

UNIVERZITET U BEOGRADU

Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja



ZAVRŠNI RAD

**NEINVAZIVNE I INVAZIVNE METODE ZA PROCENU
INDIVIDUALNOG ANAEROBNOG PRAGA**

Kandidat

Ivan Damnjanović

Mentor

Doc. dr Vladimir Ilić

Beograd, 2016.

UNIVERZITET U BEOGRADU

Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja



ZAVRŠNI RAD

Neinvazivne i invazivne metode za procenu individualnog anaerobnog praga

Kandidat:

Ivan Damnjanović

Mentor:

doc. dr Vladimir Ilić

Članovi:

van. prof. dr Marija Macura

doc. dr Igor Ranisavljev

Beograd, 2016.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. ENERGETSKI SISTEMI.....	2
2.1. Anaerobni sistem.....	3
2.1.1. Anaerobni alaktatni.....	3
2.1.2. Anaerobni laktatni.....	4
2.2. Aerobni sistem.....	6
3. SVRHA MERENJA ANAEROBNOG PRAGA.....	10
4. VRSTE ANAEROBNIH PRAGOVA.....	11
4.1. Maksimalno laktatno stabilno stanje (MLSS).....	11
4.2. Laktatni prag.....	13
4.3. OBLA.....	13
4.4. Individualni anaerobni prag(IAP).....	14
5. KONCEPT ANAEROBNOG PRAGA.....	16
6. ODREĐIVANJE ANAEROBNOG PRAGA-PREGLED METODA.....	17
6.1. V- Slope metoda.....	17
6.2. Neinvazivna Konkoni metoda.....	18
6.2.1. Konkoni na tredmilu.....	19
6.2.2. Modifikovani Konkoni test na bicklergometru.....	20
6.3. Stepenasti progresivni test opterećenja.....	20
6.4. Doubl run test (2x300m).....	22
6.5. Ostali testovi za procenu individualnog anaerobnog praga.....	23
7. INVAZIVNA METODA- MERENJE KONCENTRACIJE LAKTATA.....	25
7.1. Metoda D-Max.....	25

7.2. Primena laktatnih testova.....	26
7.3. Tehnika uzimanja krvi iz resice uha.....	28
7.4. Faktori koji utiču na proces proizvodnje laktata.....	29
 8. OSTALE METODE.....	32
8.1. Kateholaminska metoda.....	32
8.2. Emg metoda.....	33
8.3. Određivanje koncentracije hormona rasta u krvi.....	35
8.4. Određivanje promena u sastavu nosne sluzi.....	35
 9. ZAKLJUČAK.....	37
 10. LITERATURA.....	38

SAŽETAK

Za sport najvažnija karakteristika anaerobnog praga jeste da laktati u krvi nakon anaerobnog praga beleže nagli porast, što u blažim oblicima dovodi do narušavanja koncentracije i koordinacije, a u krajnjim slučajevima i do zaustavljanja aktivnosti. Poznavanje anaerobnog praga sportiste jeste važan podatak koji vodi ka utvrđivanju optimalnog i valjanog intenziteta treninga i to prvenstveno u sportovima u kojima je naglašena komponenta izdržljivosti (veslanje, trčanje, biciklizam, plivanje itd.), ali i u ostalim sportovima u pojedinim fazama pripreme. U mnogim sportovima postoji potreba za razvojem aerobne izdržljivosti pa se poznavanjem anaerobnog praga može kvalitetno individualizovati rad na ovoj komponenti kondicione pripreme. Postoje metode za dobijanje okvirnih pokazatelja anaerobnog praga na jednostavan način (potrebni su samo neki osnovni rekviziti), a baziraju se na analizi odnosa frekvencije srca, koncentracije laktata i intenziteta opterećenja. Naime, frekvencija srca pokazuje linearnu povezanost s nižim intenzitetima opterećenja, a pri submaksimalnim opterećenjima odstupa od linearnosti. Ta tačka u kojoj dolazi do odstupanja od linearnosti smatra se okvirnim pokazateljem anaerobnog praga. Da bi tako dobijeni rezultati bili pouzdaniji, potrebno je test provesti prema tačno određenim, standardizovanim pravilima. Dobijeni rezultati se dalje koriste radi preciznijeg programiranja treninga, time se ciljano tempira sportska forma i upravlja oporavkom, izbegavanjem povreda i pretreniranosti sportiste. Direktnim invazivnim metodama proveravamo biohemijske pokazatelje krvi, dok neinvazivnim metodama pratimo parametre srčane frekvencije, maksimalne potrošnje kiseonika i brzine kretanja sportiste izražene u m/s ili km/h ili u ispoljenoj snazi izražene u vatima. Prilikom procene individualnog anaerobnog praga sportista mora biti psihofizički spreman.

