

УДК 796.015.68:796.071.2

DOI 10.31651/2076-5835-2018-1-2023-1-35-45

**Дяченко Ольга Андріївна**

аспірант,  
кафедра медико-біологічних дисциплін,  
Національний університет фізичного виховання і спорту,  
dnkolga@gmail.com,

ORCID: <http://orcid.org/0009-0003-8380-3713>

**Філіппов Михайло Михайлович**

доктор біологічних наук, професор,  
кафедра медико-біологічних дисциплін,  
Національний університет фізичного виховання і спорту України,  
filmish@ukr.net,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5096-7445>

**Гльїн Володимир Миколайович**

доктор біологічних наук, професор,  
кафедра медико-біологічних дисциплін,  
Національний університет фізичного виховання і спорту України,  
ilyin\_nufvsu@ukr.net,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7140-0659>

**Го Женхао**

аспірант,  
кафедра водних видів спорту,  
Національний університет фізичного виховання і спорту України,  
adnk2007@ukr.net,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2843-9301>

## **МОНІТОРИНГ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СПЕЦІАЛЬНОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ КВАЛІФІКОВАНИХ СПОРТСМЕНІВ**

*Досліджено характеристики фізіологічного напруження організму в умовах симуляції функціональних станів гіпоксії навантаження, гіперкапнії і лактат-ацидозу у кваліфікованих спортсменів. Встановлено типологічні особливості реакції кардіореспіраторної системи і енергозабезпечення в умовах моделювання станів значного фізіологічного навантаження у веслуванні, велоспорті і боксі. Ці види спорту відрізняються темпо-ритмовою структурою змагальних локомоцій, структурою функціонального забезпечення змагальної діяльності.*

*Визначили, що спеціалізовані функціональні прояви ґрунтуються на достовірно значущих відмінностях структури гліколітичного енергозабезпечення, зокрема групових (типологічних) проявів потужності і ємності гліколітичного енергозабезпечення серед спортсменів різних видів спорту. Виявили суттєві індивідуальні відмінності компонентів реакції кардіореспіраторної системи і аеробного енергозабезпечення, зокрема швидкої кінетики, стійкості і сталого розвитку реакції в період компенсації втоми серед представників окремих видів спорту.*

***Ключові слова:** моніторинг, функціональні можливості, спеціальна працездатність, «стимул-реакція», веслувальники, велосипедисти, боксери.*

### **Постановка проблеми. Аналіз останніх публікацій**

Згідно даних сучасної літератури резерви функціональної підготовленості спортсменів за рахунок збільшення об'ємів та інтенсивності тренувальної роботи себе вичерпали. В зв'язку з цим, набуває особливого значення пошук додаткових механізмів

функціонального забезпечення спеціальної працездатності [1, 2]. Питання енергозабезпечення, силових характеристик роботи, нейродинамічних функцій організму, реакцій кардіореспіраторної системи (КРС) розглянуті згідно вимог виду спорту, спеціалізації, статі, віку, кваліфікації спортсменів [3, 4]. Також показано, що максимальний ступінь фізіологічної напруженості організму може характеризувати рівень функціональної підготовленості спортсменів [5].

Фізіологічні стани, які супроводжують великі тренувальні та змагальні навантаження – гіпоксію навантаження, лактат-ацидоз та пов'язану з ним гіперкапнію, дають можливість оцінити ступінь впливу на функціональне забезпечення спеціальної працездатності спортсменів. Ці питання добре розглянуті на системному, методологічному та науково-методичному рівні.

В роботах Д. В. Моногарова [6], В. С. Міщенко [7], М. М. Філіппова [8] чітко показано, що процеси адаптації КРС та тканинних механізмів утилізації  $O_2$  до гіпоксії навантаження лактат-ацидозу та пов'язаної з ним гіперкапнії, впливають на здатність спортсменів швидко, адекватно та в повній мірі реагувати на навантаження. Особливу увагу приділено аналізу показників, що характеризують здатність до швидкого розгортання фізіологічних реакцій (швидкої кінетики) в процесі впрацювання, в стійкому стані та в умовах зростаючої втоми.

Знання та розуміння механізмів, що включаються в умовах значного фізичного навантаження, дали підстави для розробки спеціалізованих критеріїв адаптації організму спортсменів. В роботах В. J. Whipp, S. A. Ward, B. J., H. B. Rossiter [9], О. Лисенко [10], Т. М. V. Garnacho-Castaño, L. Albesa-Albiol, N, Serra-Payá et al [11], Го П., Кун С., А. Дьяченко [12], О. Ozkaya, G. A. Balci et al [13] показані функціональні властивості КРС і енергозабезпечення спортсменів, їх спеціалізовані прояви в умовах напруженої змагальної діяльності різною за спрямованістю функціонального забезпечення спеціальної працездатності. Склалося розуміння, що наявні кількісні та якісні фізіологічні характеристики, орієнтовані на граничні характеристики реакцій ( $VO_2 \max$ ,  $V_E \max$ ,  $VCO_2 \max$ ) не завжди формують повне уявлення про можливості функціонального забезпечення спеціальної працездатності спортсменів. Наявні граничні характеристики реакції характеризують потенціал спортсмена, але не дають точного уявлення про структуру функціонального забезпечення спеціальної працездатності, її вплив на кінетику, аеробну та анаеробну потужність, дихальну компенсацію метаболічного ацидозу, стійкий стан і сталий розвиток реакцій [14].

