

Ocena powtarzanych wysiłków anaerobowych w grach zespołowych i sportach walki

Assessment of repeated anaerobic exertions in team games and combat sports

Edyta Sienkiewicz-Dianzenza

Akademia Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie

Streszczenie

W pracy omówiono przykłady metod całościowej oceny krótkich, powtarzanych wysiłków o maksymalnej intensywności wykonywanych w stałych odstępach czasu, które znajdują zastosowanie tylko w odniesieniu do ściśle określonego rodzaju wykonywanej pracy. Zaproponowany wskaźnik *PI* odzwierciedla zdolność do utrzymania maksymalnej wartości danego parametru w wysiłkach powtarzanych; wskaźnik ten jest niezależny od rodzaju wysiłku oraz od sposobu reakcji na wysiłek i ma zastosowanie uniwersalne. Może być stosowany zarówno przez wykwalifikowaną kadrę trenerską, jak i przez nauczycieli wychowania fizycznego czy instruktorów sportu do oceny i kontroli reakcji adaptacyjnych organizmu i zwiększania wydolności fizycznej.

Słowa kluczowe: wysiłki powtarzane; wskaźnik *PI*; wytrzymałość anaerobowa; gry zespołowe; sporty walki

Summary

The paper discusses examples of a general assessment of multiple short, maximal exertions performed at constant time intervals and specific for given kind of workout. The proposed performance index (*PI*) reflects the capacity to maintain the maximum value of the feature measured in repeated exertions; that index is independent from the type of exertion, from the mode of response to exertion and may be applied to any task. It may be used by qualified coaches, by physical education teachers or by sport instructors for monitoring the training progress, adaptive responses, and to improve the work capacity.

Key words: Repeated exertions; Performance index; Anaerobic endurance; Team games; Combat sports

Wprowadzenie

Zdolność do powtarzania krótkotrwałych wysiłków z maksymalną intensywnością jest istotnym elementem przygotowania w wielu dyscyplinach sportu i wobec tego podlega kontroli i ocenie. Wielu teoretyków i praktyków sportu uważa, że podstawową metodą kształtowania wydolności beztlenowej jest trening przerywany [9,14,24], a najskuteczniejszym środkiem oddziaływania są powtarzane, maksymalne wysiłki trwające nie dłużej niż 10 s [7,9,10,14,25]. Autorzy prac badawczych dotyczących krótkotrwałych, powtarzanych wysiłków fizycznych, np. Balsom i wsp. [1,2], Odland i wsp. [17], Lakomy i wsp. [11,12], Fidelus i wsp. [4,5], Trzaskoma i Lipiński [30], Norkowski i wsp. [15,16]; Klimek [8], analizowali poszczególne wysiłki w seriach np. 3, 6 lub 10 wysiłków przedzielonych stałymi (lub zmiennymi), biernymi przerwami wypoczynkowymi, nie analizowano natomiast serii wysiłków jako całości.

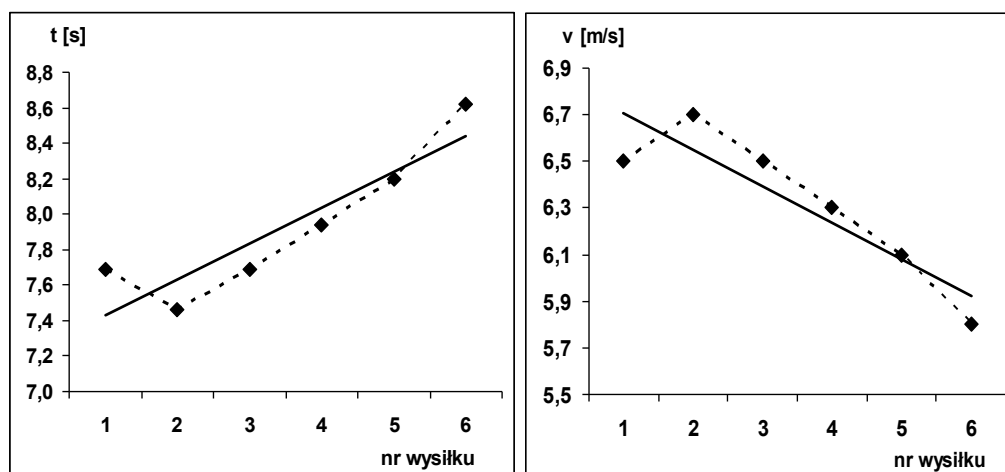
W cytowanym piśmiennictwie proponowane metody całościowej oceny krótkotrwałych, powtarzanych wysiłków o maksymalnej intensywności wykonywanych w stałych odstępach czasu, znajdują zastosowanie tylko do ściśle określonego rodzaju wykonywanej pracy, np. wskaźnik do oceny stopnia zmęczenia w serii sześciu 30-sekundowych biegów wahadłowych wykonywanych w 35-sekundowych odstępach [3],

