

**KOWALSKI Damian**

Lwowski Państwowy Uniwersytet Kultury Fizycznej im. Iwana Boberskiego  
 Pomorska Akademia Górniczo-Hutnicza w Starogardzie Gdańskim, Polska  
 Pomeranian University of Science and Technology in Starogard Gdański, Poland  
<https://orcid.org/0000-0002-4083-5710>

**PAVLIYK Oksana**

Chmielnicki Narodowy Uniwersytet  
<http://orcid.org/0000-0003-0016-2416>  
 e-mail: [pavliuko@khmnu.edu.ua](mailto:pavliuko@khmnu.edu.ua)

**CHOPYK Tetyana**

Chmielnicki Narodowy Uniwersytet  
<https://orcid.org/0000-0003-1460-2953>  
 e-mail: [chopykt@khmnu.edu.ua](mailto:chopykt@khmnu.edu.ua)

**FIZJOLOGICZNE ASPEKTY AKCJI RATOWNICZEJ**

*Celem treningu jest optymalizacja funkcji ustroju i rozwinięcie specyficznej adaptacji wysiłkowej, dlatego też trener musi posiadać wiedzę z zakresu fizjologii i biochemii, bez której nie jest w stanie kierować treningiem w sposób kontrolowany i zamierzony. Wiedza na ten temat pozwala mu nie tylko szybko reagować na zachodzące zmiany w organizmie zawodnika, ale także dobrać odpowiedni trening do kształtowania bezpiecznej akcji ratowniczej. Do przemieszczania się ciała w przestrzeni człowiek potrzebuje energii, której jedynym bezpośrednim źródłem jest ATP – adenozynotrójfosforan, jednak związku tego jest bardzo mało zmagazynowanego w organizmie i dlatego potrzebne jest ciągle jego uzupełnianie szczególnie w tak niebezpiecznej sytuacji jak ratowanie życia człowieka. Zorganizowanie treningu tak, aby w większości kształtować wytrzymałość tlenową i beztlenową wymaga od trenera znajomości progu przemian beztlenowych, zwanym też progiem mleczanowym, dla każdego zawodnika. Jest to próg po przekroczeniu, którego procesy beztlenowe odgrywają istotniejszą rolę w dostarczaniu energii aniżeli procesy tlenowe. Metody wyznaczenia tego progu powinny uwzględniać osobnicze zróżnicowanie składu włókien mięśniowych oraz aktualnej adaptacji metabolicznej. Planując lepiej trening można zaadaptować organizm do ekstremalnych wysiłków które występują w akcji ratowniczej.*

**Słowa kluczowe:** trener, obciążenie, rywalizacja, kontrola, fizjologiczne aspekty.

<http://doi.org/10.31891/pcs.2024.1.67>

**1. WSTĘP**

Człowiek do każdej czynności potrzebuje energii w ratownictwie wodnym jest to bardziej istotne niż w innych czynnościach gdyż wchodzi w gre zagrożenie życia i stan ustroju powinien być odporny na zmęczenie oraz zaadaptowany do ciężkiego wysiłku przez długi czas [4, 7]. Istnieją 4 sposoby resyntezy ATP:

- I najszybszy, wystarcza do 6 – 10 s. z rozpadu fosfokreatyny na kreatynę i ATP. To system beztlenowo – niekwasomlekowy

- II starcza na mniej niż 1 s. z połączenia dwóch cząsteczek ADP – adenozynodifosforanu. System nazywany fosforylacją.

- III beztlenowy rozpad glikogenu na kwas mlekowy. System beztlenowo – kwasomlekowy.

- IV tlenowy spalanie glikogenu za pomocą tlenu. System mitochondrialny (tlenowy).

O tym, który system dostarcza najwięcej w danym momencie energii, decyduje intensywność, czas trwania wysiłku, długość dystansu i czas trwania odpoczynku między ćwiczeniami [2, 9]. System II zwany fosforylacją zazwyczaj jest pomijany w omawianiu pozyskiwania energii, gdyż czas dostarczania jest tak krótki, dlatego jest nieistotny w treningu.