В більшій мірі проблема виникає у варіативних умовах тренувальних та змагальних навантажень, де зміни інтенсивності роботи, темпо-ритмової структури локомоцій вносять суттєві зміни в структуру, і як наслідок в фізіологічні характеристики реакції. Багаточисленні дані орієнтовані на окремі характеристики, мало відображають комплексні процеси в умовах гіпоксії, лактат-ацидозу та пов'язаної з ним гіперкапнії. Представлені у спеціальній літературі характеристики «стимул - реакція» орієнтовані на стандартні умови їх реалізації [10, 15]. Але є певне розуміння, що вони недостатньо відображають ступінь впливу фізіологічних стимулів на розвинення функцій в умовах складних перехідних процесів, характерних для багатьох видів спорту, зокрема швидкої кінетики, стійкого стану та сталого розвитку реакцій в умовах розвитку і компенсації втоми.

Все це є передумовою для проведення спеціального дослідження, що спрямоване на вивчення механізмів короткострокової та довгострокової адаптації організму в умовах модуляції функціональних станів, формування об'єктивних критеріїв адаптації організму спортсменів у процесі напруженої рухової діяльності.

**Мета.** Виявити характеристики фізіологічного напруження організму в умовах симуляції функціональних станів гіпоксії навантаження, гіперкапнії і лактат-ацидозу у кваліфікованих спортсменів.

#### Матеріали та методи дослідження

Аналіз наукової, науково-методичної літератури з фізіології рухової активності і спорту, функціонального забезпечення спеціальної працездатності спортсменів, теорії спорту.

Лабораторні дослідження проведені на базі Lab of aquatic training monitoring and intervention of general administration of sport of China (Наньчан, провінція Дзяньші, Китай)

Визначення споживання  $O_2$  ( $V \cdot O_2$ ), виділення  $CO_2$  ( $V \cdot CO_2$ ), хвилинного об'єму дихання ( $V_E$ ), легеневої вентиляції ( $V_A$ ) (метаболіметр Oхусон mobile, Jaeger) та забір крові для виміру концентрації лактату (лабораторний комплекс «Biosen S. line lab+») було проведено спеціалістами лабораторії Lab of aquatic training monitoring and intervention of general administration of sport of China та разом зі спеціалістами Національного університету фізичного виховання та спорту України.

*Процедура та оцінка.* На основі вказаних показників розраховували відносні характеристики кардіореспіраторної системи, потужності та ємності енергозабезпечення, які відображають кількісні характеристики функції «стимул-реакція» (табл. 1).

**Таблиця 1**

Характеристика показників моніторингу функціонального забезпечення спеціальної працездатності спортсменів

Показник	Одиниці виміру	Характеристика показника
$Eq_{P_{ACO_2} \text{ test } 10}$ (тест 10 секунд),	у.о.	Відносні характеристики легеневої вентиляції до парціального напруження $CO_2$ в альвеолярному повітрі (кінцева фракція повітря, що видихається), $V_E \cdot P_{ACO_2}$ )
$Eq_{CO_2 \text{ test } 30}$ (тест 10 секунд),	у.о.	Питомі характеристики легеневої вентиляції до збільшення $CO_2$ у повітрі ( $V_E \cdot VCO_2^{-1}$ ), що видихається в період компенсації впливу навантаження (10-15 с відновлювального періоду)
$Eq_{CO_2 \text{ SSt}}$ (steady state),	у.о.	Питомі характеристики легеневої вентиляції до концентрації $CO_2$ у повітрі ( $V_E \cdot PaCO_2^{-1}$ ), що видихається (за 30 с стійкого стану)
$Eq_{O_2 \text{ SSt}}$ ,	у.о.	Питомі характеристики легеневої вентиляції до споживання $O_2$ ( $V_E \cdot VO_2^{-1}$ ) за 30 с стійкого стану
$Eq_{CO_2^{-1} \text{ SSt}} / Eq_{CO_2^{-1} \text{ CP}}$ (critical power / критична потужність),	%	Ступінь збільшення функціонального напруження в умовах розвитку втоми в тесті «Критична потужність навантаження» $V_E \cdot VCO_2^{-1} \text{ SSt} / V_E \cdot VCO_2^{-1} \text{ CP}$ і $V_E \cdot VO_2^{-1} \text{ SSt} / V_E \cdot VO_2^{-1} \text{ CP}$
$Eq_{O_2^{-1} \text{ SSt}} / Eq_{O_2^{-1} \text{ CP}}$ , $La \text{ test } 30$ ,	% $mmol \cdot l^{-1}$	Рівень концентрації лактату крові в умовах максимізації гліколітичної потужності (анаеробна гліколітична потужність)
$La \text{ } VO_2 \text{ max}$ ,	$mmol \cdot l^{-1}$	Рівень концентрації лактату крові, при якому спортсмен досяг $VO_2 \text{ max}$
$La \text{ CP}$ ,	$mmol \cdot l^{-1}$	Рівень концентрації лактату крові в умовах максимізації гліколітичної ємності (анаеробна гліколітична ємність)
$La \text{ CP} / La \text{ test } 30$ ,	%	Відношення потужності та ємності лактатного енергозабезпечення (анаеробний резерв)

*Модуляція навантаження.* Ергометрія: використання ергометрів Dansprint (байдарка і каное), Wattbike (велоспорт), Спудерг (бокс). Контроль проводився за схемою, що представлена у таблиці 2.

Підібрані навантаження, які стимулюють досягнення високого ступеню гіпоксії навантаження, лактат-ацидозу та пов'язаної з ним гіперкапнії.

