

MAKSIMALNA POTROŠNJA KISEONIKA (VO_2 MAX) KAO POKAZATELJ FIZIČKE SPOSOBNOSTI SPORTISTE

Nenad Ponorac¹, Amela Matavulj¹, Nikola Grujić², Zvezdana Rajkovača¹ i Peđa Kovačević¹

Termin "aerobni kapacitet" označava opšti obim aerobnih metaboličkih procesa u organizmu čovjeka a osnova je fizičke radne sposobnosti sportiste. Vrijednost maksimalne potrošnje kiseonika (VO_2 max) najbolji je pokazatelj razlika u aerobnom kapacitetu.

Namjera ovog rada je da provjeri mogućnost primjene vrijednosti VO_2 max kao pokazatelja aerobnog kapaciteta sportiste te provjeriti postojanje razlike u odnosu na fizički netrenirane osobe-nesportiste.

Ciljevi istraživanja su: 1) Analiza vrijednosti VO_2 max kod sportista različitih vrsta sportova i 2) Poređenje vrijednosti VO_2 max sportista sa vrijednostima nesportista.

Ukupno je ispitano 67 sportista različitih sportskih disciplina (džudisti, fudbaleri i veslači) i 28 nesportista. Maksimalna potrošnja kiseonika je određivana direktnom metodom.

Najbolje rezultate VO_2 max ostvarili su veslači (4,52 l/min – 55,8 ml/kg/min) u odnosu na fudbalere (4,2 l/min – 53,6 ml/kg/min), džudiste (3,58 l/min – 47,2 ml/kg/min) i nesportiste (3,28 l/min – 42,3 ml/kg/min). Veslanje je sport koji za uspješno bavljenje zahtijeva visok aerobni potencijal.

Rezultati pokazuju i veće vrijednosti VO_2 max sportista u odnosu na nesportiste, što je posljedica isključivo trenažnog procesa. *Acta Médica Medianae* 2005;44(4): 17 – 20.

Ključne riječi: fizička sposobnost, aerobni kapacitet, maksimalna potrošnja kiseonika (VO_2 max)

Katedra za fiziologiju Medicinskog fakulteta u Banjaluci¹
Zavod za fiziologiju Medicinskog fakulteta u Novom Sadu²

Kontakt: Nenad Ponorac
Katedra za fiziologiju Medicinskog fakulteta
Save Mrkalja 14
78000 Banjaluka
Republika srpska
Tel.: +387 65 515264, +387 51 216526
E-mail: ponorac051@yahoo.com

Uvod

Fiziološku osnovu fizičkog radnog kapaciteta (physical working capacity) odnosno, kod nas uobičajenog termina fizičke sposobnosti (physical fitness), čini funkcionalna sposobnost organizma da poveća nivo metaboličkih procesa u skladu za zahtjevima fizičkog napora kome se izlaže. Metabolički procesi u ovom smislu podrazumijevaju transformaciju hemijske energije u mehaničku, tačnije, mišićnu kontrakciju (1).

S obzirom da su energetske mogućnosti ljudskog organizma sigurno najvažniji faktori koji određuju granice fizičkoj sposobnosti, pa tako i bavljenje sportom, dozvoljava se i poistovjećivanje fizičke sposobnosti sa veličinom energetskih kapaciteta.

Termin "aerobni kapacitet" označava opšti obim aerobnih metaboličkih procesa u organizmu čovjeka, a predstavlja veći dio ukupnog energetskog kapaciteta čovjeka. Za razliku od toga, termin "maksimalna

potrošnja kiseonika" (VO_2 max), ili po anglosaksonskim autorima "maksimalna aerobna moć" (maximal aerobic power), odnosi se na intenzitet aerobnih procesa i u stvari predstavlja sposobnost organizma da u određenom trenutku utroši, za njega najveću količinu kiseonika (2).

Međutim, zbog međusobne visoke korelacije, ova dva termina se najčešće poistovjećuju, tako da je VO_2 max od strane najvećeg broja autora prihvaćen kao direktan pokazatelj aerobnog kapaciteta, ujedno i kao najbolji pokazatelj fizičke sposobnosti sportiste.

Maksimalna potrošnja kiseonika može da se određuje na dva načina: direktno i indirektno. Izbor metode zavisi od ciljeva istraživanja tj. od potrebe preciznosti dobijenih rezultata, ispitanika koji učestvuju u ispitivanju (sportisti ili nesportisti), kao i od mogućnosti same laboratorije (3).

