

Характеристики функціонального забезпечення спеціальної працездатності кваліфікованих спортсменів, які спеціалізуються на дистанції 1000 м у веслуванні на байдарках і каное

Андрій Дяченко, Ольга Русанова, Цзицзянь Хуан, Ченьцін Е.
Національний університет фізичного виховання і спорту України, Київ, Україна

Characteristics of special work capacity functional support in skilled 1000 m kayakers and canoeists Andrii Diachenko, Olga Rusanova, Zijian Huang, Chenging Ye

ABSTRACT. *Objective.* To determine the features of the functional support of special work capacity of skilled 1000 m kayakers and canoeists. *Methods.* Ergometry, gas analysis, pulsometry, biochemical research methods. *Results.* Analysis of statistical and individual data showed that most rowers had high values of aerobic and anaerobic energy supply (according to $\dot{V}O_2 \max$, $I \cdot \dot{V}O_2 \max$, $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$, $La \max$ 90 s, $\text{mmol} \cdot \text{l}^{-1}$); the registered indices did not have statistically significant differences ($p > 0.05$). Further analysis showed differences in the indices determining the work capacity of rowers in conditions of fatigue development. Differences in the indices of special work capacity functional support indicate different degrees of expressiveness of fatigue compensation mechanisms. Comparison of the indices registered in the process of performing step-increasing load and under load of critical power in rowers with high and low work capacity levels, showed significant differences in pulmonary ventilation response to CO_2 release and O_2 uptake. In rowers with a high level of work capacity during the period of fatigue development, $V_E \cdot \dot{V}O_2^{-1}$ indices increased by 9.0–9.5%, the difference between the indices of groups of athletes with different levels of special work capacity was statistically significant at $p < 0.05$. In rowers with decreased level of work capacity in the process of performing the «90 s test», the level of pulmonary ventilation response to the release of CO_2 ($V_E \cdot \dot{V}CO_2^{-1}$) did not increase or increased slightly. The values of $V_E / \dot{V}O_2$ increased as a result of decreased O_2 uptake in the «90 s test». The recorded power of glycolytic reactions reached $8.53 \pm 0.47 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ (according to $La \max$ index in the «30 s test»), whereas capacity - $17.27 \pm 0.51 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ and more (according to $La \max$ index in «test 90 s»), the difference between the indices of groups of athletes with high and low levels of special work capacity was statistically significant at $p < 0,05$. *Conclusions.* The abovementioned test results showed new possibilities for assessing and interpreting the indices of the special performance functional support in qualified 1000 m kayakers.

Keywords: kayaking, canoeing, special work capacity, functional capacities, functional support.

Характеристики функціонального забезпечення спеціальної працездатності кваліфікованих спортсменів, які спеціалізуються на дистанції 1000 м у веслуванні на байдарках і каное

Андрій Дяченко, Ольга Русанова, Цзицзянь Хуан, Ченьцін Е

АНОТАЦІЯ. *Мета.* Визначити особливості функціонального забезпечення спеціальної працездатності кваліфікованих спортсменів, які спеціалізуються на дистанції 1000 м у веслуванні на байдарках і каное. *Методи.* Ергометрія, газоаналіз, пульсометрія, біохімічні методи дослідження. Застосовані сучасні засоби реєстрації реакції кардіореспіраторної системи й енергозабезпечення. *Результати.* Аналіз статистичних та індивідуальних даних показав, що більшість веслувальників мали високі значення потужності аеробного й анаеробного енергозабезпечення при цьому зареєстровані показники не мали статистично значущих відмінностей ($p > 0,05$). Подальший аналіз засвідчив відмінності показників, які обумовлюють працездатність веслувальників в умовах розвитку стомлення. Відмінності показників функціонального забезпечення спеціальної працездатності свідчать про різний ступінь виразності механізмів компенсації стомлення. Порівняння показників, зареєстрованих у процесі виконання східчасто-зростаючого навантаження і в процесі навантаження критичної потужності у веслувальників з високим і зниженим рівнем працездатності, показало істотні відмінності реакції легеневої вентиляції на виділення CO_2 і споживання O_2 . У веслувальників з високим рівнем працездатності у період розвитку втоми показники $V_E \cdot \dot{V}O_2^{-1}$ збільшилися на 9,0–9,5 %, різниця між показниками груп спортсменів з різним рівнем спеціальної працездатності статистично достовірна при $p < 0,05$. У веслярів зі зниженим рівнем працездатності у процесі виконання «тесту 90 с» рівень реакції легеневої вентиляції на виділення CO_2 ($V_E \cdot \dot{V}CO_2^{-1}$) не збільшувався або збільшувався незначно. При цьому значення показників $V_E / \dot{V}O_2$ збільшувалися в результаті зниження споживання O_2 у «тесті 90 с». Зареєстрована потужність гліколітичних реакцій досягала $8,53 \pm 0,47 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$ (за показником $La \max$ в «тесті 30 с»), ємність $17,27 \pm 0,51 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$ і більше (за показником $La \max$ в «тесті 90 с»), різниця між показниками груп спортсменів з високим і зниженим рівнем спеціальної працездатності статистично достовірна при $p < 0,05$. *Висновки.* Наведені вище результати тестування показали нові можливості оцінки й інтерпретації показників функціонального забезпечення спеціальної працездатності кваліфікованих веслувальників на байдарках, які спеціалізуються на дистанції 1000 м.

Ключові слова: веслування на байдарках і каное, спеціальна працездатність, функціональні можливості, функціональне забезпечення.

Постановка проблеми. В умовах інтенсифікації тренувального процесу та збільшення обсягу змагальної практики спортсменів [10, 11, 15], зокрема і у веслуванні на байдарках і каное, раціональну побудову програм тренувальних занять здійснюють на основі аналізу даних про взаємозв'язок інформативних показників ефективності змагальної діяльності на певній дистанції і реакції організму на це змагальне навантаження [1, 5, 7], що створює передумови для підвищення ефективності тренувального процесу. Триває науковий пошук прогностичних критеріїв та предикторів для високого рівня спеціальної працездатності спортсменів у веслуванні на байдарках і каное з урахуванням спеціалізації на певній змагальній дистанції та вікових особливостей [3, 5, 8, 14].