Таблиця 2

Зміст контролю функціонального забезпечення спеціальної працездатності спортсменів

Тестові завдання	Показники «стимул-реакція»
<b>Швидка кінетика реакції</b>	
Тест 10 секунд (test 10)	EqPaCO <sub>2</sub>
Час відновлення 1 хвилина	
Тест 30 секунд (test 30)	EqCO <sub>2</sub> La
Час відновлення 7 хвилин. Забір крові для виміру лактату – 3 та 5 хвилина, реєструється вищий показник.	
Період стійкого стану	
Степ тест:	
❖ веслувальники: 1 сходинка 150 - Вт, 2 (3, 4 ...) сходинка + 20 Вт; ергометр Dansprint	EqCO <sub>2</sub> SSt
❖ велосипедисти: 1 сходинка 250 - Вт, 2 (3, 4 ...) сходинка + 50 Вт; ергометр Wattbike	EqO <sub>2</sub> <sup>-1</sup> SSt La VO <sub>2</sub> max
Індивідуальне моделювання бою в боксі: три раунди по 3 хвилини; ергометр-тренажер Спудерг	
Час відновлення 7 хвилин. Забір крові для виміру лактату – 3 та 5 хвилина, реєструється вищий показник.	
Період компенсації втоми в процесі виконання навантаження з «критичною» потужністю роботи, тест 120 с	
Тест «критична» потужність, 120 секунд (CP)	V <sub>E</sub> ·VCO <sub>2</sub> <sup>-1</sup> SSt / V <sub>E</sub> ·VCO <sub>2</sub> <sup>-1</sup> CP V <sub>E</sub> ·VO <sub>2</sub> <sup>-1</sup> SSt / V <sub>E</sub> ·VO <sub>2</sub> <sup>-1</sup> CP La CP, La CP / La test 30
Відновлення ЧСС до 120 уд·хв <sup>-1</sup> , реєструється час відновлення.	
Забір крові для виміру лактату – 3 та 5 хвилина, реєструється вищий показник.	

*Контингент.* Кваліфіковані спортсмени, які спеціалізуються у веслуванні на байдарках, спринт 200 м і 500 м: 24,9 ± 2,1 років, 87,7 ± 4,6 кг, 181,7 ± 1,9 см, (n=20); велоспорті, шосе: 24,5 ± 2,1 років, 74,9±3,6 кг, 177,7 ± 2,0 см, (n=20); боксі: 23,8 ± 2,4 років, 76,5 ± 3,6 кг, 176,7 ± 1,8 см, (n=20).

*Статистика.* Для оцінки й аналізу отриманих даних був використаний статистичний пакет (SPSS 10.0) (SPSS 10.0). Описова статистика пропонує виділити середнє арифметичне –  $\bar{X}$  стандартне відхилення - S, а також максимальні (max) та мінімальні (min) індекси, 25% та 75% індекси. Для визначення статистичної

достовірності розбіжностей були використані непараметричні критерії Уїлкінсона. Вірогідність помилки при статистичному аналізі на рівні  $p = 0,05$  (рівень значущості).

Для визначення загальних та групових характеристик функціональної підготовленості застосували інструменти формування функціональних моделей підготовленості. Модельні показники визначені на основі правила трьох сігм [16]. Характеризували модельний ряд групових моделей, які певним чином відображають загальний рівень і властивості показника ( $S < \bar{x} < S$ ). На підставі значень визначених вище показників групового діапазону ( $\bar{x} + S < n_{\max}$ ) був сформований модельний діапазон (індивідуальні моделі), що визначає унікальні властивості функціональної підготовленості спортсменів.

*Етика дослідження.* Всі учасники були проінформовані про вимоги до дослідження, спортсмени та тренери дали свою інформовану письмову згоду на участь. Комітет Національного університету фізичного виховання і спорту України з етики досліджень у дусі Гельсінської декларації схвалив усі процедури.

### Результати дослідження і їх обговорення

Наведені результати статистичного аналізу показників фізіологічного моніторингу (табл. 3).

Таблиця 3

Показники фізіологічного моніторингу «стимул-реакція» працездатності кваліфікованих спортсменів (n=60)

Статистичні показники	EqPaCO <sub>2</sub> test 10	EqCO <sub>2</sub> test 30	La test 30	EqVO <sub>2</sub> SSt	EqCO <sub>2</sub> SSt	La VO <sub>2</sub> max	EqO <sub>2</sub> SSt / EqO <sub>2</sub> CP	EqCO <sub>2</sub> SSt / EqCO <sub>2</sub> CP	La CP	La CP / La test 30
Веслувальники (n=20)										
$\bar{x}$	2,4	34,5	8,5*	39,4	39,0	12,0**	4,5	6,3	17,6***	51,7****
S	0,4	2,9	0,7	1,8	1,8	0,9	0,7	0,9	0,9	0,9
min	1,8	29,2	6,9	35,2	34,9	8,9	2,9	4,0	14,8	46,4
max	3,4	40,1	10,3	42,7	41,9	15,2	6,0	8,0	19,2	53,4
25%	2,0	33,42	7,3	36,9	35,9	9,3	3,0	3,3	15,5	49,7
75%	3,1	38,2	9,5	41,3	39,9	14,0	5,2	7,4	18,9	52,9
CV	16,7	8,4	8,2	4,6	4,6	7,5	15,6	14,3	5,1	1,7
Велосипедисти (n=20)										
$\bar{x}$	2,2	33,7	6,0*	38,4	37,9	14,0**	4,0	5,3	19,6***	69,4****
S	0,4	2,1	1,0	1,8	1,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0
min	1,7	28,0	4,8	34,1	34,8	11,0	2,2	4,2	16,8	64,1
max	3,3	38,5	7,2	41,6	41,0	16,4	5,6	7,0	21,2	71,4
25%	1,9	31,42	5,1	34,9	33,9	11,9	3,3	3,5	17,8	66,0
75%	3,0	37,1	7,0	40,3	39,4	13,9	5,2	7,2	19,5	70,3
CV	18,2	6,6	16,7	4,7	5,0	6,4	22,5	17,0	5,1	1,4