Kontinuirana procjena fizičke sposobnosti sportiste jedan je od najvažnijih zadataka fiziologije sporta. Na taj način, dobija se uvid u trenutnu fizičku spremnost sportiste i efikasnost trenažnog procesa.

Namjera rada bila je da pruži što potpuniju sliku o aerobnom kapacitetu sportiste kao pokazatelju njegove fizičke sposobnosti, razlikama u aerobnim sposobnostima sportista u odnosu na vrstu sporta kojim se bave kao i razlikama u odnosu na fizički netrenirane osobe - nesportiste.

Ciljevi istraživanja

1. Analiza vrijednosti $VO_2 \max$ kao parametra aerobnog kapaciteta kod grupa sportista međusobno različitih po vrsti sporta kojim se bave.

2. Ispitati uticaj trenaznog procesa na vrijednosti $VO_2 \max$, tj. ispitati da li postoje razlike u vrijednostima aerobnog kapaciteta između sportista i nesportista.

Ispitanici i metode

Ispitanici

Kompletan ogledni postupak prošlo je 95 ispitanika muškog pola. Ispitivanje se vršilo na sportistima različitih sportskih specijalnosti, kod kojih veličina cjelokupnog energetskeg kapaciteta, kao i odnos njegove aerobno-anaerobne komponente nemaju isti značaj za postizanje sportskog rezultata. Konkretno, ispitanici su bili:

1. Džudisti (n=17).
2. Fudbaleri (n=26).
3. Veslači (n=24).

Kontrolnu grupu činili su nesportisti (n=28) (Tabela 1).

Tabela 1. Antropometrijske i druge karakteristike ispitanika kod kojih je određivana $VO_2 \max$

Varijable (\bar{x})	Džudisti	Fudbaleri	Veslači	Nesportisti
Uzrast (god.)	23,5	22,3	18,1	24,7
Sportski staž (god.)	12,9	7,38	2,88	0
TV (cm)	177	183	178	182
TM (kg)	77,4	78,4	81,6	78,4

Analizirajući antropometrijske i ostale karakteristike uočavamo da je grupa veslača najmlađa grupa ispitanika sa najkraćim sportskim stažom, grupa džudista najstarija i sa najdužim sportskim stažom.

Metode istraživanja

Maksimalna potrošnja kiseonika u našem ispitivanju određivana je direktnom metodom, bicikl-ergometarskim "all out" testom u trajanju od šest minuta.

Ispitanici su testirani na bicikl-ergometru sa lopaticama za vazdušno kočenje. Opterećenje na bicikl-ergometru određeno je na osnovu prethodnog baždarenja motorom poznate snage, a broj okretaja točka precizno je mjerem elektronskim brojačem.

Respiratorni parametri registrovani su pomoću paramagnetnog analajzera OXICON- OX_2 , marke Minidhard, baždarenog smjesom gasova poznate koncentracije.

Tokom posljednjeg minuta zagrijavanja, kao i tokom svih šest minuta testa, registrovani su slijedeći parametri:

- Izvršeni rad za šest minuta testa (A, kJ).
- Plućna ventilacija (V_e , l/min).
- Potrošnja kiseonika (VO_2 , l/min).
- Frekvencija srca (F_h , o/min).
- Frekvencija disanja (F_r , r/min).

Statistička obrada svih parametara vršila se izračunavanjem statističkih varijabli:

- \bar{X} srednja vrijednost,
- SD – standardna devijacija,
- CV – koeficijent varijacije,
- min-max – opseg vrijednosti.

Za provjeru statističke značajnosti razlike korišten je Studentov T-test.

Rezultati

Veličina maksimalne potrošnje kiseonika često se poistovjećuje sa veličinom fizičke radne sposobnosti sportiste. Zbog toga određivanje $VO_2 \max$ ima nezamjenljivu ulogu u funkcionalnoj dijagnostici u sportu. Ostali mjereni parametri nisu uzeti u razmatranje u ovom radu.

Na vrijednost $VO_2 \max$ u velikoj mjeri utiče tjelesna masa ispitanika pa su vrijednosti izražene u apsolutnim (l/min) i u relativnim jedinicama (ml/kg/min).

