

УДК 796.015.68:796.071.2

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2024-2-29-34

**Ільїн Володимир Миколайович**

Національний університет фізичного виховання і спорту України

[ilyin\\_nufvsu@ukr.net](mailto:ilyin_nufvsu@ukr.net)ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7140-0659>**Філіппов Михайло Михайлович**

Національний університет фізичного виховання і спорту України

[filmish@ukr.net](mailto:filmish@ukr.net)ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5096-7445>**Виноградов Валерій Євгенович**

Київський столичний університет імені Бориса Грінченка

[masterv1390@gmail.com](mailto:masterv1390@gmail.com)ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1168-5557>

## ХАРАКТЕРИСТИКА ФІЗИЧНОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ У СПОРТСМЕНІВ БЕЗ ОЗНАК ТА З ОЗНАКАМИ ХРОНІЧНОЇ ВТОМИ

Стаття присвячена вивченню особливостей забезпечення фізичної працездатності у спортсменів з без і з ознаками хронічної втоми (ХВ). В обстеженнях взяли участь 22 спортсмени – легкоатлети, члени збірних команд України з бігу на довгі дистанції, які були розділені на дві групи: перша – 12 спортсменів без ознак ХВ, друга – 10 спортсменів з ознаками початкового і сильного ступеня ХВ. Зміст досліджень включав: визначення газового складу видихуваного і альвеолярного повітря, легеневої вентиляції і її компонентів в процесі роботи на велоергометрі з похвилинно-поступово-зростаючою потужністю від 50 до 250 Вт протягом 5 хв і в період відновлення. Розраховували внесок аеробних і анаеробних компонентів в енергообміні. Визначено, що потужність аеробних процесів у спортсменів без ознак ХВ на 10,3 % була вищою, ніж у спортсменів з ознаками ХВ. В той же час потужність анаеробних процесів у них на 11,9 % була нижчою. Кисневий запит на роботу, її киснева вартість, кисневий борг (алактатна та лактатна його фракції) у спортсменів без ознак ХВ були достовірно нижчими, ніж у спортсменів з такими ознаками, але відсоткові співвідношення кисневого запиту на роботу й кисневого боргу у них були практично однакові. У спортсменів з ознаками ХВ спостерігалось збільшення відносного внеску анаеробного обміну в загальну систему енергозабезпечення організму.

**Ключові слова:** фізична працездатність, спортсмени, хронічна втома, аеробний та анаеробний енергообмін.

**Постановка проблеми. Аналіз останніх публікацій.** Сучасний спорт високих досягнень – це сфера діяльності, в якій організм спортсмена піддається екстремальним фізичним та психологічним впливам [1]. Безмежне збільшення фізичних та емоційних навантажень при цьому не є раціональним, бо негативно впливає на їх здоров'я [2].

В умовах інтенсивних тривалих тренувальних та змагальних навантажень у спортсменів можуть виникати стани, які характеризуються перенапругою функціональних систем організму. Це може призвести до розвитку перетренованості та переходу сприятливих адаптивних реакцій у передпатологічні та навіть патологічні зміни [2]. В результаті перенапруги та перетренованості може проявлятися низка розладів, які знаходяться на порозі хворобливих станів. При цьому відбуваються функціональні, а іноді й органічні зміни в організмі, які призводять до значного та довготривалого зниження працездатності, розвитку гострого та хронічного стомлення [3]. Показано, що у спортсменів високої кваліфікації розвиток гострих та хронічних форм втоми в умовах тривалих

інтенсивних фізичних та психічних навантажень може сформуватись синдром хронічної втоми (ХВ) [4].

Цьому явищу передують ранні зміни фізичного, психофізіологічного та психічного стану спортсмена. Це свідчить про необхідність постійного контролю за функціональним станом спортсменів на тлі інтенсивних, об'ємних тренувальних навантажень. При появі ранніх ознак ХВ, якщо не ввести корективи в тренувальний процес, можуть виникнути серйозні багатофункціональні зміни в тканинах опорно-рухового апарату, серцевому м'язі та інших органах і системах. Виявлення цих змін може сприяти виділенню груп ризику та розробці методів профілактики ХВ на основі корекції тренувальних навантажень [5].

