

# Функціональний стан плавців високої кваліфікації за умов диференційованої спортивної підготовки

УДК 797.2.071.2 : [796.015.1 : 612.1]

Є. Л. Михалюк<sup>1</sup>, Є. Ю. Гороховський<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Запорізький державний медико-фармацевтичний університет, Запоріжжя, Україна

<sup>2</sup>Запорізький національний університет, Запоріжжя, Україна

**Резюме.** Вивчено питання пошуку нових шляхів оптимізації тренувального процесу плавців високої кваліфікації. *Мета.* Аналіз впливу тренувальних навантажень на функціональний стан висококваліфікованих плавців залежно від методики тренувань. *Методи.* Для оцінки вегетативної регуляції серцевої діяльності використовували часовий та спектральний методи аналізу варіабельності серцевого ритму (BCP), центральну гемодинаміку (ЦГ) вивчали методом автоматизованої тетраполярної реографії за В. Кубічком у модифікації Ю. Т. Пушкаря, фізичну роботоzдатність вимірювали за загальноприйнятою методикою на стаціонарному велоергометрі (Corival, Lode, Нідерланди) з використанням субмаксимального тесту PWC<sub>170</sub> з подальшим розрахунком відносного значення фізичної роботоzдатності (PWC<sub>170/кг</sub>). *Результати.* Виявлено достовірне зниження PWC<sub>170/кг</sub> у сучасних плавців-спринтерів кваліфікації КМС (як жінок, так і чоловіків), та чоловіків-плавців рівня МС-МСМК. Різниця в показниках BCP та центральної гемодинаміки була статистично незначущою. Встановлено достовірне зниження функціонального стану сучасних плавців-спринтерів обох статей на фоні більш раннього досягнення нормативів кандидата у майстри спорту, майстра спорту та майстра спорту міжнародного класу, ніж їхні ровесники у 2006 р. Однією з можливих причин зниження функціонального стану плавців-спринтерів високого класу обох статей може бути зміна сучасної методики тренувального процесу, яка орієнтована на зменшення тренувальної роботи в зоні розвитку загальної витривалості (аеробної спрямованості) на користь збільшення роботи швидко-силової (анаеробної) спрямованості.

**Ключові слова:** плавці обох статей, варіабельність серцевого ритму, центральна гемодинаміка, фізична роботоzдатність.

## Functional state of elite swimmers under conditions of differentiated sports preparation

Ye. L. Mykhaliuk<sup>1</sup>, Ye. Yu. Gorokhovskiy<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Zaporizhzhia State Medical and Pharmaceutical University, Zaporizhzhia, Ukraine

<sup>2</sup>Zaporizhzhia National University, Zaporizhzhia, Ukraine

**Abstract.** The issue of finding new ways to optimize the training process of elite swimmers was examined. *Objective.* To analyze the influence of training loads on the functional state of elite swimmers, depending on the training methodology. *Methods.* To assess the vegetative regulation of cardiac activity we used time and frequency domain methods of heart rate variability (HRV) analysis; central hemodynamics (CH) was studied using automated tetrapolar rheography method by V. Kubichek in modification by Yu. T. Pushkar; physical work capacity was measured according to the generally accepted method on a stationary bicycle ergometer (Corival, Lode, the Netherlands) using the submaximal exercise test PWC<sub>170</sub> with subsequent calculation of the relative value of physical work capacity (PWC<sub>170/kg</sub>). *Results.* A significant decrease in PWC<sub>170/kg</sub> was found in sprint swimmers of the Candidate for master of sports level (both women and men) and in male swimmers of Master of sports and Candidate for master of sports level. The differences in HRV and central hemodynamics measures were statistically insignificant. A significant decrease in the functional state of sprint swimmers of both sexes against the background of earlier fulfillment of qualification for the Candidate for master of sports, Master of sports and Master of

sports of international class than their peers in 2006 was found. One of the possible reasons for the decrease in the functional state of elite sprint swimmers of both sexes may be a change in the modern methodology of the training process, which is focused on reducing the training work in the zone of development of general endurance (aerobic mode) in favor of increasing the work focused on speed and strength development (anaerobic mode).

**Keywords:** swimmers of both sexes, heart rate variability, central hemodynamics, physical work capacity.

**Постановка проблеми.** Зростання результатів у сучасному спортивному плаванні диктує необхідність пошуку нових шляхів оптимізації тренувального процесу. Одним з таких напрямів може бути акцентування уваги в підготовці плавців-спринтерів на питаннях вдосконалення методики, спрямованої на розвиток силових якостей, яка для плавців-спринтерів повинна включати не менше 55–56 % обсягу роботи [4]. М. І. Петрушко зі співавт. вважають, що високий рівень розвитку фізичних якостей дозволяє спортсмену успішно справлятися з тренувальними навантаженнями та напруженням на змаганнях, забезпечує швидке й ефективне відновлення між тренуваннями та змаганнями [3]. Тому для спортсменів будь-якої кваліфікації необхідні як різнобічні, так і спеціалізовані силові вправи, в застосуванні яких на кожному етапі підготовки повинна дотримуватися правильна пропорція.

О. Будзуляк зосереджує увагу на ньому, що під час силової підготовки плавців-спринтерів потрібно звернути увагу на параметри дозування фізичних та атлетичних вправ, які позитивно впливають на функціональний стан плавця; ураховувати відповідну організацію та методику педагогічного контролю за рівнем розвитку максимальної сили, швидкісної сили й силової витривалості, при цьому відомо, що високій рівень останньої залежить від загальної витривалості [1].

Оскільки подальший прогрес світових досягнень у плаванні шляхом розвитку аеробної потужності повністю вичерпаний В. М. Платонов пропонує застосовувати подальшу інтенсифікацію тренування [5]. Підвищення аеробної місткості та економічності не може бути головним (єдиним) напрямом спортивного вдосконалення у плавців екстракласу, оскільки граничні за обсягом навантаження на рівні порогу анаеробного обміну (ПАНО) та в аеробній зоні вже досягнуті на попередніх етапах багаторічної підготовки, тому на перший план виходить пошук методики, що покращує анаеробні можливості провідних плавців на базі високого рівня розвитку аеробної витривалості у вікових групах. Ю. Сіренко зі співавт., враховуючи, що спринтерські дистанції вимагають від плавців високого рівня функціо-

нальних можливостей організму, особливо креатинфосфатного та гліколітичного механізмів ресинтезу АТФ, пропонує досягати високих показників рівня розвитку швидко-силових якостей [8].

