

Zależności między tętnem i prędkością w powtarzanych krótkich biegach

Heart rate and running velocity in multiple short runs

Romuald Stupnicki¹, Edyta Sienkiewicz-Dianzenza², Piotr Boratyński¹

¹ Wyższa Szkoła Kultury Fizycznej i Turystyki, Pruszków; ² Akademia Wychowania Fizycznego, Warszawa

Streszczenie

Cel pracy: Ocena przydatności pomiarów prędkości biegu i tętna w krótkich, powtarzanych wysiłkach do określenia wytrzymałości anaerobowej zawodników piłki nożnej.

Material i metody: Badano grupę 18 piłkarzy w wieku 19 – 32 lata. Na początku i na końcu okresu przygotowawczego do rozgrywek, trwającego 2 miesiące, badanych poddano testowi polegającemu na wykonaniu serii 6 biegów na dystansie 30 m przedzielonych 10-sekundowymi przerwami. Mierzono prędkość każdego biegu oraz tętno w przerwach między biegami (z tętna obliczano wartości R-R równe $60/\text{tętno}$) oraz iloczyn tych wartości. W analizie wyników zastosowano test *t* dla danych zależnych.

Wyniki: Wykazano, że iloczyny prędkości i wartości R-R lepiej odzwierciedlały różnice między piłkarzami i między badaniami niż same prędkości. Przyrost średniej prędkości biegu w II badaniu wyniósł 0,9%, a maksymalnej prędkości biegu 1,2%, natomiast odpowiednie wartości dla iloczynów prędkości i R-R wyniosły 2,5 i 3,7%.

Wnioski: Wskaźnik PI oparty na iloczynach prędkości i wartości R-R lepiej ocenia wytrzymałość anaerobową niż wskaźnik oparty na samej prędkości, gdyż uwzględnia miarę fizjologicznego kosztu wysiłku, wymaga to jednak potwierdzenia w dalszych badaniach.

Słowa kluczowe: wytrzymałość anaerobowa, RAST, wskaźnik wytrzymałości, piłka nożna

Summary

Study aim: To evaluate the feasibility of running velocity and heart rate (HR) measurements in short, repeated runs to assess the anaerobic performance of football players.

Material and methods: A group of 18 football players, aged 19 – 32 years, were studied. At the beginning and at the end of the preparatory period lasting two months they were subjected to running test, consisting of 6 runs at a distance of 30 m, separated by 10-s intermissions. The following variables were recorded and analysed: Running velocities of every 30-m run, R-R values (equal to $60/\text{HR}$) and the products of both. Student's *t*-test for dependent data was used in data analysis.

Results: The products of velocities and R-R values were shown to better reflect the between-subject differences and training-induced improvement than the velocities alone. The post-training increments of mean and maximum velocities amounted to 0.9 and 1.2%, respectively, and the corresponding products of velocities and R-R values – 2.5 and 3.7%, respectively.

Conclusions: The performance index (PI) based on products of velocities and R-R values seems to be a better measure of anaerobic performance than that based on velocities only, as it includes a measure of the physiological cost of exertion; however, further studies are needed to confirm that.

Key words: Anaerobic endurance; RAST; Performance index; Football

Wprowadzenie

Krótkie, powtarzane wysiłki są dominującą formą aktywności w grach zespołowych i sportach walki. Testy polegające na ocenie takich wysiłków mają zatem szerokie zastosowanie w monitorowaniu treningów. Jako przykład może służyć wskaźnik wytrzymałości anaerobowej (*Performance Index*; PI) [5,7] lub tzw. RAST [2]. Testy te nie biorą jednak pod uwagę fizjologicznych wskaźników obciążenia,

których przykładem jest pomiar tętna. Hoff et al. [4] wykazali, że wartości tętna dobrze korelują z poborem tlenu, a zatem odzwierciedlają „fizjologiczny koszt” wysiłku. Celem niniejszej pracy była próba zastosowania pomiarów tętna w krótkich, powtarzanych wysiłkach do oceny beztlenowej sprawności piłkarzy.