Статистичні показники	EqPaCO <sub>2</sub> test 10	EqCO <sub>2</sub> test 30	La test 30	EqVO <sub>2</sub> SSt	EqCO <sub>2</sub> SSt	La VO <sub>2</sub> max	EqO <sub>2</sub> SSt / EqO <sub>2</sub> CP	EqCO <sub>2</sub> SSt / EqCO <sub>2</sub> CP	La CP	La CP / La test 30
Боксери (n=20)										
$\bar{x}$	2,3	33,5	8,2*	38,2	37,8	11,6**	5,0	5,2	14,8***	44,6****
S	0,4	3,5	0,7	1,9	1,9	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0
min	1,7	28,3	7,0	33,1	32,3	8,5	2,4	2,5	11,8	40,7
max	3,3	40,4	10,1	41,8	40,5	13,9	9,1	8,8	17,9	46,2
25%	1,7	31,42	7,3	35,2	34,9	9,2	3,7	4,2	13,2	42,1
75%	3,0	39,0	9,6	40,3	39,8	12,9	8,2	7,9	16,3	44,6
CV	17,4	10,4	8,5	5,0	5,0	8,6	20,0	17,3	6,8	2,2

*Примітка.* відмінності статистично значущі при  $p < 0,05$ : \* – La тест 30 с велосипедистів від веслувальників / боксерів; \*\* La VO<sub>2</sub> max – веслувальники / велосипедисти / боксери; \*\*\* La критична потужність – веслувальники / велосипедисти / боксери; \*\*\*\* La критична потужність / La тест 30 с – веслувальники / велосипедисти / боксери

Звертають на себе увагу дані, які характеризують відмінності і загальні риси функціонального забезпечення спеціальної працездатності спортсменів в веслування на байдарках (спринтерські дисципліни, 200 м і 500 м), велоспорті (шосейні перегони) і в боксі.

Встановлено відсутність достовірно значущих відмінностей показників швидкої кінетики (EqPaCO<sub>2</sub> test 10 і EqCO<sub>2</sub>), стійкого стану (EqCO<sub>2</sub> і EqO<sub>2</sub>), сталого розвитку реакцій в умовах розвитку і компенсації втоми (EqO<sub>2</sub> SSt / EqO<sub>2</sub> CP і EqCO<sub>2</sub> SSt / EqCO<sub>2</sub> CP) між представниками досліджуваних груп. Разом з тим, виявлено наявність достовірно значущих відмінностей ( $p < 0,05$ ) потужності гліколітичного енергозабезпечення (La test 30 с) між велосипедистами і веслувальниками (боксерами); характеристиками концентрації лактату крові, при якому спортсмени досягли VO<sub>2</sub> max (La VO<sub>2</sub> max), ємності гліколітичного енергозабезпечення (La CP), спроможності раціонально використовувати анаеробний резерв (La CP / La test 30 с) між усіма категоріями спортсменів.

Водночас показані суттєві відмінності усередині груп за показниками EqPaCO<sub>2</sub> (CV 16,7% – 18,2%), EqO<sub>2</sub> SSt / EqO<sub>2</sub> CP і EqCO<sub>2</sub> SSt / EqCO<sub>2</sub> CP (CV 17,0% – 22,5%) для всіх категорій спортсменів, що вказує на відсутність наявного методичного підходу до системного розвитку наведених функціональних властивостей спортсменів, і як наслідок на наявність певних резервів спеціальної функціональної підготовленості.

Структура змагальної діяльності і пов'язані з нею функціональні стани, які визначають ступінь напруженості функціонального забезпечення спеціальної працездатності мають певні нормативні (модельні) характеристики реакції КРС і енергозабезпечення. Вони характеризуються певними реактивними властивостями реакції легеневої вентиляції на збільшення PaCO<sub>2</sub>, VCO<sub>2</sub>, VCO<sub>2</sub>, концентрації лактату крові.

Отримані результати «стимул – реакція» в умовах модуляції напруження змагальної діяльності в веслуванні на байдарках, велосипедному спорті, боксі дозволили

виявити спільні риси і відмінності реакції кардіореспіраторної системи і енергозабезпечення в умовах спеціалізованих проявів гіпоксії навантаження, гіперкапнії, лактат-ацидозу.

В залежності від структури змагальної діяльності і функціонального забезпечення спеціальної працездатності, кожному виду спорту притаманні певні домінуючі чинники функціональної підготовленості. Такі розбіжності більшою мірою проявляються за значеннями показників структури гліколітичного енергозабезпечення спортсменів.

В таблиці 4 наведені групові і індивідуальні модельні характеристики функціональних можливостей спортсменів (групові і індивідуальні функціональні моделі) в видах спорту, які мають суттєві відмінності за тривалістю, інтенсивністю та темпо-ритмовою структурою змагальної діяльності.

Таблиця 4

Групові та індивідуальні функціональні моделі підготовленості спортсменів в різних видах спорту

Статистичні показники	Веслувальники на байдарка		Велосипедисти		Боксери	
	ГМ*	ІМ*	ГМ	ІМ	ГМ	ІМ
	$S < \bar{x} < S$	$\bar{x} + S < n_{\max}$	$S < \bar{x} < S$	$\bar{x} + S < n_{\max}$	$S < \bar{x} < S$	$\bar{x} + S < n_{\max}$
EqPaCO <sub>2</sub> test 10	2-2,8	2,9-3,4	1,8-2,6	2,7-3,3	1,9-2,7	2,7-3,3
EqCO <sub>2</sub> test 30	31,6-34,4	35,0-40,1	31,6-35,6	35,7-38,5	36,0-38,5	39,0-41,0
La test 30	7,8-9,2	9,3-10,3	5,0-7,0	7,1-7,2	7,5-8,9	9,0-10,1
EqVO <sub>2</sub> SSt	37,6-41,2	41,3-42,7	36,6-40,2	41-41,6	36,3-40,1	40,2-41,8
EqCO <sub>2</sub> SSt	37,2-40,8	41,0-41,9	36,0-39,8	40,0-41,0	35,9-39,7	40,0-41,0
La VO <sub>2</sub> max	11,1-12,9	13,0-15,2	13,1-14,9	15,0-16,4	10,6-12,6	12,7-13,9
EqO <sub>2</sub> SSt / EqO <sub>2</sub> CP	3,8-5,2	5,3-6,0	3,1-4,9	5,0-5,6	4,0-6,0	6,9-9,1
EqCO <sub>2</sub> SSt / EqCO <sub>2</sub> CP	5,4-7,2	7,3-8,0	4,4-6,2	6,3-7,0	4,3-6,1	6,2-8,8
La CP	16,7-18,5	18,6-19,2	18,6-20,6	20,7-21,2	13,8-5,8	16,0-17,9
La test 30 / La CP	50,8-52,6	53-53,4	68,4-70,4	70,5-71,4	43,6-5,6	45,7-46,0