На сучасному етапі склалося розуміння того, що високий рівень спеціальної працездатності спортсменів у веслуванні на байдарках і каное пов'язаний з високою ефективністю функціонального забезпечення (special physical fitness) тренувальної та змагальної діяльності спортсменів [17]. Важливу роль відіграють індивідуальні особливості спортсменів та обраної спеціалізації на певній змагальній дистанції 200, 500 чи 1000 м [1–3, 13]. У роботах О. Лисенко, О. Шинкарук, В. Самуйленка [7] О. Лисенко [6, 8], Го [3], В. Вейлун [1, 2] та інших авторів зокрема представлені фізіологічні характеристики та показники спеціальної працездатності спортсменів у веслуванні на байдарках і каное, які були зареєстровані в лабораторних умовах у процесі виконання тестових навантажень, що моделюють подолання різних змагальних дистанцій у веслуванні на байдарках і каное.

У практиці підготовки кваліфікованих веслувальників основні протиріччя та дискусії стосувалися інтерпретації показників максимального споживання O_2 ($\dot{V}O_2 \max$) як характеристики одного із провідних компонентів функціонального забезпечення спеціальної працездатності веслувальників. Це протиріччя розкрито в результаті аналізу даних діагностики функціональних можливостей веслувальників, зареєстрованих у спеціальних умовах тестування з урахуванням спеціалізації 200, 500 і 1000 м у веслуванні на байдарках і каное [25, 26, 29]. За результатами тестування видно, що веслувальники, які показали найбільш високі результати на дистанції 200 м у веслуванні на байдарках і 1000 м на каное, мали високі, можна сказати унікальні для спринтерів, характеристики аеробної потужності на рівні абсолютного $\dot{V}O_2 \max$ (понад $6,0 \text{ л} \cdot \text{хв}^{-1}$) та відносного $\dot{V}O_2 \max$ ($\dot{V}O_2 \cdot \text{кг}^{-1}$ понад $70,0 \text{ мл} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$) [20, 24, 30].

Структура функціонального забезпечення спеціальної працездатності спортсменів, які спеціалізуються на дистанції 1000 м у веслуванні на байдарках і каное, фрагментарно представлена у роботах зарубіжних та вітчизняних авторів [1,2, 19–21,23,27–30].

Високий рівень спеціальної працездатності на окремих відрізках (виконання початкового, середнього стаціонарного відрізка, другої половини дистанції й фінішного прискорення) і на всій дистанції 1000 м у

цілому, пов'язаний з реалізацією специфічних сторін функціональних можливостей спортсменів. Результати досліджень свідчать, що ефективне подолання початкового відрізка дистанції дослідники пов'язують з високою швидкістю розгортання аеробних реакцій енергозабезпечення та помірною мобілізацією анаеробного метаболізму (концентрація лактату у крові на рівні 8–10 ммоль·л⁻¹); початком активного розгортання компенсаторних реакцій посилення метаболічного ацидозу з акцентом на активізації виведення лактату з працюючих м'язів [2, 3]. Під час подолання середнього стаціонарного відрізка дистанції підтримання високого рівня працездатності пов'язано насамперед із досягненням рівня максимального споживання кисню ($\dot{V}O_2 \max$) і формуванням $\dot{V}O_2 \max$ «плато», та анаеробного енергозабезпечення. У роботах окремих авторів показані можливості взаємодії функціональних механізмів, які забезпечують підтримання високого рівня працездатності під час подолання другої половини змагальної дистанції в умовах прихованого (компенсованого) стомлення під час виконання фінішного прискорення. Реалізація такого підходу для веслувальників на байдаках і каное має принципове значення [4, 16, 20, 22].

На сьогодні науково доведено, що показники спеціальної працездатності перебувають у взаємозалежності з реакцією кардіореспіраторної системи (КРС) і енергозабезпеченням роботи у процесі виконання (моделювання) стартового розгону, у період стійкості функціонального забезпечення та спеціальної працездатності, в умовах прихованого (компенсованого) стомлення, під час виконання фінішного прискорення відповідно до тривалості й інтенсивності тестового навантаження, проте актуальним питанням залишається розробка тестових навантажень, які дозволять оцінити не тільки рівень спеціальної працездатності та функціонального забезпечення спеціальної працездатності, а й визначити параметри тренувальних навантажень веслувальників. Вдосконалення інтерпретації результатів тестування на основі взаємозв'язку характеристик спеціальної працездатності та функціональних можливостей веслувальників є завданням, що потребує ґрунтовної розробки.

Зв'язок досліджень із темами НДР. Дослідження є частиною науково-дослідної роботи, проведеної у Національному університеті фізичного виховання і спорту України відповідно до плану НДР НУФВСУ на 2016–2020 рр. за темою «Побудова тренувального процесу висококваліфікованих спортсменів, які спеціалізуються у водних видах спорту з урахуванням вимог змагальної діяльності», номер держреєстрації 0116U001614.

Мета дослідження – визначити особливості функціонального забезпечення спеціальної працездатності кваліфікованих спортсменів, які спеціалізуються на дистанції 1000 м у веслуванні на байдарках і каное.

Методи і організація дослідження.