Material i metody

Badane osoby

W badaniu wzięło udział 18 zawodników (4 napastników, 6 pomocników, 6 obrońców i 2 bramkarzy) w wieku 19 – 32 lata z klubu KS Legionovia. Badanie odbyło się w zimowym okresie przygotowawczym (początek stycznia – po przerwie świątecznej i początek marca – po treningach do sezonu rozgrywek). Wiek i podstawowe dane somatyczne badanych pokazano w tabeli 1.

Metody badań

Badani wykonali dwukrotnie (w styczniu i w marcu) test biegowy 6×30 m z 10-sekundowymi przerwami. Mierzono czas każdego biegu za pomocą stopera, a w przerwach między biegami mierzono tętno za pomocą sport-testerów. Aby zapewnić dodatnie skierowanie zmiennych, czasy biegów przeliczono na prędkości (m/s), a wartości tętna na czasy między kolejnymi skurczami serca (s) – tzw. odcinki R-R. Obliczano wartości następujących zmiennych: maksymalną (V max) i średnią (V śr.) prędkość osiąganą w serii 6 biegów, wskaźnik wytrzymałości anaerobowej (PI = V śr./V max), analogiczne dane dla wartości R-R (max, śr. i PI), a także iloczyny średnich wartości V i R-R oraz iloczyny odpowiednich wartości PI.

W analizie danych stosowano test *t* dla wartości zależnych oraz współczynniki korelacji Pearsona. Poziom $p \leq 0,05$ przyjęto za znamienne.

Wyniki

Tab. 1. Średnie wartości (\pm SD i zakresy) danych somatycznych badanych piłkarzy (n = 18)

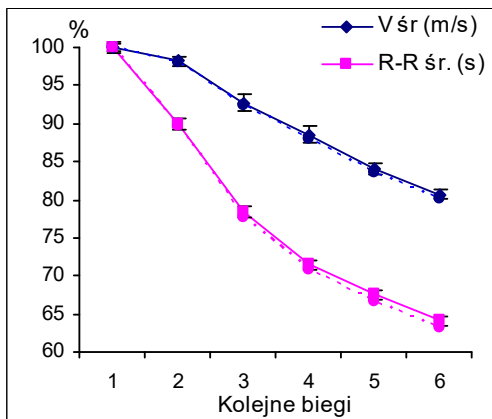
Zmienna	Średnie \pm SD (zakresy)
Wiek (lata)	25,2 \pm 3,7 (19 – 32)
Wysokość ciała (cm)	181,3 \pm 5,1 (173 – 193)
Masa ciała (kg)	75,9 \pm 5,1 (69 – 84)
BMI	23,1 \pm 0,9 (21,5 – 24,4)

Tab. 2. Średnie wartości (\pm SD i zakresy) zmiennych związanych z prędkością biegów (V) i odwrotnością tętna (R-R); n = 18