Очевидно, що олімпійських висот у плаванні може досягти тільки обдарований спортсмен, який має специфічні особливості статури, гідродинамічні якості, володіє найвищим рівнем здоров'я, фізичних і психічних здібностей, а також технічної та тактичної майстерності. У зв'язку з цим вирішальне значення має налагоджена система пошуку та відбору особливо обдарованих спортсменів.

Кожному етапу багаторічного спортивного тренування відповідає свій комплекс критеріїв, що визначає перспективи досягнення висот спортивної майстерності [6, 10, 12, 18, 19].

Розвиток спортивного плавання та зростання рекордів визначено багатьма факторами, й одними з них є методичні підходи. У хронологічному порядку з початку ХХ ст. і до середини 1920-х років плавці тренувалися 2–3 рази на тиждень 4–6 міс. на рік. Основним способом тренування було пропливання довгих дистанцій – від 400 до 3000 м поступово у середньому темпі [11]. Приріст результатів відбувався, головним чином, шляхом удосконалення техніки плавання, яка швидко прогресувала в ці роки. Тоді ж набула поширення методика тренування, спрямована на розвиток витривалості: збільшення обсягу та інтенсивності плавання, поява елементів інтервального тренування, змінного та повторного плавання.

З середини 1950-х років у спортивному плаванні починається епоха інтервального тренування. Саме в ці роки, до середини 1975 р., почалося швидке зростання обсягів плавальної підготовки: з 500–600 км до 2400–2700 км на рік. Насамперед зростала кількість плавання малої інтенсивності (нижче рівня ПАНО). Такі тренування переважно удосконалювали аеробні можливості: аеробну місткість і економічність та, меншою мірою, анаеробну потужність. Тобто таким чином розвивалася переважно витривалість. Наприкінці 1970-х років тренувальні навантаження швидко досягли максимальних величин (рекордні значен-

ня в окремих плавців становили 3800–4000 км на рік). Спроби досягти цих величин, а тим більше перевершити їх, призводили лише до погіршення рівня результатів [6]. Оскільки резерви зростання навантажень шляхом обсягу на початок 1980-х років були вичерпані, почала зростати їх інтенсивність. При цьому загальні обсяги плавання навіть дещо знизилися. Широко використовували плавання з жорсткими інтервалами та високою швидкістю, збільшився обсяг роботи, спрямованої на вдосконалення анаеробної місткості та ефективності [7, 21]. Таким чином, подальший прогрес у плаванні шляхом розвитку аеробної потужності себе повністю вичерпав і виникла потреба інтенсифікації тренувальної роботи.

Нині підвищення аеробної місткості та економичності не може бути головним напрямом спортивного вдосконалення у плавців екстракласу, оскільки, як зазначалося вище, граничні за обсягом навантаження на рівні ПАНУ та в аеробній зоні вже були досягнуті на початкових етапах багаторічної підготовки. Тому необхідний пошук методики, що покращує анаеробні можливості провідних плавців на базі високого рівня розвитку аеробної витривалості у вікових групах. Обґрунтуванням цього є тренування бігунів на 800 м (час пробігання їхньої змагальної дистанції можна порівняти з часом пропливання плавцями дистанції 200 м), у яких парціальні обсяги анаеробних навантажень приблизно у 2–3 рази перевищують відповідні значення у плавців [6, 15]. Таким чином, зміна сучасної методики тренувального процесу у плавців, спрямованої на зменшення тренувальної роботи в зоні розвитку загальної витривалості (аеробної спрямованості) шляхом збільшення роботи швидко-силової (анаеробної) спрямованості мала б позначитися не тільки на спортивних результатах, а й на появі ряду особливостей функціонального стану плавців-спринтерів, що й стало предметом вивчення нашої роботи.

**Мета дослідження** – порівняти зміни функціонального стану плавців високого класу під впливом тренувальних навантажень залежно від методики тренувань.

**Методи дослідження:** для оцінки вегетативної регуляції серцевої діяльності використовували часовий та спектральний методи аналізу варіабельності серцевого ритму (ВСР). Для аналізу ВСР використовували 5-хвилинні короткі записи ЕКГ (Кардіо+, ТОВ «Метеокол», Україна) відповідно до міжнародного стандарту [9]. Часові методи аналізу параметрів ВСР включали такі показники: мода ( $M_o$ , с), амплітуда моди ( $A M_o$ , %), варіаційний розмах ( $D$ , с). Розраховували ряд

похідних індексів: індекс вегетативної рівноваги ( $A M_o/D$ , %/с), вегетативний показник ритму (ВПР,  $1/c^2$ ), показник адекватності процесів регуляції (ПАПР, %/с), індекс напруження (ІН), ум. од. Частотні компоненти ВСР оцінювали за спектральними показниками автокореляційних функцій: загальна спектральна потужність (TP) ( $mc^2$ ), спектральні компоненти дуже низької частоти (VLF) ( $mc^2$ ), низької частоти (LF) ( $mc^2$ ) та високої частоти (HF) ( $mc^2$ ), нормалізовані значення LF та HF (LFn, %, HFn, %), відношення LF/HF (відн. од.).

Центральну гемодинаміку (ЦГ) вивчали методом автоматизованої тетраполярної реографії (Cardio+, ТОВ «Метеокол», Україна). Розраховували ударний (УО) та хвилинний об'єми серця (ХОК), ударний (УІ) та серцевий індекси (СІ), загальний та питомий периферичний опір судин (ЗПОС, ППО) [20]. Фізичну роботоздатність вимірювали за загальноприйнятою методикою на стаціонарному велоергометрі (Corival, Lode, Нідерланди) з використанням субмаксимального тесту PWC170 з подальшим розрахунком відносного значення фізичної роботоздатності ( $PWC_{170/kr}$ ) [13]. Дослідження серед жінок було проведено після менструальної фази оваріально-менструального циклу.