Методи дослідження: аналіз і узагальнення спеціальної літератури, матеріалів мережі Інтернет; методи

ТАБЛИЦЯ 1 – Характеристика комплексу тестів, що застосовують для оцінювання функціональних можливостей веслувальників у процесі моделювання змагальної дистанції 1000 м у веслуванні на байдарках і каное

Тест	Параметри тестового завдання	Показники, що реєструються
Перший блок тестових завдань		
Індивідуальна розминка		
Підготовка до тестування, 3 хв		
Стандартне навантаження (СН)	Тривалість 6 хв Потужність роботи визначають відповідно до маси тіла веслувальників помноженої на коефіцієнт: 1,8 – каное чоловіки, 2,0 – байдарка чоловіки	HR, уд · хв ⁻¹ Час відновлення частоти серцевих скорочень (HR) до 120 уд · хв ⁻¹
Період відновлення – 5 хв		
Тест 30 с	Робота з максимальною інтенсивністю 30 с Моделювання стартового розгону човна на дистанції	\dot{W} , Вт \dot{W} 25–30 с, Вт $V_E \cdot PaCO_2^{-1}$
Період відновлення – 5 хв		
Performance test	Тривалість 4 хв Моделювання змагальної діяльності на дистанції 1000 м	\dot{W} , Вт $\dot{V}O_{2\max}$, мл · хв ⁻¹ · кг ⁻¹ $V_{E\max}$, л · хв ⁻¹ $V_E \cdot \dot{V}CO_2^{-1}$ La_{\max} , ммоль · л ^{-1*}
Період відновлення – до відновлення частоти серцевих скорочень (HR) до 120 уд · хв ⁻¹		
Через 48 г		
Другий блок тестових завдань		
Стандартне навантаження (СН):	Тривалість 6 хв Потужність роботи визначають відповідно до маси тіла веслувальників, помноженої на коефіцієнт: 1,2 – каное чоловіки, 1,6 – байдарка чоловіки	$\dot{V}O_{2\max}$, мл · хв ⁻¹ · кг ⁻¹ $V_{E\max}$, л · хв ⁻¹ La_{\max} , ммоль ⁻¹ HR, уд · хв ⁻¹
Період відновлення – 5 хв		
Східчато-зростаюче навантаження (степ–тест)	Потужність роботи на рівні ергометричної потужності стандартного навантаження +20 Вт Тривалість роботи на сходинці – 2 хв, приріст потужності +20 Вт	\dot{W} , Вт $\dot{V}O_{2\max}$, мл · хв ⁻¹ · кг ⁻¹ W_{AT} , Вт % excess V_E , % $V_{E\max}$, л · хв ⁻¹ $V_E \cdot \dot{V}CO_2^{-1}$ La_{\max} , ммоль · л ⁻¹ HR, уд · хв ⁻¹
Період відновлення – 1 хв		
Навантаження критичної потужності (НКП)	Прискорення протягом 90 с	\dot{W} , Вт $\dot{V}O_{2\max}$, мл · хв ⁻¹ · кг ⁻¹ $V_{E\max}$, л · хв ⁻¹ $V_E \cdot \dot{V}CO_2^{-1}$ La_{\max} , ммоль · л ^{-1*} HR, уд · хв ⁻¹

* Забір крові проведено на 5- та 7-й хвилини відновного періоду (реєструють найбільш високі показники).

аналізу, синтезу, узагальнення; педагогічні спостереження і природний педагогічний експеримент; інструментальні методи з використанням ергометрії, газоаналізу, пульсометрії, біохімічних методів дослідження. Застосовано сучасні засоби реєстрації реакції КРС й енергозабезпечення: газоаналізатор «Oxuson mobile» (Jaeger), спорттестер «Polag», лабораторний аналізатор для визначення лактату крові «Biosen S-Line lab+», ергометр «Dansprint»; методи математичної статистики: обчислення середнього арифметичного значення – \bar{x} , стандартного відхилення – S , а також показників індивідуальних відмінностей – коефіцієнта варіацій V . Визначення мо-

дельних параметрів показників реакції КРС, енергозабезпечення та спеціальної працездатності базується на статистичному методі – правилі трьох сигм. Обробку експериментального матеріалу здійснювали за допомогою інтегрованих статистичних і графічних пакетів MS Excel–7, Statistica–10.

У дослідженні взяли участь 38 веслувальників віком 19–23 роки – провідні спортсмени) з веслування на байдарках і каное провінцій Шандун і Дзянши (КНР), збірної команди Китаю з веслування на байдарках і каное; екіпаж каное двійки, чемпіони світу 2019 р. на дистанції 1000 м.

Композиція тестових завдань включала два блоки тестових навантажень (табл. 1):

Перший блок тестових завдань:

1) стандартне навантаження (СН): тривалість 6 хв. Ергометричну потужність роботи визначали відповідно до маси тіла веслувальників, помноженої на коефіцієнт для кожного виду дисципліни змагань: 1,2 – каное чоловіки, 1,6 – байдарка чоловіки;

2) Робота з максимальною інтенсивністю: прискорення протягом 30 с – юнаки – «тест 30 с» – моделювання стартового розгону човна на дистанції. Період відновлення – 5 хв.

3) Робота з максимальною інтенсивністю «Performance test» – тривалістю 4 хв – моделювання змагальної діяльності на дистанції 1000 м.

Другий блок тестових завдань був спрямований на оцінку спеціальної витривалості веслувальників:

1) СН: тривалість 6 хв. Ергометричну потужність роботи визначали відповідно до маси тіла веслувальників, помноженої на коефіцієнт для кожного виду дисципліни змагань : 1,2 – каное чоловіки, 1,6 – байдарка чоловіки;

2) східчасто-зростаюче навантаження (step-тест): перша сходинка – ергометрична потужність роботи на рівні ергометричної потужності стандартного навантаження +20 Вт. Приріст ергометричної потужності на кожній сходинці роботи – 20 Вт. Тривалість роботи на сходинці – 2 хв. Роботу виконують до «відмови» підтримувати задану ергометричну потужність роботи.

Навантаження формує умови стійкого стану функціонального забезпечення витривалості й працездатності веслувальників. Тест виконують через 1 хв після виконання тесту «СН».

Період відновлення – 1 хв. Аналізують період досягнення стійкого стану (плато) споживання O_2 , HR, $V_E \cdot \dot{V}CO_2^{-1}$;

3) робота критичної потужності: прискорення протягом 90 с – «тест 90 с». Параметри роботи моделюють на індивідуальному рівні – потужність роботи, яку веслувальники можуть реалізувати протягом 90 с.