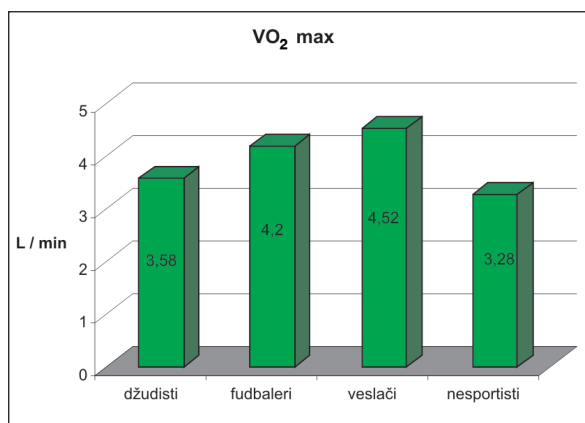
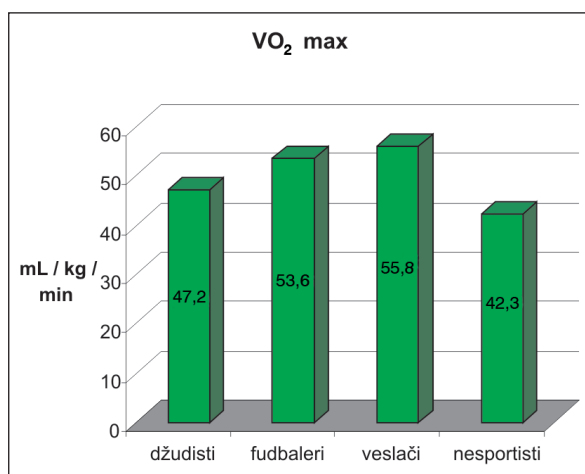
Najviše vrijednosti, izražene u apsolutnim jedinicama, zabilježene su u grupi veslača (4,52 l/min). One su statistički značajno veće ($p < 0,05$) od ostalih grupa ispitanika. Fudbaleri su ostvarili potrošnju kiseonika od 4,2 l/min, a džudisti 3,58 l/min. Nesportisti imaju statistički značajno manje vrijednosti od grupe sportista ($p < 0,01$) (Grafikon 1).

Sličan odnos vrijednosti $VO_2 \max$ zadržao se i analizom vrijednosti izraženih u relativnim jedinicama (Grafikon 2).

Najbolje rezultate postigli su veslači, međutim, nema statistički značajne razlike u odnosu na grupu fudbalera. To govori o važnosti aerobnog kapaciteta za uspješno bavljenje fudbalom. Nešto niže vrijednosti imaju džudisti. Najniže vrijednosti ostvarili su nesportisti, koje su statistički značajno manje u odnosu na grupu sportista ($p < 0,01$).

Diskusija

Sportsko nadmetanje predstavlja klasičan test fizičke sposobnosti sportiste. Aerobni kapacitet je integralni pokazatelj funkcionalne sposobnosti svih sistema koji učestvuju u dopremanju, transportu i energetske transformaciji kiseonika (kardio-pulmonalna sposobnost, funkcionalna sposobnost mišića za stvaranje ATP-a u prisustvu kiseonika). Oštećenje funkcije bilo koje karike u lancu iskorištavanja kiseonika, u manjoj ili većoj mjeri, utiče na sniženje nivoa fizičke sposobnosti sportiste (4).

Grafikon 1. Vrijednosti VO_2 max izražene u l/minGrafikon 2. Vrijednosti VO_2 max izražene u ml/kg/min

Visok nivo aerobnog kapaciteta neophodan je za uspjeh u mnogim sportovima, a prvenstveno u onima, tipa izdržljivosti, u koje spada i veslanje.

Određivanje VO_2 max u ovim slučajevima od posebnog je značaja pošto je za veslače aerobna sposobnost od presudne važnosti. Aerobni metabolički procesi doprinose više od 70% od ukupno potrebne energije pri veslačkoj trci u trajanju od šest minuta. Pripstein i sar. iznose podatak o 88 % aerobno oslobodene energije pri veslačkoj utrci na 2 km za žene (5).

Analizirajući naše rezultate vidimo da je kod grupe veslača izmjerena najveća potrošnja kiseonika, mjerena u apsolutnim jedinicama, 4,52 l/min. To je i očekivana vrijednost s obzirom na prethodno iznesene činjenice.