Ključne reči: anaerobni prag, metode, laktati, ergometrija.

1. UVOD

Koncept anaerobnog praga, kao „kritični nivo intenziteta rada iznad kojeg metaboličke potrebe aktivnog mišića za kiseonikom prelaze sposobnost plućnog i srčanosudovnog sistema za dovoljnu dopremu kiseonika, što dovodi do naglog porasta udela anaerobnog metabolizma i porasta produkcije laktata“. Anaerobni prag predstavlja najviši intenzitet rada koji organizam može dugo podnositi bez prekida zbog nastupa mišićne acidoze. Anaerobni prag je fiziološki fenomen od velike važnosti i praktičnog značenja u sportskoj dijagnostici. U sportskom treningu primena je obavezna, jer se koristi za programiranje trenažnih opterećenja, praćenje trenažnih adaptacionih promena, u selekciji sportista, prvenstveno za sportove opšte aerobne izdržljivosti, s obzirom da su brojna istraživanja pokazala da je anaerobni prag bolji pokazatelj aerobne izdržljivosti, a time i bolji pokazatelj takmičarskih rezultata, od maksimalnog primanja kiseonika. Anaerobni prag je “klackalica” između aerobnih i anaerobnih izvora energija, upravo zbog toga nam je jako vazno individualno određivanje radi sto preciznijeg upravljanja trenažnim opterećenjima i izbegavanja pretreniranosti.

2. ENERGETSKI SISTEMI

Veličina energetske kapaciteta kao i različita njihova korišćenja bitno razlikuje pojedine osobe. Poznavanje tih karakteristika osnova su za planiranje i provođenje takvih oblika fizičke aktivnosti koji će omogućiti povećanje i optimalno korišćenje energetske kapaciteta organizma, što je od posebnog značaja u mogućnostima poboljšanja sportskih rezultata. Uloga energetske sistema je pretvaranje hemijske energije u iskoristivi oblik (adenozintrifosfat, ATP) za sve ćelijske funkcije. ATP je u ćelijama prisutan u vrlo maloj količini. U skeletnim mišićima uskladišteno je oko 5 mikromola ATP-a po gramu, dok je količina kreatinfosfata (CP), drugog fosfatnog spoja bogatog energijom, 20-30 Umol po gramu mišića. Razgradnja i stvaranje ATP-a u mišićima i ostalim ćelijama u telu izuzetno je dinamičan proces. Čovek od 70 kg (sedentarnog stila života), ima uskladišteno samo oko 80 grama ATP u telu, a da bi zadovoljio celodnevnu potrebu za energijom potrebno je oko 60 kg ATP-a. Da bi se obnavljao ATP i na taj način održavala konstantnom njegova koncentracija u mišićnoj ćeliji, iskorišćava se energija iz hemijskih izvora koji oslobađaju energiju bez prisustva kiseonika i to su tzv. anoksidacijski ili anaerobni energetski procesi, te iz hemijskih izvora koji zahtevaju prisustvo kiseonika i to su tzv. oksidacijski ili aerobni energetski procesi (*Guyton i Hall, 2003*).

U stvaranju energije tj. obnavljanju ATP-a, učestvuju tri sistema za pretvaranje hemijske u mehaničku energiju:

- ❖ **anaerobni** – alaktatni sistem: sistem razgradnje kreatinfosfata (CP);
- ❖ **anaerobni** – laktatni sistem: sistem razgradnje glikogena ili glukoze anaerobnom
- ❖ glikolizom do pirogroždane kiseline uz stvaranje laktata;
- ❖ **aerobni** sistem: sistem oksidativne razgradnje ugljenih hidrata i slobodnih masnih kiselina .