Статистичний аналіз отриманих даних проводили із використанням програми Statistica 13.0 (StatSoft, (USA), номер ліцензії JPZ8041382130ARCN10-J. Нормальність розподілу кількісних ознак аналізували за допомогою тесту Шапіро-Вілка. Параметри з нормальним розподілом представлені у вигляді середнього арифметичного ( $M$ ) та похибки середнього арифметичного ( $m$ ). Кількісні показники порівнювали за допомогою двобічного t-критерію для непарних вибірок, а якісні показники – за допомогою  $\chi^2$ -тесту з поправкою Йєтса. Статистично значущою вважали різницю при  $p < 0,05$ .

**Результати дослідження.** У підготовчий період тренувального процесу було обстежено 145 плавців (56 жінок та 89 чоловіків) зі спортивною кваліфікацією від кандидатів у майстри спорту (КМС) до майстрів спорту (МС) та майстрів спорту міжнародного класу (МСМК), з них 56 плавців (31 жінка та 25 чоловіків) у 2006 р. та 89 плавців (25 жінок та 64 чоловіки) – у 2021 р. Учасники підписали поінформовану згоду на участь у дослідженні. Етичну згоду було отримано від комітету з етики місцевої установи та відповідно до Гельсінкської декларації. Обстеження спортсменів проводили у стані спокою у положенні лежачи.

На першому етапі дослідження було проведено порівняння показників, що характеризують

функціональний стан плавчинь-спринтерів кваліфікації КМС ( $n = 13$ , середній вік  $15,6 \pm 0,3$  року, стаж плавання  $6,2 \pm 0,4$  року), обстежених у 2006 році [2] та 16 плавчинь аналогічної спортивної кваліфікації (середній вік  $15,1 \pm 0,40$  року, стаж плавання  $7,4 \pm 0,44$  року), обстежених у 2021 р. [14, 16, 17]. Аналіз часових та спектральних параметрів варіабельності серцевого ритму, що характеризують стан автономної нервової системи (АНС), виявив переважання парасимпатичної ланки у плавців-жінок спортивної кваліфікації КМС у 2006 р. Так, значення  $M_o$ , що свідчить про рівень функціонування серцево-судинної системи, становило  $0,996 \pm 0,044$  с,  $A_{Mo}/D$  – показник, що визначає співвідношення симпатичного та парасимпатичного регулювання серцевої діяльності –  $56,7 \pm 8,0$  %/с, ВПР – показник, що дозволяє оцінити вегетативний баланс –  $2,054 \pm 0,245$  1/с<sup>2</sup>, ІН – індекс напруження, що відображає ступінь централізації управління серцевим ритмом  $30,08 \pm 4,05$  (відн. од.), HF – високочастотний компонент, що відображає вагальний контроль серцевого ритму  $738,0 \pm 190,1$  мс<sup>2</sup>, LF/HF – індекс симпато-вагального балансу  $0,853 \pm 0,341$  відн. од.

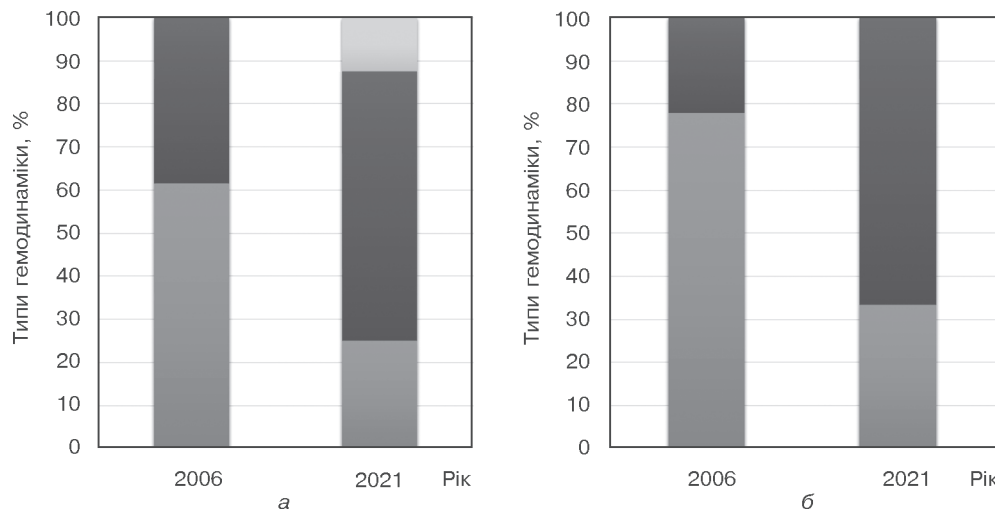
Середні значення параметрів центральної гемодинаміки були представлені частотою серцевих скорочень (ЧСС), серцевим індексом (СІ) та ППО, які становили  $57,8 \pm 1,8$  уд · хв<sup>-1</sup>,  $2,737 \pm 0,093$  л · хв<sup>-1</sup> · м<sup>-2</sup> та  $28,73 \pm 1,07$  відн. од. відповідно. Значення СІ відповідало гіпокінетичному типу кровообігу (ТК). Відсоткове співвідношення ТК було представлено як: 61,5:38,5:0 відповідно, гіпокінетичний, еукінетичний та гіперкінетичний тип кровообігу (ТК), тобто спостерігалися тенденція до переважання гіпокінетичного ТК над еукінетичним ( $p = 0,419$ ) та відсутність спорт-

сменок з гіперкінетичним ТК (рис. 1, а). Значення  $PWC_{170/кг}$  було на досить високому рівні –  $19,25 \pm 0,86$  кгм · хв<sup>-1</sup> · кг<sup>-2</sup>.

Дані, отримані у 2021 р. [14, 16, 17] у 16 спортсменок з аналогічною спортивною кваліфікацією, показали, що  $M_o$  становила  $0,872 \pm 0,037$ ,  $A_{Mo}/D$  –  $88,12 \pm 15,18$  %/с, ВПР –  $3,104 \pm 0,359$  1/с<sup>2</sup>, ІН –  $53,73 \pm 9,41$  відн. од., HF –  $337,8 \pm 47,2$  мс<sup>2</sup>, LF/HF –  $1,674 \pm 0,331$  відн. од. Отримані результати аналізу часових та спектральних параметрів ВСР виявляють тенденцію до переважання симпатичної ланки АНС. Це підтверджується значенням ЧСС, що становило  $61,4 \pm 2,9$  уд · хв<sup>-1</sup>. Інтегральний показник центральної гемодинаміки серцевий індекс (СІ) становив  $3,021 \pm 0,11$  л · хв<sup>-1</sup> · м<sup>-2</sup>, що відповідає еукінетичному ТК, а ППО –  $27,19 \pm 1,31$  відн. од. Відсоткове співвідношення ТК було представлено як: 25,0:62,5:12,5 %, відповідно гіпокінетичний, еукінетичний та гіперкінетичний ТК, що свідчить про тенденцію до превалювання еукінетичного над гіпокінетичним ТК ( $p = 0,204$ ) та підтверджує середню величину СІ (див. рис. 1, а).