czy wskaźnik wytrzymałości opracowany w INKF wyrażany jako stosunek czasu biegu na 300 m do pięciokrotnego czasu biegu na 60 m [13].

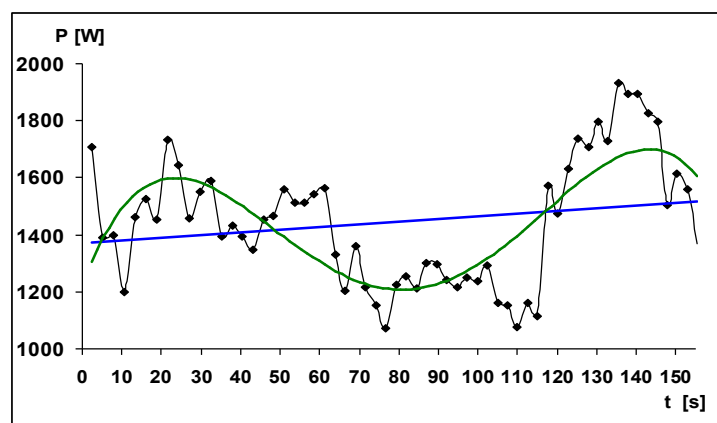
Nasuwa się zatem pytanie, jak oceniać wysiłki o maksymalnej intensywności powtarzane ze stałymi przerwami wypoczynkowymi, zwłaszcza gdy kolejne powtórzenia przebiegają nieliniowo i/lub porównuje się różne pod względem struktury wysiłki powtarzane przez tę samą osobę? Dla takich wysiłków zaproponowano wskaźnik PI (*performance index*) oceniający zdolność do utrzymania maksymalnej wartości danego parametru w wysiłkach powtarzanych, czyli tzw. wytrzymałość anaerobową [6,18,19,20,21,22,23,25,26,27,28,29].-Zaproponowana metoda jest niezależna od rodzaju wysiłku oraz od sposobu reakcji na wysiłek.

Przykłady powtarzanych wysiłków o maksymalnej intensywności

Jak pokazano na rycinie 1, trudno ocenić serię, w której narasta zmęczenie, a więc obniża się sprawność, na przykładzie czasów poszczególnych biegów, bowiem obniżająca się sprawność kojarzy się ze spadkiem mierzonego parametru. Takim parametrem jest natomiast prędkość biegu, która odzwierciedla obniżającą się zdolność organizmu do powtarzania wysiłków na maksymalnym poziomie osiągniętym w podanym przykładzie w drugim powtórzeniu.



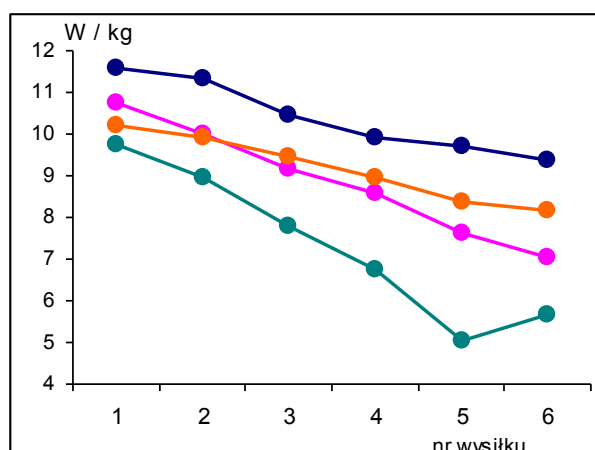
Ryc. 1. Czasy (po lewej) i prędkości (po prawej) biegu wybranej osoby w serii 6 biegów na dystansie 50 m w odstępach 15 s