2.1. Anaerobni energetska sistem

Anaerobni metabolizam podrazumeva stvaranje energije u uslovima hipoksije tj. nedostatka kiseonika. Kao energenti koriste se mišićni glikogen i kreatin-fosfat, a kao nusprodukt anaerobnog metabolizma nastaje mlečna kiselina (laktati – soli mlečne kiseline) i H⁺ joni koji dovode do pada pH krvi te inhibicije mišićne kontrakcije. Anaerobni energetska kapacitet označava dva pojma – ukupnu količinu energije koja mu stoji na raspolaganju za obavljanje rada (kapacitet sistema) te maksimalni intenzitet oslobađanja energije (energetski tempo).

2.1.1. Anaerobni alaktatni (fosfageni) sistem

Uz ATP, kreatinfosfat (KP) drugi je fosfatni spoj koji cepanjem na kreatin (K) i anorganski fosfat (Pa) oslobađa veliku količinu energije kojom se izvanredno brzo obnavlja ATP bez utroška kiseonika, dakle u anaerobnim uslovima:

KP kreatinkinaza > K + Pa + energija (10 kcal/mol KP)

Energija + ADP + Pa > ATP

Iako su zalihe kreatinfosfata u mišićima nekoliko puta veće od koncentracije ATP-a (15-25 mmol/kg mišića), dovoljne su za svega 5-10 sekundi maksimalne mišićne aktivnosti. Primer uloge kreatinfosfata jeste sprint na 60 metara, koji traje 6-10 sekundi, a u kojem se događa maksimalno ubrzanje u što kraćem vremenu. Resinteza kreatinfosfata iz Pa i kreatina kod maksimalnih opterećenja moguća je tek u oporavku, dakle uz prisustvo kiseonika. Poluvreme resinteze kreatinfosfata (t., vreme potrebno za obnavljanje 50% potrošenog kreatinfosfata) iznosi oko 25 sekundi (Guyton i Hall, 2003):

Kod potpunog iscrpljenja fosfagenog kapaciteta u mišićima potrebno je, dakle, oko 2-4 minuta za resintezu i popunu ispražnjenih depoa kreatinfosfata. Značaj fosfagenog sistema usportu očitava se pri kratkim startovima i skokovima, te pri svim eksplozivnim telesnim aktivnostima koje traju do nekoliko sekundi. Ovaj sistem ima mali kapacitet odnosno malu

ukupnu količinu dostupne energije, ali najveći energetska tempo odnosno najveću brzinu oslobađanja energije. Fosfageni sistem predstavlja najbrže dostupni izvor ATP-a za mišićni rad i to stoga što ne zavisi od duge serije hemijskih reakcija i od transporta kiseonika do radne muskulature. Naime, ATP i KP pohranjeni su direktno u kontraktilnom aparatu mišića. Pored toga, kreatin koji nastaje razgradnjom kreatinfosfata, više je alkalni od samog kreatinfosfata, te deluje kao pufer i odlaže pad pH i porast kiselosti koja nastaje pri anaerobnoj glikolizi kod produžene aktivnosti (Guyton i Hall, 2003).

2.1.2. Anaerobni laktatni (glikolitički) sistem

Anaerobna glikoliza je proces delimične razgradnje glikogena odnosno glukoze u anaerobnim uslovima do mlečne kiseline. Taj se proces sastoji od 12 vezanih reakcija te se energija za obnavljanje ATP-a oslobađa znatno sporije, dakle manji je energetska tempo nego kod fosfagenog sistema: Iz jednog mola glukoze (180 grama), anaerobnom glikolizom resintetizuje se svega 3 mola ATP-a, za razliku od 38 molova ATP-a koliko nastaje uz kompletnu razgradnju (do CO_2 i H_2O) iste količine glikogena aerobnim metabolizmom. Anaerobna glikoliza dovodi do akumulacije mlečne kiseline (laktati – soli mlečne kiseline) i H^+ jona u mišiću, a zatim i u krvi. Vrednost pH indeksa opada, dakle dolazi do povećanja kiselosti tkiva. Kako razgradnja glukoze dovodi do stvaranja pirogroždane kiseline, zakonima hemijskih reakcija nakupljanje pirogroždane kiseline (finalnog produkta) dovelo bi do usporavanja hemijske reakcije. Stoga prelazak dela pirogroždane kiseline u mlečnu predstavlja jedini način da se razgradnja glikogena u tim uslovima nastavi još neko vreme. Laktati nastaju u mišićnim ćelijama, eritrocitima te moždanim ćelijama, a razgrađuju se u jetri (Guyton i Hall, 2003). Kako se odnos laktata i H^+ jona u krvi povećava za vreme trenažnog rada zbog nedostatka kiseonika, ona se može meriti u svrhu procene fizičke pripremljenosti sportista ili u svrhu definisanja primenjenog intenziteta trenažnog rada kod sportista, a iz razloga što indirektno ukazuje na trenutnu uključenost procesa anaerobne glikolize u dobijanju ukupne energije za rad.