Fudbal, kao predstavnik sportskih igara, zahtijeva intermitentan rad sa preplitanjem aerobnih i anaerobnih aktivnosti, tako da se od igrača zahtijeva efikasan energetski sistem koji će mu omogućiti da odigra svih 90 min u punom tempu.

Poredeći relativne vrijednosti vidimo da nema statistički značajne razlike između veslača i fudbalera što potvrđuje važnost aerobnih procesa u ovim sportovima.

Podaci koje iznosi Živanić, vezani za fiziološki profil fudbalera, govore da je prosječno pređena

distanca tokom utakmice, naših prvoligaških fudbala, 8–12 km sa odnosom aerobno / anaerobni rad od 90% / 10% (6).

Slično vrijednostima potrošnje kiseonika naših fudbalera (53,6 ml/kg/min), Diaz i sar. izmjerili su 53,8 ml/kg/min, ispitujući 248 fudbalera meksičke prve lige. Oni su naglasili i potrebu poboljšavanja ovih rezultata ukoliko se žele ostvariti bolji rezultati na internacionalnom nivou (7).

Međutim, značajno veće vrijednosti zabilježene su tokom nekih drugih ispitivanja funkcionalne sposobnosti fudbalera. Tako Wisloff i sar., ispitujući dva tima Norveške profesionalne lige, daju rezultate od 60 ml/kg/min (8). Casajus je zabilježio 66,4 ml/kg/min kod fudbalera Španske prve lige (9). Helgerud iznosi podatke o 64,3 ml/kg/min, takođe kod norveških profesionalaca (10). Vrijednosti VO_2 max od 58 ml/kg/min odredili su singapurski istraživači za isti rang takmičenja (11).

Proučavajući fiziološki profil nacionalnog tima Saudijske Arabije, Al-Hazzaa iznosi podatke o 56,8 ml/kg/min dodajući da su vrijednosti znatno niže nego one koje su date u izvještajima za elitne fudbalere drugih država i u toj činjenici daje djelimično objašnjenje za slab uspjeh saudijskog tima na svjetskim takmičenjima (12).

Ova konstatacija bi mogla da se poveže i sa našim rezultatima. Tako možemo, na osnovu naših rezultata u potrošnji kiseonika, objasniti i uspjeh naših fudbalera u takmičenju, ili da na osnovu položaja na tabeli predvidimo maksimalnu potrošnju kiseonika naših sportista.

Korelacija između ova dva parametra potvrđena je ispitivanjem Ostojića i sar. (13). Poredeći funkcionalne parametre i nivo takmičenja utvrdili su da fudbaleri prve lige SCG imaju statistički značajno veće vrijednosti VO_2 max (53,8 prema 44,8 ml/kg/min) u odnosu na fudbalere amatere.

Džudisti su ostvarili najslabije rezultate u grupi sportista. Ova pojava bi se mogla pripisati anaerobnom karakteru ovog sporta.

Nesportisti su ostvarili prosječno najslabije rezultate, što je i očekivano ako se uzme u obzir uticaj treninga na aerobni kapacitet (14,15). Nekoliko pojedinaca je pokazalo zapažene rezultate, što sugerise na genetsku predispoziciju za bavljenje sportovima tipa izdržljivosti.

Zaključak

1. Analizirajući vrijednosti VO_2 max, kao pokazatelja aerobnog kapaciteta, zaključujemo da su najbolje rezultate ostvarili sportisti u sportovima tipa izdržljivosti – veslači. Dobre rezultate ostvarili su i fudbaleri. Tome su doprinjeli mješoviti karakter ovog sporta i važnost aerobnog kapaciteta za uspješno bavljenje fudbalom.

2. Uzevši u obzir morfološke i funkcionalne promjene koje su posljedica trenažnog procesa, zaključujemo da su vrijednosti VO_2 max statistički značajno veće kod grupa sportista u odnosu na grupu nesportista.

