

---

## Dijagnostički postupci za procjenu energetske kapaciteta sportaša

**Vlatko Vučetić**

**Sportsko dijagnostički centar**

**Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu**

### UVOD

Dijagnostika predstavlja niz postupaka kojima se utvrđuju individualne karakteristike ispitanika testiranjem ključnih sposobnosti i osobina, a cilj joj je procijeniti morfološke osobitosti, stanje motoričkih i funkcionalnih sposobnosti te razinu specifičnih svojstava pojedinca.

**Dijagnostika izdržljivosti ili energetske kapaciteta** provodi se kao inicijalno, tranzitivno i finalno mjerenje tijekom trenažnog procesa s ciljem da se utvrdi učinkovitost aerobnih i anaerobnih funkcionalnih mehanizama ili kontroliraju učinci koji se programiranim treningom postižu. Ona je neizostavna sastavnica integralnog kondicijskog sustava, nazočna u dijagnozi, prognozi, analizi i kontroli stanja kondicijske pripremljenosti sportaša ali i edukaciji trenera i sportaša, kako u godišnjem ciklusu rada, tako i tijekom cijele dugoročne sportske karijere. U praksi postoji velik broj standardiziranih testova za procjenu stanja treniranosti izdržljivosti sportaša i još veći broj varijacija istih testova. Testovi se mogu podijeliti u skuplje i preciznije laboratorijske i jeftinije terenske testove. Svaki test ima svoje prednosti i nedostatke, stoga bi uvijek trebalo odrediti koji je od ponuđenih testova adekvatan u određenu trenutku za određenog pojedinca i/ili skup sportaša. Također je od izuzetne važnosti da svaki test ima točno definiranu proceduru testiranja te ima dobre metrijske karakteristike (pouzdanost, osjetljivost, pragmatična i faktorska valjanost), kako bi rezultati mogli usporediti bilo sa prijašnjim rezultatima istog ili drugih sportaša.

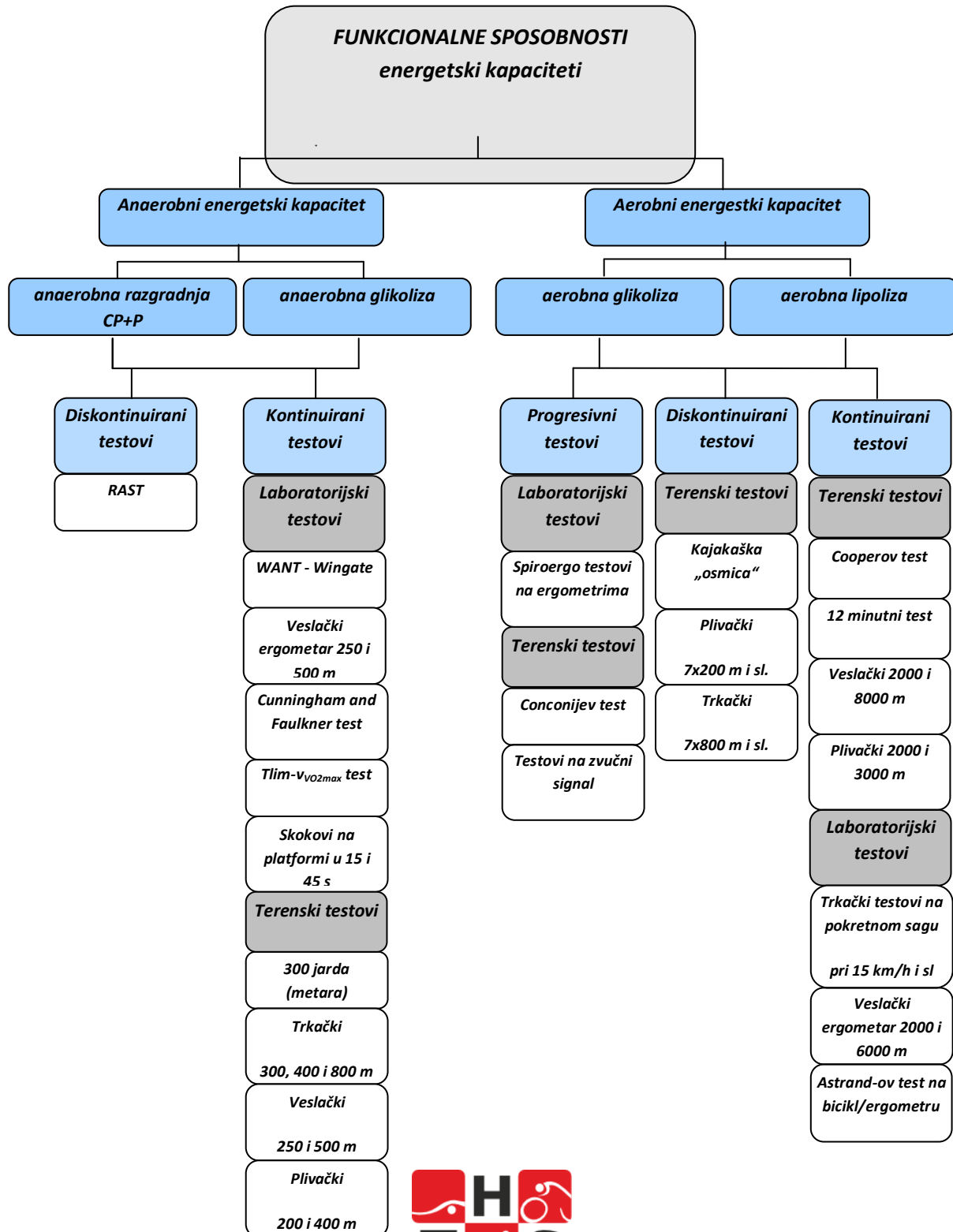
Poznato je da se zahtjevi za razvijenost energetske kapaciteta (**aerobnog i anaerobnog**) razlikuje između sportaša različitih sportova ali i isto tako da postoje značajne razlike između energetske kapaciteta sportaša istih sportova. Razvoj pojedinih energetske kapaciteta zahtijeva specifične trenažne operatore i individualizirano definirane intenzitete i potrebne intervale rada i oporavka, koje određujemo uz pomoć preciznih podataka o trenutnom stanju funkcionalnih parametara. Kako bi se stručnom stožeru osigurali relevantne informacije o razini treniranosti energetske kapaciteta svakog pojedinca potrebno je pratiti i primjenjivati **dostignuća suvremene sportske znanosti** a time i **specifičnu dijagnostiku treniranosti sportaša**.

### Vrste dijagnostičkih postupaka

Testove za provedbu dijagnostike energetske kapaciteta u praksi dijelimo, s obzirom na mjesto testiranja, na **laboratorijske** i **terenske** testove, s obzirom na karakter testa na **specifične** i **nespecifične**. S obzirom na vrstu opterećenja dijelimo ih na testove **fiksno** i **progresivno** opterećenja, a s obzirom na način izvedbe na

**kontinuirane** (bez prekida između pojedinog stupnja opterećenja) ili **diskontinuirane** (s prekidima između pojedinih stupnjeva opterećenja) testove.

Napredak sportsko dijagnostičke tehnologije omogućuje sve lakše, jeftinije i preciznije laboratorijsko i terensko mjerenje aerobnih i anaerobnih energetske kapaciteta odgovornih za energetske opskrbu organizma za vrijeme sportske aktivnosti. Sukledno tome u praksi se pojavljuje sve veći broj testova koji se baziraju na upotrebi tehnoloških pomagala kao što su mjerači srčane frekvencije, GPS sustavi, sustavi za mjerenje energetske potrošnje i sl.