Pri radu visokog intenziteta, ubrzanje procesa anaerobne glikolize praćeno je jednako brzom akumulacijom mlečne kiseline u radnoj muskulaturi, odakle se širi u okolna tkiva i krv. Stoga i koncentracija mlečne kiseline u krvi može ukazati na metabolički put, odnosno

energetski sistem koji se pretežno koristi u toku aktivnosti. Ukoliko je koncentracija mlečne kiseline visoka, energija za mišićni rad dobijena je dominantno procesom anaerobne glikolize. Analogno, ako je koncentracija niska znači da u procesu mišićnog rada dominira aerobni metabolizam. Stvaranje ATP-a anaerobnom glikolizom ograničeno je i zalihama mišićnog glikogena (15-25 g/kg mišića), te puferskom sposobnošću telesnih tečnosti. Da bi hemijski procesi anaerobne glikolize postigli maksimalnu brzinu potrebno je svega nekoliko sekundi. Iako je snaga glikolitičkog sistema značajno manja od fosfagenog, ukupni je kapacitet dvostruko veći. Da bi se potrošio ukupni anaerobni glikolitički kapacitet potrebna je maksimalna telesna aktivnost u trajanju od oko 40-60 sekundi. Stoga se značaj anaerobnog glikolitičkog sistema očitava pri aktivnostima trajanja od nekoliko sekundi do 1-2 minuta, ali i pri intervalnim aktivnostima dužeg trajanja. Kod sportista, dobar anaerobni laktatni kapacitet znači veću sposobnost i toleranciju zakišeljavanja tkiva, te brži oporavak kod produženih i ponavljajućih sprinterskih deonica. Razgradnja akumulirane mlečne kiseline kao i obnova potrošenih depoa glikogena nakon maksimalnih opterećenja znatno je sporija od oporavka fosfagenog sistema, i takođe je moguća tek u oporavku, dakle uz prisutnost kiseonika. Poluvreme oporavka anaerobnog glikolitičkog sistema (t.) iznosi oko 15-30 minuta (Guyton i Hall, 2003). Kod potpunog iscrpljenja glikolitičkog kapaciteta potrebno je, dakle, više sati za potpun oporavak sistema i resintezu glikogena. Najveći deo mlečne kiseline nastale anaerobnom glikolizom u toku oporavka, nakon konverzije u pirogroždanu kiselinu, oksiduje se i razgrađuje do CO₂ i O₂ u tzv. Krebsovom ciklusu i respiratornom lancu. To se pretežno događa u sporim, oksidativnim vlaknima. Manji deo mlečne kiseline se konvertuje u glikogen ili belančevine, a tek neznatni deo se izluči iz tela putem mokraće i znoja. Brzinu razgradnje mlečne kiseline određuje oksidativni potencijal radne muskulature (broj mitohondrija, koncentracija oksidativnih enzima), ali i susednih neaktivnih vlakana, gde se nakon difuzije i aktivnog transporta takođe metabolizuje jedan deo akumulirane mlečne kiseline. Brzinu razgradnje i odstranjivanje laktata iz mišića i krvotoka ograničava i prokrvljenost i gustoća kapilarne mreže skeletnih mišića. Za sve nabrojane faktore važne za anaerobni glikolitički kapacitet postoji mogućnost adaptacije ukoliko se primenjuju adekvatni podražaji, odnosno specifična trenažna opterećenja. Uočavamo da je veličina glikolitičkog anaerobnog kapaciteta delom vezana i na strukturalne značaje koje se razvijaju tipično aerobnim aktivnostima (broj mitohondrija u mišićnim ćelijama, perfuzija i kapilarizacija mišićnog tkiva, oksidativni enzimi, itd.), što je od praktične važnosti u trkačkim

disciplinama zbog mogućnosti i potrebe kombinovanja aerobnih i anaerobnih opterećenja u trenažnom procesu.