Тому є досить актуальною і необхідною розробка системи контролю та пошук індикаторів погіршення функціонального стану організму спортсменів, що спрямовані на виявлення ранніх ознак ХВ та оцінку ефективності методів їх корекції.

**Організація та методи досліджень.** В обстеженнях взяли участь 22 спортсмени – легкоатлети, члени збірних команд України з бігу на середні і довгі дистанції (кваліфікація МС і МСМК).

Під час досліджень спортсмени були розділені на дві групи. Першу групу склали 12 спортсменів (3 жінки, 7 чоловіків, середній вік  $22,9 \pm 2,84$  років) без ознак ХВ, у другу увійшли 10 спортсменів (2 жінки, 8 чоловіків, середній вік  $23,1 \pm 2,76$  років) у яких були ознаки вираженого і сильного ступеню ХВ.

Фізичну працездатність визначали методом велоергометрії. Обстежувані виконували стандартну роботу східчасто-зростаючої потужності, яка щохвилини підвищувалась на 50 Вт до досягнення 250 Вт. Використовувалася наступна схема дослідження: спокій – 5 хв, навантаження – 5 хв, відновлення – 10 хв. Газовий склад вдихуваного та видихуваного повітря визначали за допомогою мас-спектрографа МХ 6202 (Україна), легеневу вентиляцію – волюметра 45084 (Німеччина). Оцінювали показники потужності, ємності, ефективності функціональних (дихальної та серцево-судинної) та енергетичних (аеробних та анаеробних) систем. За даними газоспірометрії визначали максимальне споживання кисню (МСК, л/хв).

**Результати досліджень.** Тестування фізичної працездатності показало (табл.1), що у спортсменів з ознаками ХВ середні по групі розрахункові величини абсолютного й питомого МСК були нижче належних величин.

Таблиця 1

Показники фізичної працездатності у спортсменів з і без ознак ХВ

Показники	З ознаками ХВ (n = 10)	Без ознак ХВ (n = 12)
O <sub>2</sub> вартість роботи, л	8,965 (7,943; 9,011)	7,674 (7,217; 8,015)*
O <sub>2</sub> запит на роботу, л	5,843 (4,936; 7,034)	5,046 (4,151; 5,712)*
O <sub>2</sub> вартість відновлення, л	3,010 (2,438; 3,866)	2,512 (1,835; 3,012)*
Алактатний O <sub>2</sub> борг, л	2,034 (1,895; 2,701)	1,632 (1,009; 2,183)*
Лактатний O <sub>2</sub> борг, л	1,025 (0,894; 1,305)	0,701 (0,389; 0,756)*
O <sub>2</sub> запит на роб.у % від заг. варт.	65,3 (48,5; 76,3)	67,2 (48,8; 81,2)
O <sub>2</sub> ст. відновл. у% від заг.варт.	34,8 (26,5; 51,6)	31,3 (20,9; 54,3)
МСК, л/хв	4,168 (3,435; 4,721)	4,736 (3,876; 5,197)
МСК питоме, мл/хв/кг	59 (48; 65)	68 (56; 75)
МСК/належне МСК, %	93,6 (85,2; 98,9)	102,9(98,5; 104,9)
Анаер. потужн., ккал	58,5 (52,3; 67,6)	52,3 (47,1; 59,5)*
Пит. анаер. потужн., ккал/кг	0,93 (0,82; 0,97)	0,79 (0,67; 0,86)**
Аер. потужн., ккал	65,2 (53,46; 70,37)	71,9 (61,14; 82,24)*

## Продовження таблиці 1

Пит. аер. потужн., ккал/кг	0,94 (0,75; 1,03)	1,04(0,87; 1,19)*
----------------------------	-------------------	-------------------

Примітки: n – кількість обстежень; медіана (1; 3 кватили); \* – відмінність на рівні  $p < 0,05$ ; \*\* – відмінність на рівні  $p < 0,01$ ; вірогідність відмінностей визначалася за допомогою непараметричного рангового критерію

Значення питомих анаеробних і аеробних характеристик потужності організму у таких спортсменів відповідали середньому функціональному класу як за ємністю анаеробної працездатності так і за ефективністю аеробної працездатності [1].

