



Львівський державний університет
фізичної культури імені Івана Боберського
Lwowski Państwowy Uniwersytet
Kultury Fizycznej im. Ivana Boberskiego

Поморська Школа Вища у Старогарді Гданському
Pomorska Szkoła Wyższa w Starogardzie Gdańskim



ЗДОРОВ'Я, ФІЗИЧНА ТЕРАПІЯ, ФІЗИЧНА КУЛЬТУРА ТА ПЕДАГОГІКА

монографія

ZDROWIE, FIZJOTERAPIA, KULTURA FIZYCZNA I PEDAGOGIKA

monografia

Наукове редагування (Redakcja naukowa):

Богдан Кіндзер (Bogdan Kindzer)
Даріуш В. Скальські (Dariusz W. Skalski)
Оксана Заболотна (Oksana Zabolotna)
Андрій Сущенко (Andrzej Sushchenko)
Ігор Григус (Igor Grygus)



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Старогард Гданські - Львів 2022



***Zdrowie, fizjoterapia,
kultura fizyczna i pedagogika***

MONOGRAFIA

***Здоров'я, фізична терапія,
Фізична культура та педагогіка***

МОНОГРАФІЯ

Redakcja naukowa (Наукове редагування):

***Богдан Кіндзер (Bogdan Kindzer)
Даріуш В. Скальські (Dariusz W. Skalski)
Оксана Заболотна (Oksana Zabolotna)
Андрій Сущенко (Andrzej Sushchenko)
Ігор Григус (Igor Grygus)***

**Starogard Gdański - Lwów 2022
Старогард Гданьські - Львів 2022**

ODNOŚNIE ALGORYTMIZACJI POSZCZEGOLNYCH ZMIAN W UKŁADZIE SERCOWO-ODDECHOWYM U SPORTOWCÓW PODCZAS REKONWALESCENCJI PO INTENSYWNYM WYSIŁKU FIZYCZNYM

ЩОДО АЛГОРИТМІЗАЦІЇ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗМІН КАРДІОРЕСПІРАТОРНОЇ СИСТЕМИ У АТЛЕТІВ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ ПІСЛЯ ІНТЕНСИВНИХ ФІЗИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

ON ALGORITHMIZATION OF INDIVIDUAL CHANGES OF THE CARDIOSPIRATORY SYSTEM IN ATHLETES AT RECOVERY AFTER INTENSIVE PHYSICAL LOADS

Оксана Гузій¹

¹Львівський державний університет фізичної культури ім. Івана Боберського, м. Львів, Україна

Słowa kluczowe: kultura fizyczna i zdrowie; regeneracja, układ sercowo-oddechowy, ćwiczenia

Ключові слова: фізична культура та здоров'я; відновлення, кардореспіраторні системи, фізичні навантаження

Keywords: physical culture and health; recovery, cardiorespiratory systems, exercise

Streszczenie

W obecnym środowisku trening sportowców wysoko wykwalifikowanych ma na celu poprawę umiejętności sportowych poszczególnych sportowców, a to zależy głównie od zrównoważonego współdziałania wielu układów funkcjonalnych organizmu, które decydują o charakterze jego zdolności adaptacyjnych [2, 5, 11, 16]. Jednocześnie zdolności adaptacyjne są determinowane przez szereg powiązanych systemów - hemodynamiki, metabolizmu, odporności i hematopoezy, których ogólne profile powinny mieścić się w zakresie statycznych fluktuacji na większości parametrów odpowiadających tej samej płci i wieku osób, które nie są celowo zaangażowany rodzaj aktywności sportowej. Innymi słowy, najlepsze metody treningu wysoko wykwalifikowanych sportowców powinny sprzyjać wzrostowi sportowej rywalizacji, uwzględniając maksymalne zrównoważenie poszczególnych parametrów oraz zintegrowane poziomy układów funkcjonalnych, które determinują rezerwę adaptacyjną sportowca i w pełni spełniają kryteria populacyjne. Jednak zakres zmienności parametrów homeostazy sportowca jest znacznie szerszy i często przekracza granice charakterystyczne dla osób zdrowych. Obecnie jest jasne, że diagnoza i korekta stanu funkcjonalnego organizmu sportowców powinna opierać się na wynikach kompleksowych metod badawczych i przy wykorzystaniu

indywidualnie dobranych narzędzi treningowych, objętości i intensywności aktywności fizycznej, cykli zawodów i odpoczynku, co pozwoli uniknąć problemów w przyszłości. przed którymi stoją trenerzy i lekarze, intensyfikując proces szkoleniowy.

Анотації

У нинішніх умовах підготовка висококваліфікованих спортсменів спрямована на підвищення спортивної майстерності окремих спортсменів, і це в основному залежить від збалансованої взаємодії багатьох функціональних систем організму, які визначають характер його адаптаційних можливостей [2, 5, 11, 16]. В той же час, адаптивні можливості визначаються низкою пов'язаних систем – гемодинаміки, обміну речовин, імунної та гемопоезу, загальні профілі, яких мають бути в межах статичних флуктуацій за більшістю параметрів, які відповідають аналогічним статі і віку осіб, які цілеспрямовано не займаються певним видом спортивної діяльності. Іншими словами, оптимальні методи підготовки висококваліфікованих спортсменів мають сприяти зростанню спортивної майстерності з урахуванням максимального балансу окремих параметрів і інтегральних рівнів функціональних систем, які визначають адаптивний резерв організму спортсмена і повністю відповідати популяційним критеріям. Проте, діапазон мінливості параметрів гомеостазу спортсмена є набагато ширшим та досить часто перевищує межі, які характерні для здорових осіб.

В даний час абсолютно зрозумілим є те, що діагностика та корекція функціонального стану організму спортсменів має проводитись з урахуванням результатів комплексних методів дослідження та з використанням індивідуально підібраних засобів навчання, обсягів та інтенсивності фізичних навантажень, циклів змагань і відпочинку, які дозволять в майбутньому уникнути проблем, з якими стикаються тренери і лікарі при інтенсифікації навчально-тренувального процесу.