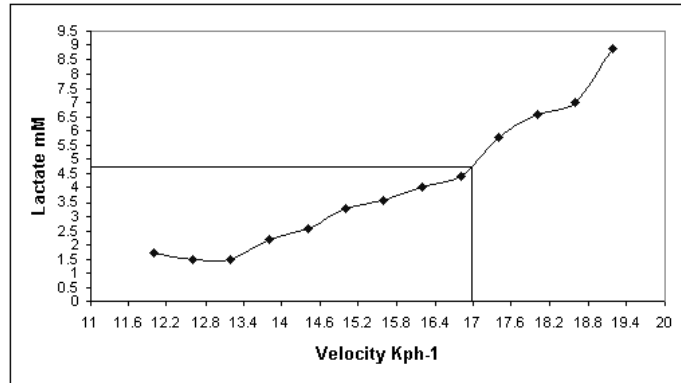
2.2. Aerobni energetski sistem

Aerobni i anaerobni sistem deluju istovremeno, ali u različitim merama, u zavisnosti od intenziteta aktivnosti. Ovaj sistem podrazumeva potpunu razgradnju ugljenih hidrata i masti u mitohondrijama, a zbog potrebe za kiseonikom, nazivaju se sistem aerobne glikolize i sistem aerobne lipolize. Dakle, aerobni metabolizam sastoji se od dva procesa. Prvi je metabolizam lipida koji podrazumeva razgradnju masti, a drugi aerobna glikoliza, koja podrazumeva razgradnju glikogena (glikogenoliza). Samo u ekstremnim situacijama kao što su višednevni fizički naponi, izgladnelost i sl. aerobni metabolizam može uključivati i značajniju razgradnju belančevina. S obzirom da metabolizam lipida osigurava mnogo energije važan je izvor energije za dugotrajne aktivnosti (npr. trkačke discipline na duge staze), ne zbog činjenice da se lipoliza odvija vrlo sporo, nije posebno značajna za sprinterske discipline niti discipline 800 do 1500 metara u kojima se podrazumeva maksimalni napor u trajanju od 2–4 minuta. U disciplinama srednjih i dugih distanci aerobna glikoliza i potpuna razgradnja glikogena najvažniji je način stvaranja energije. Potrebno je okvirno 60–90 sekundi u uslovima trke da se disajni i srčano žilni sistem aktiviraju do te mere da mogu osigurati dovoljno kiseonika da bi se energetski zahtevi pokrivali najvećim delom iz aerobnih izvora. Aerobni energetski kapacitet po svojoj je definiciji i suštini mera energetskog tempa, odnosno intenziteta oslobađanja energije u jedinici vremena. Aerobni metabolizam, tj. oksidacija ugljenih hidrata i masti (belančevina) odgovoran je za stvaranje energije pri srednje trajnim i dugotrajnim fizickim aktivnostima niskog ili srednjeg intenziteta. Krebsov ciklus i oksidativna fosforilacija unutar mitohondrija od jednog mola glukoze nastaje 38 mola ATP-a (*Guyton i Hall, 2003*):

Zalihe glikogena u mišićima i jetri dovoljne su za maksimalno 90 minuta intenzivne aerobne aktivnosti, što znači da su zalihe načelno dovoljne za pokrivanje potreba prosečnog trkačkog treninga. Pri produženim intenzivnim treninzima neophodno je dodavanje ugljenih hidrata ukoliko se želi zadržati visoki aerobni intenzitet treninga. Pri aerobnoj razgradnji masti, koja je od presudnog značaja pri produženim treninzima niskog intenziteta, dolazi do oksidacije