**Grafički prikaz 1.** Jedan od načina prikaza testova za procjenu energetske kapaciteta

Pitanje prednosti i nedostaci laboratorijskog odnosno terenskog testiranja je predmet mnogih istraživanja i izuzetno je važno poznavati ih prilikom izbora skupa testova i provedbe testiranja:

**Tablica 1.** Prikaz prednosti i nedostataka laboratorijskog i terenskog testiranja

Osobitost testiranja	Terenski testovi	Laboratorijski testovi
<b>Mjesto provođenja</b>	- mogućnost provođenja testova na sportskom terenu (+) - mogućnost provođenja većine testova i u dvorani i na vanjskom terenu (+) - promjenjivi tereni (podloge) (-)	- provođenje testova isključivo u laboratoriju (+/-) - uvijek isti uvjeti, tereni i podloge, testiranja (+)
<b>Vrijeme testiranja</b>	- u odabranom terminu za testiranja (+/-) - u okviru trenajnog procesa (samog treninga) (+)	- u odabranom terminu za testiranja (+/-)
<b>Specifičnost testiranja</b>	- specifični situacijski uvjeti (+)	- nespecifični laboratorijski uvjeti (+/-)
<b>Standardizacija uvjeta testiranja</b>	- ne standardizirani, promjenjivi, vremenski (vlažnost, temperatura i tlak zraka) uvjeti (-)	- standardizirani, uvijek isti, vremenski (vlažnost, temperatura i tlak zraka) uvjeti (+)
<b>Vrsta mjerne opreme</b>	- u većini slučajeva, ne mogućnost korištenja sofisticirane mjerne opreme (-)	- mogućnost korištenja sofisticirane mjerne opreme (+)
<b>Doziranje opterećenja</b>	- varijabilno doziranje (+/-)	- precizno doziranje (ergometri) (+)
<b>Cijena testiranja</b>	- ovisi o vrsti i zahtjevu testiranja te o putnim troškovima i transporta opreme (+/-)	- fiksna cijena (+/-)
<b>Trajanje testiranja</b>	- ovisi o vrsti i broju testova - cijeli skup testova (antropometrija, motorika i procjena aerobnog kapaciteta (npr „Conconi“ ili „Beep test“) za cijelu momčad – jedan dan (+/-)	- ovisi o vrsti i broju testova - cijeli skup testova (antropometrija, motorika i precizna procjena aerobnog kapaciteta (spiroergometrija) za cijelu momčad – dva dana (+/-)

(+) – prednost; (-) – nedostatak; (+/-) – može biti prednost a u nekim situacijama nedostatak u testiranju

**Testovi za procjenu aerobnog energetske kapaciteta**

**Aerobni kapacitet** (aerobna izdržljivost, kardiorespiratorna izdržljivost ili aerobni fitness) definira se kao sposobnost obavljanja rada kroz duži vremenski period u uvjetima aerobnog metabolizma. Aerobni energetske kapacitet po svojoj je definiciji je mjera energetske tempa, odnosno intenziteta oslobađanja energije u jedinici vremena. Aerobni kapacitet bi mogli bolje objasniti pojmom aerobna snaga, no s obzirom da se u praksi češće koristi pojam aerobni kapacitet ili aerobna izdržljivost, u daljnjem tekstu zadržati ćemo se na tim pojmovima.

Opće prihvaćeni parametri za procjenu aerobnog kapaciteta, tj. dugotrajne izdržljivosti, su: **maksimalni primitak kisika** ( $VO_{2max}$ ), **aerobni** (AeP) i **anaerobni prag** (AnP), odnosno maksimalni intenzitet radnog opterećenja pri kojemu su akumulacija mliječne kiseline i njena razgradnja u ravnoteži. Važan faktor koji utječe na rezultat jest i ekonomičnost funkcionalnih sustava a izražava se u parametru energetske potrošnje (npr.  $VO_2$ ) po pređenom metru.

Najvažniji parametri koje koristimo u planiranju i programiranju treninga sportaša su intenzitet opterećenja (brzina, tempo, snaga i sl), subjektivan osjećaj opterećenja i frekvencija srca pri anaerobnom pragu ( $v_{AnP}$  i  $FS_{AnP}$ ) i pri vršnim vrijednostima ( $v_{max}$  i  $FS_{max}$ ) te koncentracija laktata u krvi (Lac). Najnovija sportsko-dijagnostička aparatura omogućuje registriranje fizioloških i biokemijskih reakcija organizma za vrijeme treninga i natjecanja, odnosno u situacijskim i natjecateljskim uvjetima.

### Laboratorijski testovi za procjenu aerobnog energetske kapaciteta

Laboratorijskim testovima opterećenja, mjerenjem ventilacijskih i metaboličkih parametara u kontroliranim laboratorijskim uvjetima, mogu se precizno vrednovati sposobnosti srčanožilnog, dišnog i mišićnog sustava u njihovoj osnovnoj zajedničkoj zadaći - izmjeni plinova te dobiti uvide u pojedine fiziološke i biokemijske karakteristike sportaša.

Moderni mjerni instrumentarij ('breath by breath' spirometar, ergometri i telemetrijski monitor srčane frekvencije) osiguravaju izravno ('on-line') praćenje i naknadnu analizu ventilacijskih i metaboličkih parametara. Temeljem testa provedenoga na ergometru dobiva se čitav niz izmjerenih i izvedenih ventilacijskih i metaboličkih parametara pomoću kojih se utvrđuje razina funkcionalnih sposobnosti te individualne pulsne zone opterećenja.

Maksimalni primitak kisika i anaerobni prag najčešće se mjere na pokretnom sagu, bicikl ili veslačkom ergometru ili nekom drugom specijaliziranom ergometru. Uz razlike u odabiru ergometra, laboratoriji se razlikuju i po protokolima primijenjenih testova (ovisno o tradiciji, edukaciji, tehničkoj opremljenosti laboratorija, specifičnostima i potrebama ispitanika itd.). Ne postoji jedinstven, standardni test za direktno mjerenje aerobnog kapaciteta. Stoga je komparacija rezultata iz različitih laboratorija često ograničena ili čak i nemoguća, a neki testovi preuzeti iz kardioloških laboratorija nisu ni prikladni za procjenu aerobnih sposobnosti zdrave populacije i sportaša (Vučetić i Šentija, 2005).

Danas se pretežno koriste kontinuirani progresivni testovi opterećenja na bicikl ergometru, veslačkom ergometru i na pokretnom sagu, gdje se porast opterećenja postiže ili povećanjem brzine sago, ili povećanjem nagiba sago (Balke, UCLA test) ili se i brzina i nagib progresivno povećavaju (Bruce), ili povećanjem otpora ili snage provlaka. U pravilu se test izvodi do iscrpljenja ispitanika, ukoliko nema kontraindikacija ili limitirajućih faktora (Vučetić i Šentija, 2005).