Summary

In the current environment, the training of highly qualified athletes is aimed at improving the athletic skills of individual athletes, and this mainly depends on the balanced interaction of many functional systems of the body, which determine the nature of its adaptive capabilities [2, 5, 11, 16]. At the same time, adaptive capabilities are determined by a number of related systems - hemodynamics, metabolism, immune and hematopoiesis, the general profiles of which should be within static fluctuations on most parameters corresponding to the same sex and age of persons who are not the purposefully engaged type of sports activity. In other words, the best methods of training highly qualified athletes should promote the growth of sportsmanship, taking into account the maximum balance of individual parameters and integrated levels of functional systems that determine the adaptive reserve of the athlete and fully meet population criteria. However, the range of variability of the athlete's homeostasis parameters is much wider and often exceeds the limits that are characteristic of healthy individuals.

It is now clear that the diagnosis and correction of the functional state of the body of athletes should be based on the results of comprehensive research methods and using individually selected training tools, volume and intensity of physical activity, cycles of competition, and rest, which will avoid problems in the future. which coaches and doctors face when intensifying the training process.

Вступ

У нинішніх умовах підготовка висококваліфікованих спортсменів спрямована на підвищення спортивної майстерності окремих спортсменів, і це в основному залежить від збалансованої взаємодії багатьох функціональних систем організму, які визначають характер його адаптаційних можливостей [2, 5, 11, 16]. В той же час, адаптивні можливості визначаються низкою пов'язаних систем – гемодинаміки, обміну речовин, імунної та гемопоезу, загальні профілі, яких мають бути в межах статичних флуктуацій за більшістю параметрів, які відповідають аналогічним статі і віку осіб, які цілеспрямовано не займаються певним видом спортивної діяльності. Іншими словами, оптимальні методи підготовки висококваліфікованих спортсменів мають сприяти зростанню спортивної майстерності з урахуванням максимального балансу окремих параметрів і інтегральних рівнів функціональних систем, які визначають адаптивний резерв організму спортсмена і повністю відповідати популяційним критеріям. Проте, діапазон мінливості параметрів гомеостазу спортсмена є набагато ширшим та досить часто перевищує межі, які характерні для здорових осіб. Інколи окремі значення показників можуть бути інтерпретовані як передпатологічні і патологічні [1, 14, 18, 19, 24]. Ці відмінності вказують на більш високий потенціал адаптації організму спортсмена.

В даний час абсолютно зрозумілим є те, що діагностика та корекція функціонального стану організму спортсменів має проводитись з урахуванням результатів комплексних методів дослідження та з використанням індивідуально підібраних засобів навчання, обсягів та інтенсивності фізичних навантажень, циклів змагань і відпочинку, які дозволять в майбутньому уникнути проблем, з якими стикаються тренери і лікарі при інтенсифікації навчально-тренувального процесу [9, 11, 14, 17, 21].

Актуальність комплексного підходу до оцінки стану організму людини підтверджено появою міждисциплінарних підходів, які ґрунтуються на індивідуалізації постановки діагнозу та визначення впливів навколишнього середовища на організм в контексті інтегрального розуміння механізмів життєдіяльності людини [1, 15].

Вивчення функціонального стану організму спортсменів є однією з найважливіших завдань спортивної медицини. Дана інформація необхідна для визначення стану здоров'я, виявлення особливостей функціонального стану систем, пов'язаних зі спортивною підготовкою [22], та з метою раннього виявлення станів, які можуть приводити до зриву механізмів адаптації, розвитку дизрегуляцій, що характеризуються

перенапруженням, перетренованістю, або патологічними станами [3, 8, 16, 17].

Тобто, діагностика функціонального стану організму спортсмена має не тільки визначати рівень функціональної готовності атлета до виконання фізичного навантаження, але й встановлювати найбільш напружені ланки функціонального забезпечення різних систем організму. Останнє є важливим з позицій попередження виражених дизрегуляцій, які також можуть мати трагічні наслідки [17, 19, 24]. Для попередження таких станів важливе значення має організація відповідних відновлювально-реабілітаційних заходів, спрямованих на підтримку найбільш напружених систем [14, 16, 21].

Повертаючись до питання комплексної оцінки функціонального стану організму, необхідно зауважити, що існуюча значна кількість діагностичних підходів, звичайно дозволяє максимально оцінити різні функції організму та у подальшому охарактеризувати відповідні зміни окремо для кожної. Проте, в такому випадку істотно зменшується можливість аналізу поєднаних варіацій функцій [6], які визначають цілісну підбудову організму до конкретних умов існування. Певна проблема виникає при доцільності проведення досліджень у «польових умовах», які необхідні в межах поточних та оперативних обстежень спортсменів. Адже навчально-тренувальний процес істотно обмежує можливості медичного, хоча й діагностичного, втручання [5, 11].

Саме тому нашу увагу привернув метод спіроартеріокардіоритмографії (САКР), який у одночасному режимі реєструє функції серця, судин та дихання. При цьому аналіз отриманих показників дозволяє охарактеризувати скорочувальну функцію серця, центральну гемодинаміку, паттерн дихання, автономну регуляцію серцевого ритму, систолічного та діастолічного артеріального тиску, а також дихання [7, 25, 27, 30]. Його застосування було апробовано раніше при скринінгових обстеженнях великих груп населення, кваліфікованих спортсменів різних видів спорту [13, 20], в умовах санаторно-курортного лікування [7], біля ліжка хворого в умовах стаціонару [12]. Така можливість застосування приладу зумовлена його компактністю, що дозволяє безперешкодно використовувати його в «польових умовах».

Окремо необхідно зупинитися на принципах індивідуалізованого комплексного підходу до оцінки результатів дослідження з використанням САКР. Зазвичай комплексний підхід до оцінки результатів будь-якого дослідження поєднаних функцій базується на пошуку взаємозв'язків абсолютних значень окремих параметрів цих

функцій. Однак, не всі з досліджуваних параметрів мають нормальний розподіл, що викликає доцільність застосування різних математичних функцій та коефіцієнтів для перерахунку статистичних значень показників та зв'язків між ними [15]. Це істотно ускладнює як їх оцінку, так і подальший аналіз даних. А саме головне, втрачається інформація щодо конкретного індивідууму [9].