System beztlenowo – niekwasomlekowy dostarcza energii tylko na 6 – 10 sek. i nie wymaga obecności tlenu. Po tym czasie organizm przechodzi na trzeci system resyntezy ATP. Maksymalny wysiłek, w którym wykorzystywany jest ten system może trwać 45 sekund, co pozwala zawodnikowi przepłynąć 50 m, natomiast podczas zawodów wysiłek trwa od 50 sek. do nawet 16 minut i wtedy energia pochodzi z trzeciego systemu – tlenowego. Proces ten włącza się już w 5 – 8 sek. wysiłku, lecz jak widać w tabeli 1 odgrywa on większe znaczenie w późniejszym czasie. Informacja o tym czy zawodnik wykorzystuje procesy beztlenowe czy tlenowe pozwala trenerowi tak zaplanować trening, aby w jego wyniku nie dochodziło do kwasicy metabolicznej, czyli nie dochodziło do gromadzenia kwasu mlekowego, który powstaje na drodze glikolizy beztlenowej [10, 12]. To właśnie akumulacja kwasu mlekowego powoduje zmęczenie zawodnika, dlatego trener powinien znać proporcje udziału poszczególnych procesów resyntezy ATP podczas wysiłku fizycznego. Oczywiście nie chodzi o to, aby zwiększać tylko uzyskiwanie energii z procesów tlenowych, bo jak wykazuje

poniższa tabela są one ważne w szczególności na długich dystansach: 400 m i dłuższych [3, 11]. Tabela przedstawia ogólną zależność źródeł energii od czasu maksymalnego wysiłku, ale pływacy o wyższym zaawansowaniu sportowym wykorzystują procentowo znacznie więcej energii z systemu tlenowego niż pływacy początkujący, a ponadto są w stanie w szybszym tempie wykorzystać tę energię. Wpływ na rodzaj

wykorzystywanego systemu ma też styl pływacki. Pływanie stylem klasycznym i motylkowym wymaga większego wkładu energii pochodzącej z systemu anaerobowego, co jest wynikiem zaangażowania większej masy mięśniowej. Wraz z dystansem rośnie jednak udział energii tlenowej. Dlatego trening powinien być prowadzony w sposób racjonalny i kształtujący te procesy w zależności od potrzeb.

Tabela 1.

### Udział w produkcji energii źródeł tlenowych i beztlenowych podczas maksymalnego wysiłku fizycznego według Rakowskiego (na podstawie Brooks'a i Fahey'a)

	Czas maksymalnego wysiłku fizycznego								
	Sekundy			Minuty					
	10	30	60	2	4	10	30	60	120
Źródła tlenowe	10	20	30	40	65	85	95	98	99
Źródła beztlenowe	90	80	70	60	35	15	5	2	1

Kwas mlekowy – powstawanie i usuwanie

W mięśniach szkieletowych i wątrobie organizmów żywych znajduje się glikogen, który w trakcie wysiłku fizycznego ulega rozbiciu na glukozę, a ta z kolei w dalszej kolejności na kwas mlekowy oraz może na CO<sub>2</sub> i H<sub>2</sub>O. Proces rozpadu glukozy – glikoliza, do kwasu pirogronowego jest identyczny dla drogi tlenowej i beztlenowej i dopiero w fazie tworzenia kwasu pirogronowego te drogi ulegają rozdziałowi prowadząc do powstania kwasu cytrynowego CO<sub>2</sub> i H<sub>2</sub>O w obecności tlenu w cyklu Krebsa oraz kwasu mlekowego, gdy reakcja zachodzi bez udziału tlenu. Powstały kwas mlekowy z pirogronianu dyfunduje do krwi i jest przez nią transportowany do wątroby, gdzie w procesie glukoneogenezy ulega przekształceniu w glukozę, roznoszoną następnie do mięśni i innych tkanek. Proces ten nazwany został cyklem Corich. Podczas maksymalnych wysiłków fizycznych stężenie mleczanu we krwi przekracza co najmniej 8 mmol/l, częściej osiąga 10 – 13 mmol/l, rzadko natomiast podczas wysiłków supramaksymalnych przekracza 16 – 17 mmol/l. Tempo dyfuzji mleczanu do krwi jest ograniczone, dlatego jego stężenie we krwi zwiększa się jeszcze po zakończeniu wysiłku o umiarkowanej lub większej intensywności, osiągają maksimum po 3 – 5 min. Po wysiłkach maksymalnych lub su pramaksymalnych stężenie mleczanu do wartości wyjściowej następuje po co najmniej 60 min. Ból mięśniowy, który występuje po około 20 godzinach od wzmożonego wysiłku fizycznego, popularnie i błędnie nazywany „zakwasem”, kojarzony jest z

występowaniem kwasu mlekowego w mięśniach nie ma w istocie z nim wiele wspólnego, lecz związany jest z procesem naprawy drobnych zniszczeń mechanicznych w strukturze tkanki mięśniowej.