Dok je u kliničkim testovima osnovni cilj utvrditi patofiziološke uzroke koji limitiraju aerobni kapacitet, tj. radnu sposobnost, za ispitanike sportaše bitna je mogućnost implementacije rezultata laboratorijskih testova u planove i programe trenažnog procesa. Stoga u sportskoj dijagnostici pokretni sag ima prednost pred bicikl ergometrom (osim kod biciklista). Za razliku od trčanja na otvorenome, tj. na sportskom polju ili atletskoj stazi, pri trčanju na

pokretnom sagu nema otpora zraka, koji inače raste kao kubna funkcija brzine trčanja. Unatoč nelinearnom porastu primitka kisika s brzinom trčanja na otvorenom, linearna funkcija može podjednako dobro opisati odnos  $VO_2$  : brzina pri brzinama trčanja do 18 km/h. Stoga različiti autori preporučuju manje nagibe saga (1 - 2%) radi kompenziranja smanjenog opterećenja zbog nedostatka otpora zraka. Vrijednosti fizioloških parametara (frekvencija srca, ventilacija,  $VO_2$  itd.) pri trčanju na pokretnom sagu u tom slučaju vjerno simuliraju opterećenje pri trčanju na otvorenom. U testovima koji koriste veći ili promjenjiv nagib saga teško je ili nemoguće opterećenje pretvoriti u odgovarajuću brzinu trčanja na ravnoj stazi zbog veće energetske potrošnje (koja raste proporcionalno s porastom nagiba saga), ali i promjene kinematičkih, odnosno biomehaničkih parametara (dužina i frekvencija koraka, amplituda i kutna brzina u kuku, koljenom i gležanjnom zglobo, aktivacija specifičnih mišića i mišićnih skupina itd.).

**Tablica 2.** Popis najčešće primjenjivanih laboratorijskih progresivnih testova za procjenu aerobnog energetske kapaciteta

Br.	Naziv testa	Mj jedinice
1.	Spiroergo test na pokretnom sagu (KF05, KF1 i KF4)	$VO_2$ , FS, km/h itd.
2.	Spiroergo test na veslačkom ergometru (KF20 i KF25)	$VO_2$ , FS, W itd.
3.	Spiroergo test na bicikl ergometru (KF20 i KF25)	$VO_2$ , FS, W itd.

Standardni protokoli za procjenu aerobnog energetske kapaciteta koji se provodi u Sportskom dijagnostičkom centru Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu jesu progresivni testovi opterećenja na:

- 1. pokretnom sagu** (protokoli KF1, KF05 ili KF4). Trajanje pojedinog stupnja opterećenja je 30 sekundi za protokole KF05 i KF1 a povećanje brzine saga je 0.5 km/h (KF1) odnosno 1km/h (KF05). U protokolu KF4 trajanje pojedinog stupnja opterećenja je 4 min a povećanje brzine je 2 km/h. Ispitanik počinje trčati pri brzini od 6-8 km/h. Nagib saga je konstantan i iznosi 1.5 %.
- 2. veslačkom ergometru** (protokoli KF20 i KF25). Trajanje pojedinog stupnja opterećenja je 1 minuta a povećanje tempa veslanja na 500 m, odnosno parametar kojim se dozira opterećenje je snage zaveslaja, je 20W (KF20) kod juniora odnosno 25W (KF25) kod seniora. Juniori počinju veslati tempom na 500 m od 2:18, odnosno snagom od 100W a seniori tempom od 2:12 odnosno 150W.
- 3. bicikl ergometru** (protokoli KF20 i KF25). Trajanje pojedinog stupnja opterećenja je 1 minuta a povećanje snage je 20W (KF20) kod juniora odnosno 25W (KF25) kod seniora. Ispitanik počinje okretati pedale snagom od 100W (juniori) odnosno 150W (seniori). Broj okretaja je definiran na 50-75 okr/min i trebao bi biti konstantan

Protokol započinje mirovanjem u prvoj minuti uz praćenje svih ventilacijskih i metaboličkih parametara. U pravilu se test izvodi do iscrpljenja ispitanika, ukoliko nema kontraindikacija ili ograničavajućih faktora. Za utvrđivanje dostignuća stvarnih maksimalnih vrijednosti u testu koriste različiti kriteriji, kao što su porast  $VO_2$  dostiže plateau (porast manje od 2 mL/kg/min ili < 5%) sa porastom opterećenja, frekvencija srca unutar je 10 otkucaja/min ili 5% u odnosu na predviđeni maksimum za dob, RQ (respiracijski kvocijent) > 1.10 ili >1.15,  $VE/VO_2$  (dišni ekvivalent) > 30, koncentracija mliječne kiseline u krvi > 8 mmol/L, subjektivni osjećaj iscrpljenja iznosi - 13 bodova po modificiranoj Borgovoj ljestvici (Green i Dawson, 1996; Antonutto i Di Prampero, 1995).

Najviši primitak kisika zabilježen u  $VO_{2max}$  testu tokom bilo kojeg 30-s intervala označen je kao vršni  $VO_2$  ( $VO_{2max}$ ). **Ventilacijski aerobni i anaerobni prag ( $VO_{2VT1,2}$ )** određuju se V-slope metodom (veći porast  $VCO_2$  u odnosu na  $VO_2$ ), te praćenjem promjena  $VE/VO_2$  i  $VE/VCO_2$ , prema Walshu i sur. (1990). Anaerobni prag se dostiže pri intenzitetu od oko 80-90%  $VO_{2max}$  (u ne-sportaša pri 65 - 70%  $VO_{2max}$ , a u treniranih osoba čak i pri 95%  $VO_{2max}$ , ovisno o trenažnom ciklusu - pripremnom, prednatjecateljskom ili natjecateljskom, u kojemu se mjerilo), uz koncentraciju mliječne kiseline u krvi od oko 3-5 mmola/L (Viru, 1995). Kada govorimo o anaerobnom pragu procijenjenom temeljem laboratorijskog mjerenja na pokretnom sagu, jedan od najčešće praćenih parametara jest brzina trčanja na razini praga. Brzina pri anaerobnom pragu izravno je proporcionalna maksimalnom primitku kisika i dobar je pokazatelj razine treniranosti aerobnog kapaciteta. Primjerice, u vrhunskih nogometaša iznosi oko 15 km/h, a u vrhunskih maratonaca i preko 20 km/h (Vučetić i Šentija, 2005).

Za razliku od ventilacijskog **anaerobni laktatni prag** se najčešće definira intenzitetom aktivnosti pri koncentraciji mliječne kiseline u krvi od 4 mmol/l, mada se u sportskoj literaturi spominju vrijednosti u rasponu od 3 do čak 6,8 mmol/l, zato je za potrebe kontrole razine treniranosti vrhunskih sportaša potrebno odrediti individualnu vrijednost laktatnog praga. Većina sportaša ovaj intenzitet aktivnosti može kontinuirano održavati oko 60 minuta (Viru, 1995).

**Mjerenje koncentracije mliječne kiseline (laktata) u krvi** se često koristi u sportskoj praksi. U mirovanju nema značajne razlike u koncentraciji mliječne kiseline između sportaša i ne-sportaša (oko 1 mmol/l), a nakon maksimalnih anaerobnih napora u vrhunskih su sportaša (u elitnih 400- ili 800-metraša te veslača, judaša i sl.) zabilježene vrijednosti koncentracije mliječne kiseline u krvi i do 25 mmol/l (Wasserman i sur, 1999).

Ergometrijski, ventilacijski i metabolički parametri koji se koriste za procjenu funkcionalnih sposobnosti i analizu stanja treniranosti sportaša prikazani su u Tablici 3.