Порівняння результатів, отриманих у плавчинь кваліфікації КМС, обстежених у 2006 [2] та 2021 роках [14, 16, 17] демонструє, що сучасні спортсмени були за віком молодші ( $p = 0,345$ ), почали навчання плавання на 1,2 року ( $p = 0,08$ ) раніше, мали відмінності у довжині тіла і недостовірно велику масу тіла ( $p = 0,152$ ). За параметрами ВСР виявлено, що  $M_o$  був достовірно меншим на 14,22 % ( $p = 0,044$ ), ВПР – більше на 51,1 % ( $p = 0,029$ ), ІН – на 78,6 % ( $p = 0,048$ ) та тенденцію збільшення  $A_{Mo}/D$  на 55,38 % ( $p = 0,108$ ). Серед спектральних параметрів ВСР у сучасних жінок-плавчинь достовірно менша HF-компонента на 54,23 % ( $p = 0,033$ )

**Рисунок 1** – Відсоткове співвідношення типів кровообігу плавчинь рівня КМС (а) та МС-МСМК (б) у 2006 та 2021 роках:  
 ■ – гіпокінетичний,  
 ■ – еукінетичний,  
 ■ – гіперкінетичний



і тенденція до збільшення співвідношення LF/HF на 96,25 % ( $p = 0,104$ ).

З боку центральної гемодинаміки вони мали недостовірно вищу ЧСС на 6,22 % ( $p = 0,327$ ) та СІ на 10,4 % ( $p = 0,075$ ). Значно нижчі значення виявлено з боку відносної величини фізичної роботоzдатності на 23,84 % ( $p = 0,0003$ ). Таким чином, у сучасних плавчинь кваліфікації КМС виявлено переважання симпатичної ланки АНС, фізіологічно менш сприятливий еукінетичний ТК і, що важливо, достовірно нижче значення  $PWC_{170}/\text{кг}$  на 23,84 % ( $p = 0,0003$ ) (рис. 2, а).

Під час порівняння досліджуваних показників плавчинь рівня МС-МСМК у 2006 [2] та 2021 роках [14, 16, 17] встановлено, що у 18 спортсменок з зазначеною спортивною кваліфікацією у 2006 р. (середній вік  $21,0 \pm 1,4$  року, стаж занять з плавання  $11,3 \pm 1,4$  року, довжина тіла  $175,0 \pm 0,9$  см, маса тіла  $61,5 \pm 0,9$  кг), величина  $M_o$   $1,022 \pm 0,032$  с,  $A_{M_o}/D$   $105,2 \pm 20,9$  %/с, ВПР  $2,831 \pm 0,418$  1/с2, ІН  $55,74 \pm 12,75$  відн. од, HF  $652,6 \pm 148,2$   $\text{мс}^{-2}$ , LF/HF  $1,054 \pm 0,344$  відн. од.

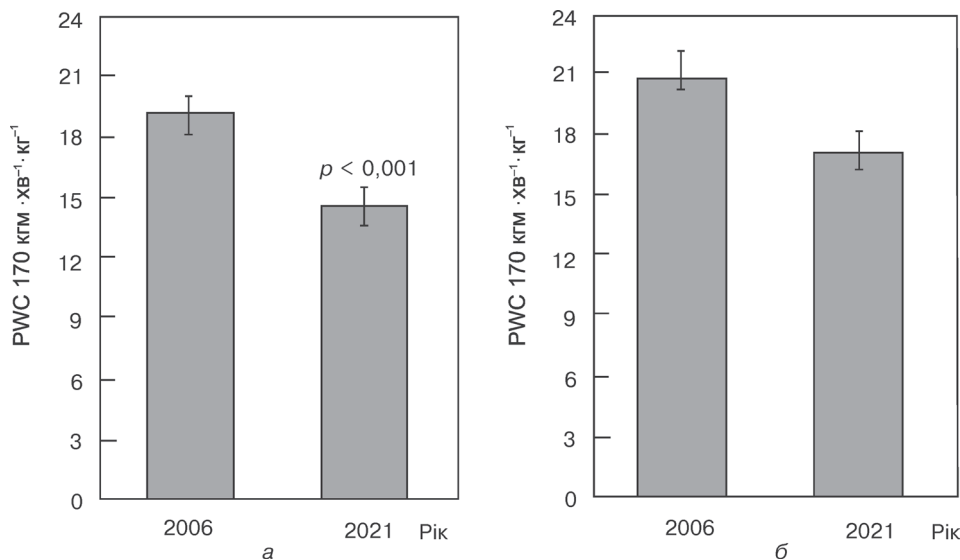
З боку показників центральної гемодинаміки ЧСС становить  $54,3 \pm 1,9$   $\text{уд} \cdot \text{хв}^{-1}$ , СІ  $2,555 \pm 0,087$   $\text{л} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}$ , що відповідає гіпокінетичному ТК, ППО  $30,77 \pm 1,0$  відн. од. Відсоткове співвідношення ТК представлено як: 77,8:22,2:0 %, відповідно гіпокінетичний, еукінетичний та гіперкінетичний ТК, тобто у цих плавчинь спостерігалася тенденція до переважання гіпокінетичного ТК ( $p = 0,392$ ) та відсутність спортсменок із гіперкінетичним ТК. Середнє значення  $PWC_{170}/\text{кг}$  становило  $20,78 \pm 1,70$   $\text{кгм} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$ . Порівняння досліджуваних показників з параметрами

плавчинь ( $n = 9$ ) рівня МС-МСМК у 2021 р. [14, 16, 17] показало, що вік та стаж плавання були трохи меншими на 3,6 року ( $p = 0,109$ ) та 1,6 року ( $p = 0,461$ ) відповідно, ніж у спортсменок, обстежених у 2006 р. [2].

