

Politechnika Opolska¹, Wydział Wychowania Fizycznego i Fizjoterapii,
Technical University of Opole, Faculty of Physical Education and Physiotherapy,
Akademia Wychowania Fizycznego w Katowicach²
University School of Physical Education in Katowice

JANUSZ ISKRA¹, ANNA WALASZCZYK²

Anaerobic capacity and endurance abilities in well-trained physical education students

Wydolność beztlenowa a zdolności wytrzymałościowe studentów wychowania fizycznego

Badania fizjologiczne i biochemiczne prowadzone w grupach sportowców oraz osobników nietrenujących dowiodły, że posiadanie jednocześnie zdolności szybkościowych i wytrzymałościowych jest prawie niemożliwe. Specyficzne proporcje włókien mięśniowych szybko i wolnokurczliwych w dużym stopniu determinują poziom wysiłku tlenowego (aerobowego) i beztlenowego (anaerobowego).

W wielu dyscyplinach sportu, będących na pograniczu beztlenowych i tlenowych źródeł energii (np. biegi na 400-1500 m, pływanie, gry zespołowe itp.) ideałem sportowca wydaje się ten zawodnik, który w sposób maksymalny potrafi wykorzystać obydwa systemy energetyczne.

Dla przykładu, w badaniach przeprowadzonych w grupie najlepszych polskich płotkarzy na 400 m wyróżniła się grupa lekkoatletów-biegaczy, którzy uzyskiwali znaczące rezultaty w testach anaerobowych i aerobowych (Iskra 2001).

Badania przeprowadzone w grupach sportowców o różnym poziomie zaawansowania dowiodły, że można (przynajmniej w sferze sprawności motorycznej) doszukiwać się związków zdolności szybkościowych i wytrzymałościowych.

Wśród autorów badających możliwości współistnienia tych dwóch odrębnych zdolności wysiłkowych można przytoczyć analizy przeprowadzone m.in. przez Denisa i wsp. (1992), Popinigisa i wsp. (1993) oraz Spencera i Gastina (2001).

O związkach wyników testów tlenowych i beztlenowych mogą świadczyć rezultaty badań przeprowadzonych przez Boulay'a i wsp. (1985). Autorzy ci zauważyli istotną korelację między pracą w wysiłku ergometrycznym wykonywaną w czasie 30 s i 90 min (wysiłek w przeważającej części o charakterze tlenowym).

Celem pracy było wykazanie, czy w grupie sprawnych biegowo studentów wychowania fizycznego istnieją związki między osiągnięciami w testach anaerobowych i aerobowych.

MATERIAŁ I METODY

W badaniach uczestniczyło 58 studentów I roku Akademii Wychowania Fizycznego w Katowicach. Warunkiem udziału była ocena co najmniej dobra z przedmiotu lekka atletyka.

Średni wiek badanych wynosił $20,8 \pm 1,6$ lat, wysokość ciała $179,9 \pm 7,0$ cm, masa ciała $69,8 \pm 8,0$ kg, wskaźnik Rohrera $1,20 \pm 0,10$.

Przeprowadzono dwa testy oceniające wydolność beztlenowa oraz zdolności wytrzymałościowe długiego czasu.

Ocenę zdolności do wysiłków o przeważającym charakterze aerobowym dokonano za pomocą testu Coopera. Według większości autorów test ten jest właściwy do oceny zdolności wytrzymałościowych

wych (Raczek 1981, Sharkey 1990) oraz wykazuje dużą zależność z fizjologicznym wskaźnikiem wydolności tlenowej $\dot{V}O_{2max}$ (Cooper 1970).

Jako test wydolności beztlenowej wykorzystano 30-sekundową wersję testu Wingate, wykonanego według klasycznej procedury (Inbar i wsp. 1996). Według autorów „nie ma innego testu ergometrycznego mierzącego jednocześnie różne aspekty metabolizmu beztlenowego” (Inbar i wsp. 1996, s. 75). Charakterystycznym dla testu Wingate jest fakt, iż w obrębie 30-s wysiłku występuje (w zależności od badanej grupy) 12-45% przemian o charakterze tlenowym (Bouchard i wsp. 1991). W obydwu testach mierzono część skurczów serca (HR) wykorzystując Sport-tester. W wynikach uwzględniono tylko maksymalną wartość tego parametru (HR_{max}).