Навантаження «критичної» потужності (НКП) – робота на рівні ергометричної потужності, під час якої веслувальники досягли $\dot{V}O_2\max$ до відмови від роботи. Навантаження формує умови компенсації стомлення. Аналізують тривалість навантаження, проводять порівняльний аналіз показників O_2 , HR, $V_E \cdot \dot{V}CO_2^{-1}$ стійкого стану і компенсації втоми.

У процесі вимірювання та інтерпретації показників оцінюють спеціальну працездатність і функціональні можливості веслувальників в умовах моделювання розвитку стомлення. Можливості компенсації стомлення оцінюють за посиленням реакції легеневої вентиляції на збільшення ступеня виділення CO_2 в період розвитку стомлення. Ці показники розраховують у відсотках відносно вентиляційного еквівалента за CO_2 у відсотках – $V_E \cdot CO_2^{-1}$ с. с. (стійкого стану під час досягнення $\dot{V}O_2\max$ в

ході виконання ступінчасто-зростаючого навантаження) та $V_E \cdot CO_2^{-1}$ «90 с» (у тесті 90 с), за формулою:

$$(V_E \cdot CO_2^{-1} \text{ с. с.} / V_E \cdot CO_2^{-1} \text{ «90 с»} \cdot 100 \%).$$

Також розраховують у відсотках відносно вентиляційного еквівалента за O_2 у відсотках – $V_E \cdot O_2^{-1}$ с. с. (стійкого стану під час досягнення $\dot{V}O_2\max$ в ході виконання ступінчасто-зростаючого навантаження) та $V_E \cdot O_2^{-1}$ «90 с» (у тесті 90 с), за формулою:

$$(V_E \cdot O_2^{-1} \text{ с. с.} / V_E \cdot O_2^{-1} \text{ «90 с»} \cdot 100 \%).$$

Тестування проводили після дня відпочинку, за умови дотримання стандартизованого питного та харчового режиму. Спортсмени були проінформовані про зміст тестових навантажень та дали згоду на їх проведення.

Результати дослідження. Напрями спеціального аналізу функціонального забезпечення спеціальної працездатності спортсменів, які спеціалізуються на дистанції 1000 м у веслуванні на байдарках і каное, включають:

- аналіз характеристик потужності аеробного ($\dot{V}O_2\max_{\text{абс}}$ і $\dot{V}O_2\max_{\text{відн}}$) і ємності анаеробного енергозабезпечення ($La \max$) як інтегральних характеристик потенціалу фізичної підготовленості кваліфікованих веслувальників на байдарках і каное;

- визначення знижених сторін функціональних можливостей та енергозабезпечення роботи в умовах компенсованого стомлення, характерного для подолання другої половини змагальної дистанції;

- визначення знижених функціональних можливостей та енергозабезпечення роботи в умовах підтримання критичної потужності роботи.

Напрями наукового аналізу отриманих результатів, передбачають:

- аналіз показників, котрі характеризують виконання (моделювання) стартового розгону, що зареєстровані під час виконання 30-секундного максимального тесту: \bar{W} , Вт; \bar{W} 25–30 с, Вт; $V_E \cdot PaCO_2^{-1}$, що пов'язано з тактичними особливостями подолання дистанції 1000 м, коли спортсмени, які зайняли лідируючі позиції після виконання стартового прискорення, знаходяться на цих позиціях упродовж всієї дистанції.

- аналіз показників працездатності та функціонального забезпечення спеціальної працездатності веслувальників у період стійкого стану, що зареєстровані під час виконання східчасто-зростаючого навантаження: \bar{W} , Вт; $\dot{V}O_2\max$, мл·хв⁻¹·кг⁻¹; % excess V_E , % та $V_E\max$, л·хв⁻¹; $V_E \cdot \dot{V}CO_2^{-1}$; $V_E \cdot \dot{V}O_2^{-1}$; $La \max$, ммоль·л⁻¹, HR, уд·хв⁻¹;

- аналіз показників функціонального забезпечення та спеціальної працездатності в умовах прихованого (компенсованого) стомлення веслувальників, що зареєстровані під час виконання східчасто-зростаючого навантаження та 90-секундного максимального тесту: \bar{W} , Вт; $\dot{V}O_2\max$, мл·хв⁻¹·кг⁻¹; $V_E\max$, л·хв⁻¹; $V_E \cdot \dot{V}CO_2^{-1}$; $La \max$, ммоль·л⁻¹, HR, уд·хв⁻¹. Відношення рівня реакції виділення CO_2 до рівня легеневої вентиляції у разі досягнення $\dot{V}O_2\max$: $V_E \cdot VO_2^{-1}$, $V_E \cdot \dot{V}CO_2^{-1}$, $\dot{V}O_2 \cdot HR^{-1}$, ум. од.,

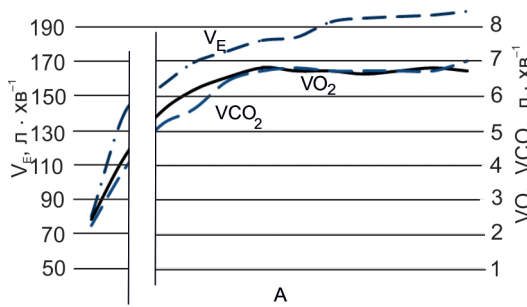
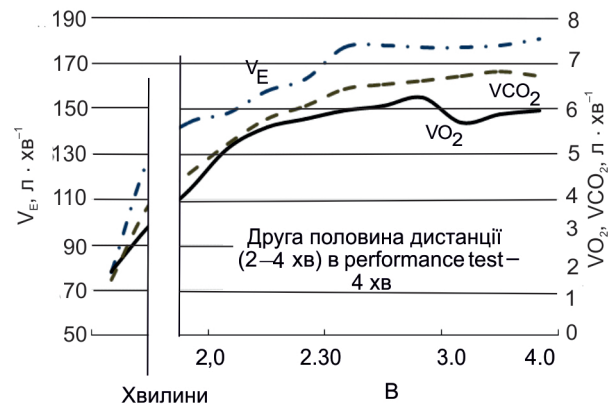


РИСУНОК 1 – Реакція кардіореспіраторної системи та енергозабезпечення роботи у процесі моделювання дистанції 1000 м (Performance test – 4-хвилинний) у веслуванні на байдарках і каное: А – високий ступінь компенсації стомлення; В – низький ступінь компенсації стомлення



тобто характеристики економічності та стійкості реакції, що характеризують ступінь напруження реакції КРС на рівні роботи у разі досягнення $\dot{V}O_{2max}$ і в умовах «критичного» навантаження;

- аналіз та порівняння показників потужності та ємності анаеробного енергозабезпечення (La_{max}), що зареєстровані під час виконання 30-секундного та 90-секундного максимального тестів.