Плавчині рівня МС-МСМК, обстежені у 2006 р., мали меншу довжину тіла на 3,7 см ( $p = 0,08$ ), але більшу на 2,1 кг масу тіла ( $p = 0,302$ ), проте ці відмінності не досягли порога статистичної значущості та мали характер тенденції. З параметрів ВСР відзначалася тенденція до зниження величини  $M_o$  ( $p = 0,116$ ),  $A_{M_o}/D$  ( $p = 0,533$ ), ІН ( $p = 0,824$ ) та підвищення ВПР ( $p = 0,873$ ). Щодо спектральних компонентів ВСР, то спостерігалася тенденція до зниження HF-компонента ( $p = 0,793$ ) і підвищення індексу симпато-вагального балансу ( $p = 0,993$ ), тобто, часові та спектральні параметри ВСР свідчать про тенденцію до переважання симпатичної ланки АНС.

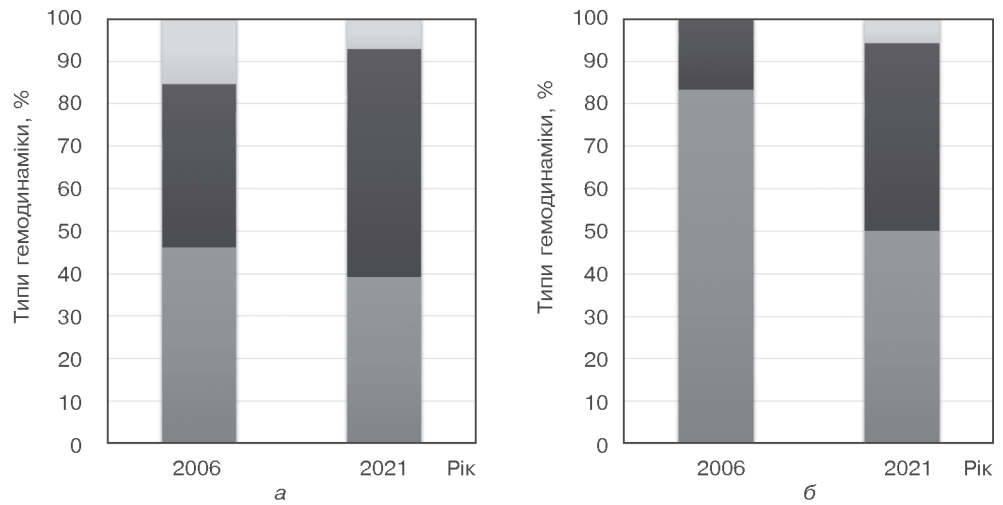
Серед параметрів центральної гемодинаміки у плавчинь рівня МС-МСМК було виявлено значне збільшення СІ на 16,6 % ( $p = 0,007$ ), зниження значень ППО на 10,9 % ( $p = 0,049$ ) та тенденцію до збільшення ЧСС на 12,33 % ( $p = 0,09$ ). Відсоткове співвідношення ТК було представлено як 33,33:66,67:0 %, відповідно гіпокінетичний, еукінетичний та гіперкінетичний ТК, тобто, спостерігалася тенденція до переважання еукінетичного ТК ( $p = 0,343$ ) та відсутність плавчинь з гіперкінетичним ТК (рис. 1, б).

Відносна величина фізичної роботоzдатності у сучасних плавчинь зі спортивною кваліфікацією МС-МСМК була менша на 18,28 % ( $p = 0,154$ ), проте це зменшення не досягло порога статистичної значущості (рис. 2, б).



**Рисунок 2** – Фізична роботоzдатність плавчинь кваліфікації КМС (а) та рівня МС-МСМК (б), обстежених у 2006 та 2021 роках

**Рисунок 3** – Відсоткове співвідношення типів кровообігу плавців кваліфікації КМС (а) та рівня МС-МСМК (б), обстежених у 2006 та 2021 роках:   
 ■ – гіпокінетичний, ■ – еукінетичний, □ – гіперкінетичний



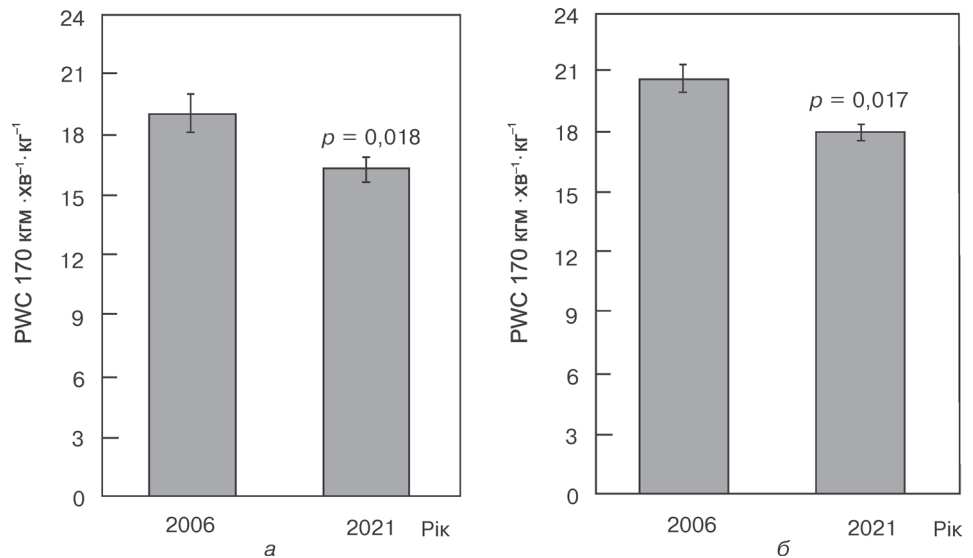
Науковий інтерес представляє питання порівняння параметрів варіабельності серцевого ритму, центральної гемодинаміки та фізичної роботоzдатності у чоловіків-плавців за вказаний період часу у 2006 та 2021 рр. Антропометричні вимірювання, параметри ВСР та показники фізичної роботоzдатності порівнювалися між групою чоловіків-плавців кваліфікації КМС (n = 13), обстежених у 2006 р. [2], та 28 плавцями аналогічної спортивної кваліфікації, обстежених у 2021 р. [14, 16, 17]. Вік, стаж плавання та маса тіла у сучасних чоловіків-плавців кваліфікації КМС мали тенденцію до зниження на 0,9 кг (p = 0,267), 0,6 року (p = 0,330) та 2 кг (p = 0,273) відповідно, а довжина тіла була достовірно меншою на 3,8 см (p = 0,004). З боку часових параметрів ВСР у них було виявлено нижчі значення АМо/Д (99,6 ± 12,83 проти 105,6 ± 7,2 %/с, p = 0,788), ВПР (3,111 ± 0,302 1/с<sup>2</sup> проти 3,228 ± 0,362, p = 0,819) та ІН (57,82 ± 8,38 проти 58,85 ±

± 10,38 відн. од., p = 0,942). Незважаючи на те що ці зміни мали недостовірний характер, простежується тенденція до превалювання парасимпатичних впливів АНС.