Metody analityczne

W analizie wyników wykorzystano podstawowe parametry statystyczne ($\bar{x} \pm SD$, min-max). Oceny zależności parametrów obydwu testów dokonano na podstawie współczynników korelacji prostej Pearsona. Z racji ograniczonej objętości pracy przedstawiono tylko najważniejsze związki. Zróżnicowanie parametrów oceniono za pomocą analizy wariancji (ANOVA). Jeżeli wartość F była statystycznie istotna ($p \leq 0,05$), różnice między grupami oceniono testem RIR Tukeya. Za kryterium podziału przyjęto pracę całkowitą (J/kg) – parametru testu anaerobowego, który wykazał istotny związek z wynikami testu Coopera.

WYNIKI

Rezultaty uzyskane w teście Wingate oraz w teście Coopera przedstawiono w tabeli 1. Wyniki testu ergometrycznego są lepsze od młodych (16-17 lat) sprinterów i średniodystansowców z Pomorza (Prusik i Jastrzębski 1997), natomiast słabsze od sprinterów i płotkarzy Kadry Narodowej (Iskra 2001). Poziom wyników w teście Coopera sugeruje dobre przygotowanie kondycyjne z zakresu wysiłku tlenowego (tabela 1). Wybrane związki pomiędzy parametrami obydwu testów przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 1. Parametry testu Wingate i testu Coopera w grupie najlepszych studentów wychowania fizycznego (n = 58)

Parametr	j.m.	\bar{x}	SD	min	max
Test Wingate					
Praca całkowita	kJ	18,75	2,72	11,84	23,79
Praca całkowita (względna)	J/kg	268,26	23,75	213	348
Moc maksymalna	W	772,48	115,36	504	1010
Moc maksymalna (względna)	W/kg	11,06	0,99	9,08	13,87
Wskaźnik spadku mocy	%	19,78	3,92	12	30
Czas uzyskania Pmax	s	6,11	3,11	3,11	9,94
Czas utrzymania Pmax	s	4,32	2,36	2,36	9,08
HRmax	ud/s	182,10	7,96	158	202
Test Coopera					
Dystans	m	3028,79	153,19	2620	3320
HRmax	ud/s	185,90	6,17	169	196

Tabela 2. Współczynniki korelacji między wynikami testu Coopera a parametrami testu Wingate

Test Wingate	Test Coopera	
	Wynik	HRmax
Praca całkowita	.15	-.04
Praca całkowita /kg	.36**	.13
Moc maksymalna	.07	-.03
Moc maksymalna /kg	.25	.14
Wskaźnik spadku mocy	-.25	.05
Czas uzyskania P _{max}	.04	.26
Czas utrzymania P _{max}	.18	.11
HR _{max}	-.08	.75**

** - $p \leq 0,01$

Wyniki testu Coopera istotnie korelują ($p \leq 0,01$) tylko z pracą całkowitą na kilogram masy ciała ($r = 0,36$).

Zaobserwowano także wysoką zależność między maksymalną częstością skurczów serca w czasie obydwu testów: aerobowego i anaerobowego ($r = 0,75$, $p \leq 0,01$, tabela 2).

Podział badanej grupy ze względu na pracę całkowitą wyrażoną w jednostkach względnych potwierdza spostrzeżenia dotyczące związków tego parametru z wynikami testu Coopera. Powyższe grupy studentów, obok trzech innych parametrów testu Wingate, różnicuje wynik biegu w teście 12-minutowym ($p \leq 0,01$, tabela 3).

Tabela 3. Analiza wariancji (ANOVA) pracy całkowitej (test Wingate) przeliczonej na kilogram masy ciała (n = 58)