## 2. KONTROLA JAKO CZYNNIKI KIEROWANIA TRENINGIEM

Kontrola to ogół zabiegów trenera mających na celu: obserwację, analizę i ocenę adaptacji zawodników do treningu, zarówno indywidualnie jak i grupowo oraz wykorzystanie zebranych danych do dalszej optymalizacji pracy trenerskiej, obserwację i ocenę czynności samokontrolnych zawodników i grupy, jak również informowanie trenowanych i wszystkich odpowiedzialnych za trening o wynikach [4, 5]. Kontrola treningu przyczynić się powinna do osiągnięcia przez trenowanego zawodnika możliwie najlepszego wyniku, nie naruszać przy tym tzw. „bezpieczeństwa fizjologicznego”. Dotyczy ona techniki, taktyki, dyspozycji psychicznych, cech motoryczności, obciążeń oraz zmian fizjologicznych biochemicznych, do których zalicza się: VO<sub>2</sub>max, maksymalny dług tlenowy, maksymalny poziom mleczanu we krwi, wielkość maksymalnej mocy obciążenia, maksymalna wentylacja płuc, wskaźnik kinazy kreatynowej i inne. Istnieją dwa sposoby kontroli: bezpośrednie i pośrednie. Pierwszą kontrolą jest ocena osób, które chcą uprawiać daną dyscyplinę tzw. dobór i selekcja. Selekcja jest procesem dynamicznym i kierowanym, w którym zmierzamy do wyboru osobników

posiadających optymalne warunki morfologiczne, psychiczne i sprawnościowe do osiągnięcia w przyszłości wysokich wyników sportowych. Dobór – nie polega jedynie na ustalaniu przydatności młodego człowieka do danej dyscypliny sportu, lecz także na wykryciu potencjalnych możliwości i określeniu dróg ujawniania jego talentu w trakcie kolejnych lat szkolenia. Dobór i ukierunkowanie zawodników do określonej specjalności powinny być realizowane w procesie wieloletniego szkolenia, systematycznie i wielostopniowo, ponieważ niezawodność prognoz wyników sporządzonych w wieku dziecięcym nie jest wysoka [1, 6]. Obiektywność wnioskowania o potencjalnych możliwościach zawodnika w znacznej mierze zależy od kompleksowej oceny stanu różnych układów czynnościowych określających wydolność zawodnika podczas zawodów w wybranej dyscyplinie sportu [3, 12]. Kompleksowa ocena przygotowania fizycznego i psychicznego zawodników, oprócz ogólnie przyjętych do tego celu wskaźników, powinna uwzględniać wiek kalendarzowy i biologiczny, indywidualne tempo rozwoju wskaźników sportowych, wskaźników rozwoju fizycznego i aktywności ruchowej na etapie poprzedzającym badanie i orzeczenie o perspektywicznych możliwościach [9].

Wytrzymałość – klucz do udanej akcji ratowniczej

Kolejną ważną zdolnością motoryczną, którą trener powinien potrafić kontrolować jest wytrzymałość [4, 9]. W praktyce stosuje się testy różniące się charakterem od warunków panujących na zawodach, ale pozwalają dokładnie określić tę cechę. Wykorzystuje się sposoby bezpośrednie i pośrednie. W pierwszym przypadku stosuje się konkretne zadanie, które ma wykonać zawodnik i oznacza się maksymalny czas pracy z daną intensywnością (bez obniżania jej prędkości). Jednak stosowany jest bardzo rzadko. Częściej wykorzystuje się test T – 30 lub T - 3000. W pierwszym zawodnik ma za zadanie w czasie 30 minut przepląnąć jak najdłuższy dystans [1, 13]. Wykonanie tego testu przez zawodnika pozwala określić prędkość progową jak i również wytrzymałość tlenową. Drugi sposób to przepląnięcie 3000 m w jak najkrótszym czasie. Zaletą jest to, że test uczy przepląnięcia długiego dystansu w równym tempie, zaś wadą, że wykonywany jest zazwyczaj tylko dwoma stylami: dowolnym i grzbietowym. Wydolność beztlenową można określić testem