Що стосується параметрів центральної гемодинаміки то спостерігалася тенденція до зниження значення СІ (2,878 ± 0,085 проти 2,998 ± 0,131 л · хв<sup>-1</sup> · м<sup>-2</sup>, p = 0,438) та підвищення ППО (29,43 ± 0,96 проти 28,36 ± 1,02 відн. од., p = 0,501). Співвідношення ТК у чоловіків-плавців у 2006 р. [2] становило: 46,2:38,5:15,3 %, відповідно гіпокінетичний, еукінетичний, гіперкінетичним ТК (p = 0,225) (рис. 3 а).

Узагальнюючи результати порівняння параметрів центральної гемодинаміки, можна сказати, що у 2006 р. серед плавців-чоловіків кваліфікації КМС було виявлено тенденцію до превалювання гіпокінетичного ТК, а у 2021 р. – еукінетичного ТК.

Рівень фізичної роботоzдатності у сучасних плавців-чоловіків становив 16,53 ± 0,51 кгм ×



**Рисунок 4** – Фізична роботоzдатність плавців кваліфікації КМС (а) та рівня МС-МСМК (б), обстежених у 2006 та 2021 роках.

$\times \text{хв}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$ , що на 12,68 % менше, ніж у плавців-чоловіків, обстежених у 2006 році ( $p = 0,018$ ) (рис. 4, а).

Аналогічні порівняння, проведені між 36 плавцями-чоловіками рівня МС-МСМК у 2021 р. та 12 плавцями-чоловіками такого ж рівня майстерності у 2006 р., показали таке. Плавці, обстежені у 2021 р., були на 0,7 року молодші ( $p = 0,412$ ), мали практично однаковий спортивний стаж плавання ( $10,4 \pm 0,44$  проти  $10,3 \pm 0,8$  року,  $p = 0,911$ ), меншу довжину тіла ( $186,6 \pm 1,23$  проти  $188,1 \pm 2,1$  см,  $p = 0,547$ ) та масу тіла ( $77,2 \pm 1,36$  проти  $78,0 \pm 3,9$  кг,  $p = 0,805$ ). Аналіз часових параметрів ВСП виявив у них тенденцію до зниження  $M_o$  ( $0,976 \pm 0,03$  проти  $1,017 \pm 0,028$  с,  $p = 0,457$ ) і збільшення ВПР ( $2,734 \pm 0,202$  проти  $2,700 \pm 0,520$   $1/\text{с}^2$ ). Ці дані побічно свідчать про превалювання симпатичної ланки АНС.

З боку параметрів центральної гемодинаміки серцевий індекс був достовірно вищим ( $2,795 \pm 0,059$  проти  $2,550 \pm 0,092$   $\text{л} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}$ ,  $p = 0,039$ ) і якщо в 2006 р. він відповідав гіпокінетичному ТК, то в 2021 р. — еукінетичному ТК. Співвідношення ТК у 2006 р. було таким: 83,3: 16,7: 0 %; відповідно гіпокінетичний, еукінетичний та гіперкінетичний ТК, тобто, гіпокінетичний ТК значно переважав над еукінетичним ( $p = 0,05$ ), а плавців з гіперкінетичним ТК не було, що підтверджує середні значення СІ.

У 2021 р. співвідношення ТК представлено як 50,0:44,4:5,6 %; відповідно гіпокінетичний, еукінетичний та гіперкінетичний ТК (рис. 3, б). При цьому виявлено тенденцію переважання гіпокінетичного ТК над еукінетичним ( $p = 0,744$ ) та гіперкінетичним ТК ( $p = 0,872$ ).

Фізична роботоздатність плавців, обстежених у 2021 р., становила  $18,37 \pm 0,38$   $\text{кгм} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$ , що достовірно менше на 9,46 % ( $p = 0,016$ ), ніж у спортсменів, обстежених у 2006 р. (рис. 4 б).

Внаслідок недостатньої статистичної потужності дослідження, отримані нами закономірності часто мали характер тенденцій, а саме: сучасні плавці-чоловіки рівня МС-МСМК мали фізіологічно менш сприятливий тип кровообігу (еукінетичний), переважання симпатичної ланки АНС, достовірно нижче значення фізичної роботоздатності на 9,46 % ( $p = 0,016$ ), проте, при однаковому тренувальному досвіді (стажі занять плаванням) та антропометричних даних, досягли спортивні звання МС та МСМК на 0,7 року раніше.

**Дискусія.** У підручниках та більшості наукових праць з фізіології спорту та спортивної медицини сказано, що спортивні результати у

спортсменів зростають внаслідок покращення функціонального стану всіх органів та систем. Відомо, що такий стан, за правильної методики тренувань, найчастіше настає у періоді змагання, тобто на піку «спортивної форми». Водночас, сучасний спорт у зв'язку з наявністю великої кількості змагань комерційного характеру передбачає підтримання високого функціонального стану спортсмена протягом усього річного циклу підготовки з відсутністю або зменшеним терміном перехідного періоду, який у спортсменів високого рівня присвячений реабілітаційним заходам, або зміною спортивної діяльності на дуже короткий період. Можна припустити, що подальша комерціалізація спорту може призвести до проведення змагань, наприклад, у легкій атлетиці, не лише у березні, коли проводяться зимові чемпіонати континентів та світу, а й після головних стартів сезону — Олімпійські ігри, чемпіонати континентів, змагань Гран-прі, наприклад, Діамантової, Золотої, Бронзової ліг, тобто після жовтня, і тоді для загальноприйнятого підготовчого періоду залишиться лише 4–5 місяців.