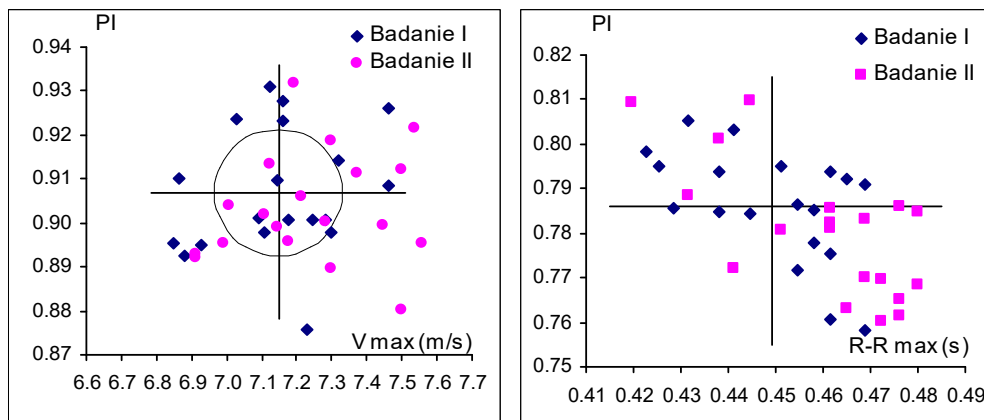
Zmienna	Badanie I	Badanie II	Zmiana (%)
V śr.	6,48 \pm 0,21 (6,13 – 6,91)	6,54 \pm 0,22** (6,17 – 6,84)	0,9
V max	7,15 \pm 0,18 (6,85 – 7,46)	7,24 \pm 0,20*** (6,91 – 7,56)	1,2
PI (V)	0,907 \pm 0,014 (0,876 – 0,931)	0,903 \pm 0,012 (0,880 – 0,932)	
R-R śr.	0,353 \pm 0,010 (0,337 – 0,371)	0,359 \pm 0,011*** (0,340 – 0,377)	1,7
R-R max	0,449 \pm 0,015 (0,423 – 0,469)	0,460 \pm 0,017** (0,420 – 0,480)	2,4
PI (R-R)	0,786 \pm 0,012 (0,758 – 0,805)	0,780 \pm 0,015 (0,760 – 0,810)	

Legenda: V – prędkości biegów (30/czas; m/s); R-R – 60/tętno minutowe (s); PI – wskaźnik wytrzymałości anaerobowej (śr./max); znamienne wyższe niż w badaniu I: ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

Z danych w tabeli 2 wynika, że po dwumiesięcznym treningu do sezonu rozgrywek nastąpiła wysoce znamienne poprawa w średnich i maksymalnych wartościach zarówno prędkości biegu, jak i R-R, natomiast odpowiednie wskaźniki PI nie zmieniły się znamienne. Należy zwrócić uwagę na to, że wskaźnik PI dla tętna, a ściślej biorąc dla wartości R-R, jest znacznie mniejszy niż dla prędkości biegu (odpowiednio $0,786 \pm 0,012$ i $0,907 \pm 0,014$ w I badaniu). Wynika to z faktu, że wartości R-R znacznie szybciej obniżają się w kolejnych biegach niż prędkości biegów (Ryc. 1).



Ryc. 1. Względne spadki prędkości i wartości R-R w kolejnych biegach, odniesione do odpowiednich wartości maksymalnych; pokazano średnie \pm SE; dane z II badania zaznaczono liniami przerywanymi (n = 18)



Ryc. 2. Zależności między wartościami PI i maksymalnymi prędkościami (z lewej) lub wartościami R-R (z prawej); liniami zaznaczono średnie wartości, a promień okręgu wyznaczają odchylenia standardowe PI i V max w badaniu I (n = 18)

Na rycinie 2 pokazano zależności między wartościami PI i wartościami V max lub R-R max, a w tabeli 3 odpowiadające im współczynniki korelacji. Zależność ta nie jest znamienne dla prędkości biegów, co może świadczyć o braku specjalizacji szybkościowo-wytrzymałościowej badanych piłkarzy. Umiarkowanie wysoką ujemną korelację zaobserwowano natomiast dla wartości R-R, postanowiono zatem połączyć te dwie charakterystyki obliczając ich iloczyn.

W tabeli 4 przedstawiono średnie wartości iloczynów prędkości biegów i wartości R-R, a na rycinie 3 zależność między wartościami PI i maksymalnymi wartościami tych iloczynów. Podobnie jak w przypadku samych prędkości biegów i samych wartości R-R zaobserwowano wysoce znamienne poprawę wartości średnich i maksymalnych w drugim badaniu, natomiast wskaźnik PI uległ znamienne obniżeniu. Ciekawe, że mimo wyraźnej ujemnej zależności PI/R-R max, zależność ta dla iloczynów V·R-R nie różniła się znamienne od zera (zob. Tab. 3).