З метою уніфікації обробки результатів дослідження з використанням САКР нами у співпраці з нашими колегами [5, 10, 13] був запропонований перцентильний спосіб аналізу отримуваних показників, що дозволило в єдиній системі умовних оцінок, визначених потраплянням в певні межі перцентильного коридору, достатньо чітко оперувати зв'язками між показниками різних систем та підсистем, а також спрямованістю змін. При цьому одночасна реєстрація показників істотно зменшує помилку їх визначення. Це пов'язано із нівелюванням під час перцентильного аналізу типу розподілу показника у популяції. Певне питання виникає тільки тоді, коли мова йде про пов'язані між собою показники. Проте, і воно може бути вирішеним при врахуванні приватних кореляцій [15].

Метою даного дослідження було апробувати алгоритмізацію індивідуальних змін показників кардіореспіраторної системи у атлетів при відновленні після інтенсивного фізичного навантаження.

Матеріали та методи дослідження. Для дослідження кардіореспіраторної системи атлетів використовувався прилад САКР [27], рекомендований МОЗ України до використання в реабілітаційних установах [7]. В приладі реалізовано поєднання трьох відомих методів фізіологічних досліджень в єдиний апаратний комплекс, який дозволяє досягнути принципово нової якості вимірювань, а саме одночасної реєстрації серцевого ритму, артеріального тиску на кожному серцевому скороченні та потоків вдихуваного і видихуваного повітря [27].

Реєстрація ЕКГ з застосуванням САКР проводилась в першому стандартному відведенні впродовж 2 хв. За даними дослідження визначається близько 30 показників діяльності кардіореспіраторної системи. Серед них амплітудно-часові параметри PQRST- комплексу і показники спектрального та математичного аналізу варіабельності серцевого ритму (BCP) [25], абсолютні показники варіабельності систолічного та діастолічного артеріального тиску [25, 26, 29, 30], показники паттерну та варіабельності дихання, а також центральної гемодинаміки [20].

На рисунках 1 і 2 представлені приклади ритмограми реєстраційного запису і первинних результатів, отриманих з використанням САКР.

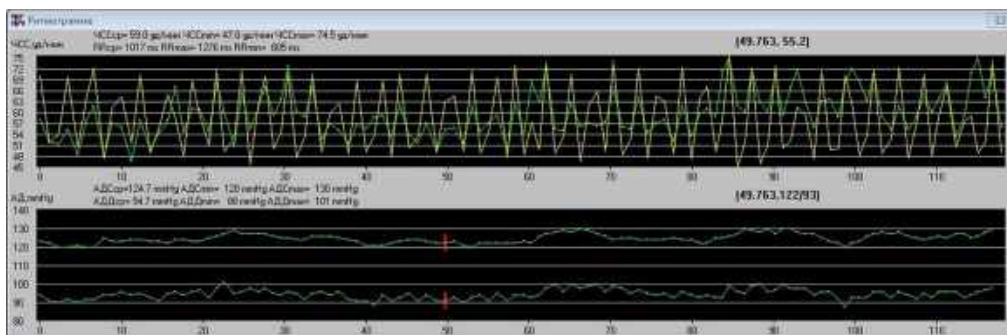


Рис. 1. Ритмограма реєстраційного запису САКР. У верхньому вікні – ритмограми серцевого ритму (зелена) і дихання (жовта). В нижньому – систолічного і діастолічного тиску.

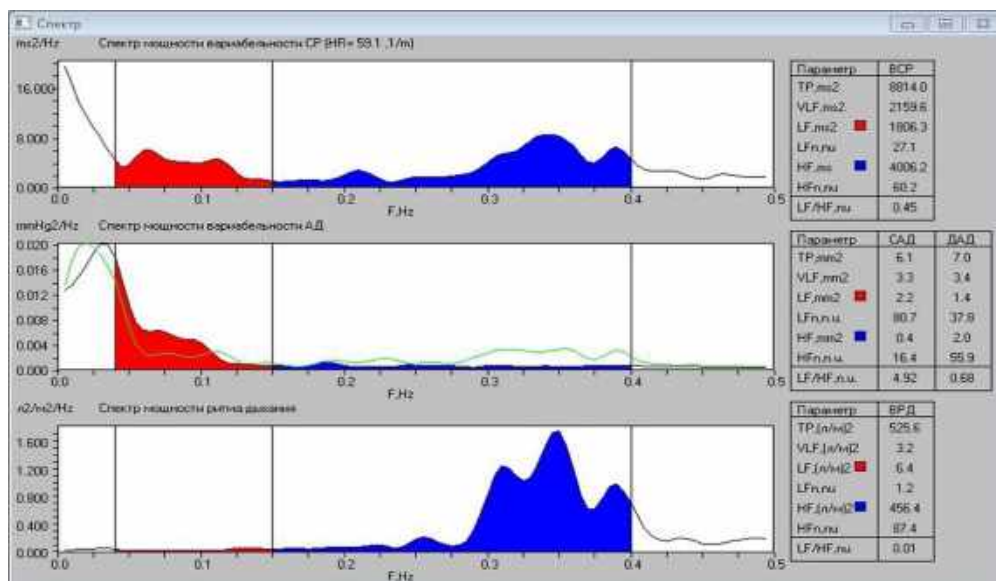


Рис. 2. Спектрограма і аналіз. В верхньому вікні – серцевого ритму, в середньому – систолічного і діастолічного тиску, в нижньому – дихання.

З використанням САКР були обстежені 202 висококваліфікованих атлета чоловічої статі у віці $22,6 \pm 2,8$ років, які представляли ациклічні види спорту – однокорства (карате, тхеквондо, кікбоксинг, бокс, вільну боротьбу, греко-римську боротьбу, дзюдо, самбо) та ігри (водне поло, футбол). Стаж занять спортом складав $10,3 \pm 3,1$ роки. Всі дослідження

проводились в передзмагальному періоді. У відповідності до дизайну обстеження з використанням САКР проводились тричі: у ранішні години, натще серце, в положенні сидячи в день тренування (K_1), одразу (в перші 5-7 хв.) після тренування (K_2) і наступного після тренування ранку після сну (K_3). Кожна реєстрація тривала 2 хв.