Literatura

1. Bowers RW, Fox EL. Sports Physiology. 3rd. ed. Boston: McGraw-Hill; 1988.
2. Živanić S, Životić-Vanović M, Mijić R, Dragojević R. Aerobna sposobnost i njena procena Astrandovim testom opterećenja na bicikl-ergometru. Beograd; Udruženje za medicinu sporta Srbije; 1999.
3. Grujić N. Određivanje energetske kapaciteta čoveka i njegove promjene pod uticajem hroničnog opterećenja. Doktorska disertacija. Novi Sad: Novi Sad Univ.; 1985.
4. Wilmore HJ, Costill LD. Physiology of sport and exercise. 2nd ed. Champaign IL: Human Kinetics; 1999.
5. Pripstein LP, Rhodes EC, McKenzie DC, Coutts KD. Aerobic and anaerobic energy during a 2-km race simulation in female rowers. Eur J Appl Physiol Occup Physiol 1999; 79(6): 491-4.
6. Živanić S, Životić-Vanović M, Malićević S, Mijić R, Ostojić S, Bogdanović S. Morfo-funkcionalne karakteristike prvoligaških fudbalera u SCG. Zbornik sažetaka. Prvi srpski kongres sportskih nauka i medicine sporta. Beograd: Oktobar; 2003.
7. Diaz FJ, Montano JG, Melchor MT, Garcia MR, Guerrero JH, Rivera AE et al. Changes of physical and functional characteristics in soccer players. Rev Invest Clin 2003; 55(5): 528-34.
8. Wisloff U, Helgerud J, Hoff J. Strength and endurance of elite soccer players. Med Sci Sports Exerc 1998; 30 (3): 462-7.
9. Casajus JA. Seasonal variation in fitness variables in professional soccer players. J Sports Med Phys Fitness 2001; 41(4): 463-9.
10. Helgerud J, Engen LC, Wisloff U, Hoff J. Aerobic endurance training improves soccer performance. Med Sci Sports Exerc 2001; 33(11): 1925-31.
11. Aziz AR, Chia M, Teh KC. The relationship between maximal oxygen uptake and repeated sprint performance indices in field hockey and soccer players. J Sports Med Phys Fitness 2000; 40(3): 195-200.
12. Al-Hazzaa HM, Almuzaini KS, Al-Refae SA, Sulaiman MA, Daftardar MY, Al-Ghamedi A et. al. Aerobic and anaerobic power characteristics of Saudi elite soccer players. J Sports Med Phys Fitness 2001; 41 (1): 54-61.
13. Ostojić S, Mazić S, Dikić N, Velkovski S. Physiological profile of elite serbian soccer players. Abstract book. Risk factors and health: From molecule to the scientific basis of prevention. Zrenjanin; 2003.
14. Chamari K, Hachana Y, Kaouech F, Jeddi R, Moussa-Chamari I, Wisloff U. Endurance training and testing with the ball in young elite soccer players. Br J Sports Med 2005; 39:24-8.
15. Cheng YJ, Macera CA, Addy CL, Sy FS, Wieland D, Blair NS. Effects of physical activity on exercise tests and respiratory function. Br J Sports Med 2003; 37:521-8.

MAXIMAL OXIGEN UPTAKE (VO_2 MAX) AS THE INDICATOR OF PHYSICAL WORKING CAPACITY IN SPORTSMEN

Nenad Ponorac, Amela Matavulj, Nikola Grujić, Zvezdana Rajkovic and Pedja Kovacevic

The term "aerobic capacity" represents the sum of aerobic metabolic processes in human organism. It is the basis of the physical working capacity. Value of the maximal oxygen uptake (VO_2 max) is the best indicator for the aerobic capacity evaluation.

The purpose of this study was to check the possibility of using VO_2 max as the indicator of aerobic capacity in sportsmen and to check differences in VO_2 max values in regard to non-sportsmen.

The goals were: 1. Analyses of the VO_2 max values in sportsmen of various sports 2. Comparison of values of sportsmen with the values of non-sportsmen.

This study included 67 sportsmen (rowers, football players and judoists) and 28 non-sportsmen. VO_2 max was measured by using a direct method.

The results obtained show statistically higher VO_2 max values in rowers (4,52 L/min - 55,8 mL/kg/min) in regard to football players (4,2 L/min - 53,6 mL/kg/min), judoists (3,58 L/min - 47,2 mL/kg/min) and non-sportsmen (3,28 L/min - 42,3 mL/kg/min). Successful rowing requires high anaerobic capacity and, therefore, high VO_2 max.

These results show higher values of VO_2 max in sportsmen in regard to non-sportsmen, which is the result of training only. *Acta Medica Medianae* 2005;44(4): 17 - 20.

Key words: physical fitness, aerobic capacity, maximal oxygen uptake (VO_2 max)