Tab. 3. Współczynniki korelacji między wybranymi zmiennymi (n = 18)

Korelacje	Badanie I	Badanie II
$PI_V / V \max$	0.206	0.148
$PI_{R-R} / R-R \max$	-0.548**	-0.692***
$V \text{ \acute{s}r.} / R-R \text{ \acute{s}r.}$	0.333	0.291
PI_V / PI_{R-R}	-0.091	-0.172
$PI_{(V \cdot R-R)} / (V \cdot R-R)_{\max}$	0,242	-0,098

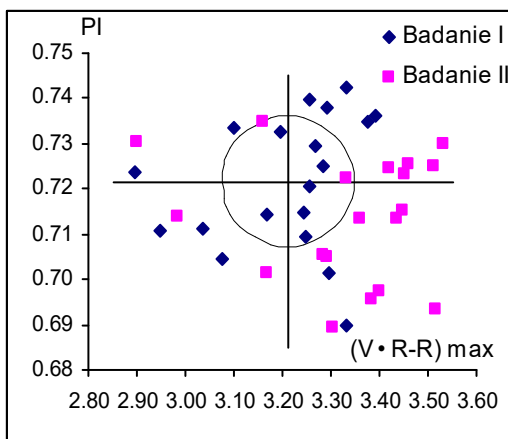
** p<0,01; *** p<0,001

Tab. 4. Średnie wartości (\pm SD i zakresy) średnich i maksymalnych wartości iloczynów V i R-R oraz odpowiedniego wskaźnika PI (n = 18)

Zmienna	Badanie I	Badanie II	Zmiana (%)
$(V \cdot R-R) \text{ \acute{s}r.}$	2,32 \pm 0,12 (2,09 – 2,50)	2,38 \pm 0,13*** (2,12 – 2,58)	2,5
$(V \cdot R-R) \max$	3,21 \pm 0,14 (2,89 – 3,39)	3,33 \pm 0,17*** (2,90 – 2,53)	3,7
PI ($V \cdot R-R$)	0,722 \pm 0,014 (0,690 – 0,742)	0,714 \pm 0,013* (0,690 – 0,735)	-1,1

Znamienne inne niż w badaniu I: * p<0,05; *** p<0,001

Porównując dane w tabelach 2 i 4 oraz wykresy obrazujące zależność między maksymalnymi prędkościami biegu (Ryc. 2, z lewej) lub maksymalnymi wartościami iloczynów prędkości i wartości R-R (Ryc. 3) a odpowiednimi wartościami PI można zauważyć, że w tym drugim wypadku różnice między badaniami są znacznie wyraźniejsze.

**Ryc. 3.** Zależność między wartościami PI i maksymalnymi wartościami iloczynu $V \cdot R-R$; liniami zaznaczono średnie wartości, a promień okręgu wyznaczają odchylenia standardowe PI i $(V \cdot R-R) \max$ w badaniu I (n = 18)

Dyskusja

W ocenie wykonania ("performance") krótkich, powtarzanych wysiłków, stosowane są często dwa podejścia: obliczanie wskaźnika wytrzymałości anaerobowej (*Performance Index*; PI), równego stosunkowi średniej prędkości w serii wysiłków do maksymalnej prędkości uzyskanej w danej serii [5,6,7], oraz tzw. test RAST, w którym oblicza się wskaźnik zmęczenia (*Fatigue Index*; FI) równy stosunkowi różnicy maksymalnego i minimalnego wydatku mocy w serii biegów do łącznego czasu wykonania tych biegów [2].

Wskaźnik PI odzwierciedla zdolność do utrzymania najwyższej uzyskanej miary wysiłku, np. prędkości, w serii wysiłków i może być stosowany do dowolnych rodzajów wysiłku i wielkości serii, natomiast wskaźnik FI może być stosowany tylko do określonego dystansu i liczby biegów, bo jego struktura, w odróżnieniu od wskaźnika PI, uniemożliwia porównanie różnych wysiłków.