Ryc. 2. Zmiana mocy w funkcji czasu w serii 60 odbić na równi pochyłej (dane uzyskane dzięki uprzejmości dr Elżbiety Ostrowskiej z Zakładu Biomechaniki AWF w Warszawie)

Innym przykładem może być wysiłek polegający na wykonaniu 60 odbić na równi pochyłej (Ryc. 2). Maksymalna moc została tu osiągnięta przez badaną osobę w ok. 140. sekundzie wysiłku, a przebieg zmian mocy poszczególnych odbić w czasie jest wyraźnie nieliniowy.

Jeszcze innym przykładem powtarzanego wysiłku o maksymalnej intensywności jest wysiłek na cykloergometrze polegający na wykonaniu w serii 6 powtórzeń 64 obrotów tarczy koła zamachowego (Ryc. 3).

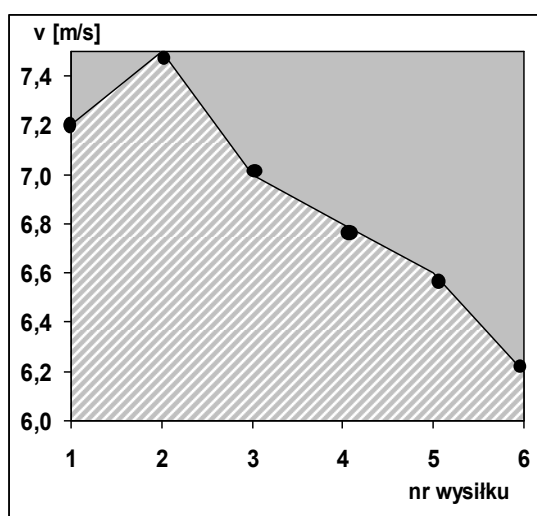


Ryc. 3. Przebiegi indywidualnych wartości mocy maksymalnej osiągnięte w serii 6 powtórzeń 64 obrotów tarczy koła zamachowego na cykloergometrze w odstępach 15 s przez cztery wybrane osoby

Sposób obliczenia wskaźnika PI

Wskaźnik PI, określony jako stosunek średniej wartości danego parametru w serii wysiłków do maksymalnej wartości tego parametru w serii, jest niezależny ani od przebiegu zmian w serii, ani od wielkości serii. Jeżeli przerwy między poszczególnymi powtórzeniami są takie same, wskaźnik można obliczyć ze wzoru:

$$PI = \frac{W_{\text{sr}}}{W_{\text{max}}} \quad \text{gdzie}$$



W_{sr} - średnia wartość danego parametru w serii wysiłków,
 W_{max} - maksymalna wartość danego parametru w serii wysiłków.

Zasadę obliczania wskaźnika pokazano na rycinie 4.

 Rzeczywiste wykonanie całej serii
 Maksymalne wykonanie całej serii

$$PI = \frac{\text{Rzeczywiste wykonanie całej serii}}{\text{Maksymalne wykonanie całej serii}}$$

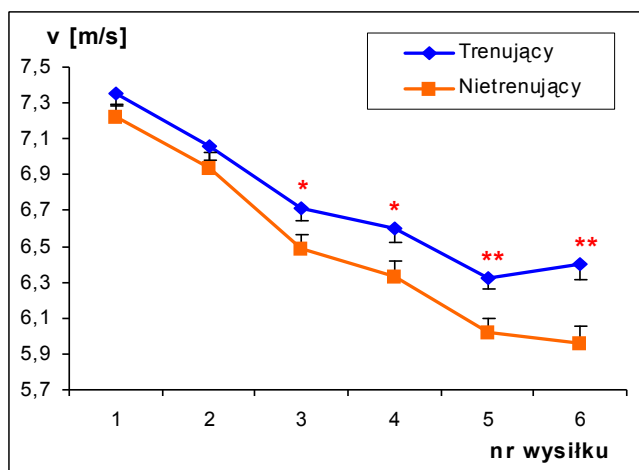
Ryc. 4. Schemat obliczenia wskaźnika PI (na przykładzie prędkości biegu)

Zaletą wskaźnika *PI* jest jego niewrażliwość na przypadkowe odchylenia pojedynczych wartości pomiaru (tym większa, im więcej pomiarów wykonano) oraz na ew. nieliniowość przebiegu zmian. Gdyby w powtarzanych wysiłkach maksymalnych dokonano pomiaru wykonanej pracy i jej kosztu energetycznego, można by wyznaczyć współczynnik sprawności równy stosunkowi tych dwóch wielkości [31], którego analogiem jest wskaźnik *PI*.