Wingate'a. Przeprowadzany jest w warunkach laboratoryjnych [10, 12]. Pozwala na określenie: maksymalnej mocy beztlenowej, wielkość wykonanej pracy całkowitej, czas uzyskania mocy maksymalnej, czas utrzymania mocy maksymalnej i wskaźnik spadku mocy. Wydolność tlenową również w warunkach laboratoryjnych można określić wykonując wysiłek fizyczny intensywnością submaksymalną. Jest to jednak sposób pośredni. Dodatkowo test pozwala: wyznaczyć częstotści skurczów serca w stabilizacji funkcjonalnej, obliczyć wielkość wykonanej pracy, wyznaczyć wielkość zużycia tlenu podczas pracy z nomogramu Astranda – Ryhminga, wyznaczyć O<sub>2</sub> w oparciu o monogram. Bezpośrednią metodą określenia wydolności tlenowej jest test do odmowy. Test daje wiele cennych informacji trenerowi: zużycie tlenu i wydalanie dwutlenku węgla, współczynnik oddechowy, wentylację minutową płuc. Ocena takich elementów jak technika i taktyka, taktyka odbywa się poprzez ocenę wizualną, rejestrację filmową, arkusze obserwacji walki sportowej, testy sprawności, a technikę ponadto poprzez analizę biomechaniczną ruchu obliczając długość cyklu i częstotść cyklu. Najtrudniejszym problemem trenerów jest programowanie obciążeń treningowych w danej jednostce czasu czy makrocyklu, który sprowadza się do oceny prędkości, a ta z kolei do wyznaczenia progów przemian beztlenowych, który charakteryzuje się:

1. ostrym wzrostem stężenia mleczanu we krwi, który zaczyna stromo narastać od poziomu ok. 4 mmol/l w miarę dalszego zwiększania intensywności wysiłku

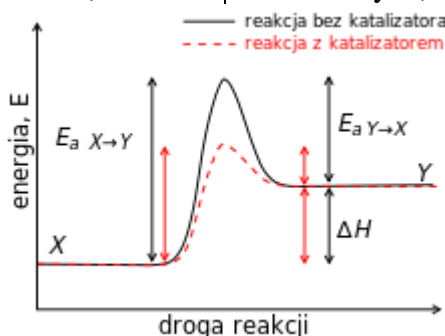
2. nasileniem hiperwentylacji płuc bez zależności liniowej od zwiększania obciążenia wysiłkowego

3. zmniejszaniem się procentowej zawartości CO<sub>2</sub> w wydychanym powietrzu.

Wyznaczenie prędkości pozwala tak skonstruować trening, aby kształtować konkretną wytrzymałość. Prędkość pływania, częstotść skurczów serca i poziom kwasu mlekowego odpowiednio zinterpretowane przez trenera dostarczą obiektywnych informacji o zawodniku, pomagając racjonalnie kierować treningiem. Testy mleczanowe poza prędkościami progowymi pozwalają: wyznaczyć prędkość pływania danego dystansu, kontrolować stosowane środki treningowe, wyznaczyć prędkość pływania w strefach (rozgrzewki,

przemian tlenowych, progu AT, wartości VO2 max, tolerancji zakwaszenia, prognozowania wyniku sportowego) oraz uzyskać wskazówki do programowania obciążeń treningowych pod względem proporcji tlenowych do beztlenowych oraz wytrzymałości do siły. Kontrola poziomu maksymalnej szybkości powinna odbywać się na takich odcinkach, aby nie dochodziło do spadku wydolności w wyniku postępującego zmęczenia. Można ją bardzo łatwo określić dzieląc drogę przez czas. Np.: zawodnik przepływający 25 m w czasie 13 sekund uzyskuje prędkość 1,92 m/s.

Prędkość jest wypadkową średniej częstości cykli ( $Sr = \text{cykle/min}$ ) i średniej długości cyklu ( $SL = m$ ), dlatego możliwe jest obliczenie średniej prędkości znając te dwie składowe, ale by móc je wyznaczyć potrzeba specjalnej aparatury. Jest też metodą czasochłonną stąd rzadko jest stosowana przez trenerów. Energia aktywacji – jest podawaną często w przeliczeniu na 1 mol substancji wielkością bariery energetycznej (w skali mikroskopowej – bariera potencjału), którą musi pokonać układ reagujących indywidualów chemicznych, aby doszło do reakcji chemicznej.