Примітка: \* ГР – групова модель; \*\* ІМ – індивідуальна модель

На відміну від групових моделей, в яких статистичні розбіжності були незначними, індивідуальні зміни КРС на збільшення P<sub>A</sub>CO<sub>2</sub> в альвеолярному повітрі в тесті 10 секунд (EqPaCO<sub>2</sub>) і на виділення CO<sub>2</sub> в test 30 (EqCO<sub>2</sub>), а також анаеробної гліколітичної потужності (La test 30) формували умови для високої швидкості розгортання механізмів впрацювання, стійкого стану і реакцій розвитку і компенсації втоми. Це підтверджує і доповнює дані наведені в спеціальній літературі [17, 18].

Умовою стійкого стану є підтримання адекватного рівня легеневої вентиляції на виділення CO<sub>2</sub>. Встановлено, що для анаеробного гліколітичного енергопостачання важливим фактором є «переносимість» лактату. Згідно даних Т. Вомра, С. Buzzichelli [4] визначені рівні концентрації лактату, при яких спортсмени досягають VO<sub>2</sub> max. Наведені дані відображають найбільш стабільні характеристики реакції організму на навантаження в умовах стійкого стану у всіх груп спортсменів.

Характеристики сталого розвитку функцій в умовах зростання втоми сформовані на засадах, представлених В. Д. Моногаровим [6]. Автор запропонував визначити рівень компенсаційних можливостей спортсменів на основі порівняння кількісних характеристик стійкого стану і в період зростання напруження функцій при розвиненні втоми. Головним чинником, який визначає рівень компенсаційних можливостей є лінійне збільшення реакції дихальної компенсації метаболічного ацидозу на зростання

$VCO_2$  за умови збереження (збільшення) споживання  $O_2$ . Це визначається різницею зростання  $EqCO_2$  відповідно  $EqO_2$  на 2-3% (не більше 6,0%). Надмірне зростання  $EqO_2$  свідчить про зниження  $VO_2$ , що є важливим чинником ефективного енергозабезпечення роботи спортсменів. Наведені характеристики функціональних можливостей суттєво доповнюються раціональним використанням анаеробного гліколітичного резерву. Його ефективність визначена за співвідношенням концентрації лактату крові, зареєстрованому в умовах максимальної потужності руху (test 30) і кінцевими значеннями показника (test CP). Співвідношення потужності і ємності анаеробного гліколітичного енергозабезпечення є головним чинником збереження і раціонального використання анаеробного резерву організму в умовах тривалого функціонального напруження навантаження. Це найбільш було виражено у представників велоспорту, де певні оптимальні пропорції показників стійкого стану і компенсації втоми ( $EqCO_2$  і  $EqO_2$ ) супроводжувалися вагомими показниками анаеробної ємності ( $La CP$ ) і анаеробного резерву ( $La CP / La test 30$ ).

Моніторинг функціонального забезпечення спеціальної працездатності кваліфікованих веслувальників, велосипедистів і боксерів визначив групові і індивідуальні модельні характеристики реакції кардіореспіраторної системи і енергозабезпечення в умовах реалізації швидкої кінетики, стійкого стану, розвитку і компенсації втоми. Є певні наративи, що представлені індивідуальні модельні характеристики реакцій вказують на наявні граничні значення показників реакції і визначають функціональні резерви спеціальної підготовленості спортсменів.

### Висновки

1. Результати моніторингу визначили кількісні і якісні характеристики «стимул-реакція» в умовах модуляції функціональних станів – гіпоксії навантаження, гіперкапнії та лактат-ацидозу у кваліфікованих спортсменів. Це дозволило обґрунтувати структуру реакції кардіореспіраторної системи і енергозабезпечення роботи в умовах зростання напруження функціонального забезпечення спеціальної працездатності кваліфікованих спортсменів в веслуванні, велоспорті і в боксі.
2. Встановлено типологічні особливості реакції кардіореспіраторної системи і енергопостачання в умовах моделювання змагальної діяльності у видах спорту, які мають відмінності за структурою функціонального забезпечення спеціальної працездатності. А саме:
  - відсутність достовірно значущих відмінностей показників швидкої кінетики ( $EqPaCO_2 test 10$  і  $EqCO_2$ ), стійкого стану ( $EqCO_2$  і  $EqO_2$ ), сталого розвитку реакцій в умовах розвитку і компенсації втоми ( $EqO_2 SSt / EqO_2 CP$  і  $EqCO_2 SSt / EqCO_2 CP$ ) між представниками усіх досліджуваних груп;
  - наявність достовірно значущих відмінностей ( $p < 0,05$ ) за  $La test 30$  с між велосипедистами і веслувальниками (боксерами);  $La VO_2 max$ ,  $La$  критична потужність,  $La$  критична потужність /  $La test 30$  с між усіма категоріями спортсменів.
  - наявність суттєвих усередині групових відмінностей  $EqPaCO_2$  (CV 16,7% – 18,2%),  $EqO_2 SSt / EqO_2 CP$  і  $EqCO_2 SSt / EqCO_2 CP$  (CV 17,0% – 22,5%) для всіх категорій спортсменів.
3. Моніторинг кардіореспіраторної системи і енергозабезпечення визначає резерви функціонального забезпечення спеціальної працездатності кваліфікованих спортсменів в веслуванні, боксі і велоспорті. Вони ґрунтуються на граничних значеннях показників (індивідуальних моделях) швидкої кінетики, стійкого стану і сталого розвитку реакцій в умовах моделювання змагальної діяльності, а саме:
  - веслувальники:  $EqPaCO_2 test 10$  – 2,8-3,4 у. о.;  $EqCO_2 test 30$  – 34,4-40,1 у. о.;  $La test 30$  – 9,2-10,3 mmol·l<sup>-1</sup>;  $EqVO_2 SSt$  – 41,2-42,7 у. о.;  $EqCO_2 SSt$  – 40,8-41,9 у.