Wskaźnik *PI* można obliczyć dla dowolnych wysiłków, w których rejestrowane są różne parametry wyrażone w różnych jednostkach. Trzeba jedynie zwrócić uwagę, aby wyniki pomiarów były wyrażone w takich jednostkach, które będą wykazywały trend malejący w kolejnych wysiłkach, np. zamiast czasu biegu należy użyć prędkości, jak w przykładzie wcześniej podanym (Ryc. 1).

Posługiwanie się wskaźnikiem *PI*

Na rycinie 5 przedstawiono zmiany (średnie $\pm$ SE) prędkości biegu w kolejnych powtórzeniach uzyskane przez osoby nietrenujące i trenujące.

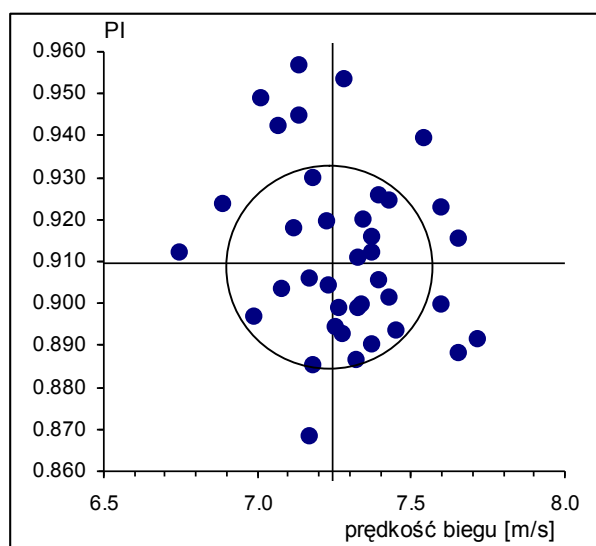


Ryc. 5. Średnie wartości ($\pm$ SE) prędkości biegu osiągnięte w grupie osób nietrenujących ($n = 25$) i trenujących ($n = 18$) wykonujących 6 biegów na dystansie 50 m w odstępach 15 s

Znamiennie wyższe od odpowiedniej wartości w grupie nietrenujących: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

Osoby trenujące, począwszy od trzeciego biegu, osiągały znamiennie wyższe prędkości w kolejnych powtórzeniach wysiłku niż nietrenujący (Ryc. 5). Może mieć to związek z szybkością resyntezy fosfokreatyny w mięśniach. Fakt powiększania się różnic w prędkości biegu między obydwiema grupami, oraz przebiegi zmian prędkości biegu w kolejnych powtórzeniach wysiłku świadczą o lepszym przygotowaniu osób trenujących do tego rodzaju wysiłku. Zwraca uwagę nieliniowy przebieg zmian w obu grupach. Do oceny całej serii 6 biegów na dystansie 50 m w odstępach 15 s wykorzystano wskaźnik *PI*. Obliczono go jako stosunek średniej z 6 prędkości biegu do maksymalnej prędkości biegu uzyskanej w tym przypadku w pierwszym wysiłku zarówno w grupie trenujących, jak i nietrenujących. Obliczona wartość wskaźnika *PI* w grupie osób trenujących wynosiła $0,916 \pm 0,020$, a u nietrenujących $0,898 \pm 0,029$. Znamiennie lepszą ($p < 0,05$) zdolnością do utrzymania wysokich prędkości biegu w kolejnych powtórzeniach krótkich, intensywnych wysiłków, czyli tzw. wytrzymałością anaerobową dysponują w tym przypadku osoby trenujące. W ten sposób można porównywać różne grupy zawodnicze lub osoby trenujące z nietrenującymi pod względem tzw. wytrzymałości anaerobowej.