Особливої уваги потребують показники спеціальної працездатності в зоні «критичної» потужності навантаження (за критерієм ергометричної потужності), при якій спортсмен досягає пікових величин споживання кисню ($\dot{V}O_{2max}$) у процесі моделювання другої половини дистанції (у 90-секундному максимальному тесті).

В окремих дослідженнях показано [1, 2], що у веслувальників з високим ступенем функціонального забезпечення спеціальної працездатності на дистанції 1000 м під час розвитку стомлення у «Performance test» (рис. 1) рівень $\dot{V}O_{2max}$ збільшується або не змінюється, співвідношення реакції $V_E \cdot \dot{V}CO_2^{-1}$ збільшується не менше ніж на 10%. Важливим показником компенсації стомлення є збереження чи збільшення реакції споживання O_2 в умовах навантажень критичної потужності відповідно до рівня показника, зареєстрованого у степ-тесті, тобто зареєстрованих показників під час виконання 90-секундного максимального тесту порівняно з показниками під час східчасто-зростаючого навантаження. Науково обґрунтованим є порівняння показників $\dot{V}O_{2max}$ та $V_E \cdot \dot{V}CO_2^{-1}$, що зареєстровані під час виконання східчасто-зростаючого навантаження та 90-секундного максимального теста співвідношення реакції $V_E \cdot \dot{V}CO_2^{-1}$ збільшується не менше ніж на 10% (задовільні характеристики знаходяться на рівні 5,0% і вище).

Комплекс тестів дозволив визначити рівень потужності аеробного й анаеробного енергозабезпечення, ступінь виразності компенсації стомлення у процесі моделювання другої половини дистанції 1000 м.

Для характеристики компенсації стомлення були розглянуто зміни співвідношення реакції легеневої вентиляції, виділення CO_2 і споживання O_2 ($V_E \cdot \dot{V}CO_2^{-1}$, $V_E \cdot \dot{V}O_2^{-1}$). Пропорційне збільшення $V_E \cdot \dot{V}CO_2^{-1}$ на 8–10% і більше,

$V_E \cdot \dot{V}O_2^{-1}$ на 6,0–8% і більше, свідчить про посилення реакції дихальної компенсації метаболічного ацидозу ($V_E \cdot \dot{V}CO_2^{-1}$) за умови збереження стійкості $\dot{V}O_2$ ($V_E \cdot \dot{V}O_2^{-1}$) і є умовою компенсації втоми на другій половині дистанції. Таке співвідношення, характерне для спортсменів з високим рівнем функціонального забезпечення спеціальної працездатності на дистанції 1000 м у веслуванні на байдарках і каное.

Розглянуті та проаналізовані показники потужності (характеристики La у «тесті 30 с») і ємності (характеристики La у тесті «90 с») анаеробного енергозабезпечення, швидкості виходу молочної кислоти з м'язів у кров у процесі роботи й утилізації лактату в період відновлення (ΔLa 3-я – 7-а хвилини відновлення у «тесті 30 с»). Ці характеристики вказують на можливість підтримки працездатності в умовах високого ступеня реалізації функції анаеробного енергозабезпечення, досягнення значної концентрації лактату в крові в результаті виконання напружених навантажень. Отримані дані показали, що ці характеристики працездатності мають виражені індивідуальні відмінності в однорідній групі спортсменів.

У таблиці 2 представлено характеристики працездатності та функціональних можливостей веслувальників на байдарках і каное.

З таблиці 3 видно, що під час моделювання початкового відрізка дистанції (тест «30 с»), періоду стійкості працездатності (період досягнення $\dot{V}O_{2max}$ у «степ-тесті»), другої половини дистанції («тест 90 с») середні показники ергометричної потужності роботи були на високому рівні, різниця між показниками груп спортсменів з різним рівнем спеціальної працездатності статистично достовірна при $p < 0,05$. При цьому необхідно враховувати той факт, що у групі виявлено значний діапазон індивідуальних відмінностей показників працездатності.

Аналіз статистичних та індивідуальних даних показав, що більшість веслувальників мали високий значення потужності аеробного й анаеробного енергозабезпечення (за показниками $\dot{V}O_{2max}$, л; $\dot{V}O_{2max}$, мл·хв⁻¹·кг⁻¹, La_{max} 90 с, ммоль·л⁻¹), при цьому зареєстровані показники не мали статистично значущих відмінностей ($p > 0,05$). Це підтвердили дані аналізу індивідуальних

ТАБЛИЦЯ 2 – Характеристики показників функціонального забезпечення спеціальної працездатності кваліфікованих веслярів, які спеціалізуються на дистанції 1000 м