- o.; La VO<sub>2</sub> max 12,9-15,2 mmol·l<sup>-1</sup>; EqO<sub>2</sub> SSt / EqO<sub>2</sub> CP – 5,2-6,0%; EqCO<sub>2</sub> SSt / EqCO<sub>2</sub> CP – 7,2-8,0%; La CP – 18,5–19,2 mmol·l<sup>-1</sup>; La CP / La test 30 – 52,6–53,4%;
- велосипедисти: EqPaCO<sub>2</sub> test 10 – 2,6-3,3 у. о.; EqCO<sub>2</sub> test 30 – 35,6-35,7 у. о.; La test 30 – 7,0-7,2 mmol·l<sup>-1</sup>; EqVO<sub>2</sub> SSt – 40,2-41,6 у. о.; EqCO<sub>2</sub> SSt – 39,8-41,0 у. о.; La VO<sub>2</sub> max 14,9-16,4 mmol·l<sup>-1</sup>; EqO<sub>2</sub> SSt / EqO<sub>2</sub> CP – 4,9-5,6%; EqCO<sub>2</sub> SSt / EqCO<sub>2</sub> CP – 6,2-7,0%; La CP – 20,6-21,2 mmol·l<sup>-1</sup>; La CP / La test 30 – 70,4-71,4%;
  - боксери: EqPaCO<sub>2</sub> test 10 – 2,7-3,3 у. о.; EqCO<sub>2</sub> test 30 – 38,5-41,0 у. о.; La test 30 – 8,9-10,1 mmol·l<sup>-1</sup>; EqO<sub>2</sub> SSt – 40,1-41,8 у. о.; EqCO<sub>2</sub> SSt – 39,7-41,0 у. о.; La VO<sub>2</sub> max 12,6-13,9 mmol·l<sup>-1</sup>; EqO<sub>2</sub> SSt / EqO<sub>2</sub> CP – 6,0-9,1%; EqCO<sub>2</sub> SSt / EqCO<sub>2</sub> CP – 6,1-8,8%; La CP – 15,8-17,9 mmol·l<sup>-1</sup>; La CP / La test 30 – 45,6-46,0%.
4. Групові і індивідуальні модельні показники «стимул-реакція» швидкої кінетики, стійкого стану, сталого розвитку в умовах розвинення і компенсації втоми сформовані відповідно структурі функціонального забезпечення спеціальної працездатності кваліфікованих спортсменів в веслуванні, велоспорті і в боксі. Наявні відмінності і загальні риси формують спеціалізовану функціональну спрямованість управління тренувальними і змагальними навантаженнями.

Визначення кількісних і якісних характеристик «стимул-реакція» відповідно ергометричній потужності навантаження, надає нові можливості для обґрунтування умов реалізації фізіологічних стимулів реакції відповідно структурі функціонального забезпечення спеціальної працездатності в конкретному виді спорту. Це є перспективним напрямом дослідження проблеми.

### Список використаної літератури

1. Tomiak, T., Mishchenko, V., Lusenko, E., Diachenko, A., Korol, A. (2014). Effect of moderate and high intensity training sessions on cardiopulmonary chemosensitivity and time-based characteristics of response in high performance paddlers. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*. 6(3):218-28.
2. Hommel, J., Öhmichen, S., Müller, U. M. et al. (2019). Effects of six-week sprint interval or endurance training on calculated power in maximal lactate steady state. *Biol Sport*. 36(1):47–54.
3. Diachenko, A., Pengcheng, G., Yevpak, N., Rusanova, O., Kiprych, S. (2021). Neurohumoral Components of Rapid Reaction Kinetics of the Cardio-Respiratory System of Kayakers. *Sport Mont*. 19(S2):29-33.
4. Bompa T., Buzzichelli C. (2018). *Periodization-6th Edition: Theory and Methodology of Training, Human Kinetics*. 392.
5. Daniels, J. (2001). Aerobic capacity for endurance. In: Foran B, editor. *High-performance sports conditions. Modern training for ultimate athletic development. Human kinetics*, 193-213.
6. Моногаров В. Д. Развитие и компенсация утомления при напряженной мышечной деятельности. *Теория и практика физ. культуры*. 1990. № 4. С. 43–46.
7. Мищенко В. С. *Функциональные возможности спортсменов. Здоровье*, 1990. 200 с.
8. Филиппов М. Условия образования и переноса углекислого газа в процессе мышечной деятельности. *Наука в олимпийском спорте*. 2019. № 4. С. 17–23.
9. Whipp, B. J., Ward, S. A., Rossiter, H. B. (2005). Pulmonary O<sub>2</sub> Uptake during Exercise: Conflating Muscular and Cardiovascular Responses. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 1574-1585.
10. Лысенко О. Физиологическая реактивность и соотношение «стимул-реакция» в условиях физических нагрузок разного характера. *Физическое воспитание, спорт и культура здоровья в современном обществе: сборник научных трудов*. 2015. 2(30). С. 136–143.
11. Garnacho-Castaño, M. V., Albesa-Albiol, L., Serra-Payá, N., Bataller, M. G., Felú-Ruano, R., Cano, L. G., Cobo, P. E., Maté-Muñoz, J. L. (2019). The Slow Component of Oxygen Uptake and Efficiency in Resistance Exercises: A Comparison with Endurance Exercises. *Front Physiol*. 10:357.
12. Го Пенчен, Кун Сянлин, Дьяченко А. Функциональная подготовка спортсменов в водных видах спорта. *НПФ Славутич-Дельфин*. 2021, 244 с.
13. Ozkaya, O., Balci, GA, As H, Yildiztepe, E (2021). A new technique to analyse threshold-intensities based on time dependent change-points in the ratio of minute ventilation and end-tidal partial pressure of carbon-dioxide production. *Respir Physiol Neurobiol*. 294:103735.
14. Mischenko, V, Monogarov, V. (1995). *Physiology del deportista. Editorial Paidotribo*, 328.