W żadnym z tych narzędzi nie uwzględniono jednak „fizjologicznego kosztu” związanego z danym testem. Wprawdzie najpowszechniej stosowane wskaźniki tego kosztu – pobór tlenu, czy tętno, były często mierzone w powiązaniu z różnymi wysiłkami, np. w piłce nożnej [1,3,8], to były one rozpatrywane jako oddzielne czynniki, nie wchodzące w skład jakiegoś wskaźnika. Niniejsza praca stanowi próbę poszerzenia oceny wytrzymałości anaerobowej przez uwzględnienie we wskaźniku PI pewnej miary kosztu fizjologicznego określonego tętnem, a więc uzupełnienie pod tym względem oceny wykonania testu wysiłkowego. Próba ta oparta była na założeniu, że trening powinien być ukierunkowany na uzyskanie jak najwyższej skuteczności, przy możliwie niskim koszcie fizjologicznym. Jako miarę tego kosztu przyjęto odwrotność tętna (tzw. odcinek R-R w elektrokardiogramie, a więc czas między kolejnymi skurczami serca); wykazano (zob. Tab. 3), że średnie wartości R-R w serii biegów nie były znamienne skorelowane ze średnimi prędkościami. Oznacza to, że osiągnięta prędkość była w znacznym stopniu niezależna od jej kosztu fizjologicznego.

Uzyskane wyniki wskazują, że wskaźnik wytrzymałości anaerobowej obliczony nie z prędkości biegów, a z iloczynów prędkości i wartości R-R, wyraźniej różnicuje zawodników i lepiej uwidacznia postęp uwarunkowany treningiem: przyrost średniej prędkości biegu (różnica między dwoma okresami badań) wyniósł 0,9%, a maksymalnej prędkości biegu 1,2% (zob. Tab. 2), natomiast odpowiednie wartości dla iloczynów prędkości i R-R wyniosły 2,5 i 3,7%. Świadczy to o potencjalnie dużej przydatności takiego podejścia w ocenie efektów treningowych i w ocenie wytrzymałości anaerobowej, wymaga to jednak potwierdzenia w dalszych badaniach nad różnymi rodzajami wysiłków.

Piśmiennictwo

1. Castellano J., Puente A., Echeazarra I., Usabiaga O., Casamichana D. (2016) Number of players and relative pitch area per player: comparing their influence on heart rate and physical demands in under-12 and under-13 football players. *PLoS ONE* 11(1): e0127505. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0127505>
2. Draper N., Whyte G. (1997) Here's a new running based test of anaerobic performance for which you need only a stopwatch and a calculator. *Peak Performance* 96:3-5.
3. Hill-Haas S, Dawson B, Coutts A, Rowsell G. Physiological responses and time-motion characteristics of various small-sided soccer games in youth players. *J Sport Sci.* 2009; 27: 1–8.
4. J Hoff, U Wisløff, L C Engen, O J Kemi, J Helgerud (2002) Soccer-specific aerobic endurance training. *Br J Sports Med* 36:218–221
5. Sienkiewicz-Dianzenza E. (2014) Ocena powtarzanych wysiłków anaerobowych w grach zespołowych i sportach walki. *Zeszyty Naukowe WSKFiT* 9:85-92. http://afiz-pah.pl/?page_id=112
6. Sienkiewicz-Dianzenza E., Rusin M., Stupnicki R. (2009) Anaerobic resistance of soccer players. *Fitness and Performance Journal* 8:199-203.
7. Stupnicki R., Sienkiewicz-Dianzenza E. (2004) „Anaerobic endurance” and its assessment. *Journal of Human Kinetics* 12:109-116.
8. Tessitore A, Perroni F, Meeusen R, Cortis C, Lupo C, Capranica L. Heart rate responses and technical-tactical aspects of official 5-a-side youth soccer matches played on clay and artificial turf. *Jstrength cond res.* 2012; 26: 106–112.

Otrzymano: 25.11.2017

Przyjęto: 6.12.2017

© Wyższa Szkoła Kultury Fizycznej i Turystyki im. Haliny Konopackiej, Pruszków

ISSN 2544-1639

Adres autora: rstupnicki@gmail.com