Виявлено, що у спортсменів без ознак ХВ відзначалася менша киснева вартість роботи ( $O_2$  вартість) внаслідок зниження кисневого запиту ( $O_2$  запиту) на роботу і кисневого боргу ( $O_2$  вартість відновлення), що свідчило про підвищення економічності реагування організму на фізичне навантаження. МСК практично досягло належних значень. Рівень функціонального класу за потужністю аеробної працездатності в цих спортсменів був вищим за середній.

Потужність аеробних процесів у спортсменів без ознак ХВ була вищою, ніж у спортсменів з ознаками ХВ на 10,3 %. В той же час потужність анаеробних процесів була нижчою на 11,9 % (рис. 1).

Можливо, це було пов'язано з тим, що на тлі зниження потужності аеробних процесів у спортсменів з ознаками ХВ в якості компенсації енергетичних потреб підвищується потужність анаеробних процесів.

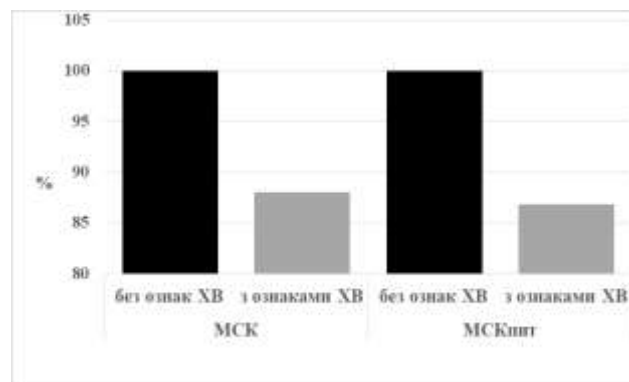


Рис.1. Зміни потужності анаеробних і аеробних процесів у відсотках у спортсменів без і з ознаками ХВ.

МСК і МСК питоме у спортсменів без ознак ХВ також були вищими відповідно на 12,0 % і 13,2 % (рис. 2).