masnih kiselina u procesu tzv. β -oksidacije te potom u Krebsovom ciklusu. Masti mogu osloboditi značajno veću količinu energije od ugljenih hidrata, tačnije 9 Kcal : 4 Kcal po gramu težine, ali za istu količinu oslobođene energije treba značajno više kiseonika, tačnije oko 4 L/mol ATP-a za razliku od ugljenihhidrata koji trebaju oko 3.5 L/mol ATP-a. Masti, dakle, pri istoj potrošnji kiseonika oslobanjaju približno 10% manje energije. Za razliku od ugljenih hidrata, telesne zalihe masti u ljudskom telu gotovo su neograničene. Naime, približno 16 % telesne težine kod muškaraca i 24 % telesne težine kod žena otpada na zalihe telesne masti. Teoretski, tek pri ranije spomenutim ekstremnim situacijama, tipa višednevni fizički naponi bez primerene nadoknade utrošene energije, ili s druge strane intenzivnog višednevnog gladovanja, dolazi do iscrpljenja zaliha telesnih masti te razgradnje belančevina kao mehanizma oslobađanja energije za fizički rad. Aerobno oslobađanje energije za mišićni rad sporije je od anaerobnog, ali je znatno ekonomičnije. Isto tako, konačni produkti aerobne razgradnje hranjivih stvari (voda i ugljen dioksid) ne remete značajno pH vrednost i homeostazu organizma. Treba spomenuti da je određena količina mlečne kiseline u krvi prisutna i u stanju mirovanja i to približno 1mmol/L, a kao posledica glikolize u eritrocitima i bubrezima koji stvaraju mlečnu kiselinu i pri prisustvu kiseonika. Niže koncentracije mlečne kiseline prisutne su u krvi i pri aktivnostima nižeg do srednjeg intenziteta i to do maksimalno 3-5 mmol/L. Naime, manji deo mišićnih vlakana pri aerobnim aktivnostima radi u anaerobnom režimu i u tim uslovima stvaraju mlečnu kiselinu koja se razgrađuje i oksiduje u drugim mišićnim vlaknima, te prema tome pri aerobnom režimu rada postoji ravnoteža između stvaranja i razgradnje mlečne kiseline.

Za lakše razumevanje odnosa anaerobnog praga i aerobnog i anaerobnog metabolizma pogodan je fiksni laktatni model koji je predložio Kindermann (1979), a dogradili Sjodin i Jacobs (1981) uvodeći naziv OBLA. Po tom prvom modelu anaerobni prag je fiksiran na 4 mmol/l, a pre njega na 2 mmol/l se nalazi aerobni prag. Skinner i McLellan (1980) su osnov Prikaz na Slici 1. pokazuje didaktički prigodan primer kretanja krivulje laktata pri progresivnom testu trčanja na pokretnoj traci. Moguće je primetiti eksponencijalni porast sa dve prelomne tačke na krivulji (aerobni i anaerobni laktatni prag) i njihovu projekciju sa vrednostima laktata.



Slika 1. Prikaz kretanja krivulje laktata i prelomne tačke laktatnog anaerobnog praga

Pored neophodnosti utvrđivanja individualnog AP-a, jednako važan, i još kontroverzniji problem u literaturi su nazivi i egzistencija aerobnog i anarobnog praga. Prema Barstowu i sar.(1993) prvi prag se u većini slučajeva naziva ili aerobni ili laktatni ili prvi ventilacioni prag. Dok se drugi prag naziva uglavnom anaerobni, drugi ventilacioni ili *MLSS* (maksimalno laktatno stabilno stanje) koji se često uzima i kao referentna mera stvarnog praga. Međutim, Wassermann kao tvorac naziva „anaerobni prag“, ne priznaje drugi prag kao laktatni, niti kao prag, nego samo kao „respiracijsku kompenzacijsku tačku“. A prvi prag naziva anaerobnim i povezuje ga sa *MLSS*-om, odnosno smatra ga pravim i jedinim pragom (Wassermann i sar. 1990). Za razliku od Wassermana, Aunola i Rusko (1992) i mnogi drugi autori smatraju drugu prelomnu tačku reprezentantom *MLSS*-a.