Для індивідуалізованої оцінки та подальшої алгоритмізації змін нами застосовувався перцентильний метод статистичного аналізу. Перцентильний метод заснований на врахуванні відсотку накопичення показника в популяції. Оцінка показників проводиться згідно перцентильних таблиць. Колонки таблиці перцентилів вказують кількісні межі показника в певному діапазоні. Як правило, межі діапазонів в таблицях визначаються за даними значних популяційних досліджень осіб різного віку, статі тощо. Інтервали міжперцентильних стовпців (зони і коридори) визначають діапазони різних значень показників, в які вони потрапляють. Завдання дослідників полягає в тому, щоб знайти до якого перцентильного інтервалу (зони) потрапляє отримане значення показника і оцінити його з урахуванням рівня діапазону. Залежно від цього, формується оцінка. У нашому дослідженні ми керувалися перцентильними діапазонами, які відповідали наступним зонам: <5% – «дуже низький» рівень, або виражене зниження; 5–25% – «нижче середнього» рівня, або помірне зниження; 25–75% – «середній» рівень, або норма; 75–95% – «вище середнього» рівня, або помірне підвищення; >95% – «дуже високий» рівень, або виражене підвищення. При цьому абсолютно «нормальними» вважаються показники в діапазоні 25-75%, а «не нормальними», які потрапляють в діапазони <5% та >95%.

З метою індивідуалізованої комплексної оцінки нами кожному з досліджуваних показників присвоювався відповідний бал (в межах від -2 до +2), який характеризував потрапляння показника у відповідну зону перцентильного розподілу (від <5% до >95%). При цьому отримані бали підлягають подальшим варіантам різних розрахунків, що істотно спрощує їх комплексний аналіз та оцінку.

Щодо аналізу групових перцентильних розподілів, то слід зазначити, що значущість змін розподілів окремих показників визначається відмінностями від нормологічно зваженого, який передбачає співвідношення варіантів вираженого зниження, помірного зниження, норми, помірного підвищення та вираженого підвищення, як: 5:20:50:20:5. В усіх випадках визначається також модальний варіант. Окремо, слід додати, що існує можливість, при розробці відповідних перцентильних таблиць, аналізувати також динамічні зміни регуляції, як

це було показано нами при використанні тестів з керованим диханням [13].

Як приклад наведемо застосування даного підходу до індивідуалізованої комплексної оцінки показників кардіоінтервалометрії. При обстеженні спортсмена К. віком 21 рік з використанням САКР були отримані наступні параметри ЕКГ: ЧСС – 54 хв.⁻¹ (ранг - -1), P – 0,107 с (ранг - +1), PQ – 0,136 с (ранг - 0), QR – 0,035 с (ранг - +1), QRS – 0,095 с (ранг - 0), ST – 0,240 у.о. (ранг - +2). Отримані індивідуальні показники спортсмена К. у даному випадку можна описати наступним чином: на тлі помірної брадикардії відзначається помірне уповільнення проведення збудження по передсердях, помірне уповільнення деполяризації шлуночків зі збереженням атріовентрикулярної та внутрішньошлуночкової провідності, що супроводжується ознаками порушення реполяризації шлуночків. Загальна оцінка PQRST у даному випадку засвідчує певні зміни кінцевої частини комплексу, що у спортсменів частіше визначає метаболічні зміни.

Для оцінки індивідуальних змін організму атлетів за впливу фізичних навантажень ми також використали підхід, який дозволив визначати «ранг змін». Останній являє собою різницю між поточним та попередньо визначеним значеннями рангу у конкретного спортсмена (табл. 1) та характеризує рівень зміщення конкретного показника в межах запропонованих нами рангів. Для кожного спортсмена нами визначались 2 ранги змін: перший – для стану після навантаження (K_2) у порівнянні з вихідним станом (K_1) – $K_2 - K_1$, другий – для стану у періоді відновлення (K_3) у порівнянні з вихідним станом (K_1) – $K_3 - K_1$. Тобто, перший з «рангів змін» характеризує вплив відповідь на дію подразника (фізичне навантаження), а другий – відновлення до вихідного стану.

Таблиця 1

Характеристика «рангів змін» показників

Ранги змін	Характеристика для $K_2 - K_1$	Характеристика для $K_3 - K_1$
-3	Наднизька реакція	Значна негативна динаміка
-2	Виразено знижена реакція	Виразена негативна динаміка
-1	Знижена реакція	Помірна негативна динаміка
0	Відсутня реакція	Повне відновлення
+1	Підвищена реакція	Помірна позитивна динаміка
+2	Виразено підвищена реакція	Виразена позитивна динаміка
+3	Значна реакція	Значна позитивна динаміка

Як приклад наведемо визначення «рангів змін» показників кардіоінтервалометрії при обстеженні спортсмена К. віком 21 рік. При обстеженні були отримані наступні значення показників кардіоінтервалометрії: при K_1 - ЧСС – 62,6 хв.⁻¹ (ранг - 0), P – 0,102 с (ранг - 0), PQ – 0,147 с (ранг - 0), QR – 0,029 с (ранг - 0), QRS – 0,079 с (ранг - -2), QT – 0,415 с (ранг - 0), QTC – 0,424 с (ранг - 0), ST – 0,138 у.о. (ранг - 0); при K_2 : ЧСС – 82,1 хв.⁻¹ (ранг - 2), P – 0,101 с (ранг - 0), PQ – 0,141 с (ранг - 0), QR – 0,029 с (ранг - 0), QRS – 0,085 с (ранг - -2), QT – 0,363 с (ранг - -2), QTC – 0,425 с (ранг - 0), ST – 0,107 у.о. (ранг - 0); при K_3 : ЧСС – 62,6 хв.⁻¹ (ранг - 0), P – 0,109 с (ранг - 0), PQ – 0,148 с (ранг - 0), QR – 0,032 с (ранг - 0), QRS – 0,091 с (ранг - 0), QT – 0,433 с (ранг - 0), QTC – 0,442 с (ранг - 0), ST – 0,197 у.о. (ранг - +1). Після визначення рангів показників проводиться розрахунок «рангів змін». Для показника ЧСС «ранг змін» для K_2 - K_1 складає +2, а для K_3 - K_1 – 0, і так далі для інших показників. Тобто, «ранг змін» для K_2 - K_1 характеризує виражено підвищену реактивність, а для K_3 - K_1 – відновлення.