Таким чином, таке поняття, як підготовчий період, що нині триває приблизно 6–7 місяців, — зникне, що призведе до цілорічного періоду змагань з деякими паузами на переїзди. Це стосується переважно елітних спортсменів і нічого спільного не має зі спортсменами низької кваліфікації, у яких зберігається загальноприйнята періодизація. У зв'язку з цим, питання динамічних змін функціонального стану спортсменів високого класу від початку підготовчого до змагального періоду та її піку, стає проблематичним і чекає істотних зрушень, тобто, збільшення, наприклад, фізичної роботоздатності, максимального споживання кисню, або фізіологічно вигідного гіпокінетичного типу кровообігу, оптимальних величин варіабельності серцевого ритму, зниження частоти серцевих скорочень (розвиток брадикардії), артеріального тиску (фізіологічної гіпотонії), так нібито характерних ознак тренуваності тощо не доводиться. Але це стосується річного циклу тренувального процесу. Коли ж ми отримали менші цифри фізичної роботоздатності та деякі інші показники, що характеризують функціональний стан в обстежених нами плавців у підготовчому періоді 2021 р. порівняно з таким самим періодом 2006 р., то в нас виникло запитання: за рахунок чого?

З погляду спортивної медицини та фізіології спортивного тренування викликає певний інтерес суттєва зміна функціонального стану та підготовки спортсменів залежно від пропонованої методики. Так, у плавчинь-спринтерів кваліфікації

КМС у 2021 р. виявлено відносно ранній початок тренувального процесу та більший стаж занять плаванням, тенденцію до збільшення маси тіла, погіршення багатьох показників, що характеризують функціональний стан, а саме превалювання симпатичної ланки АНС, збільшення ЧСС у спокої, наявність менш фізіологічно вигідного еукінетичного ТК та особливо достовірно зниження фізичної роботоzdатності. Попри видиме погіршення функціонального стану, це дозволило спортсменкам виконати норматив КМС на спринтерських дистанціях у плаванні раніше, ніж це виконували дівчата у 2006 р. Що стосується сучасних плавчинь рівня МС-МСМК, то вони за віком раніше досягли своїх особистих результатів і відповідно спортивних звань (МС та МСМК), і, що не менш важливо, за менший стаж занять порівняно з плавчинями 2006 р. У них виявлено деяке посилення симпатичної ланки АНС, більша ЧСС у стані спокою, менш сприятливий, найчастіше еукінетичний ТК, і недостовірно менша відносна величина фізичної роботоzdатності. Як ми припускаємо, ймовірною причиною виявлених закономірностей у проміжку часу 2006–2021 рр. у плаванні є зміни у методиці тренувального процесу, що пов'язано з раннім початком занять плаванням, зменшенням фізичних навантажень аеробного характеру, шляхом збільшення фізичних навантажень швидкісно-силової спрямованості, що привело до тенденції превалювання симпатичної ланки АНС, більших величин ЧСС у спокої, менш фізіологічно вигідного еукінетичного ТК та тенденції до зниження відносної величини фізичної роботоzdатності, а у КМС – її достовірного зниження.

Аналогічні порівняння, проведені серед плавців-чоловіків кваліфікації КМС показали, що вік, стаж занять плаванням та маса тіла у них мали тенденцію до зниження відповідно на 0,9 року ( $p = 0,267$ ), 0,6 року ( $p = 0,330$ ) та 2 кг ( $p = 0,273$ ), при цьому довжина тіла була достовірно меншою на 3,8 см ( $p = 0,004$ ). У них простежується тенденція до превалювання парасимпатичних впливів АНС, еукінетичного ТК, тоді як у 2006 р. була тенденція до превалювання фізіологічно вигіднішого гіпокінетичного ТК. Крім цього, фізична роботоzdатність у сучасних плавців була на 12,7 % меншою, ніж у спортсменів, обстежених у 2006 р. ( $p = 0,018$ ). Плавці рівня МС-МСМК, зразка 2021 р. за віком досягли своїх спортивних звань на 0,7 року раніше за однакового стажу занять, практично не відрізнялися за антропометричними показниками, проте мали

тенденцію до превалювання менш сприятливої симпатичної ланки АНС, фізіологічно менш вигідний еукінетичний ТК та на 9,5 % достовірно меншу величину фізичної роботоzdатності ( $p = 0,016$ ), ніж плавці зразка 2006 р.

Слід зазначити, що в дискусіях з тренерами з плавання зі званням «Заслужений тренер України», які, звичайно, мають великий стаж роботи зі спортсменами високого класу, ми порушували питання про зміну методики тренувального процесу у плавців-спринтерів за останні 15 років. Вони підтвердили наші припущення про зміну методики тренування для плавців-спринтерів, яка полягала у зменшенні кількості тренувальної роботи, пов'язаної із загальним обсягом навантаження аеробного характеру, шляхом збільшення циклічної роботи максимальної потужності з розвитком якості швидкості та сили. Звичайно після таких тренувальних навантажень переважно анаеробно-гліколітичної спрямованості очікувати на брадикардію, превалювання парасимпатичних впливів АНС, гіпокінетичний ТК та суттєвого збільшення фізичної роботоzdатності не доводиться.

Оскільки подібна тренувальна робота плавців-спринтерів сприяла зростанню спортивних результатів за менший проміжок часу, вважаємо виправданим і доцільним зосередження всіх зусиль тренувального процесу на розвитку у них швидкісно-силових якостей.

**Висновки.** У сучасних плавчинь кваліфікації КМС виявлено переважання симпатичної ланки АНС, менші величини PWC170/кг на 23,8 % ( $p < 0,001$ ), ніж у плавчинь аналогічного рівня кваліфікації у 2006 р. Значних відмінностей між усіма вивченими показниками спортсменок рівня МС-МСМК у 2021 р. та показниками плавчинь того самого рівня кваліфікації 2006 р. не виявлено. У сучасних плавців-чоловіків рівня КМС та МС-МСМК значення PWC170/кг були нижчі, відповідно на 9,5 % ( $p = 0,017$ ) та 12,7 % ( $p = 0,018$ ), ніж у спортсменів того самого рівня майстерності у 2006 р.