15. Мищенко В. С., Лысенко Е. Н., Виноградов В. Е. Реактивные свойства кардиореспираторной системы как открытие адаптации к напряженной физической тренировке в спорте: монография : Научный мир. 2007, 351 с.
16. Pukelsheim, F. (1994). The Three Sigma Rule. *American Statistician*. 48: 88–91.
17. Liu, Y, Steinacker, J. M., Stauch, M. (1995). Does the threshold of transcutaneous partial pressure of carbon dioxide represent the respiratory compensation point or anaerobic threshold? *Eur J Appl Physiol*. 71(4): 326-31.
18. Vilaça-Alves, J., Freitas, N. M, Saavedra, F. J., Scott, C. B., dos Reis V. M., Simão, R., Garrido, N. (2016). Comparison of oxygen uptake during and after the execution of resistance exercises and exercises performed on ergometers, matched for intensity. *Journal of Human Kinetics*. 1(53):179-187.

### References

1. Tomiak, T., Mishchenko, V., Lusenko, E., Diachenko, A., Korol, A. (2014). Effect of moderate and high intensity training sessions on cardiopulmonary chemosensitivity and time-based characteristics of response in high performance paddlers. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*. 6(3):218-28.
2. Hommel, J., Öhmichen, S., Müller, U. M. et al. (2019). Effects of six-week sprint interval or endurance training on calculated power in maximal lactate steady state. *Biol Sport*. 36(1):47–54.
3. Diachenko, A., Pengcheng, G., Yevpak, N., Rusanova, O., Kipyrych, S. (2021). Neurohumoral Components of Rapid Reaction Kinetics of the Cardio-Respiratory System of Kayakers. *Sport Mont*. 19(S2):29-33.
4. Bompa, T., Buzzichelli, C. (2018). *Periodization-6th Edition: Theory and Methodology of Training, Human Kinetics*. 392.
5. Daniels, J. (2001). Aerobic capacity for endurance. In: Foran B, editor. *High-performance sports conditions. Modern training for ultimate athletic development. Human kinetics*, 193-213.
6. Monogarov, V. D. (1990). Razvytye y kompensatsyya utomlenyya pry napryazhennoy myshechnoy deyatelnosti. *Teoryya y praktyka fiz. kultury*.4: 43–46.
7. Mishchenko, V. S. (1990). Funktsyonalnye vozmozhnosti sportsmenov. *Zdorove*. 200.
8. Filippov, M. (2019). Uslovyaya obrazovaniya y perenosa uglekyslogo gaza v protsesse myshechnoy deyatelnosti. *Nauka v olymпыyskom sporte*. 4:17-23.
9. Whipp, B. J., Ward, S. A, Rossiter, H. B. (2005). Pulmonary O<sub>2</sub> Uptake during Exercise: Conflating Muscular and Cardiovascular Responses. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 1574-1585.
10. Lysenko, O. (2015). Fyzyologicheskaya reaktivnost y sootnosheniye «stymul-reaktsyya» v uslovyakh fyzycheskykh nagruzok raznogo kharaktera. *Fyzycheskoe vospytanye, sport y kultura zdorovya v sovremennom obshchestve: sbornyk nauchnykh trudov*. (2(30):136–143.
11. Garnacho-Castaño M. V., Albesa-Albiol L., Serra-Payá N., Bataller M. G., Felú-Ruano R., Cano, L. G, Cobo, P. E, Maté-Muñoz, J. L. (2019). The Slow Component of Oxygen Uptake and Efficiency in Resistance Exercises: A Comparison with Endurance Exercises. *Front Physiol*. 10:357.
12. Guo, P., Kong, X., Dyachenko, A. (2021). Funktsyonalnaya podgotovka sportsmenov v vodnykh vydakh sporta. *NPF Slavutyich-Delfyn*, 244.
13. Ozkaya, O., Balci, GA, As H, Yildiztepe, E. (2021). A new technique to analyse threshold-intensities based on time dependent change-points in the ratio of minute ventilation and end-tidal partial pressure of carbon-dioxide production. *Respir Physiol Neurobiol*. 294:103735.
14. Mishchenko, V., Monogarov, V. (1995). *Physiology del deportista*. Editorial Paidotribo, 328 p.
15. Mishchenko, V. S, Lysenko, E. P., Vynogradov, V. E. (2007). Reaktivnye svoystva kardiorespyratornoy systemy kak otkrytye adaptatsyy k napryazhennoy fyzycheskoy trenirovke v sporte: monografiya. *Nauchnyy myr*, 351.
16. Pukelsheim, F. (1994). The Three Sigma Rule. *American Statistician*. 48: 88–91.
17. Liu, Y, Steinacker, J. M., Stauch, M. (1995). Does the threshold of transcutaneous partial pressure of carbon dioxide represent the respiratory compensation point or anaerobic threshold? *Eur J Appl Physiol*. 71(4): 326-31.
18. Vilaça-Alves, J., Freitas, N. M, Saavedra, F. J., Scott, C. B., dos Reis V. M., Simão, R., Garrido, N. (2016). Comparison of oxygen uptake during and after the execution of resistance exercises and exercises performed on ergometers, matched for intensity. *Journal of Human Kinetics*. 1(53):179-187.