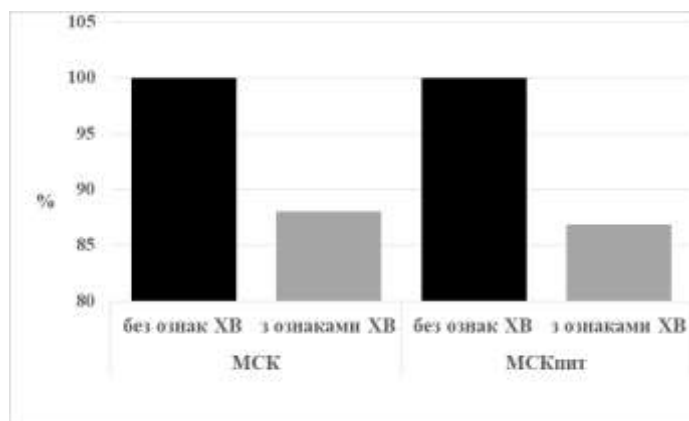


Рис. 2. Зміни МСК у відсотках у спортсменів без і з ознаками ХВ

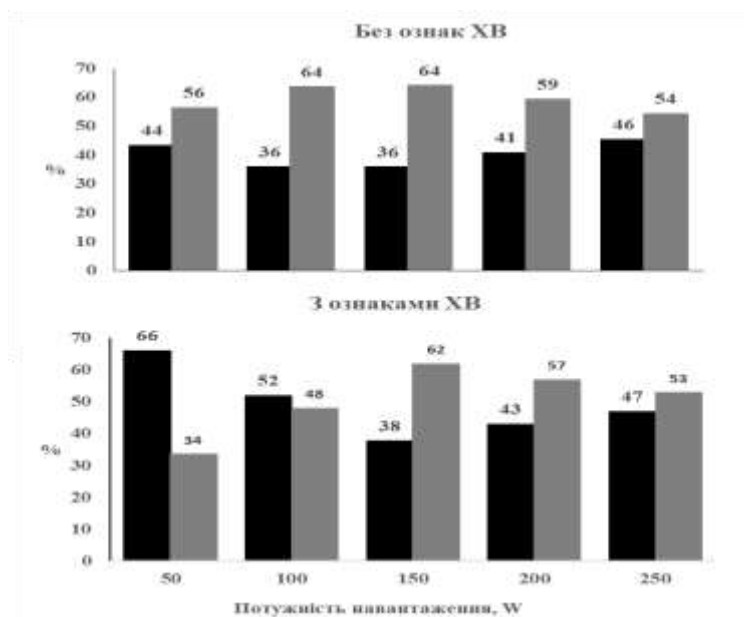
Рівень функціонального класу за потужністю аеробної працездатності в цих спортсменів був вищим за середній. Значення абсолютних і питомих анаеробних і аеробних потужностей організму відповідали за ємністю анаеробній працездатності та ефективності аеробної працездатності високому функціональному класу.

За ємністю анаеробної працездатності й ефективності аеробної працездатності у спортсменів з ознаками ХВ функціональні класи відповідали середнім рівням.

$O_2$  вартість роботи,  $O_2$  запит,  $O_2$  вартість відновлення, алактатна і лактатна фракції  $O_2$  боргу у спортсменів без ознак ХВ були достовірно нижче, але відсоткові співвідношення  $O_2$  запиту на роботу й  $O_2$  вартості відновлення від загальної  $O_2$  вартості роботи у них були практично однакові (табл. 1).

Це підтверджують дані про збільшення відносного внеску анаеробного обміну в загальну систему енергозабезпечення організму спортсменів з ознаками ХВ (рис. 3).

Рис. 3. Співвідношення аеробного й анаеробного компонентів енергетичного метаболізму у спортсменів без і з ознаками ХВ в динаміці велоергометричного навантаження.



Примітки: ■ – анаеробний компонент; ■ – аеробний компонент

**Обговорення.** Для спортивного тренування характерна наявність стомлення навіть без істотних змін працездатності. Саме такі стани «прихованого» стомлення мають найбільшу питому вагу серед усіх інших станів, тому керування такими станами і є найважливішим завданням регулювання режимів тренувальних навантажень кваліфікованих спортсменів. В основі змін, пов'язаних із «прихованим» стомленням, лежать фактори ефективності регуляції функцій, що притамані для даного виду діяльності. Тому їх вивчення може надати нові можливості оцінювання стану втоми та його корекції [5]. Найбільш актуальним це може бути для видів спорту з високою витратою енергії, в яких максимальні межі енерговитрат є одним із найважливіших факторів спеціальної працездатності.

У ряді робіт вказується на чіткий зв'язок синдрому ХВ із погіршенням фізичного стану, зниженням працездатності [6, 7]. У той же час є дані, щодо відсутності достовірної кореляції між наявністю синдрому ХВ та ступенем зниження фізичного стану та працездатністю [8, 9].

В цьому аспекті є цікавими отримані в нашому дослідженні дані про те, що у спортсменів з ознаками ХВ знижена потужність аеробної працездатності на тлі підвищеної потужності анаеробних процесів. Внаслідок цього у таких спортсменів збільшується відносний внесок анаеробного обміну в загальну систему енергозабезпечення організму, що

допомагає зберігати їх фізичну працездатність на достатньо високому рівні але за рахунок меншої економічності реакцій організму на фізичне навантаження (феномен «прихованого» стомлення). Ці зміни в перебудові енергетичного забезпечення фізичної працездатності можна розглядати як один з механізмів компенсації енергетичних потреб організму спортсменів з ознаками ХВ, а також рекомендувати як один з інформативних показників формування ХВ.