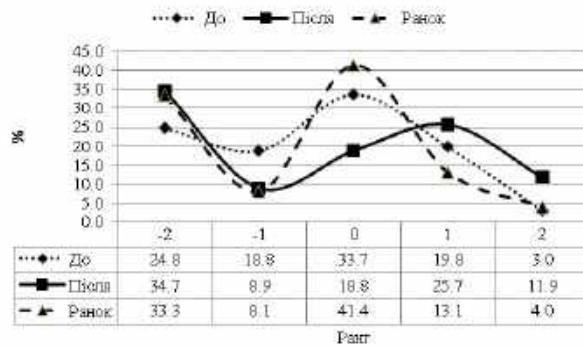
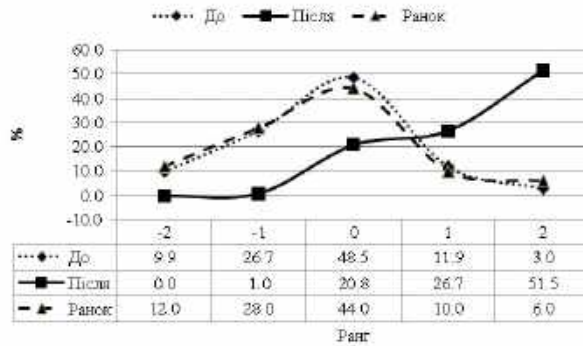
Не зупиняючись детально на змінах одразу після навантаження (K_2), які в багатьох випадках залежать від інтенсивності та спрямованості фізичних навантажень, що буде не зовсім коректно, адже процеси енергозабезпечення та гемодинамічне забезпечення мають певні відмінності, розглянемо зміни, які відбуваються наступного після тренування ранку (K_3) у порівнянні з вихідним станом (K_1), коли в організмі відбуваються процеси відновлення.

Результати дослідження і їх обговорення. У попередніх наших публікаціях було показано [3, 4], що наступного після інтенсивного фізичного навантаження ранку більшість показників ВСР, ВСТ, ВСД та ВД у всій групі спортсменів за пересічними значеннями повертається до вихідного рівня.

В той же час, нас цікавили індивідуальні варіанти змін регуляції кардіореспіраторної системи, які зустрічались у всій групі спортсменів.

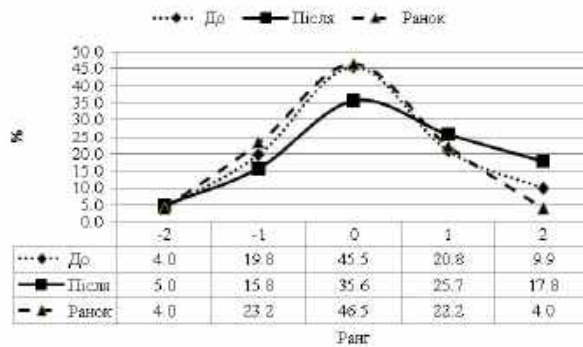
На початку висвітлення результатів нашого дослідження на прикладі змін добре відомих показників покажемо особливості змін і інтерпретації результатів. На рис. 3 представлено перцентильний розподіл змін рангів ЧСС, ЧД та ДО за впливу інтенсивного фізичного навантаження.

Як видно з рис.3 індивідуальні розподіли рангів зазначених вище показників при K_3 в цілому показують (на тлі їх рангів при K_2) повернення рангів до вихідного стану. При цьому дещо відрізняються розподіли для ЧД при K_1 та K_3 , хоча й незначно (рис. 3б).



а

б



в

Рис. 3. Розподіли рангів показників спортсменів при K_1 , K_2 та K_3 , де: а – ЧСС, б – ЧД, в – ДО.

Якщо повернутись до абсолютних значень меж перцентильних діапазонів, то характеризуючи оцінки ЧД можна констатувати, що у вихідному стані у 24,8% атлетів відзначається виражене брадіпное ($< 8,3$ хв⁻¹) у 18,8% атлетів – помірне брадіпное (8,4-12,4 хв⁻¹), у 33,7% атлетів – нормопное (12,5-17,8 хв⁻¹), у 19,8% атлетів – помірне тахіпное (17,9-21,8 хв⁻¹), а у 3% атлетів – виражене тахіпное ($> 21,8$ хв⁻¹). Достатньо інформативним є те, що одразу (через 5-7 хв) після фізичного

навантаження (K_2) у 34,7% атлетів відзначається виражене брадіпное, а у 25,7% та 11,9% атлетів – помірне та виражене тахіпное.

З цих позицій цікавим було проаналізувати, які відмінності спостерігались у атлетів (а їх було 70 осіб), у яких одразу після навантаження відзначалось виражене брадіпное. Зосередимося на рангах показників ЧСС та ДО, групові розподіли яких представлені на рис. 3. У табл. 2 представлені розподіли показників ЧСС та ДО у атлетів, в яких одразу після навантаження відзначалось брадіпное. В цілому розподіли рангів ЧСС нагадують ті, які характерні для всієї групи атлетів при K_2 . Ранги ДО засвідчують істотно більшу тенденцію до зростання, що відображає компенсацію киснезабезпечення при меншій ЧД.

Таблиця 2
Розподіл показників ЧСС та ДО у атлетів з вираженим брадіпное після навантаження (%)

Показник	Ранг				
	-2	-1	0	+1	+2
ЧСС	0	0	25,7	28,6	45,7
ДО	2,9	5,7	37,1	31,4	22,9

Достатньо інформативним виглядає розподіл показників ЧСС та ДО у атлетів, у яких наступного після тренування ранку відзначається виражене брадіпное (таких було 66 осіб).