**Tablica 3.** Popis parametara koji se mjere spiroergometrijskim testom KF1 na pokretnom sagu

Br.	ID testa	Naziv testa	MJ
1.	$FVO_{2max}$	Maksimalni primitak kisika	l/min
2.	$FRVO_2$	Relativni maksimalni primitak kisika	ml/kg/min
3.	$FS_{max}$	Maksimalna frekvencija srca	otk/min
4.	$VO_2/HR$	Maksimalni puls kisika	ml/otk/min.
5.	$VE_{max}$	Maksimalna minutna ventilacija	l/min
6.	$VT_{max}$	Maksimalni dišni volumen	l
7.	$Rf_{max}$	Maksimalna frekvencija disanja	1/min
8.	$VeEq$	Dišni ekvivalent	1/min
9.	$V_{VO2max}$	Brzina trčanja, tempo veslanja na 500 m ili snaga pri $VO_{2max}$	km/h, s ili W
10.	$V_{max}$	Maksimalna brzina pokretnog saga, najbrži tempo veslanja na 500 m ili najveća snaga	km/h, s ili W

11.	$VO_{2VT}$	Primitak kisika pri anaerobnom ventilacijskom pragu (VT)	l/min
12.	$VO_{2VT}/kg$	Relativni primitak kisika pri anaerobnom ventilacijskom pragu	ml/kg/min
13.	$FS_{VT}$	Frekvencija srca pri anaerobnom ventilacijskom pragu (VT)	1/min
14.	$v_{VT}$	Brzina ili tempo pri anaerobnom ventilacijskom pragu	km/h
15.	$Tempo_{VT}$	Tempo trčanja, tempo veslanja na 500 m ili snaga pri ventilacijskom pragu (VT)	s, W
16.	$\%VO_{2VT}$	$\% VO_2$ pri anaerobnom pragu od $VO_{2max}$	%

Pojedinačne vrijednosti spiroergometrijskih parametara sportaša različitih sportova prikazane su u Tablici 4. Dakako da će se sposobnosti maratonca i sprintera znatno razlikovati, jer je i trening maratonca usmjeren razvoju parametara aerobnoga kapaciteta, dok je trening sprintera usmjeren na povećanje kapaciteta i energetskog tempa fosfagenog sustava.

**Tablica 4.** Prikaz rezultata hrvatskih vrhunskih sportaša različitih sportova dobiveni spiroergometrijskim testom na pokretnom sagu

Br	ID	Mj. jedinica	M.Š. Boks	D.K. Skijaško trčanje	M.M. Košarka	M.M. Nogomet	M.V. Trčanje 400 m	I.T.J. Trčanje 100 m
1.	$VO_{2max}$	$lO_2/min$	4.91	4.63	5,26	4.37	4.35	3.82
2.	$RVO_2$	$mlO_2/kg/min$	60.0	62.4	53,53	65.2	57.6	50.8
3.	$FS_{max}$	$otk/min$	192	205	178	196	206	194
4.	$VO_2/HR$	$mlO_2$	27.6	23.8	28.8	22.5	21.5	20.3
5.	$VE_{max}$	$l/min$	158.9	189.0	202.4	156.7	149.6	166.8
6.	$VT_{max}$	$l$	3.27	3.03	3.37	2.45	2.91	2.68
7.	$Rf_{max}$	$l/min$	51	66	60	64	52	67
8.	$VeEq$		33	40	41	35	34	44
9.	$vVO_{2max}$	$km/h$	17.5	21	19	20.5	20.5	15.5
10.	$v_{max}$	$km/h$	18.5	22	19	21	20.5	16
11.	$VO_{2VT}$	$lO_2 /min$	4.13	4.12	4.05	3.63	3.47	3,43
12.	$VO_{2VT}/kg$	$mlO_2/kg/min$	50.5	55.5	41.3	54.1	45.9	45,7

13.	<b>FS<sub>VT</sub></b>	<b>otk/min</b>	168	178	155	178	183	179
14.	<b>v<sub>VT</sub></b>	<b>km/h</b>	13	16	14.5	15.5	14	12
15.	<b>Tempo<sub>VT</sub></b>	<b>min/km</b>	4' 35"	3' 45"	4' 10"	3' 50"	4' 20"	5'00"
16.	<b>%VO<sub>2VT</sub></b>	<b>%</b>	84	89	82	83	80	89

Na temelju rezultata testa na pokretnom sagu i analize dobivenih rezultata mogu se odrediti sportaševe individualne pulsne zone opterećenja (Tablica 5). Time se omogućuje izrada kvalitetnog plana i programa treninga, uz precizno doziranje i distribuciju intenziteta opterećenja.

**Tablica 5.** Prikaz pulsni zona opterećenja (otk/min) hrvatskih vrhunskih sportaša različitih sportova određene prema spiroergometrijskim parametrima

Zone intenziteta (FS)	M.Š.	D.K.	M.M.	M.M.	M.V.	I.T.J.
	Boks	Skijaško	Košarka	Nogomet	Trčanje	Trčanje
Regeneracijska zona:	<135	<120	<100	<135	<135	<125
Zona ekstenzivnog aero treninga:	135 – 155	120 – 150	100 – 127	135 – 157	135 – 160	125 – 155
Zona intenzivnog aero treninga:	155 – 168	150 – 178	127 – 155	157 – 178	160 – 183	155 – 179
Zona maksimalnog primitka kisika:	>168	>178	>155	>178	>183	>179

### Terenski testovi za procjenu aerobnog energetskog kapaciteta ili izdržljivosti aerobnog tipa

**Tablica 6.** Popis najčešće primjenjivanih terenskih testova za procjenu aerobnog energetskog kapaciteta

Br.	Naziv testa	Mj jedinica
1.	Test sa zvučnim signalima („Beep“ test i sl)	Br dionica, Fs, VO <sub>2</sub>
2.	Conconi jev test	m; km/h; t, VO <sub>2</sub>
3.	Cooper test i inačice	m
4.	Veslanje na 2000m i 8000m	s
5.	Plivanje na 2000m i 3000 m	s
6.	Plivački 7x200 i ostale modifikacije	s, FS, mmol/L