Brak znamiennej korelacji między wartością wskaźnika *PI* a maksymalną wartością prędkości biegu ($X_{\max}$) w serii biegów zarówno w grupie osób trenujących, jak i nietrenujących uzasadnia stosowanie wartości wskaźnika *PI* i wartości maksymalnej danej zmiennej zarejestrowanej w serii wysiłków do oceny i klasyfikacji badanych. Zależność między wartościami wskaźnika *PI* a wartościami maksymalnymi osiąganymi w serii 6 biegów na dystansie 50 m powtarzanych w odstępach 15 s przedstawiono na rycinie 6.



Ryc. 6. Zależność między wartościami wskaźnika *PI* i prędkościami uzyskanymi w serii 6 biegów na dystansie 50 m w odstępach 15 s osiągnięte w grupie osób trenujących ($n = 40$; $r = -0,167$)
Okrąg zawiera obszar odpowiadający średnim obu zmiennych ± 1 SD

Osie na rycinie 4 odpowiadają średnim wartościom zmiennych (prędkości biegu i wskaźnika *PI*), a centralny okrąg obejmuje odległość jednego odchylenia standardowego od środka układu. W prawej górnej ćwiartce korelogramu sytuują się osoby najlepsze pod względem maksymalnej prędkości biegu (wydolności biegowej) i wytrzymałości na zmęczenie (wskaźnik *PI*), a w lewej dolnej najgorsze. W obszarze centralnym sytuują się osoby przeciętne pod względem wartości obu zmiennych.

W ten sposób można dokonać oceny poszczególnych osób na tle grupy, lub zawodnika na tle całego zespołu. Można również w tym celu wykorzystać średnie i odchylenia standardowe obliczone dla najlepszych zawodników danej dyscypliny (np. kadry narodowej – „model mistrza”) i ocenić zawodnika na tle najlepszych. Po dokonaniu oceny można wyznaczyć kierunek pracy treningowej (indywidualizacja treningu) w zależności od zaobserwowanych braków w przygotowaniu sprawnościowym zawodnika. Jeśli np. zawodnik uzyskuje wysokie wartości mierzonych parametrów, ale nie potrafi utrzymać ich na wysokim poziomie w kolejnych powtórzeniach, należy trening ukierunkować na doskonalenie wytrzymałości anaerobowej. Zawodnik, który uzyskuje wysokie wartości wskaźnika *PI* (wysoka wytrzymałość anaerobowa), lecz niskie wartości maksymalne mierzonych parametrów, powinien mieć trening ukierunkowany na zwiększenie siły, mocy, szybkości.

Podsumowanie

W praktyce poszukuje się uniwersalnych wskaźników, prostych w obliczeniu, użyciu i interpretacji, które pozwolą na szybką i nieskomplikowaną ocenę zdolności wysiłkowych organizmu. Mogłyby być one stosowane nie tylko przez wykwalifikowaną kadrę trenerską, ale również przez nauczycieli wychowania fizycznego, czy instruktorów sportu, w celu m.in. kształtowania specyficznych i zmiennych reakcji adaptacyjnych organizmu i zwiększania wydolności fizycznej. Omówiony wskaźnik *PI* można obliczyć dla różnych wysiłków, w których rejestrowane są różne parametry wyrażone w różnych jednostkach pod warunkiem, że wartości danego parametru mają tendencję do obniżania się w kolejnych powtórzeniach w serii wysiłków. Wskaźnik ten nie jest zależny ani od przebiegu zmian mierzonego parametru w serii, ani od wielkości serii. Przedstawiona metoda ma zatem zastosowanie uniwersalne. Pozwala na określenie zdolności do utrzymania maksymalnej wartości danego parametru (ocena wytrzymałości anaerobowej) na podstawie kilku identycznych prób wysiłkowych powtarzanych w stałych odstępach czasu lub pojedynczego wysiłku, w którym dany parametr jest rejestrowany w sposób ciągły, np. zmiana mocy w 30-sekundowym teście Wingate. Im wyższa wartość wskaźnika *PI*, tym lepsza wytrzymałość anaerobowa. Wydaje się, że jeśli wartość wskaźnika *PI* jest wyższa od wartości 0,9 to można mówić o wysokiej wytrzymałości anaerobowej. Wskaźnik *PI* można obliczyć zarówno dla pomiarów uzyskanych w testach laboratoryjnych, jak i nielaboratoryjnych. Jego zaletą jest niewrażliwość na przypadkowe odchylenia pojedynczych wartości pomiaru oraz na ew. nieliniowość przebiegu zmian. Jest łatwy do obliczenia, zastosowania i interpretacji. Wyznaczenie wskaźnika *PI* dla badanej grupy w danym krótkotrwałym, maksymalnym wysiłku powtarzanym ze stałymi przerwami wypoczynkowymi może być pomocne w ukierunkowaniu działań treningowych w celu doskonalenia wybranych cech sprawności fizycznej. Może być stosowany zarówno przez wykwalifikowaną kadrę trenerską, jak również przez nauczycieli wychowania fizycznego, czy instruktorów sportu do oceny i kontroli reakcji adaptacyjnych organizmu i zwiększania wydolności fizycznej.

