритму в стані відносного спокою – <i>в межах норми, задовільна адаптація</i>			Різко виражений симпатикотонічний тип регуляції, n=21 – <i>перенапруження, незадовільна адаптація</i>
		Ваготонічний тип регуляції, n=79	Нормотонічний тип регуляції, n=64	Симпатикотонічний тип регуляції, n=35	
Загальна потужність серцевого ритму TP, мс ²	>38560	23955-30783	14143-17375	7160-8507	1704-4323
Потужність дихальних коливань, HF, мс ²	>19678-	10232-11836	3579-4279	1294-1596	350-697
Потужність повільних коливань 1-го порядку, LF, мс ²	>10714	6798-8306	5261-6319	3044-3308	714-1907
Потужність повільних коливань 2-го порядку, VLF, мс ²	<7715	8156-9348	5608-6416	2840-3617	557-1724
Відносна частка потужності дихальних коливань в % від загальної, HF%	>38,88	36,70-45,06	21,74-26,76	18,45-21,03	14,78-18,41
Відносна частка потужності повільних коливань 1-го порядку в % від загальної потужності, LF%	<24,01	23,73-31,69	31,67-35,99	38,49-42,03	41,03-46,5
Відносна частка потужності повільних коливань 2-го порядку в % від загальної потужності, VLF%	<36,31	29,05-33,39	39,16-44,34	38,08-42,40	28,06-40,77
Потужність в діапазоні високих частот в нормалізованих одиницях, HF _n , nu	>58,89	54,14-61,32	39,43-43,85	29,50-33,74	15,56-30,46
Потужність в діапазоні низьких частот в нормалізованих одиницях, LF _n , nu	<41,67	38,11-45,91	54,19-61,16	64,96-72,54	43,53-69,91
Індекс централізації, IC, ум.од.	1,54	1,64-2,02	4,43-5,01	6,34-7,56	1,49-2,55
відношення середніх значень низькочастотного і високочастотного компонентів, LF/HF	0,59	0,76-0,86	1,84-2,08	3,00-3,34	3,24-4,42



Таблиця 3

Характеристики різних типів регуляції серцевого ритму та характер адаптації до напружених фізичних навантажень

Характеристики регуляції серцевого ритму	Різко виражений ваготонічний тип регуляції	Тип регуляції серцевого ритму в стані відносного спокою – в межах норми, задовільна адаптація			Різко виражений симпатикотонічний тип регуляції
		Ваготонічний тип регуляції	Нормотонічний тип регуляції	Симпатикотонічний тип регуляції	
Сумарний ефект регуляції: ЧСС, М	виражена брадикардія	помірна брадикардія	нормокардія	помірна тахікардія	виражена тахікардія
Функції автоматизму: ΔRR, CV	виражене порушення автоматизму	помірне порушення автоматизму	виражена синусова аритмія	помірна синусова аритмія	стабільний ритм
Вегетативний гомеостаз: ΔRR, АМо, ІН	виражене переважання ПНС	переважання ПНС	збереження вегетативного гомеостазу: ПНС≈СНС	переважання СНС	виражене переважання СНС
Стійкість регуляції: CV, ІН, порівняння величин М та Мо	дисрегуляція з переважанням ПНС, гальмування	стійка регуляція	стійка регуляція	дисрегуляція центрального типу	дисрегуляція з переважанням СНС, збудження
Ефективність регуляції, рівень економічності	знижена ефективність	високий	оптимальний	знижений	дуже низький
Рівень напруження в регуляторних механізмах адаптації	переважання процесів гальмування	знижений	оптимальний	підвищений	високий
Функціональний стан, функціональні можливості організму	перевтома, знижені функціональні можливості організму	оптимальний функціональний стан, високі функціональні можливості організму		втома, мобілізація, достатні функціональні можливості організму	перенапруження, знижені функціональні можливості організму
Характер адаптації	незадовільна адаптація	задовільна адаптація		умовно задовільна адаптація	незадовільна адаптація

Умовні позначення: ПНС – парасимпатична нервова система, СНС – симпатична нервова система, ≈ – рівновага, баланс