Компоненти функціонального забезпечення спеціальної працездатності	Показники	Умови реєстрації показників
Потужність аеробного енергозабезпечення	$\dot{V}O_{2\max_{\text{абс}}}$ $\dot{V}O_{2\max_{\text{відн}}}$	Умови вимірювання моделюються згідно із протоколом вимірювання $\dot{V}O_{2\max}$ або у тесті НКП
Потужність анаеробного енергозабезпечення	La_{\max} , «тест 30 с»	Забір крові проведено на 3-й і 7-й хвилини відновного періоду після тесту 30 с
Ємність анаеробного енергозабезпечення	La_{\max}	Забір крові проведено на 3-й і 5-й хвилини відновного періоду після НКП
Роботоздатність у зоні реалізації потужності анаеробного лактатного (гліколітичного) енергозабезпечення	\bar{W} «тест 30 с»	Тест 30 с на тлі відновлення й готовності до роботи
Роботоздатність у зоні реалізації потужності аеробного енергозабезпечення	$\bar{W} \dot{V}O_{2\max}$	Згідно із протоколом вимірювання $\dot{V}O_{2\max}$
Роботоздатність в умовах розвитку стомлення	\bar{W} «тест 90 с»	Моделювання другої половини дистанції
Компенсація стомлення	$V_E \cdot CO_2^{-1}$ с. с. / $V_E \cdot CO_2^{-1}$ «90 с» · 100 %, %	Період сталого стану у східчато-зростаючому навантаженні та навантаження критичної потужності

показників, де у двох із дванадцяти веслувальників із низьким рівнем працездатності кількісні характеристики $\dot{V}O_{2\max}$ La_{\max} зареєстровані на рівні провідних веслувальників.

Подальший аналіз засвідчив відмінності показників, які обумовлюють на працездатність веслувальників в умовах розвитку втоми. Відмінності показників функціонального забезпечення спеціальної працездатності свідчать про різний ступінь виразності механізмів компенсації втоми. Це підтверджують індивідуальні дані веслярів, які мали високі й знижені показники працездатності (за даними, представленими у табл. 3).

Веслувальники з високим рівнем працездатності у процесі виконання східчато-зростаючого навантаження досягли $\dot{V}O_{2\max}$ на більш високому рівні ергометричної потужності роботи (за показниками $W \dot{V}O_{2\max}$, Вт), різниця між показниками груп спортсменів з різним рівнем спеціальної працездатності статистично достовірна при $p < 0,05$. Це характеризує можливість виконання роботи із субмаксимальною інтенсивністю за рахунок збільшення частки аеробного енергозабезпечення в загальному енергобалансі роботи. У цих спортсменів виявлено більш тривалий період стійкості функціонального забезпечення спеціальної працездатності до настання періоду розвитку стомлення.

Порівняння показників, зареєстрованих у процесі виконання східчато-зростаючого навантаження і в процесі навантаження критичної потужності у веслувальників з високим і зниженим рівнем працездатності, показало істотні відмінності реакції легеневої вентиляції на виділення CO_2 і споживання O_2 . У веслувальників з високим рівнем працездатності у період розвитку стомлення показники $V_E \cdot \dot{V}O_2^{-1}$ збільшилися на 9,0–9,5 %, різниця між показниками груп спортсменів з різним рівнем спеціальної працездатності статистично достовірна при $p < 0,05$. У веслувальників зі зниженим рівнем працездатності у

процесі виконання «тесту 90 с» рівень реакції легеневої вентиляції на виділення CO_2 ($V_E \cdot \dot{V}CO_2^{-1}$) не збільшувався або збільшувався незначно. При цьому значення показників $V_E/\dot{V}O_2$ збільшувалися в результаті зниження споживання O_2 у «тесті 90 с».

Здатність швидко утилізувати лактат в період відновлення і виходу молочної кислоти з працюючих м'язів у кров під час роботи є важливою передумовою компенсації стомлення за рахунок зниження впливу накопичення продуктів анаеробного метаболізму (закиснення організму) на стійкість функціонального забезпечення спеціальної працездатності у процесі розвитку стомлення. Зареєстрована потужність гліколітичних реакцій досягла $8,53 \pm 0,47$ ммоль · л⁻¹ (за показником La_{\max} в «тесті 30 с»), ємність $17,27 \pm 0,51$ ммоль · л⁻¹ і більше (за показником La_{\max} в «тесті 90 с»), різниця між показниками груп спортсменів з високим і зниженим рівнем спеціальної працездатності статистично достовірна при $p < 0,05$. У процесі досліджень встановлено, що у спортсменів з високим рівнем спеціальної працездатності рівень потужності реакції становить не менше 48–50 % її ємності. У двох веслувальників з високим рівнем спеціальної працездатності відмінності концентрації лактату крові на 3-й і 7-й хвилини відновного періоду становили 0,5 і 0,9 ммоль · л⁻¹.

Дискусія. У процесі контролю структури функціонального забезпечення спеціальної роботоздатності у веслуванні на байдарках і каное на дистанції 1000 м необхідно враховувати специфічні вимоги до структури реакції КРС і енергозабезпечення роботи. Відмінність функціонального забезпечення спеціальної працездатності веслувальників-стаєрів від веслувальників-спринтерів полягає в необхідності досягнення високого інтегрального рівня потужності аеробного й анаеробного енергозабезпечення та стійкості енергетичних реакцій у процесі подолання змагальної дистанції [23, 24].

ТАБЛИЦЯ 3 – Показники функціонального забезпечення спеціальної працездатності кваліфікованих веслувальників на байдарках, які спеціалізуються на дистанції 1000 м (n = 38), p < 0,05