Parametr (j.m.)	Grupa A	Grupa B	Grupa C	F	p
Praca całkowita (kJ)	16,68	19,68	20,02	12,593	0,000
Praca całkowita (J/kg)	244,1	269,3	294,0	74,832	0,000
Moc maksymalna (W)	686,7	821,0	813,9	11,625	0,000
Moc maksymalna (W/kg)	10,07	11,23	11,98	47,854	0,000
Wskaźnik spadku mocy (%)	19,65	21,15	18,39	2,474	0,093
Czas uzyskania P _{max} (s)	6,56	5,64	6,14	2,498	0,092
Czas utrzymania P _{max} (s)	4,18	4,22	4,57	0,720	0,491
HR _{max} (ud/min)	181,6	182,0	182,8	0,116	0,891
Test Coopera (m)	2929,5	3057,0	3107,8	8,84	0,000
HRmax (ud/min)	185,5	185,8	186,5	0,129	0,879
Masa ciała (kg)	68,1	73,0	68,2	2,468	0,094
Wysokość (cm)	179,0	181,6	179,3	0,805	0,453

Analiza wariancji przeprowadzona według innych parametrów testu ergometrycznego (m.in. pracy całkowitej w jednostkach bezwzględnych i mocy maksymalnej) nie wykazuje różnic w wynikach testu Coopera.

DYSKUSJA

Test Wingate traktowany jest jako najbardziej trafny sprawdzian wydolności beztlenowej, uwzględniający obydwie (niekwasomlekowy i kwasomlekowy) aspekty wysiłku anaerobowego (Bouchard i wsp. 1991, Inbar i wsp. 1996). Obok testów terenowych (biegi sprinterskie, skoki, rzuty) stosuje się go w ocenie krótkotrwałych wysiłków wśród sportowców i populacji nietreningowej (Bouchard i wsp. 1991, Iskra 2001).

Badania wykazały, że wysiłek ergometryczny o czasie trwania 30 s charakteryzuje się w 12-40 % przemianami o charakterze tlenowym. Potwierdzają to dane Spencera i Gastina (2001), którzy w badaniach fizjologicznych podstaw biegu na 400 m stwierdzili aż 43% udziału procesów tlenowych.

Test Coopera większości prac jest uważany jako podstawowy sprawdzian efektywnego wykorzystania tlenowych źródeł energii (Cooper 1970, Raczek 1981, Kuński 1987, Sharkey 1990).

Najbardziej interesująca wydaje się zależność między wynikiem testu Coopera a pracą całkowitą w czasie trwania testu Wingate ocenianą na kilogram masy ciała. Dane te wskazują, że właśnie ten parametr może być łącznikiem wszechstronnego przygotowania kondycyjnego, obejmującego wysiłki anaerobowe i aerobowe. Wcześniejsze badania Boulay'a i wsp. (1985) udowodniły, że pracę wykona-

ną w ergometrycznych wysiłkach o czasie trwania 30 s i 90min łączy wysoka zależność ($R^2 = 0,56$). Wobec powyższych danych można stwierdzić, że eliminując wpływ masy ciała (J/kg) można znaleźć parametr oceniający jednocześnie wydolność o charakterze mieszanym. To dość ważna informacja uwzględniająca częste trudności (organizacyjne, motywacyjne) z przeprowadzeniem 12-minutowego testu biegowego. Dość zaskakująca była także wysoka zależność HR_{max} z obydwu prób wydolnościowych ($r = 0,75$, $p \leq 0,01$). Wynika z tego, że w grupie sprawnych biegowo studentów wychowania fizycznego ten najprostszy parametr fizjologiczny wykazuje podobną adaptację do wysiłków o zróżnicowanym charakterze.

WNIOSKI

Jedynym parametrem testu ergometrycznego mającym związek z wynikami testu Coopera jest praca całkowita mierzona w jednostkach na kilogram masy ciała. Parametr ten może, więc być wykorzystywany w ocenie zdolności tlenowo-beztlenowych.

W grupie najlepszych studentów wychowania fizycznego wykazano duże podobieństwo maksymalnej częstości skurczów serca po testach Wingate i Coopera.