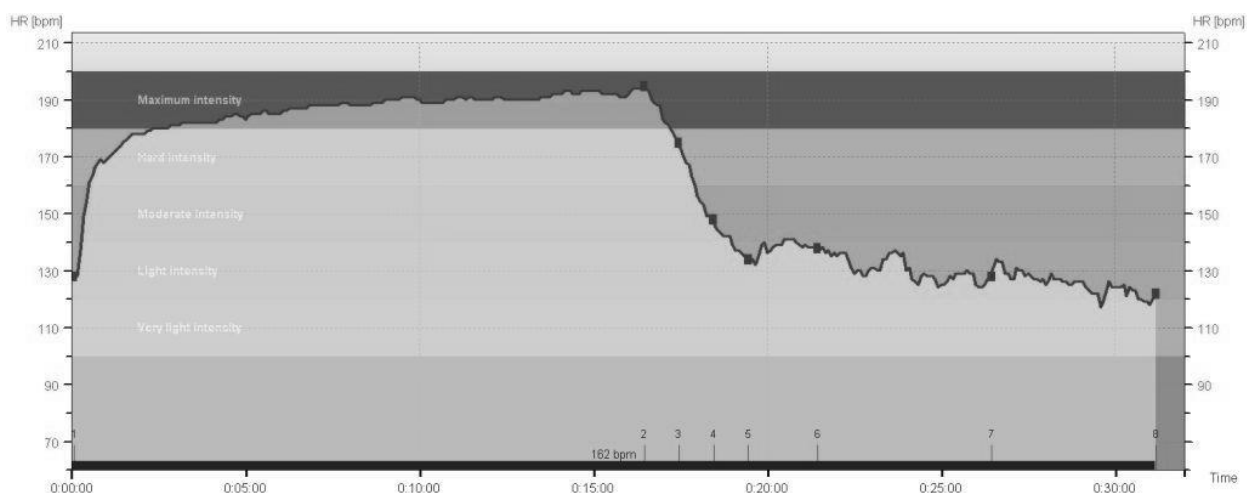


7. Kajakaška „osmica“

s, FS, mmol/L

Zajednička osobina **terenskih kontinuiranih testova** ili tempo testova kao što su Cooperov test, plivački testovi na 2000m i 3000 m, veslački testovi na 2000 m i 8000 m ili biciklistički tempo testovi te ostalih modifikacija je u činjenici da se testovi provode u tempu koji si sportaš sam određuje sukladno svojoj razini kondicijske pripremljenosti, stupnju motivacije i poznavanju doziranja intenziteta u zadanim oblicima lokomocije (trčanje, veslanje, plivanje, vožnja bicikla i sl) te svojih mogućnosti a kvantificiraju se ili ukupno prevaženom udaljenost u zadanom vremenu ili vremenom trajanja pojedine dionice. U novije vrijeme, sportaši za vrijeme izvođenja ovih testova nose „puls-metre“ što omogućuje naknadnu analizu stupnja opterećenja pri izvedenom tempu lokomocije i brzinu oporavka nakon testa (Grafički prikaz 2). No, mana ove grupacije tempo testova je nemogućnost detektiranja ili procjene anaerobnog praga, po mnogima osnovice za definiranje individualnih „pulsnih“ zona opterećenja.

**Grafički prikaz 2.** Prikaz grafa frekvencije srca kao pokazatelja opterećenja tijekom trčanja testa na 3200 m i za vrijeme 10 minuta oporavka nakon testa (Polar ProTrainer, Finska)



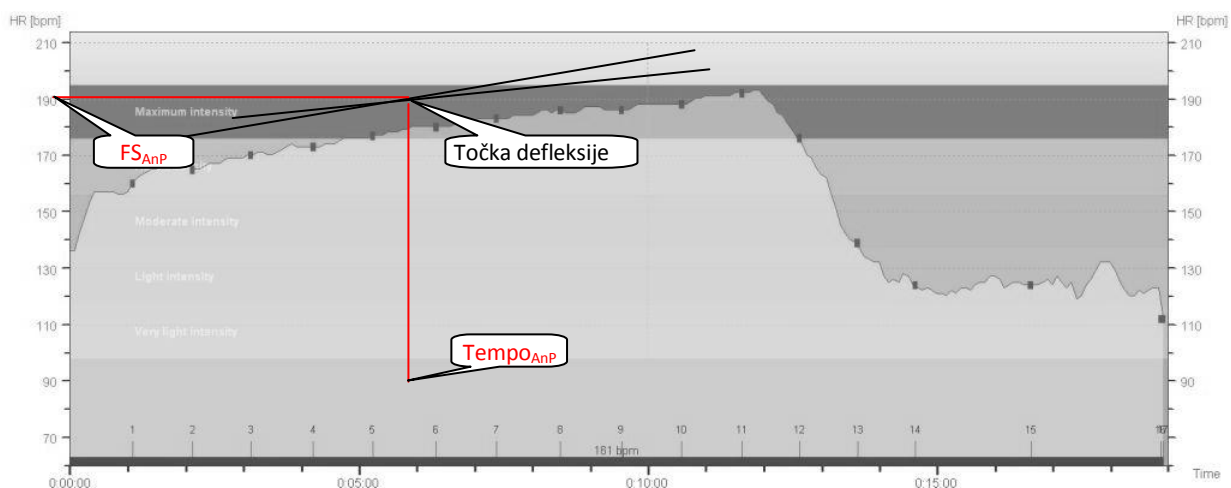
Za sve modifikacije **terenskih progresivnih testova** kao što su Conconijev trkački ili biciklistički test te test na zvučni signal („Beep“ test i ostale modifikacije), karakterističan je progresivan tijek testa. Kod Conconijevog testa progresija intenziteta je vrlo slična opisu laboratorijskog testa na pokretnom sagu (Protokol KF1) ili bicikl ergometru (KF25W) pri čemu sportaš trči ili vozi bicikl u krug na stadionu. U trkačkom testu sportaš starta trčanjem brzinom od 5 km/h ili većom i trči svakih sljedećih 200 m za 0,5 km/h brže (osim ako nije dogovoreno drugačije) a tempo kontrolira ili uz pomoć male mape sa zadnim tempom trčanja (papirom sa zadanim prolazima na svakih 50 m) u rukama ili signalima od strane trenera.

Testovi na zvučni signal više odgovaraju specifičnim situacijama kod momčadskih sportova kod kojih je izražena aciklična kretna struktura jer se u toku testa moraju raditi ubrzanja i zaustavljanja. Sportaši moraju trčati između dvije linije udaljene 20m. Brzina trčanja određuje se prema akustičnim signalima koji su snimljeni na

kazetofonu ili ih daje trener zviždajkom. Igrači počinju trčati brzinom od 8 km/na sat. Brzina se svake minute povećava za 0,5 km. Bočne linije moraju se svaki put dotaknuti stopalom.

Završetak testa, i kod testova na zvučni signal i Conconijevog testa, definiran je slično kao i u laboratorijskim inačicama, nemogućnošću sportaša da održi zadani tempo. Rezultati testa za svakog sportaša su njegovi dosegnuti nivoi ili istrčane udaljenosti odnosno brzine trčanja. Na temelju rezultata testa moguće je procijeniti primitak kisika ( $VO_{2max}$ ) po algoritmima. Ako se tijekom testa sportašu postavi i „puls-metar“ tada se relativno lagano može procijeniti i anaerobni prag temeljem točke defleksije ( $FS_{TD}$ ) na grafu frekvencije srca (Conconi i sur, 1996) te brzinu oporavka (Grafički prikaz 3). U nekim testovima moguća je i primjena prenosivog spiroergometrijskog sustava za mjerenje  $VO_2$  (Cosmed K4, Italija), što omogućava puno preciznije definiranje anaerobnog praga i ostalih ventilacijskih i metaboličkih parametara koji su neophodni za precizno planiranje i programiranje treninga.

**Grafički prikaz 3.** Prikaz grafa frekvencije srca tijekom testa na zvučni signal ('Beep testa') i za vrijeme 10 minuta oporavka nakon testa (Polar ProTrainer, Finska) te prikaz procjene anaerobnog praga uz pomoć „točke defleksije FS“

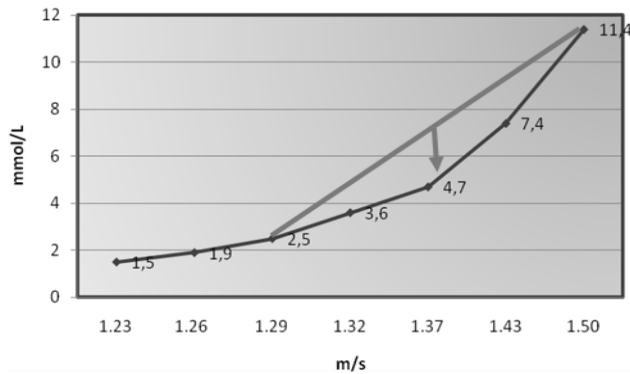


( $FS_{AnP}$  – procijenjena FS pri anaerobnom pragu;  $Tempo_{AnP}$  – intenzitet pri anaerobnom pragu)

Kod obje vrste terenskih testova (testova na zvučni signal ili Conconijevog testa) traži se od sportaša da idu do svojih maksimuma, no treneri mogu svoje igrače pustiti da rade samo do određenih nivoa, i te informacije će im biti dostatne za utvrđivanje dali je došlo do poboljšanja izdržljivosti ili ne. Takov oblik testa zove se sub-maksimalni test.