Piśmiennictwo

1. Balsom P.D., Gaitanos G.C., Ekblom B., Sjodin B. (1994) Reduced oxygen availability during high intensity intermittent exercise impairs performance. *Acta.Physiol.Scand.* 152:279-285.
2. Balsom P.D., Seger J.Y., Sjodin B., Ekblom B. (1992) Physiological responses to maximal intensity intermittent exercise. *Eur.J.Appl.Physiol.* 65:144-149.
3. Boddington M.K., Lambert M.I., StClair Gibson A., Noakes T.D. (2001) Reliability of a 5-m multiple shuttle test. *J.Sports Sci.* 19:223-228.
4. Fidelus K., Mastalerz A., Ostrowska E., Urbanik Cz., Wychowański M. (1996) The change of the power and muscle force influenced by jumping training.(Zmiana mocy i siły mięśniowej pod wpływem treningu skocznościowego). Monografie nr 330:171-176, AWF, Poznań.
5. Fidelus K., Mastalerz A., Tokarski T. (1996) The power decrease in time during training on the incline plane, the bicycle ergometer and the force platform. (Spadek mocy w czasie ćwiczeń na równi pochyłej, ergometrze rowerowym i platformie dynamometrycznej). Monografie nr 330:151-154, AWF, Poznań.
6. Gasik T., Stupnicki R. (2013) Assessment of the anaerobic endurance of rugby players *Zeszyty Naukowe WSKFiT* 8:27-32.
7. Jaskólski A. (2002) Fizjologiczne przystosowanie do wysiłku oraz fizjologiczne podstawy treningu. [w]: Jaskólski A. (red.) Podstawy fizjologii wysiłku fizycznego z zarysem fizjologii człowieka. s. 228-256.
8. Klimek A. (2004) Fizjologiczne reakcje układu oddechowego podczas powtarzanych wysiłków fizycznych na tle wydolności aerobowej i anaerobowej dzieci i osób dorosłych. Studia i monografie nr 28, AWF Kraków.
9. Kubica R. (1999) Podstawy fizjologii pracy i wydolności fizycznej. AWF, Kraków.