При його порівнянні з груповим розподілом (рис. 3) можна стверджувати, що у цих спортсменів відзначається істотно більша схильність до помірної та вираженої тахікардії (9,1% та 15,2% проти 6,0% та 10,0%). Також менш економним виглядає спонтанне дихання, яке характеризується істотно частішим помірним та вираженим збільшенням дихального об'єму (30,3% та 9,1% проти 22,2% та 4,0%).

Таблиця 3
Розподіл показників ЧСС та ДО у атлетів з вираженим брадіпное наступного після тренування ранку (%)

Показник	Ранг				
	-2	-1	0	+1	+2
ЧСС	9,1	21,2	45,5	15,2	9,1
ДО	0	15,2	45,5	30,3	9,1

Тобто, виражене брадіпное у атлетів після фізичного навантаження та наступного після нього ранку супроводжується характерними змінами ЧСС та ДО. Звичайно, даний приклад не дозволяє зробити істотних прогностичних висновків, проте, показує можливість достатньо інформативного аналізу індивідуальних варіантів змін

функціональних параметрів кардіореспіраторної системи з позицій напрямків можливої корекції змін, що виникають в процесі занять фізичними вправами.

Для демонстрації можливості аналізу динамічних змін звернемо увагу на показники розподілу «рангів змін», які представлені на рис. 4 та показують, що при K_3 за ЧД у 57,0% атлетів відбулось відновлення до вихідного рівня, у 11,0% атлетів – показник рангу ЧД показав виражену негативну динаміку, у 14,0% атлетів – помірну негативну динаміку, які характеризували зменшення ЧД нижче вихідного рівня. Проте, у 9,0% та 9,0% атлетів відзначалась помірна та виражена позитивна динаміка, які характеризували недовідновлення ЧД до вихідного рівня.

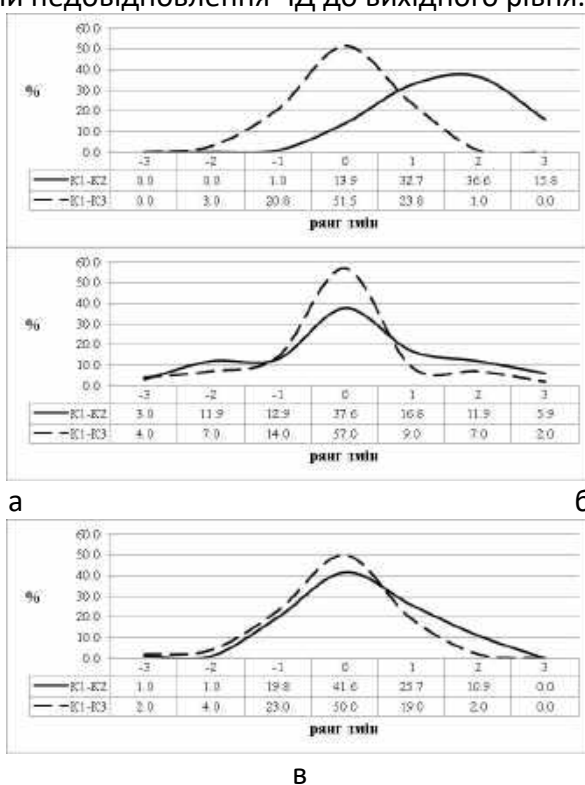


Рис. 4. Розподіли «рангів змін» показників спортсменів при K_1 , K_2 та K_3 , де: а – ЧСС, б – ЧД, в –ДО.

В даному випадку доцільним є розглянути варіанти зменшення та збільшення рангів ЧД наступного після тренування ранку (K_3) у порівнянні з вихідним рівнем (K_1). Аналіз даних показав, що при K_3 у 50 атлетів відзначалось зниження рангу ЧД, а у 36 атлетів – збільшення рангу ЧД. Було простежено зміни рангів ЧСС та ДО (табл. 4).

Таблиця 4

Розподіл «рангів змін» ЧСС та ДО у атлетів зі зниженням рангу ЧД та зі збільшенням рангу ЧД наступного після тренування ранку (%)

Показник	дихання	Ранг				
		-2	-1	0	+1	+2
ЧСС	браді	8,0	28,0	36,0	28,0	0
	тахі	0	33,3	50,0	16,7	0
ДО	браді	8,0	16,0	60,0	12,0	4,0
	тахі	11,1	22,2	44,4	22,2	0

Насамперед необхідно зазначити, що у більшості випадків зниження ЧД наступного після тренування ранку у 36% випадків відзначається тенденція до зниження ЧСС, в 36% випадків ЧСС відновлюється до вихідних значень, а 28% випадків ЧСС збільшується. В 60% випадків ДО відновлюється до вихідних значень, в 24% - знижується, а в 16% - збільшується. Такі зміни характеризують певну дисоціацію між серцево-судинною та дихальною системою.

У більшості випадків збільшення ЧД наступного після тренування ранку ЧСС відновлюється до вихідних значень (50%), проте є тенденція до її зниження, яка спостерігається у кожного третього (33,3%) атлета, і тільки у кожного шостого (16,7%) відзначається помірне збільшення ЧСС. При цьому відзначається істотна схильність до зниження ДО (33,3%).

Тобто, запропонований алгоритм оцінки функціональних показників дозволяє адекватно охарактеризувати стан та зміни функції як в цілому по групі, так і при окремих опорних значеннях, або напрямках змін в організмі, що традиційними способами статистичного аналізу зробити складніше.

Окремо наведемо приклад індивідуальних змін показників діяльності кардіореспіраторної системи за впливу тренувального навантаження та у період відновлення, які отримані з використанням САКР.

Обстежений атлет С., 24 роки, МСМК з боксу. Стаж занять 12 років. За даними аналізу ВСР за методом запропонованим Н.І. Шлик у вихідному стані діагностовано помірне напруження регуляції серцевого ритму (I тип), одразу після навантаження відзначався II тип (розвиток втоми, істотне зниження регуляторних впливів на серцевий ритм), наступного після тренування ранку – також II тип. Така динаміка засвідчує розвиток перенапруження за симпатичним типом.