### Висновки

1. Потужність аеробних процесів у спортсменів без ознак ХВ була вища, ніж у спортсменів з ознаками ХВ на 10,3 %. В той же час потужність анаеробних процесів була нижчою на 11,9 %.

2. Киснева вартість роботи, кисневий запит на роботу, киснева вартість відновлення, алактатна та лактатна фракції  $O_2$  боргу у спортсменів без ознак ХВ були достовірно нижче, чим у спортсменів в ознаками ХВ, але відсоткові співвідношення  $O_2$  запиту на роботу й  $O_2$  боргу від загальної вартості роботи у них були практично однакові.

3. У спортсменів з ознаками ХВ спостерігається збільшення відносного внеску анаеробного обміну в загальну систему енергозабезпечення організму.

### Список використаної літератури

1. Ровний А.С., Ільїн В.М., Лізогуб В.С., Ровна О.О. Фізіологія спортивної діяльності. Харків: ХНАДУ, 2015. 556 с. ISBN 978-617-7492-20-6
2. Steinacker J. M., Lehman M. (2002). Clinical findings and mechanisms of stress and recovery in athletes. *Enhancing recovery: Preventing underperformance in athletes* / ed. by M. Kellman. Champaign, IL: Human Kinetics. 103–118.
3. Ilyin V., Filippov M., Vynohradov V. (2024) Prevalence of chronic fatigue and chronic fatigue syndrome in ukrainian elite athletes: results from a population-based study. *Вісник Черкаського університету: серія біологічні науки* (1). 7-17. <https://doi.org/10.31651/2076-5835-2018-1-2024-1-7-17>
4. Jaffee M. S., Winter W. C., Jones, C. C. Ling G. (2015). Sleep sturbances in athletic concussion. *Brain Injury*. 29 (2). 221–227. doi:10.3109/02699052.2014.983978
5. Vynohradov V., et al. (2022) "Influence of Taping on Athletes' Psychomotor Abilities in Sprint." *Journal of Human Sport and Exercise*, 17(2), 446-456. doi:10.14198/jhse.2022.172.19
6. Blackwood S. K., MacHale S. M., Power M. J., Goodwin G. M., Lawrie S.M. (1998). Effects of exercise on cognitive and motor function in chronic fatigue syndrome and depression. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*. (65). 541–546. doi:10.1136/jnnp.65.4.541
7. Paul L., Wood L., Behan W.M., Maclaren W.M. (1999). Demonstration of delayed recovery from fatiguing exercise in chronic fatigue syndrome. *European Journal of Neurology*. (6). 63–69. doi:10.1046/j.1468-1331.1999.610063.x
8. Bazelmans E., Bleijenberg, van der Meer J.W., Folgering H. (2001). Is physical deconditioning a perpetuating factor in chronic fatigue syndrome? A controlled study on maximal exercise performance and relations with fatigue, impairment and physical activity. *Psychological Medicine*. (31). 107–114. doi:10.1017/s0033291799003189
9. White P., Thomas J., Kangro H., Bruce-Jones W., Amess J., Crawford D., Grover S., Clare A. (2001). Predictions and associations of fatigue syndromes and mood disorders that occur after infectious mononucleosis. *Lancet*. (9297). 1946-54. doi: 10.1016/S0140-6736(01)06961-6.