10. Linossier M.T., Denis C., Dormois D., Geyssant A., Lacour J.R. (1993) Ergometric and metabolic adaptation to a 5-s sprint training programme. *Eur.J.Appl.Physiol.* 67:408-414.
11. Lakomy H.K.A., Lakomy J., Martin D., Nevill M.E. (1994) Fatigue and the power-velocity relationship of muscle measured during cycling. *J.Sports Sci.* 12:142.
12. Lakomy H.K.A., Nevill M.E., McKee D., Weller A. (1994) Physiological responses to two methods for examining repeated bouts of maximum short-duration exercise. *J.Sports Sci.* 12:142.
13. Naglak Z. (1979) Trening sportowy. Teoria i praktyka. PWN, Warszawa – Wrocław, s 99-100, 140-146
14. Norkowski H. (2003) Struktura obciążeń wysiłkowych a efekty trningu przerywanego o maksymalnej intensywności. Studia i monografie, AWF Warszawa.
15. Norkowski H., Hübner-Woźniak E., Krawczyk K., Zghidi M. (2004) Wydolność beztlenowa młodych mężczyzn o różnym poziomie aktywności fizycznej. *Roczniki Naukowe AWF w Warszawie*, 43:119-128
16. Norkowski H., Kłossowski M., Buśko K. (2002) Physiological responses to repeated bouts of anaerobic exercise. *Wych.Fiz.Sport* 46(Supl. 1/1):576-578.
17. Odland L. M., MacDougall J.D., Tarnopolsky M., Elorriage A., Borgmann A., Atkinson S. (1994) The effect of oral Cr supplementation of muscle (PCr) and power output during a short-term maximal cycling task. *Med.Sci.Sports Exerc.* 26 (Suppl. 5):23.
18. Sienkiewicz E., Milde K., Dereń M., Stupnicki R. (2002) An assessment of serially repeated arm exercises. Proc. 3rd Intern.Conf. "Student, Science and Sport in the 21st Century", Kijów.
19. Sienkiewicz E., Milde K., Norkowski H., Stupnicki R. (2002) Assessment of repeated, high-intensity leg exercises. *Wych.Fiz.Sport* 46 (Supl. 1/1):437-438.
20. Sienkiewicz-Dianzenza E., Rusin M., Stupnicki R. (2009) Anaerobic resistance of soccer players. *Fitnessand Performance Journal* 8:199-203.
21. Sienkiewicz-Dianzenza E., Stupnicki R. (2003) Performance index - a better measure of repeated bouts of maximal exercise than linear regression. Proc. 11th Conf. "Sport Kinetics 2003", Rydzyna, s. 147.
22. Sienkiewicz-Dianzenza E., Tomaszewski P., Stupnicki R. (2005) „Performance index” and application to the assessment of multiple bouts of leg exercise. *Phys.Educ.Sport* 49:52-55.
23. Sienkiewicz-Dianzenza E., Tomaszewski P., Stupnicki R., Iwańska D. (2005) Application of the performance index (PI) to repeated bouts exercise. [w]: *Monografie cykliczne: Scientific fundaments of human movement and sport practice*. Starosta W. (red.), 21:533-534.
24. Sozański H. (1992) Wytrzymałość. *Trening* 1:239-261.
25. Stupnicki R., Norkowski H. (2001) Index of anaerobic endurance in repeated maximal exercise bouts. *Papers Anthropol.* 10:280-287.
26. Stupnicki R., Norkowski H., Hałdaś K. (2000) Endurance in repeated maximal exercise bouts. *Medicina Sportiva* 1:E101.
27. Stupnicki R., Sienkiewicz-Dianzenza E. (2004) „Anaerobic endurance” and its assessment. *J.Hum.Kin.* 12:109-116.
28. Stupnicki R., Sienkiewicz-Dianzenza E. (2005a) Assessment of repeated bouts of exercise. *International Summer School for Young Reserchers, Lecture notes and short communications*.
29. Stupnicki R., Sienkiewicz-Dianzenza E. (2005b) Classification of subjects by performance. *International Summer School for Young Reserchers, Lecture notes and short communications*.
30. Trzaskoma Z., Lipiński P.(1997) Maksymalna moc i maksymalna siła mięśni kończyn dolnych 16-18-letnich sportowców. Maximal Power and maximal strength o flower limb s of athletes aged 16-18 years. *Biol.Sport* 14(7)156-161 .
31. Zdanowicz R., Wojcieszak I., Wojczuk J. (1985) Cykloergometryczny test wydolności anaerobowej. [w]: Wojcieszak I. (red.) *Wydolnościowe testy specjalne - wdrożenia*. Instytut Sportu, Warszawa, s. 5-24.

Adres autora: edyta.sienkiewicz@poczta.onet.pl



Dr Edyta Sienkiewicz-Dianzenza jest biostatystykiem, zwłaszcza w dziedzinie nauk o sporcie, a także informatykiem. Jest współtwórczynią metody oceny powtarzanych wysiłków anaerobowych oraz jej zastosowania w treningu sportowym, jest również autorką lub współautorką wielu publikacji naukowych na ten temat.