У табл. 5 згруповано індивідуальні оцінки показників, які отримані під час дослідження САКР та характеризують різні складові забезпечення функціонального стану організму атлета до (K_1), одразу після (K_2) та

наступного після тренувального навантаження ранку (K_3). З огляду на показники всіх систем зупинимось на показниках, які характеризують відновлення організму після навантаження. Тобто, нашу увагу звернемо на ранги показників при K_3 у порівнянні з K_1 .

Таблиця 5

Профілі індивідуального напруження окремих ланок забезпечення функціонального стану кардіореспіраторної системи атлета С. з урахуванням перцентильних розподілів показників в динаміці спостереження

Показник	K_1	K_2	K_3	Показник	K_1	K_2	K_3
Гемодинаміка				Кардіоінтерваломерія			
КДО, см^3	0	0	1	ЧСС, хв^{-1}	0	2	0
КСО, см^3	0	1	0	Р, с	1	2	1
УО, см^3	0	0	0	РQ, с	2	2	2
ХОК, л	0	1	1	QR, с	0	-1	0
УІ	0	-1	0	QRS, с	0	0	1
ЗПОС	0	0	-1	ST, н.о.	1	0	0
СІ	0	1	0	QT _с	-1	0	1
Варіабельність серцевого ритму				Артеріальний тиск та барорецепторна чутливість			
TP, мс^2	-1	-2	-2	СТ, мм рт.ст.	0	1	-1
VLF, мс^2	0	-2	-1	ДТ, мм рт.ст.	-1	0	-2
LF, мс^2	-1	-2	-1	Індекс Кердо	0	1	1
HF, мс^2	0	-2	0	BR _{LF}	0	-2	-1
LFHF, у.о.	0	-1	0	BR _{HF}	-1	-2	-1
Варіабельність систолічного артеріального тиску				Варіабельність діастолічного артеріального тиску			
TP _{СТ} , мм рт.ст ²	-1	0	-1	TP _{ДТ} , мм рт.ст ²	0	-1	-1
VLF _{СТ} , мм рт.ст ²	-2	0	-1	VLF _{ДТ} , мм рт.ст ²	-1	-1	-2
LF _{СТ} , мм рт.ст ²	-1	-1	0	LF _{ДТ} , мм рт.ст ²	0	0	0
HF _{СТ} , мм рт.ст ²	0	1	0	HF _{ДТ} , мм рт.ст ²	-1	-1	0
LFHF _{СТ} , у.о.	-1	-2	0	LFHF _{ДТ} , у.о.	1	1	0
Варіабельність спонтанного дихання				Паттерн дихання			
TP _Д , (л/хв) ²	0	0	0	T _{інсп} , с	0	0	-1
VLF _Д , (л/хв) ²	-2	-2	0	Техр, с	-1	-1	-2
LF _Д , (л/хв) ²	-1	-1	-1	ДО, л	0	0	0
HF _Д , (л/хв) ²	0	1	1	T _{інсп} /Техр	1	1	1
LFHF _Д , у.о.	0	-2	-1	ЧД, хв^{-1}	1	1	2

Характеризуючи функціональний стан організму даного атлета можна констатувати, що у нього відзначається істотне недовідновлення організму за рахунок збільшення КДО та ХОК на тлі зменшення ЗПОС, погіршення внутрішньосерцевої провідності (QRS) на тлі істотного збільшення електричної систоли шлуночків (QT_c), зниження загальних регуляторних впливів на серцевий ритм (TP).

Доповнюють характеристику стану зниження артеріального тиску на тлі зниження чутливості барорецепторів (BR_{LF}), зниження загальних регуляторних впливів на діастолічний тиск (TP_{DT}) за рахунок надсегментарних механізмів (VLF_{DT}), підвищення ваготонічних впливів на регуляцію дихання (HF_d) на тлі збільшення ЧД за рахунок пришвидшення видиху.

Тобто, за короткий час виміру з використанням САКР отримано низку показників, за допомогою яких можна об'єктивно охарактеризувати функцію серцево-судинної, дихальної та автономної нервової систем, а апробований підхід до оцінки параметрів дозволяє в єдиній шкалі ранжированих з урахуванням перцентильного розподілу параметрів надати об'єктивну оцінку поточного функціонального стану організму атлета. Звичайно, даний підхід з реєстрацією показників у стані відносного м'язового спокою не дозволяє охарактеризувати резервні можливості організму, але достатньо чітко характеризує підбудову кардіореспіраторного гомеостазу до умов, що виникають.

Розвиток технологій та програмного забезпечення дозволить істотно пришвидшити реалізацію даного підходу в широкому застосуванні на практиці. Основними елементами подальшого наукового пошуку є розробка автоматизованих систем розрахунку перцентильних розподілів з урахуванням приватних кореляцій отримуваних параметрів, що дозволить нівелювати фізіологічні зв'язки між окремими з них та підвищить прогностичне значення поєднаного аналізу великої кількості даних з метою діагностики та подальшої корекції функціонального стану.

Звичайно, нестримний розвиток технологій приводить до істотного збільшення можливостей одночасної реєстрації різних фізіологічних параметрів діяльності організму, проте питання їх поєднаної адекватної та об'єктивної оцінки залишається відкритим.

Висновок

Використання спіроартеріокардіоритмографії у лікарсько-педагогічних спостереженнях за атлетами при поточному контролі

в «польових умовах» дозволяє об'єктивізувати функціональний стан організму з урахуванням взаємодії серцево-судинної та дихальної систем. Апробований підхід до оцінки окремих фізіологічних показників з використанням перцентильного аналізу дозволив поєднано в єдиній шкалі оцінок охарактеризувати як групові зміни в функціональному забезпеченні фізичної роботи, так і індивідуальні параметри організму атлета з позицій його відновлення у постнавантажувальний період.