Iz navedenog je jasna preporuka Svedahla i MacIntosha (2003) da se pri korišćenju pojma anaerobni prag tačno nazove i striktno definiše na šta se pri tome misli, u skladu s primenjenom metodologijom merenja. Autor pod pojmom anaerobni prag podrazumeva drugi ventilacioni prag i poistovećujući ga sa drugim laktatnim anaerobnim pragom (s okvirnom koncentracijom laktata od oko 4mmol/l) usko povezujući oba praga sa *MLSS*-om. A pod aerobnim pragom će se podrazumevati prvi ventilacioni prag i laktatni prvi aerobni prag. Za lakše poimanje koncepta anaerobnog praga korisno je takođe navesti pri kojem se opterećenju (izraženo u VO_2), kojoj frekvenciji srca i brzini trčanja, najčešće nalaze prvi aerobni i drugi anaerobni prag (Tabela 1).

Mera/pragovi	Anaerobni prag	Aerobni prag
Frekvencija srca	150-180	120-170
VO ₂ max (%)	60-90	50-60
Laktati (mmol/l)	3 – 5 pa i više	1,5-2
Brzina trčanja (km/h)	12-23	8-17

Tabela 1. Referentne vrednosti frekvencije srca, procenta od maksimalnog primanja kiseonika i koncentracije laktata u krvi pri aerobnom i anaerobnom pragu (modificirano prema Neumann, 1987. i Harre i sar. 1994).

3. SVRHA MERENJA ANAEROBNOG PRAGA

Rezultatima brojnih istraživanja potvrđeno je kako je anaerobni prag bolji pokazatelj aerobne izdržljivosti sportista od maksimalne potrošnje kiseonika (*Anderson i Rhodes 1989*). Pokazalo se da VO_{2max} ima vrlo slabu prediktivnu moć takmičarskog rezultata, stoga što postoji vrlo slaba korelacija između uspeha u trci i VO_{2max} , kod sportista koji imaju slične odnosno visoke vrednosti VO_{2max} (*Costil i sar. 1973 i Hageberg i Coyle 1983*). Budući da AP bolje razlikuje vrhunske sportiste u sportovima izdržljivosti, ima vrlo široku primenu u funkcionalnoj dijagnostici treniranosti sportista i pri programiranju treninga. Dodatno je važno da se sportista, nakon što postigne limit u poboljšanju svog VO_{2max} i dalje može poboljšavati na račun drugih parametara između ostalog i poboljšanja anaerobnog praga (*Weineck, 2000; Hollmann i Hettinger, 2000*). Ipak, za vrhunske rezultate u sportovima izdržljivosti neophodno je imati i visoko primanje kiseonika.

Dodatna primena anaerobnog praga je u svrhu određivanja trenažnog intenziteta opterećenja za pojedinog sportistu. Tako je opterećenje ispod i oko visine praga moguće označiti kao umereno, značajno ispod visine praga kao blago a iznad kao intenzivno. Jedno vreme se smatralo kako je intenzitet opterećenja pri AP-u optimalan za razvoj aerobne izdržljivosti, međutim pokazalo se kako je tako pojednostavljenje u programiranju treninga nije efikasno, te da je, zavisno u trenažnom periodu, često neophodno koristiti nešto veći intenzitet od AP-a kako bi se optimalno pokrenuli adaptacijski mehanizmi u organizmu.