### References

1. Rovniy A.S., Ilyin V.M., Lizogub V.S., Rovna O.O. (2015). *Physiology of sports activity X.*, KHNADU, 556 p. (in Ukrainian) ISBN 978-617-7492-20-6
2. Steinacker J. M., Lehman M. (2002). Clinical findings and mechanisms of stress and recovery in athletes. *Enhancing recovery: Preventing underperformance in athletes* / ed. by M. Kellman. Champaign, IL: Human Kinetics. 103–118.
3. Ilyin V., Filippov M., Vynohradov V. (2024) Prevalence of chronic fatigue and chronic fatigue syndrome in ukrainian elite athletes: results from a population-based study. *Visnyk Cherkas'koho universytetu: seriya biolohichni nauky*. (1). 7-17. <https://doi.org/10.31651/2076-5835-2018-1-2024-1-7-17>
4. Jaffee M. S., Winter W. C., Jones, C. C. Ling G. (2015). Sleep sturbances in athletic concussion. *Brain Injury*. 29 (2). 221–227. doi:10.3109/02699052.2014.983978
5. Vynohradov V., et al. (2022) "Influence of Taping on Athletes' Psychomotor Abilities in Sprint." *Journal of Human Sport and Exercise*, 17(2), 446-456. doi:10.14198/jhse.2022.172.19
6. Blackwood S. K., MacHale S. M., Power M. J., Goodwin G. M., Lawrie S.M. (1998). Effects of exercise on cognitive and motor function in chronic fatigue syndrome and depression. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*. (65). 541–546. doi:10.1136/jnnp.65.4.541
7. Paul L., Wood L., Behan W.M., Maclaren W.M. (1999). Demonstration of delayed recovery from fatiguing exercise in chronic fatigue syndrome. *European Journal of Neurology*. (6). 63–69. doi:10.1046/j.1468-1331.1999.610063.x

8. Bazelmans E., Bleijenberg, van der Meer J.W., Folgering H. (2001). Is physical deconditioning a perpetuating factor in chronic fatigue syndrome? A controlled study on maximal exercise performance and relations with fatigue, impairment and physical activity. *Psychological Medicine*. (31). 107–114. doi:10.1017/s0033291799003189
9. White P., Thomas J., Kangro H., Bruce-Jones W., Amess J., Crawford D., Grover S., Clare A. (2001). Predictions and associations of fatigue syndromes and mood disorders that occur after infectious mononucleosis. *Lancet*. (9297). 1946-54. doi: 10.1016/S0140-6736(01)06961-6.

**Ilyin V.M., Filippov M.M., Vinogradov V.E.**

***Features of physical performance in athletes without and with signs of chronic fatigue***

*The article is devoted to the study of the peculiarities of physical performance in sportsmen without and with signs of chronic fatigue (CF). The examinations were attended by 22 athletes - track and field athletes, members of the national teams of Ukraine in long-distance running, who were divided into two groups: the first - 12 athletes without signs of CF, the second - 10 athletes with signs of initial and severe CF. The content of the research included: determination of the gas composition of exhaled and alveolar air, pulmonary ventilation and its components during work on a bicycle ergometer with minute-by-minute gradually increasing power from 50 to 250 W for 5 minutes and during the recovery period. The contribution of aerobic and anaerobic components to energy metabolism was calculated. It was determined that the power of aerobic processes in sportsmen without signs of CF was 10.3% higher than in sportsmen with signs of CF. At the same time the power of anaerobic processes in them was by 11,9 % lower. The oxygen demand for work, its oxygen cost, oxygen debt (alactate and lactate fractions) in sportsmen without signs of CF were significantly lower than in sportsmen with such signs, but the percentage ratios of oxygen demand for work and oxygen debt in them were practically the same. In athletes with signs of CF there was an increase in the relative contribution of anaerobic metabolism to the overall energy supply system of the body. Perhaps this was due to the fact that against the background of a decrease in the power of aerobic processes in athletes with signs of CF, the power of anaerobic processes increases as a compensation for energy needs. As a result, the relative contribution of anaerobic metabolism to the overall energy supply system of the body increases in such athletes, which helps to maintain their physical performance at a sufficiently high level, but at the expense of less economical reactions of the body to physical activity (the phenomenon of "hidden" fatigue). These changes in the restructuring of energy supply of physical performance can be considered as one of the mechanisms of compensation of energy needs of the organism of sportsmen with signs of CF, and also recommended as one of the informative indicators of CF formation.*

**Key words:** *physical performance, athletes, chronic fatigue, aerobic, anaerobic and energy metabolism.*

Одержано редакцією: 18.11.24  
Прийнято до публікації: 11.12.24