Za sve modifikacije **specifičnih terenskih progresivnih diskontinuiranih testova** kao što su plivački 7x200 m (i ostale inačice plivačkih testova za procjenu anaerobnog praga) ili kajakaška „osmica“ i slične testove u ostalim sportovima karakteristično je da se mjerenja provode u mediju matičnog sporta. U ovim testovima nakon svake izvedene dionice zadanim tempom (brzina plivanja svake dionice definira se tako da se na najbolji rezultat doda 5 sekundi zbog uvjeta koji nisu jednaki kao na natjecanju, te svakoj sljedećoj dionici još po 5 sekundi kod 200 m u plivanju ili unaprijed zadanim tempom npr. 4 „osmice“ kod kajakaša) nastupa pauza od cca 90s, tijekom

kojih se mjere FS i koncentracija laktata u krvi, te se nova dionica ponovno izvodi malo višim tempom od prethodne. Završetak testa definiran je slično kao i u ostalim testovima, nemogućnošću sportaša da održi zadani tempo zadane dionice. Rezultati testa za svakog sportaša su njegovi dosegnuti nivoi. Na temelju rezultata testa moguće je procijeniti anaerobni prag temeljem točke defleksije ( $FS_{TD}$ ) na grafu frekvencije srca i grafu koncentracije laktata u krvi (npr D-max metoda – Grafički prikaz 4). U nekim testovima moguća je i primjena prenosivog spiroergometrijskog sustava za mjerenje  $VO_2$  (Cosmed K4, Italija), što omogućava puno preciznije definiranje anaerobnog praga i ostalih ventilacijskih i metaboličkih parametara koji su neophodni za precizno planiranje i programiranje treninga.



**Grafički prikaz 4.** Modificirana D-max metoda za određivanje anaerobnog praga na „laktatnoj“ krivulji kod plivača

#### Testovi za procjenu anaerobnog energetske kapaciteta

Anaerobni energetske kapacitet (opća anaerobna izdržljivost) predstavlja sposobnost odupiranja umoru pri dinamičkim aktivnostima sub-maksimalnog ili maksimalnog intenziteta (npr. trčanje na 200, 400, 600, 800 m). No ono što ga razlikuje od aerobnog kapaciteta je da anaerobni energetske procesi podrazumijevaju stvaranje energije procesima bez korištenja kisika. Kao energenti koriste se mišićni glikogen i kreatin-fosfat, a kao nusprodukt anaerobnog (glikolitičkog) metabolizma nastaje mliječna kiselina (laktat) koja zbog visoke kiselosti snižava pH krvi i ometa funkciju mišića.

Anaerobni energetske kapacitet definiran je ukupnom količinom energije koja mu stoji na raspolaganju za obavljanje rada (kapacitet organizma) i maksimalnim intenzitetom oslobađanja energije (energetske tempo). Anaerobne energetske kapacitete možemo podijeliti na **anaerobni – alaktatni kapacitet** i na **anaerobni – laktatni kapacitet**.

Kada govorimo o dijagnostici anaerobnog kapaciteta, govorimo o maksimalnim opterećenjima. Karakteristično je stvaranje velikog duga kisika te visoke koncentracije mliječne kiseline u krvi. Razina opće anaerobne izdržljivosti ovisi prvenstveno o količini anaerobnih izvora energije (ATP, CP i mišićni glikogen), o njihovoj efikasnoj razgradnji (enzimska efikasnost) i puferskoj sposobnosti. Aerobni kapacitet (transportni sustav za kisik) nema značajniji utjecaj na opću anaerobnu izdržljivost, iako se može zaključiti da veći aerobni kapacitet osigurava duže vrijeme anaerobnog opterećenja jer se mliječna kiselina razgrađuje uz pomoć kisika (1g mliječne kiseline zahtijeva oko 50 mlO<sub>2</sub>).

#### Laboratorijski testovi za procjenu anaerobnog energetske kapaciteta

**Tablica 7.** Popis najčešće primjenjivanih laboratorijskih testova za procjenu anaerobnog energetske kapaciteta

Br.	Naziv testa	Mj jedinica
1.	Wingate test - WANT	W
2.	Skokovi na platformi (Ergo jump testovi u trajanju od 15-60 s)	cm; W/kg
3.	Izdržaj u anaerobnoj zoni u testu KF1 – pretrčani metri	m
4.	Veslanje na velačkom ergometru na 250m i 500m	s
5.	Vrijeme izdržaja trčanja na pokretnom sagu pri $V_{VO2max}$ - Tlim	s
6.	Mjerenje maksimalnog duga i deficita kiska	$VO_2$

Anaerobni energetske kapacitet definiran je ukupnom količinom energije koja mu stoji na raspolaganju za obavljanje rada (kapacitet organizma) i maksimalnim intenzitetom oslobađanja energije (energetske tempo). Mjerenje anaerobnog kapaciteta ograničeno je mnogim metodološkim i tehničkim čimbenicima. Laboratorijski testovi opterećenja najčešće se provodi na bicikl ergometru ili putem specifičnih terenskih testova, a u novije vrijeme, i na pokretnom sagu. Postoje brojne metode za procjenu anaerobnog kapaciteta, a najčešće primjenjivane su tzv. *critical-power* metoda (CP; Monod i Scherrer, 1965), mjerenje maksimalnog akumuliranog deficita kisika (MAOD – *maximal accumulated oxygen deficit* (Medbo i sur., 1988), mjerenje duga kisika i tzv. EPOC-a (*excess postexercise oxygen consumption*). No sve ove metode zahtijevaju skupu opremu i specifične testove pa se u praksi ne provode tako često. Dva najčešće primjenjivana laboratorijska testa su Wingate test i skokovi na platformi u trajanju od 15 do 60 s.

**Wingate test** predstavlja napoznatiji i najčešće primjenjivani laboratorijski test za mjerenje anaerobnog kapaciteta (anaerobne izdržljivosti). Test se izvodi tako da ispitanik maksimalno pedalira (što veći broj okretaja) na bicikl-ergometru pri konstantnom otporu, u trajanju od 30 s. Veličina otpora (kočeca sila) mora biti tolika da ispitanik ne može održavati inicijalno postignutu maksimalnu snagu (brzinu okretaja) duže od nekoliko sekundi. Učinak u testu se kvantificira prema postignutom broju okretaja a procjenjuje se maksimalna i prosječna snaga te pad snage (Bar-Or, 1987).

Test **skokova u trajanju od 15, 45 ili 60s**, koji se provode na platformi ili kontaktnoj strunjači (npr. "Quattro jump", Kistler), koje su konstruirali Bosco i suradnici (1983) procjenjuje anaerobnu izdržljivost i anaerobnu snagu tijekom skokova. Naime, sportaš u zadanom vremenu kontinuirano izvodi skokove maksimalnim intenzitetom, s time da svaki skok izvodi iz polučučnja iz istog mjesta, s rukama fiksiranim na bokovima. Rezultat se izražava u prosječnoj visini skoka (cm) i mehaničkoj snazi u 15, 45 ili 60s podijeljenoj s tjelesnom masom sportaša (W/kg).