**Diachenko O. A., Filippov M. M., Ilyin V. M., Guo Renhao. Monitoring of the functional ensure of qualified athletes' special workability.**

**Introduction.** The article is devoted to search for functional reserves of special physical fitness athletes.

**Purpose.** The purpose of the work was to determine the physiological load characteristics of the body in conditions of simulation of functional states of hypoxia, lactic acidosis and associated hypercapnia in qualified athletes.

**Material and methods.** Contingent: qualified athletes who specialize in: rowing on kayaks, sprint ( $n=20$ ); boxing ( $n=20$ ); cycling, road racing ( $n=20$ ). Research equipment: metabolimeter Oxycon mobile (Jaeger), determining blood lactate concentration instrument "Biosen S. line lab+", ergometers Dansprint (kayaking), Wattbike (cycling), Spuderg (boxing).

**Results.** The typological features of the cardiorespiratory and energy supply system reaction in conditions of high physiological load in kayaking, cycling and boxing have been established.

The general features are based on the fact that the group indicators of fast kinetics ( $EqP_{ACO_2}$  test 10 and  $EqCO_2$  test 30), steady state ( $EqCO_2$  and  $EqO_2$ ), stability in the conditions of development and fatigue compensation ( $EqO_2$  SSt /  $EqO_2$  CP and  $EqCO_2$  SSt /  $EqCO_2$  CP) among athletes of different studied groups are not observed. Reliably significant differences ( $p<0.05$ ) of group indicators of glycolytic energy supply of athletes in different sports ( $La$  test 30,  $La$   $VO_2$  max,  $La$  CP,  $La$  CP /  $La$  test 30), as well as the presence of significant individual differences in indicators of the cardiorespiratory system response among representatives of certain sports ( $EqP_{ACO_2}$  (CV 16.7%–8.2%),  $EqO_2$  SSt /  $EqO_2$  CP and  $EqCO_2$  SSt /  $EqCO_2$  CP (CV 17.0%–22.5%) indicate specialized functional manifestations.

Monitoring of the cardiorespiratory system and energy supply determined the values of the indicators that form the reserves of the functional support of the special working capacity of qualified athletes in kayak:  $EqP_{ACO_2}$  test 10 – 2,8-3,4 c. u.;  $EqCO_2$  test 30 – 34,4-40,1 c. u.;  $La$  test 30 – 9,2-10,3  $mmol \cdot l^{-1}$ ;  $EqVO_2$  SSt – 41,2-42,7 c. u.;  $EqCO_2$  SSt – 40,8-41,9 c. u.;  $La$   $VO_2$  max 12,9-15,2  $mmol \cdot l^{-1}$ ;  $EqO_2$  SSt /  $EqO_2$  CP – 5,2-6,0%;  $EqCO_2$  SSt /  $EqCO_2$  CP – 7,2-8,0%;  $La$  CP – 18,5–19,2  $mmol \cdot l^{-1}$ ;  $La$  CP /  $La$  test 30 – 52,6–53,4%.

In cycling (road racing):  $EqP_{ACO_2}$  test 10 – 2,6-3,3 c. u.;  $EqCO_2$  test 30 – 35,6-35,7 c. u.;  $La$  test 30 – 7,0-7,2  $mmol \cdot l^{-1}$ ;  $EqVO_2$  SSt – 40,2-41,6 c. u.;  $EqCO_2$  SSt – 39,8-41,0 c. u.;  $La$   $VO_2$  max 14,9-16,4  $mmol \cdot l^{-1}$ ;  $EqO_2$  SSt /  $EqO_2$  CP – 4,9-5,6%;  $EqCO_2$  SSt /  $EqCO_2$  CP – 6,2-7,0%;  $La$  CP – 20,6-21,2  $mmol \cdot l^{-1}$ ;  $La$  CP /  $La$  test 30 – 70,4-71,4%.

In boxing:  $EqP_{ACO_2}$  test 10 – 2,7-3,3 c. u.;  $EqCO_2$  test 30 – 38,5-41,0 c. u.;  $La$  test 30 – 8,9-10,1  $mmol \cdot l^{-1}$ ;  $EqVO_2$  SSt – 40,1-41,8 c. u.;  $EqCO_2$  SSt – 39,7-41,0 c. u.;  $La$   $VO_2$  max 12,6-13,9  $mmol \cdot l^{-1}$ ;  $EqO_2$  SSt /  $EqO_2$  CP – 6,0-9,1%;  $EqCO_2$  SSt /  $EqCO_2$  CP – 6,1-8,8%;  $La$  CP – 15,8-17,9  $mmol \cdot l^{-1}$ ;  $La$  CP /  $La$  test 30 – 45,6-46,0%.

**Originality.** A new approach to assessing the functional capabilities of athletes

**Conclusions.** As a result of functional monitoring of qualified kayakers, cyclists and boxers' special performance was determined group and individual model characteristics of the cardiorespiratory system response and energy supply in the conditions of implementation of fast kinetics, steady state, development and compensation of fatigue. The available limit values of the reaction indicators determine the functional reserves of athletes special performance.

**Key words:** monitoring, functional capabilities, special performance, "stimul-response", kayak, cycling, box.

Одержано редакцією 26.04.2023

Прийнято до публікації 10.05.2023