PIŚMIENNICTWO

1. Bouchard C. i wsp. Testing anaerobic power and capacity. (W:) Physiological testing of the high – performance athlete (red. J.D. MacDougall, H.A. Wenger, H.J. Green). Human Kinetics, Champaign, 1991, 107-174.
2. Boulay M.R. i wsp. Specificity of aerobic and anaerobic work capacities and power. International Journal of Sports Medicine 1985, 6, 325-328.
3. Cooper K.H. The new aerobics. Bantam, New York, 1970.
4. Denis C. i wsp.. Power and metabolic responses during supramaximal exercise in 100-m and 800-m runners. Scand. J. Med. Sci. Sports, 1992, 2, 62-69.
5. Inbar O. i wsp. The Wingate Anaerobic test. Human Kinetics, Champaign, 1996.
6. Iskra J. Morfologiczne i funkcjonalne uwarunkowania rezultatów w biegach przez płotki. Akademia Wychowania Fizycznego, Katowice, 2001.
7. Popinigis J. i wsp. Running speeds, sprint (40 m) versus endurance (12 min) as a test evaluating muscle fiber composition. (W:) Proceedings 2nd Maccabiach-Wingate International Congress on Sport and Coaching Sciences, 1993, 65-69.
8. Prusik K., Jastrzębski Z. Ocena wydolności beztlenowej sprinterów I średniodystansowców. (W:) Problemy badawcze w lekkoatletyce. Akademia Wychowania Fizycznego, Wrocław, 1997, 103-106.
9. Raczek J. Rozwój wytrzymałości dzieci i młodzieży. Sport i Turystyka, Warszawa, 1981.
10. Sadowiski J., Chmielewski K. Wpływa ukierunkowanego treningu na poziom wytrzymałości i wydolności fizycznej studentów. Sport pływacki i lekkoatletyczny w szkole (red. P. Kowalski i J. Migasiewicz), Akademia Wychowania Fizycznego, Wrocław, 1998, 71-76.
11. Sharkey B.J. Physiology of fitness. Human Kinetics, Champaign, 1990.
12. Spencer M.R., Gatin P.B. 2001. Energy system contribution during 200-to 1500-m running in highly trained athletes. Medicine and Science in Sports and Exercise, 1, 157-162.

STRESZCZENIE

Zdolności wysiłkowe o charakterze tlenowym i wytrzymałościowym są we współczesnym sporcie konieczne w takich dyscyplinach, jak biegi średnie, pływanie na dystansach 200-400 m, gry drużynowe itp. Celem tej pracy były poszukiwania związków między parametrami testu Wingate i wynikami testu Coopera (test aerobowy). Materiał: w badaniach uczestniczyło 58 dobrze przygotowanych studentów wychowania fizycznego (wiek $20,8 \pm 1,6$ lat, wysokość ciała – $1,80 \pm 0,07$ m, masa ciała $69,8 \pm 8,0$ kg, wskaźnik Rohrera $1,20 \pm 0,10$). Metody: wydolność beztlenową mierzono 30-s testem Wingate, wytrzymałość anaerobową oceniono z wykorzystaniem 12 min testu Coopera. Metody analityczne: w ocenie zależności 7 parametrów testu Wingate z wynikami testu Coopera zastosowano analizę korelacji Pearsona. Ocenę różnic między 3 grupami studentów dokonano z wykorzystaniem analizy wariancji ANOVA. Wyniki: istotną statystycznie zależność zaobserwowano między pracą całkowitą w jednostkach na kg masy ciała (test Wingate) oraz dystansem testu biegowego w czasie 12 min (test Coopera). To ważna informacja dla trenerów. Wyniki badań sugerują, że możliwe jest użycie jednej próby kontrolnej do sprawdzenia poziomu zarówno przygotowania szybkościowego jak i wytrzymałościowego.

SUMMARY

Anaerobic and aerobic abilities in contemporary sport are necessary in such disciplines as middle distance running, 200-400 swimming, sport games et. al. The aim of this study was to find relationships among parameters of ergometric Wingate test and results in aerobic Cooper test. Material: fifty-eight well-trained physical education students (age $20,8 \pm 1,6$ years, height – $1,80 \pm 0,07$ m, mass $69,8 \pm 8,0$ kg, Rohrer's indicator $1,20 \pm 0,10$) were participated in this study. Methods: anaerobic capacity was measured with 30-s Wingate test, aerobic endurance was determined by 12 min Cooper test. Analysed methods: An ANOVA results indicated a significant difference in three groups of students. Pearson correlation was used to find relationships among 7 parameters Wingate test and results of Cooper test. Results: there was significant correlation among relative total work and distance in 12-min running test ($r = 0,36$, $p \leq 0,01$). It was important information for coaches. The results suggested that it's possible to used one trial to monitoring level of both speed and endurance preparation.