Specifični veslački testovi na 250 i 500 m, trčanje na 300, 400 ili 800m, plivanje na 200 ili 400m, kajak na 500m ili vožnja bicikla na neku zadanu kratku dionicu ili zadano vrijeme, može se provoditi i u laboratoriju na specifičnim ergometrima i/ili na terenu u specifičnim uvjetima. Cilj u svim ovim testovima je da se zadanu udaljenost pređe u što kraćem vremenu a rezultat se najčešće izražava u sekundama. Kao dodatna informacija

za procjenu anaerobnog kapaciteta mjeri se maksimalna koncentracija laktata u krvi nakon testa (nakon 1, 3 i 5 minute oporavka). Maksimalna koncentracija laktata u krvi je indirektna mjera anaerobnog kapaciteta.

Anaerobni kapacitet se može procijeniti i na temelju razlike između intenziteta opterećenja pri anaerobnom pragu i maksimalnog dostignutog opterećenja u progresivnim testovima na ergometrima. U tom slučaju govorimo o **izdržaju u anaerobnoj zoni** i kao mjeru anaerobnog kapaciteta uzima se vrijednost – pretrčanih, izveslanih ili odvezenih metara od trenutka prelaska praga do trenutka prekida testa, odnosno zadnjeg završenog stupnja opterećenja u progresivnom testu.

Test **T-lim**, je test za procjenu anaerobnog kapaciteta koji se provodi tek nakon što se u progresivnom testu opterećenja procjeni brzina trčanja (ili neke druge vrste lokomocije, veslanja, bicikliranja i sl) pri kojoj sportaš dostiže  $VO_{2max}$  ( $v_{VO_{2max}}$ ). Nakon definiranja  $v_{VO_{2max}}$  provodi se test T-lim u kojoj sportaš mora trčati (ili veslati ili biciklirati) što je duže moguće pri toj zadanoj brzini a rezultat je izražen u vremenu izdržaja trčanja (ili neke druge vrste lokomocije) pri  $v_{VO_{2max}}$ .

### Terenski testovi za procjenu anaerobnog energetske kapaciteta ili izdržljivosti anaerobnog tipa

**Tablica 8.** Popis najčešće primjenjivanih terenskih testova za procjenu anaerobnog energetske kapaciteta

Br.	Naziv	Mj. jedinica
1.	300 yard (12x22,87m) ili 300 m (15x20m)	s
2.	Intervalni sprint test (RAST)	s
3.	Veslački i kajakaški test na 250 i/ili 500 m	s
4.	Trkački test na 300, 400 ili 800 m	s
5.	Plivački test na 200 i/ili 400 m	s

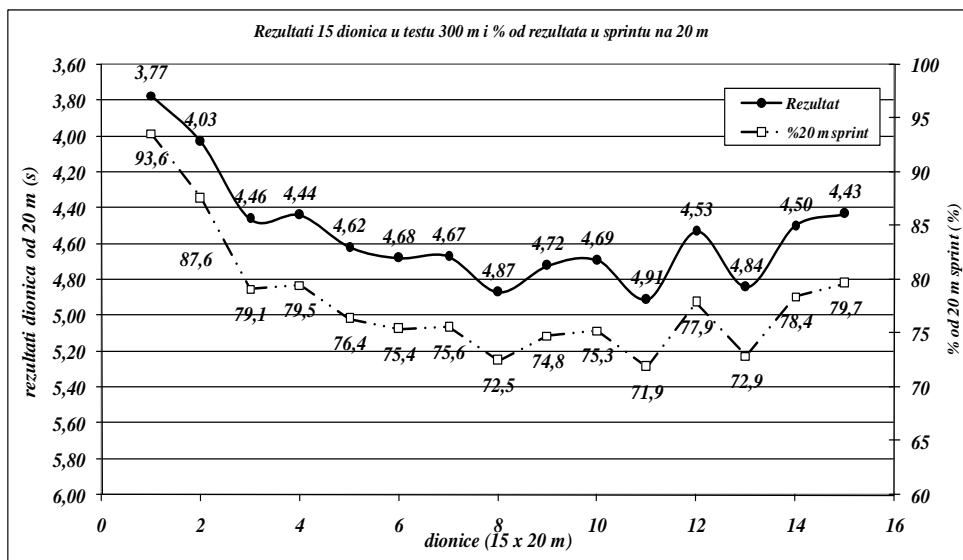
**Kontinuirane maksimalne terenske testove** za procjenu anaerobnog kapaciteta tipa veslačkog i kajakaškog testa na 250 i 500 m, trkačkog na 200 do 800 m ili plivačkog testa na 200 ili 400 m spomenuli smo i objasnili u prošlo poglavlju. Naime, isti se testovi mogu provoditi na ergometrima u laboratorijskim uvjetima ili u teretanama ili u specifičnim uvjetima (na vodi, na atletskom stadionu i sl).

No, u analizi anaerobnog energetske kapaciteta (brzinske izdržljivosti) sportaša primjenjuju se i različite modifikacije **intervalnih ili kontinuiranih sprint testova**. U najpoznatijem intervalnom sprint testu, **RAST testu** („*Running anaerobic sprint test*“) sportaš izvodi sprint od 35 metara i to pet do šest puta sa pauzom od 10 sekundi a test služi za procjenu anaerobne aciklične izdržljivosti. Analiziraju se vremena najboljeg i prosječnog vremena sprinta te pad rezultata kroz dionice. Pad je posljedica umora, a što je manji pad to je sposobnost regeneracije bolja. Ovisno o modifikacijama ( da li su dionice od 10m ili 35 m) test traje između 45 sekunde do 1,5 minute. Kod

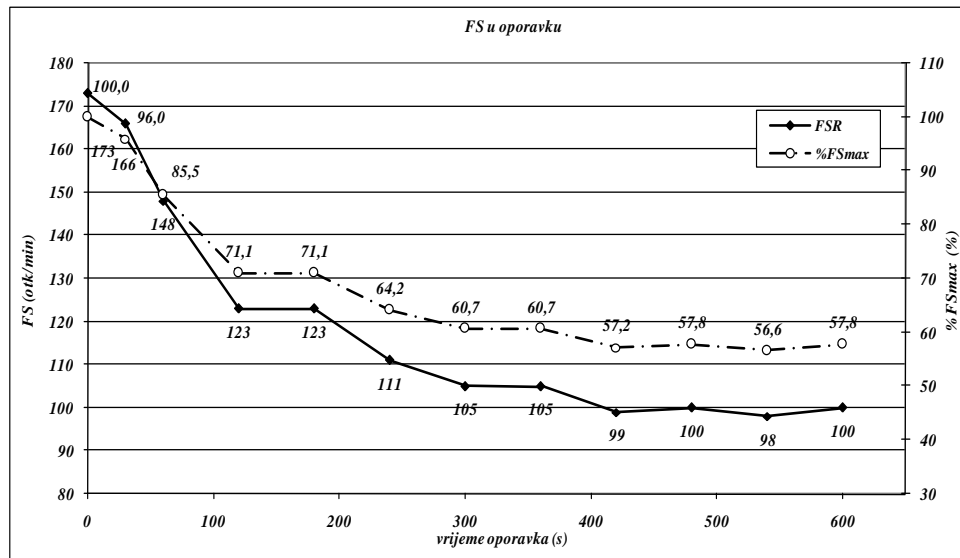
sprinta od 10 metara troše se fosfagene rezerve što se te rezerve sporije troše to je mogućnost pada sprinta manja. Sportaš treba dobra sposobnost obnavljanja fosfatnih rezervi a što je obnavljanje bolje rezultat je također bolji.