Показник, значення показника ($\bar{X} \pm S$)	Спортсмени зі зниженим рівнем показників (n = 12)	Середньогрупові значення показників (n = 20)	Спортсмени з високим рівнем показників (n = 6)
30-секундний тест			
W30 с, Вт	242,83 ± 13,82	281,1 ± 48,8	383,3 ± 2,52
W25–30 с 30 с тесту, Вт	305,2 ± 5,6	290,3 ± 35,9	380,9 ± 4,6
La max 30 с, ммоль · л ⁻¹	5,47 ± 0,31	8,3 ± 1,9	8,53 ± 0,47
Δ La 30 с, ммоль · л ⁻¹	1,6 ± 0,44	2,1 ± 1,3	1,06 ± 0,1
V _E · PaCO ₂ ⁻¹ , ум. од.	1,4 ± 0,3	2,2 ± 0,35	3,2 ± 0,2
Performance test 4-хвилинний			
W performance test, Вт	187,5 ± 15,5	238,0 ± 10,1	290,3 ± 18,0
Східчато-зростаюче навантаження (степ-тест)			
ḂO ₂ max, л	4,8 ± 0,44	5,1 ± 0,5	5,31 ± 0,1
ḂO ₂ max, мл · хв ⁻¹ · кг ⁻¹	60,5 ± 6,6	61,8 ± 2,3	63,53 ± 1,72
W ḂO ₂ max, Вт	144,67 ± 8,08	230,1 ± 10,9	243,33 ± 5,77
V _E max, л · хв ⁻¹	173,6 ± 3,9	184,1 ± 4,5	192,4 ± 7,1
% excess V _E %	13,2 ± 1,3	15,3 ± 2,0	19,3 ± 2,0
V _E · VO ₂ ⁻¹ с. с., ум.од.	31,3 ± 3,01	31,7 ± 2,9	33,63 ± 2,44
V _E · ḂCO ₂ ⁻¹ с. с., ум.од.	31,43 ± 3,23	32 ± 3,6	34,2 ± 2,27
Навантаження критичної потужності – 90-секундний тест			
W 90 с, Вт	194,0 ± 5,29	278,1 ± 20,1	287,67 ± 4,73
La max 90 с, ммоль · л ⁻¹	13,0 ± 1,91	16,4 ± 1,7	17,27 ± 0,51
V _E · VO ₂ ⁻¹ «90 с», ум. од.	32,43 ± 3,0	34,2 ± 3,6	36,97 ± 2,57
V _E · ḂCO ₂ ⁻¹ «90 с», ум. од.	32,07 ± 3,06	35,1 ± 3,7	38,5 ± 2,12
Розрахункові показники			
V _E · VO ₂ ⁻¹ с. с./V _E · ḂO ₂ ⁻¹ «90 с» · 100 %, %	3,53 ± 0,55	7,2 ± 1,8	9,03 ± 0,32
V _E · ḂCO ₂ ⁻¹ с. с./V _E · ḂCO ₂ ⁻¹ «90 с» · 100 %, %	2,03 ± 0,8	8 ± 4,5	11,2 ± 1,04

При цьому значно зростає роль компенсації стомлення у процесі тренувальної та змагальної діяльності. Розвиток функціональних можливостей в умовах компенсації стомлення є одним з найбільш важливих факторів підвищення спеціальної працездатності спортсменів у циклічних видах спорту із проявом витривалості. Реалізація контролю як функції управління в системі у процесі моделювання тренувальних і змагальних навантажень у веслуальному спорті в умовах розвитку стомлення є однією з умов ефективної фізичної підготовки спортсменів. Діагностика знижених сторін реакції КРС і енергозабезпечення роботи в умовах компенсованого стомлення та визначення на цій підставі параметрів тренувальної роботи є основним чинником підвищення спеціальної працездатності веслувальників, які спеціалізуються на дистанції 1000 м [1, 4, 28–30].

Висновки. Результати тестування показали нові можливості оцінки й інтерпретації показників функціонального забезпечення спеціальної працездатності кваліфікованих веслувальників на байдарках, які спеціалізуються на дистанції 1000 м.

Наведені дані підтвердили, що показники ḂO₂max і La max характеризують енергетичний потенціал веслувальників і є однією з умов їх високої працездатності на дистанції 1000 м. Його реалізація залежить від ряду факторів, одним з яких є ступінь компенсація стомлення, яка розвивається на другій половині змагальної дистанції. Результати аналізу зареєстрованих ергометричних і фізіологічних показників, та показників працездатності спортсменів дозволили визначити характеристики компенсації стомлення спортсменів, які спеціалізуються на дистанції 1000 м у веслуванні на байдарках і каное.

Перспективи подальших розвідок полягають у розробці навантажень спеціалізованої спрямованості у тренувальному процесі кваліфікованих спортсменів, які спеціалізуються на дистанції 1000 м у веслувальників на байдарках і каное.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють, що відсутній будь-який конфлікт інтересів.