Ryc. 1 Zależność energii aktywacji od szybkości reakcji

Zależność energii aktywacji ( $E_a$ ) od kierunku reakcji i wpływ katalizatora; X, Y – reagenty,  $\Delta H$  – entalpia swobodna reakcji

Energię aktywacji dla reakcji można wyznaczyć na podstawie równania Arrheniusa, opisującego zależność szybkości reakcji od temperatury:

$$k = A e^{-E_a / R T},$$

$$E_a = -R T \ln \left[ \frac{k}{A} \right],$$

gdzie:

- k – stała szybkości reakcji,
- A – stała dla danej reakcji, zwana też czynnikiem przedwykładniczym,
- R – (uniwersalna) stała gazowa,
- T – temperatura.

Zachodzi więc bezpośredni związek między energią aktywacji i szybkością reakcji: im  $E_a$  mniejsze, tym szybkość ta większa. Katalizatory obniżają energię aktywacji przez tworzenie kompleksów przejściowych z substratami. Oprócz tego energia ta jest zależna od wielu czynników.

### 3. PODSUMOWANIE

Wyznaczenie progu przemian beztlenowych wiąże się z analizą krwi zawodnika, ale poza stężeniem mleczanu, krew dostarcza wiele innych wskaźników morfologicznych m.in.: poziom hemoglobiny, liczbę krwinek czerwonych, wartość hematokrytu, ilości żelaza. Zawody również mogą służyć jako element kontroli treningu. Jednym z nich jest pomiar zakwaszenia w kilka minut po starcie i maksymalnej prędkości pływania, który pozwala

na określenie wydajności pływania. Dodatkowo rejestrując i analizując częstotliwość ruchów ramion -  $Z/\text{min}$  i dystans przepłynięty w jednym cyklu ruchowym ramion -  $Sz(m)$ .  $Z/\text{min}$  i  $Sz(m)$  w powiązaniu z wysokim poziomem koordynacji ruchowej o optymalnym poziomie siły wpływa bezpośrednio na prędkość pływania. Trener otrzymuje dokładną informację o stanie wytrenowania zawodnika. Posiadając takie informacje jest w stanie określić kierunek treningu technicznego i siłowego oraz dostosować obciążenia. Zawody służą także do weryfikacji wyniki z testów. Pozwalają jednocześnie ustalić jaki jest rzeczywisty efekt treningu. Trener musi pamiętać, że parametry opisujące poziom przygotowania specjalnego są różne dla zawodników o różnych specjalizacjach zarówno dystansowych jak i stylowych. Ważne jest, aby testy przeprowadzane były

systematycznie w celu zaobserwowania zmian reakcji na określone zadania treningowe. Pozwoli to na bieżąco zmieniać trening i dostosować go w taki sposób, aby zawodnik osiągał maksymalne korzyści z treningu. Ratownictwo wodne wpisuje się doskonale w te zasady, gdzie trening to adaptacja to osiągania coraz lepszych wyników

którymi w tym przypadku są uratowni ludzie i sprawność fizyczna specjalna. Bedąc w ciągłym procesie treningowym oraz poddawany testowaniu za pomocą różnych narzędzi ratownik może skutecznie planować swój rozwój opierając się o mechanizmy fizjologiczne występujące w akcji ratowniczej co czyni go skuteczniejszym.