Значне зниження функціонального стану сучасних плавців-спринтерів обох статей на тлі більш раннього досягнення кваліфікаційних нормативів (КМС, МС та МСМК), ніж у їхніх однолітків у 2006 р., може бути пов'язане зі зміною сучасної методики тренувального процесу, спрямованої на зниження тренувальних навантажень у зоні розвитку загальної витривалості (аеробної спрямованості) шляхом збільшення навантаження швидкісно-силової (анаеробної) спрямованості.



## Література

1. Будзуляк О. Контроль та управління тренувальним процесом плавців-спринтерів під час силової підготовки [Control and management of the training process of sprint swimmers during strength training]. *Фізичне виховання, спорт і культура здоров'я у сучасному суспільстві*: збірка наукових праць. 2013;2(22):115-117.
2. Михалюк ЕЛ. Вегетативная регуляция сердечной деятельности, центральная гемодинамика и физическая работоспособность у спортсменов высокого класса, занимающихся плаванием [Autonomic regulation of cardiac activity, central hemodynamics, and physical performance in high-class female athletes in swimming]. *Патологія*. 2006;3(2):82-85.
3. Петрушко МІ, Жоффчак ЄС, Сущенко ІВ, Мордвінцев ГО, Звонар ВВ. Методика розвитку витривалості у плавців: методичні рекомендації [Methods of endurance development in swimmers: methodological recommendations]. Ужгород; 2016. 32 с.
4. Пилипко ОО, Кожух НФ. Удосконалення процесу підготовки висококваліфікованих плавців-спринтерів на підставі застосування тренувальних програм силової спрямованості [Improving the process of training of qualified swimmers-sprinters on the basis of training programs of power orientation]. *Слобожанський науково-спортивний вісник*. 2015;6(50):133-136. <https://dx.doi.org/10.15391/sns.v.2015-6.024>.
5. Платонов ВМ. Спортивне плавання: шлях до успіху [Sports swimming: the way to success]. 2-ге вид. Київ: Олімпійська література; 2017. 512 с.
6. Платонов ВН, редактор. Плавання [Swimming]. Київ: Олімпійська література; 2000. 496 с.
7. Платонов ВН, редактор. Плавання [Swimming]. Київ: Олімпійська література; 2000. Булгакова НЖ, Платонов ВН. Отбор и ориентация пловцов в системе многолетней подготовки [Selection and orientation of swimmers in the system of multi-year training]; С. 155-180.
8. Сіренко Ю, Сіренко Р, Чаплінський М. Аналіз змагальної діяльності плавців-спринтерів [Analysis of the competitive activity of sprint swimmers]. *Фізична культура, спорт та здоров'я нації*: збірка наукових праць. 2017;(4):104-109.
9. American Heart Association, Inc. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Circulation*. 1996;93(5):1043-1065. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.93.5.1043>
10. Bielec G, Jurak D. The relationship between selected anthropometric variables and the sports results of early pubescent swimmers. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*. 2019;11(1):124-130. <https://doi.org/10.29359/BJHPA.11.1.13>
11. Counsilman JE, Counsilman BE. *The New Science of Swimming*. 2nd edition. Benjamin Cummings; 1994. 432 p.
12. Johnson MB, Tenenbaum G., Edmonds WA, Castillo, Y. A comparison of the developmental experiences of elite and sub-elite swimmers: similar developmental histories can lead to differences in performance level. *Sport, Education and Society*. 2008;13(4):453-475. <https://doi.org/10.1080/13573320802445108>
13. Marqueta PM, Bonafonte LF, Orellana JN. Stress tests in Sports Medicine. Consensus Document of the Spanish Society of Sports Medicine (SEMED-FEMEDE). *Archivos de medicina del deporte*. 2016;33(1):5-83. <https://doi.org/10.18176/archmeddeporte>
14. Mykhaliuk YL, Syvolap VV, Horokhovskiy YY, Potapenko MS. Effect of year-round training on parameters of heart rate variability, central hemodynamics and physical working capacity in short-distance swimmers. *Zaporozhye medical journal*. 2021;23(3):343-347. <https://doi.org/10.14739/2310-1210.2021.3.229452>
15. Mykhaliuk YL, Syvolap VV, Horokhovskiy YY. Autonomic support of central hemodynamics and physical working capacity in female swimmers and runners in a one-year training cycle. *Zaporozhye medical journal*. 2022;24(1):44-48. <https://doi.org/10.14739/2310-1210.2022.1.244838>
16. Mykhaliuk YL, Syvolap VV, Horokhovskiy YY. Effect of long-term training on heart rate variability, central hemodynamics and physical working capacity of female swimmers with different sports qualifications. *Zaporozhye medical journal*. 2021;23(5):621-627. <https://doi.org/10.14739/2310-1210.2021.5.237403>
17. Mykhaliuk YL, Potapenko MS, Horokhovskiy YY, Hunina LM, Holovashchenko RV. Characteristics of autonomic maintenance of central hemodynamics and physical working capacity in highly qualified sprint swimmers. *Zaporozhye medical journal*. 2020;22(2):245-249. <https://doi.org/10.14739/2310-1210.2020.2.200627>
18. Rejman M, Tyc L, Kociuba M, Bornikowska A, Rudnik D, Koziat S. Anthropometric predispositions for swimming from the perspective of biomechanics. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*. 2018;20(4):151-159. <https://doi.org/10.5277/ABB-01254-2018-03>
19. Satabun W, Wieckowski J, Watrobski, J. Swimmer Assessment Model (SWAM): Expert System Supporting Sport Potential Measurement. *IEEE Access*. 2022;10:5051-5068. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3141329>
20. Velicka D, Kairiukstiene Z, Poderiene K, Vainoras A, Poderys J. Interaction between Cardiac Functional Indices during Incremental Exercise Test Reveals the Peculiarities of Adaptation to Exercising. *Medicina*. 2019;55(7):314. <https://doi.org/10.3390/medicina55070314>
21. Wirth K, Keiner M, Fuhrmann S, Nimmerichter A, Haff GG. Strength Training in Swimming. *International journal of environmental research and public health*. 2022;19(9):5369. <https://doi.org/10.3390/ijerph19095369>

evg.mikhalyuk@gmail.com  
yehor.horokhovskiy@gmail.com

Надійшла 18.02.2024