Литература

1. Ван Вейлун, Дяченко А. Контроль спеціальної роботоздатності кваліфікованих веслярів на байдарках і каное на дистанції 500 і 1000 м [Control for special work capacity of skilled kayakers and canoeists at 500 m and 1000 m distances]. Теорія і методика фіз. виховання і спорту. 2018;(3):10-4.
2. Ван Вейлун, Дяченко А. Специфічні характеристики спеціальної витривалості кваліфікованих веслувальників на байдарках на дистанції 1000 м [Specific characteristics of special endurance of skilled 1000 m kayakers]. Теорія і методика фіз. виховання і спорту. 2018(2): 8-13.
3. Го П. Совершенствование силовой выносливости квалифицированных спортсменов в гребле на каноэ в подготовительном периоде подготовки [Improving strength endurance of skilled canoeists at the preparatory period of training] [автореферат]. Киев: НУФВСУ; 2010. 25 с.
4. Дяченко А.Ю. Совершенствование специальной выносливости квалифицированных спортсменов в академической гребле [Improving special endurance of skilled rowers]. Киев: НПФ «Славутич-Дельфин». 2004. 338 с.
5. Дяченко В. Динамика показателей функциональной подготовленности спортсменов, специализирующихся в гребле на байдарках и каноэ в годичном цикле подготовки [Dynamics of functional fitness indices in kayakers and canoeists in the annual preparation cycle]. Наука в олимп. спорте. 2003;(1):99-105.
6. Лисенко О.М. Зміни фізіологічної реактивності серцево-судинної та дихальної системи на зрушення дихального гомеостазу при застосуванні комплексу засобів стимуляції роботоздатності [Changes of cardiovascular and respiratory system physiological reactivity respiratory homeostasis shift during application of work capacity stimulation means]. Фізіологічний журнал. 2012;(5):70-7.
7. Лисенко Е, Шинкарук О, Самуїленко В. Особенности функциональных возможностей гребцов на байдарках и каноэ высокой квалификации [Peculiarities of functional capacities of highly skilled kayakers and canoeists]. Наука в олимп. спорте. 2004;(2):55-61.
8. Мищенко В.С., Лисенко Е.Н., Виноградов В.Е. Реактивные свойства кардиореспираторной системы как отражение адаптации к напряженной физической тренировке в спорте: монография [Cardiorespiratory system reactive features as a reflection of adaptation to strenuous physical training in sport]. Київ: Науковий світ; 2007. 352 с.
9. Мищенко В.С. Эргометрические тесты и критерии интегральной оценки выносливости [Ergometric tests and criteria for endurance integral assessment]. Спортивная медицина. 2005;(1):42-52.
10. Платонов В.Н. Периодизация спортивной тренировки. Общая теория и ее практическое применение [Sports training periodization. General theory and its practical applications]. Киев: Олимп. лит.; 2013. 624 с.
11. Платонов В.Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения [System of athletes' preparation in the Olympic sport. General theory and its practical applications] учебник: Киев: Олимп. лит.; 2015. 2 тома.
12. Физиологическая характеристика и методы определения выносливости в спорте [Physical characteristics and methods for endurance determination in sport] [ред. Н. В. Зимкина]. Москва: Физкультура и спорт; 2002. 102 с.
13. Шинкарук О.А. Отбор спортсменов и ориентация их подготовки в процессе многолетнего совершенствования (на материале олимпийских видов спорта): монография [Selection of athletes and their preparation orientation in the process of long-term improvement]. Киев: Олимпийская лит.; 2011. 360 с.
14. Шинкарук О.А. Подготовка спортсменки высокого класса в гребле на байдарках к главным соревнованиям макроцикла [Preparation of elite kayakers for the major macrocycle competitions]. В: Олімпійський спорт і спорт для всіх: 14-ий міжнар. наук. конгрес, присвячується 80-річчю НУФВСУ; 2010 Жовт 5-8; Київ. Київ: НУФВСУ; 2010. с. 142.
15. Шкретій Ю.М. Управління тренувальними і змагальними навантаженнями спортсменів високого класу в умовах інтенсифікації процесу підготовки [Managing training and competitive loads of highly skilled athletes in conditions of training process intensification] [автореферат]. Київ; 2006. 40 с.
16. Alacid F, Carrasco L. Distribución del esfuerzo en piragüismo sobre 1000 metros. III Congreso de la Asociación Española de Ciencias del Deporte, Universidad de Valencia. Valencia. 2004.
17. Bazzucchi I. Cardio-respiratory and electromyography responses to ergometer and on-water Kayak in elite paddlers. Eur. J. Appl. Physiol. 2013;113(5):1271-7.
18. Billat V, Faina M, Sardella F, Marini C, Fanton F, Lupo S, Faccini P, De Angelis M, Koralsztein JP, Dalmonte A. A comparison of time to exhaustion at VO₂ max in elite cyclists, kayak paddlers, swimmers and runners. Ergonomics. 1996;(39): 267-77.
19. Bonetti D, Dawson B. The effect of three different warm-up intensities on kayak ergometer performance. Medicine and Science in Sports and Exercise. 2001;(33): 1026-32.
20. Bishop D, Bonetti D, Dawson B. The influence of pacing strategy on $\dot{V}O_2$ and supramaximal kayak performance Medicine & Science in Sports & Exercise. 2002; 34(6):1041-7.
21. Bishop D. Physiological predictors of flat-water kayak performance in women. European Journal of Applied Physiology. 2000;(82): 91-7.
22. Diachenko A, Guo P, Wang W, Rusanova O, Kong X, Shkretiy Y. Characteristics of the power of aerobic energy supply for paddlers with high qualification in China. Journal of Physical Education and Sport, 2020 (20)1, Art 43:312 – 7.
23. Fernandez B, Perez-Landaluce J, Rodriguez M, Terrados N. Metabolic contribution in Olympic kayaking events. Medicine and Science in Sports and Exercise. 1995;(27):24.
24. Nekrišius R, Dadelienė R, Balčiūnas E, Milasius K. Peculiarities of aerobic development in kayak rowers preparing for 1000 m event. Baltic Journal of Sport and Health Sciences. 2018;(3): 10.33607/bjshs.v3i90.167.
25. Nikonorov A. Paddling Technique for 200 m sprint kayak. In: Isorna Folgar M, et al. Training Sprint Canoe. 2.0 Editora; 2015 : 187-202.
26. Paquette M, Bieuzen F, Billaut F. Muscle Oxygenation Rather Than $\dot{V}O_{2max}$ as a Strong Predictor of Performance in Sprint Canoe-Kayak Int J Sports Physiol Perform. 2018;(19):1-9.
27. Pendergast D, Mollendorf J, Zamparo P, Termin A, Bushnell D, Paschke, D. The influence of drag on human locomotion in water. Undersea & Hyperbaric Medicine. 2005;(32): 45-57.
28. Pendergast D, Zamparo P, di Prampero PE, Capelli C, Cerretelli P, Termin A, Craig A, Bushnell D, Paschke D, Mollendorf J. Energy balance of human locomotion in water. European Journal of Applied Physiology. 2003; (90): 377-86.
29. Pendergast DR, Bushnell D, Wilson DW, Cerretelli P. Energetics of kayaking. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology. 1989;(59): 342-50.
30. Zamparo P, Capelli C, Guerrini G. Energetics of kayaking at submaximal and maximal speeds. Eur J Appl Physiol Occup Physiol 1999;80: 542-8.

Автор для кореспонденції:

Русанова Ольга Михайлівна — канд. наук з фіз. вих. та спорту, доцент, кафедра водних видів спорту, Національний університет фізичного виховання і спорту України, Україна, 03150, Київ, вул. Фізкультури, 1;
<https://orcid.org/0000-0001-7495-7030>
 rusanova2080@gmail.com

Corresponding author:

Rusanova Olga — PhD in Physical Education and Sports, Associate Professor, Department of Water Sports, National University of Physical Education and Sport of Ukraine, Ukraine, 03150, Kyiv, Fizkultury str., 1;
<https://orcid.org/0000-0001-7495-7030>
 rusanova2080@gmail.com

Поступила 10.12.2000