#### References

1. Cochen R.C.Z., Clery P.W., Mason B. (2010). *Improving Understanding of Human Swimming Using Smoothed Particle Hydrodynamics, Proceedings of 2010 Singapore IFMBE, 6th World Congress of Biomechanics (WCB 2010)*. Vol. 31, 174–177.
2. Costill D.L. (1978). *Adaptations in skeletal muscle during training for sprint and endurance swimming.*, In B. Eriksson & B. Furberg. (Eds.), *Swimming Medicine IV* (pp. 233-248). Baltimore: University Park Press. 43-46.
3. Diachenko-Bohun, M., Hrytsai, N., Grynova, M., Grygus, I., Muszkieta, R., Napierała, M., Zukow, W. (2019). *Characteristics of Healthbreakers in the Conditions of Realization of Health-Safety Technologies in Education Structures*. *International Journal of Applied Exercise Physiology*, 8(3.1), 1-8.
4. Espinosa, H.G., Lee Jim, James, D.A. (2015). *The inertial sensor: A base platform for wider adoption in sports science applications*, *Journal of Fitness Research*. 4, 1:13-20.
5. Kashuba V., Stepanenko O., Byshevets N., Kharchuk O., Savliuk S, Bukhovets B., Grygus I., Napierała M., Skaliy T., Hagner-Derengowska M., Zukow W. (2020). *The Formation of Human Movement and Sports Skills in Processing Sports-pedagogical and Biomedical Data in Masters of Sports*. *International Journal of Human Movement and Sports Sciences*, 8(5): pp. 249–257.
6. Lavrin G.Z., Sereda I.O., Kuczer T.V., Grygus I.M., Zukow W. (2019). *The Results of Student's Survey on Models of Physical Education in Universities and Motivations to Encourage for Active Participation in Physical Education*. *International Journal of Applied Exercise Physiology*. VOL. 8 (2). 140-143.
7. Maglischo E.W. (2003) *Swimming Fastest*. Human Kinetics, Champaign, 123-129.
8. Mihăilescu L., Dubițb N. (2015). *Contributions for programming and implementing an evaluation instrument of the swimming technique correctness: Social and Behavioral Sciences*.
9. Moska W., Skalski D., Makar P., Kowalski D. (2018). *Trening zdolności motorycznych w pływaniu*, (Swimming motor skills training) PSW w Starogardzie Gdańskim, Satrogard Gdański. 132-135.
10. Nesterchuk N., Grygus I., Ievtukh M., Kudriavtsev A., Sokolowski D. (2020). *Impact of the wellness programme on the students' quality of life*. *Journal of Physical Education and Sport ® (JPES)*, Vol 20 (Supplement issue 2), Art 132 pp 929–938.
11. Savliuk S., Kashuba V., Vypasniak I., Yavorsky A., Kindrat P., Grygus I., Vakoliuk A., Panchuk I., Hagner-Derengowska M. (2020). *Differentiated approach for improving the physical condition of children with visual impairment during physical education*. *Journal of Physical Education and Sport ® (JPES)*, Vol 20 (Supplement issue 2), Art 136 pp 958–965.
12. Swim England Safe Supervision of Programmed Swimming Sessions. (2017).
13. Zhan J.M., Li T.Z., Chen X.B., Li Y.S., Onyx Wai W.H. (2014). *3D numerical simulation analysis of passive drag near free surface in swimming*, *China Ocean Eng.*, Vol. 29(2).

#### Abstract

**КОВАЛЬСЬКИЙ Деміан, ПАВЛЮК Оксана, ЧОПІК Тетяна**

#### **ФІЗІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ**

Метою тренування є оптимізація функцій організму та розвиток адаптації до специфічних вправ, тому тренер повинен володіти знаннями в галузі фізіології та біохімії, без яких він не може проводити тренування контрольовано та цілеспрямовано. Знання з цього предмету дозволяють йому не тільки швидко реагувати на зміни в організмі спортсмена, а й підібрати відповідну підготовку для формування безпечної рятувальної операції. Для переміщення тіла в просторі людині потрібна енергія, єдиним безпосереднім джерелом якої є АТФ - аденозинтрифосфат, але цієї сполуки в організмі зберігається дуже мало, і тому її необхідно постійно поповнювати, особливо в таких небезпечних умовах. ситуація як порятунок людського життя. Організація тренування таким чином, щоб переважно формувати аеробну та анаеробну витривалість, вимагає від тренера знання анаеробного порогу, також відомого як лактатний поріг, для кожного спортсмена. Це поріг, за яким анаеробні процеси відіграють більш важливу роль у забезпеченні енергією, ніж аеробні процеси. Методи визначення цього порогу повинні враховувати індивідуальні відмінності в складі м'язових волокон і поточну метаболічну адаптацію. Краще спланувати тренування, ви зможете адаптувати своє тіло до екстремальних зусиль, які виникають під час рятувальної операції.

*Ключові слова: тренер, навантаження, змагання, контроль, фізіологічні аспекти.*

**Стаття надійшла до редакції 17.02.2024 р.**