Jedan od najpoznatijih testova za procjenu anaerobnog kapaciteta ili brzinske izdržljivosti zasigurno je test 300 yard-i i/ili evropska inačica test 300 m. To su testovi u kojima se uzastopce, bez odmora, istrčavaju dionice od 20 m (u testu 300 m u kojoj se istrčava 15 dionica od 20 m) ili 22,87 m (u testu 300 yard-i u kojem se istrčava 12 dionica po 25 yard-i odnosno 22,87 m). Preporuča se mjerenje prolaznih vremena kako bi se omogućila naknadna analiza pada brzine kroz dionice i analiza % od maksimalno brzine na 20 m istrčane u zasebnom testu sprinta na 20 m (Grafički prikaz 5).

**Grafički prikaz 5.** Prikaz rezultata 15 istrčanih dionica testa na 300 m i prikaz % od maksimalnog rezultata na 20 m za svaku dionicu



**Grafički prikaz 6.** Prikaz grafa frekvencije srca i % od  $FS_{max}$  tijekom 10 minuta oporavka testa trčanje na 300 m za vrijeme 10 nakon testa



U ovim testovima igrači dovode svoj organizam u stanje potpune iscrpljenost zbog nagomilavanje velikih količina mliječne kiseline. Pošto u igri igrači ne dolaze u takvu situaciju ovaj test treba primjenjivati prilikom testiranja maksimalnog anaerobnog kapaciteta i maksimalne koncentracije laktat u krvi i u funkciji mentalnog učvršćivanja igrača. Ako se tijekom testa sportašu postavi i „puls-metar“ tada se može procijeniti i opterećenje sportaša tijekom testa te brzinu oporavka nakon testa (Grafički prikazi 6).

## ZAKLJUČAK

Primjena dostignuća suvremene sportske znanosti a time i suvremenih dijagnostičkih postupaka za analizu treniranosti sportaša mogu nam osigurati precizne i pouzdane informacije o trenutnoj razini aerobnih i anaerobnih energetskih kapaciteta sportaša. Izbor dijagnostičkih testova koje ćemo primjeniti zavisi o mnogobrojnim faktorima, kao što su vrsta sporta, dobna kategorija, broj sportaša, financijske mogućnosti, razina kondicijske pripremljenosti, trenutak testiranja u godišnjem planu i programu te sam razina educiranosti stručnog stožera ili samog trenera.

Prikazani skup testova zasigurno nije konačan popis testova koji se koristi u svijetu, jer popis svih testova nije niti moguć niti je neophodan s obzirom da je zamisao ovog rada bio da prikaže mogućnosti i informacije koje nam pružaju pojedine vrste tetsova . Za svakog trenera ili stručni stožer najvažnije da iz velike baze testova izaberu one skupove testova koje će im pružiti najviše informacija za precizno i pouzdano planiranje i programiranje te kontrolu razine treniranosti aerobnih i anaerobnih energetskih kapaciteta svakog pojedinog sportaša.

## LITERATURA



1. Antonutto, G., Di Prampero, P.E. (1995). The concept of lactate threshold. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 35, 6-12.
2. Bar-Or, O. (1987). The Wingate anaerobic test. An update on methodology, reliability and validity. *Sports Medicine*, 4(6), 381-94
3. Barstow, T.J, R Casaburi & K Wasserman (1993). O<sub>2</sub> uptake kinetics and the O<sub>2</sub> deficit as related to exercise intensity and blood lactate. *Journal of Applied Physiology*, 75, 755-762.
4. Bompa, T. (1999). *Periodization: Theory and methodology of training*. Champaign, IL: Human Kinetics.
5. Bosco, C. (1985). Adaptive response of human skeletal muscle to stimulate hypergravity condition. *Acta Physiologica Scandinavica*, 124(4), 507-513.
6. Carey, D. (2002). Assessment of the accuracy of the Conconi test in determining gas analysis anaerobic threshold. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16(4), 641 - 644.
7. Cellini, V., Vitello, P. i sur.(1986):Noninvasive determination of the anaerobic threshold in swimming. *Int. J. Sports Med.* 7(6)1986.(347-351).
8. Cheng, B., Kuipers, H. I sur. (1992):A new approach for the determination of ventilatory and lactate thresholds. *Int. J. Sports Med.* 13(7) 1992. (518-522).
9. Conconi, F., Grazi, G., Casoni, I., Guglielmini, C., Borsetto, C., Ballarin, E., Mazzoni, G., Patracchini, M. i Manfredini, F. (1996). The Conconi test: methodology after 12 years of application. *International Journal of Sports Medicine*, 17, (7), 509–519.
10. Conconi, F.; Ferrari, M., Ziglio, G., Droghetti, P., Codeca, L. (1982). Determination of the anaerobic threshold by non-invasive field test in runners. *Journal of Applied Physiology*, 52, 869-873.
11. Gore, C.J. (2000). *Physiological tests for elite athletes*. Human Kinetics. USA.
12. Hollmann, W., Hettinger, T. (2000). *Sportmedizin. Grundlage für Arbeit, Training und Präventivmedizin*. Stuttgart, New York: Schattauer Verlag.
13. Janssen, P. (2001). *Lactate Threshold Training*. Human Kinetics. USA.
14. Leger, L.A. and Lambert, J. (1982). A maximal multistage 20m shuttle run test to predict VO<sub>2max</sub>, *European Journal of Applied Physiology*, 49, 1-5.
15. Maršić, T., Dizdžar, D., Šentija, D. (2008). *Osnove treninga izdržljivosti i brzine*, Udruga „Tjelesno vježbanje i zdravlje“, Zagreb.
16. Paul B Gastin, P.B. (2001). Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Medicine*, 31(10); 725-741
17. Pyne, B.P., Hamilton, L., Swanwick, M.K. (2000): Monitoring the lactate threshold in world-ranked swimmers. *Medicine and science in sports and exercise*.2000.
18. Ramsbottom et al. (1988). A progressive shuttle run test to estimate maximal oxygen uptake. *British Journal of Sports Medicine*, 22, 141-5.
19. Sekulić, D., Metikoš, D. (2007). Uvod u osnove Kineziološke transformacije – Osnove transformacijskih postupaka u Kineziologiji. Fakultet prirodoslovno – matematičkih znanosti i kineziologije Sveučilišta. Split.
20. Viru, A (1995). *Adaptation in sport training*. Boca Raton, FL: CRC Press Inc.
21. Vučetić, V., Šentija, D. (2005). Dijagnostika funkcionalnih sposobnosti – zašto, kada i kako testirati sportaše?. *Kondicijski trening. UKTH, Zagreb* 2(2) 2005. (8-14).
22. Vučetić, V., Šentija, D. (2005). Doziranje i distribucija intenziteta u trenažnom procesu – zone trenažnog intenziteta. *Kondicijski trening. UKTH, Zagreb* 2(3) 2005. (36-42).
23. Walsh, S.D., Davis, J.A. (1990). Noninvasive lactate threshold detection using the modified V-Slope method with non-breath-by-breath data. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22, S56.
24. Wasserman, K, JE Hansen, DY Sue, R Casaburi & BJ Whipp (1999). *Principles of exercise testing and interpretation* (III ed.). Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.