Література

1. Баевский Р, Берсенева А. *Введение в доназологическую диагностику*. М.: Слово. 2008.
2. Бреслав И, Волков Н., Тамбовцева Р. *Дыхание и мышечная активность человека и спорте*. М.: Советский спорт. 2013.
3. Гузій О, Романчук О, Магльований А. Постнавантажувальна динаміка показників варіабельності серцевого ритму у висококваліфікованих спортсменів при формуванні перенапружень за симпатичним та парасимпатичним типами. *Art of Medicine*. 2020; 4(16):28-36.
4. Гузій О, Романчук О. Постнавантажувальна динаміка варіабельності артеріального тиску на кожному серцевому скороченні у висококваліфікованих атлетів. *Фізична реабілітація та рекреаційно-оздоровчі технології*. 2021; 6(1): 5-14.
5. Носкин Л, Карганов М. Полисистемные обследования спортсменов и лиц опасных профессий. *Спортивный врач*. 2012. 1(1-2) 51-6.
6. Носкин Л, Рубинский А, Романчук А, Марченко В, Пивоваров В, Черепов А, Заровкина Л. Изучение сердечно-сосудистого и дыхательного синхронизма при различных режимах дыхания. *Патогенез*. 2018; 16(4), 90-96.
7. Паненко А, Бабов К, Носкін Л, Романчук О, Пивоваров В. *Спіроарт-еріокардіоритмографія як поліфункціональний метод дослідження кардіореспіраторної системи у реабілітаційних установах*. Методичні рекомендації МОЗ України. Київ. 2006.
8. Паненко А, Романчук О. Санотипування у визначенні морфофункціональних детермінант вегетативних розладів. *Медична реабілітація, курортологія, фізіотерапія*. 2006; 4:30-4.
9. Паненко А, Носкін Л, Романчук О. Індивідуальне санотипування як основа адресатних корекційно-реабілітаційних заходів. *Одеський медичний журнал*. 2004;(1):65–8.

10. Панкова Н, Алчинова И, Яковенко Е, Карганов М. Представленность разных величин функциональных показателей сердечно-сосудистой системы в возрасте 22-90 лет. *Технологии живых систем*. 2016; 13(7):16-24.
11. Платонов В. Общая теория подготовки спортсменов в Олимпийском спорте. К.: Олимпийская литература, 1997. 59-131.
12. Романчук О, Бажора Я. Варіабельність та паттерн дихання пацієнтів з персистуючим перебігом бронхіальної астми та ожирінням. *Український журнал медицини, біології та спорту*. 2018; 3(7): 74–83.
13. Романчук О, Пісарук В. Зміни показників центральної гемодинаміки кваліфікованих спортсменів при тестуванні з використанням керованого дихання та їх оцінка. *Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту*. 2013; 11:77-84.
14. Сокрут В, Казаков В. *Медицинская реабилитация в спорте*. Донецк: Каштан. 2011.
15. Alchinova, I., Karganov, M. Physiological Balance of the Body: Theory, Algorithms, and Results. *Mathematics*. 2021; 9(3):209.
16. Aubry, A., Hausswirth, C., Louis, J., Coutts, A. J., Le Meur, Y. Functional overreaching: The key to peak performance during the taper? *Med. Sci. Sports Exerc.* 2014; 46:1769-77.
17. Bellenger C, Thomson R, Davison K, Robertson E, Buckley J. The Impact of Functional Overreaching on Post-exercise Parasympathetic Reactivation in Runners. *Front Physiol.* 2021; 11.
18. Cottin F, Medigue C, Papelier Y. Effect of heavy exercise on spectral baro-reflex sensitivity, heart rate, and blood pressure variability in well-trained humans. *Am. J. Physiol. - Heart Circ. Physiol.* 2008; 295(3), H1150- H1155.
19. Dupuy O. An Evidence-Based Approach for Choosing Post-exercise Recovery Techniques to Reduce Markers of Muscle Damage, Soreness, Fatigue, and Inflammation: A Systematic Review With Meta-Analysis. *Front Physiol*, 2018; 9(403):1-15.
20. Guzii O, Romanchuk A. Differentiation of hemodynamics of top athletes depending on heart rate variability after training. *J Adv Med Med Res*. 2017; 22(3):1-10.
21. Hausswirth C, Mujika I. *Recovery for performance in sport*. Champaign, IL: Human Kinetics. 2013.
22. Herzig, D., Asatryan, B., Brugger, N., Eser, P., Wilhelm, M. The Association Between Endurance Training and Heart Rate Variability: The Confounding Role of Heart Rate. *Front Physiol*, 2018; 19(9), 756.

23. Karemaker J. An introduction into autonomic nervous function. *Physiological Measurement*, 2017; 38 (5), R89-R118.
24. Meeusen, R., Duclos, M., Foster, C., Fry, A., Gleeson, M., Nieman, D.,...Urhausen, A. European College of Sport Science; American college of Sports Medicine. Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: Joint consensus statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. *Med Sci Sports Exerc*, 2013; 45:186–205.
25. Pankova N, Karganov M. Changes in the parameters of respiration, blood pressure, heart rate variability, and cardiac performance during adaptation to the conditions of high-latitude marine expedition (Franz Josef land, 2017). *International Journal of Psychophysiology*. 2018. 131(S): S91.
26. Peñáz J. Criteria for set point estimation in the volume clamp method of blood pressure measurement. *Physiol Res*. 1992; 41(1):5–10.
27. Pivovarov V. [A spiroarteriocardiorhythmograph]. *Med Tekh*. 2006; (1):38-40. (in Russian)
28. Romanchuk A. Estimation of cardiovascular system reactance of sportsmen at use of tests with controlled respiration. *J Heal Sci*. 2013; 3(4):335–48.
29. Romanchuk A, Guzii O. Features of the Blood Pressure Variability of Athletes with Different Levels of Functional State of the Body. *Journal of Education, Health and Sport*. 2019; 9(3):11-20.
30. Wesseling K. Finapres, continuous noninvasive finger arterial pressure based on the method of Peñáz. In: Meyer-Sabellek W., Gotzen R., Anlauf M., Steinfeld L. (eds) *“Blood Pressure Measurements”*. Steinkopff. 1990.