**Література:**

1. Коркушко ОВ, Писарчук АВ, Шатило ВБ, Линевська ЮЮ.. Аналіз варіабельності ритму серця в клінічній практиці (вікові аспекти). Київ; 2002. 191 с.
2. Лисенко ОМ. Фізична працездатність кваліфікованих спортсменів та особливості вегетативної регуляції серцевого ритму. *Міжнародний медико-філософський журнал «Інтегративна антропологія» Одеського національного медичного університету*. 2014;24:48-54.
3. Лисенко ЕН. Ключові напрями реалізації функціональних можливостей спортсменів в процесі спортивної підготовки. *Наука в олімпійському спорті*. 2015; 2: 45-53.
4. Лисенко О, Федорчук С, Колосова О, Виноградов В Вплив вегетативної регуляції серцевого ритму на прояв фізичної працездатності кваліфікованих спортсменів (І повідомлення). *Спортивна наука та здоров'я людини*. 2020; 1:70-87.
5. Міщенко ВС, Лисенко ОМ, Виноградов ВС. Типи фізіологічної реактивності системи дихання і специфіка прояву спеціальної працездатності спортсменів. *Фізіологічний журнал*. 2006;52(4):69-77.
6. Шинкарук ОА, Лисенко ОМ, Гуніна ЛМ, Карленко ВП, Земцова ІІ, Олішевський СВ, та ін. Медико-біологічне забезпечення підготовки спортсменів збірних команд України з олімпійських видів спорту. К.: Олімпійська літ.; 2009. 144 с.
7. Шинкарук О, Лисенко О, Федорчук С. Стрес та його вплив на змагальну та тренувальну діяльність спортсменів. *Фізична культура, спорт та здоров'я нації: збірник наукових праць*. 2017;3(22):469-476
8. Vanach T, Grandys M, Juszczak K. Heart rate variability during incremental cycling exercise in healthy untrained young men. *Folia Med. Cracov*. 2004;45(1-2):3-12.
9. Buchheit M, Gindre C. Cardiac parasympathetic regulation: respective associations with cardiorespiratory fitness and training load. *Am. J. Physiol. Heart. Circ. Physiol*. 2006; 291:451-459.
10. Buchheit M, Millet GP, Parisy F, et al. Supramaximal training and postexercise parasympathetic reactivation in adolescents. *Med. Sci. Sports Exerc*. 2008;40(2):362-371.
11. Buitrago S, Wirtz N, Yue Z. Effects of load and training modes on physiological and metabolic responses in resistance exercise. *European Journal of Applied Physiology*. 2012;112(7):2739-2748.
12. Cottin F, Médigue C, Lopes P. Ventilatory thresholds assessment from heart rate variability during an incremental exhaustive running test. *J. Sports Med*. 2007;28(4): 287-294.
13. Davletyarova K, Vacher P, Nicolas M. et al. Associations between heart rate variability-derived indexes and training load. *J Strength Cond Res*. 2022; 36: 2005-2010 DOI: 10.1519/JSC.0000000000003760
14. Deblauw JA, Crawford DC, Stein JA. et al. Association of heart rate variability and simulated cycling time trial performance. *J Sci Cycling*. 2022;10:25-33 DOI: 10.28985/1221.jsc.09
15. Düking P, Zinner C, Trabelsi K. et al. Monitoring and adapting endurance training on the basis of heart rate variability monitored by wearable technologies: a systematic review with meta-analysis. *J Sci Med Sport*. 2021;24:1180-1192
16. Ellingson CJ, Singh J, Ellingson CA, Sirant LW, Krätzig GP, Dorsch KD, Piskorski J, Neary JP. Alterations in Baroreflex Sensitivity and Blood Pressure Variability Following



- Sport-Related Concussion. *Life*. 2022;12(9):1400. <https://doi.org/10.3390/life12091400>
17. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *TFESCNASP Electrophysiology - Circulation*, 1996. <https://www.ahajournals.org/doi/full/10.1161/01.CIR.93.5.1043>
 18. Lundstrom CJ, Foreman NA, Biltz G. Practices and Applications of Heart Rate Variability Monitoring in Endurance Athletes. *Int J Sports Med*. 2023;44(01):9-19. DOI: 10.1055/a-1864-9726
 19. Lysenko O; Fedorchuk S. Reaction of cardiorespiratory system under physical activities of different nature depending on physiological reactivity and fatigue. *Sport Science and Human Health*. 2019;2:40-45. <https://doi.org/10.28925/2664-2069.2019.2.4>
 20. Mishchenko VS, Lysenko EN, Vinogradov VE. Reactive properties of the cardiorespiratory system as a reflection of adaptation to strenuous physical training in sport: monograph. Kyiv: Naukovyi svit, 2007. 351 p.
 21. Nuutila OP, Nummela A, Häkkinen K. et al. Monitoring training and recovery during a period of increased intensity or volume in recreational endurance athletes. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18:2401. DOI: 10.3390/ijerph18052401
 22. Ruiz JPM, Rubio-Arias J, Clemente-Suarez VJ. et al. Effectiveness of training prescription guided by heart rate variability versus predefined training for physiological and aerobic performance improvements: a systematic review and meta-analysis. *Appl Sci*. 2020;10:8532. DOI: 10.3390/app10238532
 23. Shaffer F, Ginsberg JP. An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. *Front Public Health*. 2017;5:258. DOI: 10.3389/fpubh.2017.00258
 24. Treff G, Leppich R, Winkert K. et al. The integration of training and off-training activities substantially alters training volume and load analysis in elite rowers. *Sci Rep* 2021; 11: 17218. DOI: 10.1038/s41598-021-96569-0

Автори засвідчують про відсутність конфлікту інтересів.

Інформація про авторів:

Лисенко Олена

д.б.н., професор,

професор кафедри фізичної терапії та ерготерапії

Київського університету імені Бориса Грінченка,

м. Київ, Україна

ORCID: 0000-0002-1239-2596

E-mail: markizalus14@gmail.com

Федорчук Світлана

к.б.н., старший науковий співробітник лабораторії теорії і методики спортивної підготовки і резервних можливостей спортсменів Науково-дослідного інституту Національного університету фізичного виховання і спорту України, м. Київ, Україна

ORCID: 0000-0002-2207-9253

E-mail: lanasvet778899@gmail.com

**Колосова Олена**

молодший науковий співробітник лабораторії теорії і методики спортивної підготовки і резервних можливостей спортсменів Науково-дослідного інституту Національного університету фізичного виховання і спорту України, м. Київ, Україна

ORCID: 0000-0001-9263-805X

E-mail: olena_kolos@ukr.net

Тимошенко Олександр

викладач кафедри спорту та фітнесу

Київського університету імені Бориса Грінченка,
м. Київ, Україна

ORCID: 0009-0007-2470-4693

E-mail: oo.tymoshenko@kubg.edu.ua

Отримано: 03.07.2023

Прийнято: 03.08.2023

Опубліковано: 31.08.2023

Лисенко О., Федорчук С., Колосова О., Тимошенко О. Адаптація до напруженої м'язової діяльності та особливості вегетативної регуляція варіабельності серцевого ритму спортсменів (II повідомлення). *Спортивна наука та здоров'я людини*. 2023;2(10):119-141. DOI: 10.28925/2664-2069.2023.210