4. VRSTE ANAEROBNH PRAGOVA

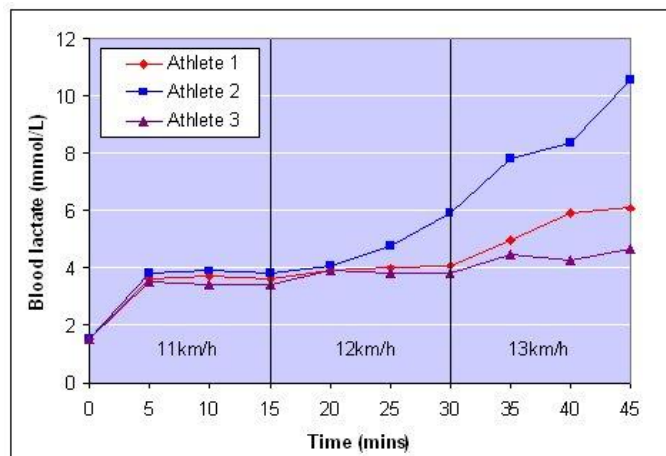
Bosquet i sar. (2002) sistematizovali su metode za procenu aerobne izdržljivosti na direktne i indirektne. Direktnim metodama se neposredno određuje koji intenzitet se može održati što je moguće duže, ili shodno tome koji je najviši relativni intenzitet za određeno trajanje ili udaljenost. Indirektne metode u koje spada i anaerobni prag ne zahtevaju primenu maksimalnog trajanja merenja, odnosno konkretno demonstriranje onoga što po definiciji anaerobni prag meri, nego uzimaju više opterećenja utvrđenog trajanja za koja se pretpostavlja da mogu odražavati sirinu aerobne izdržljivosti. Shodno tome indirektne metode se koriste za procenu aerobne izdržljivosti i koriste povezanost između primanja kiseonika za određeno zadato opterećenje i nekih bioloških varijabli kao što su ventilacioni parametri, laktati i frekvencija srca. Pri tome se kao odraz povezanosti koristi pojam praga, kao nivo pri kome se dešavaju određene promene u navedenim fiziološkim parametrima kao odgovor organizma na zadato opterećenje (*Bosquet i sar. 2002*).

Postoje različite metode utvrđivanja anaerobnog praga. Da bi neka metoda bila korisna treba biti provodljiva i treba proceniti sirinu praga sa određenom pouzdanošću. Određivanje prednosti pojedine metode uključuje vremensku zahtevnost, invazivnost i koštanje (*Svedahl i MacIntosh 2003*).

4.1. Maksimalno laktatno stabilno stanje (MLSS)

MLSS prema definiciji predstavlja najviši intenzitet vežbanja pri kojem se koncentracija laktata u krvi ne povećava tokom kontinuiranog vežbanja pri zadatom opterećenju (*Tegtbur et al 1993*). Ili prema *Hecku i sar. (1985)*, opterećenje pri MLSS predstavlja intenzitet opterećenja pri kome postoji ravnoteža između produkcije laktata i njegove eliminacije iz krvi. U svrhu merenja MLSS-a potrebno je provesti višekratne testove opterećenja, svaki pri konstantnom opterećenju tako da se obuhvati određeni raspon intenziteta u kome se očekuje postojanje stabilnog stanja. Pojedino konstantno opterećenje traje minimalno 20 a najčešće 30 ili više minuta (*Svedahl i MacIntosh 2003*). U početnoj fazi svakog nivoa opterećenja dolazi do porasta krivulje laktata u

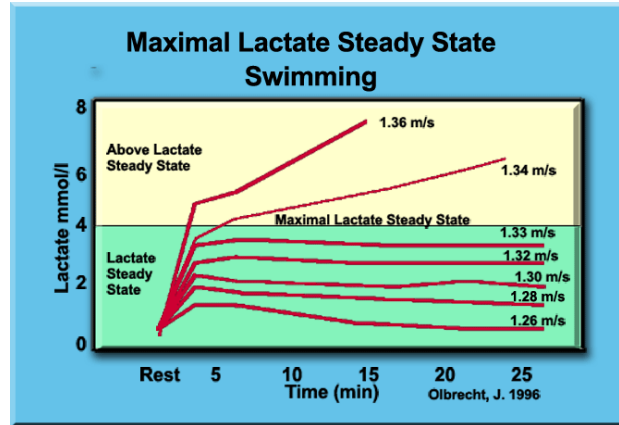
krvi, da bi zavisno o tome je li zadato opterećenje ispod, na ili iznad stepena stabilnog stanja, krivulja nastavila sa opadanjem ili zadržavanjem dostignutog trenda ili konstantnim povećanjem (vidi Sliku 2.).



Slika 2. Tri moguće varijante kretanja krivulje laktata u vremenu pri konstantnim različitim vrednostima opterećenja ovisno radi li se o intenzitetu opterećenja ispod (*trougao*), na (*karo*), ili iznad (*kvadrat*) stabilnog stanja (mod. prema Svedahl i MacIntosh 2003).

Kriterijum koji određuje do koje mere pri određenom intenzitetu konstantnog opterećenja u zadnjih npr. 20 minuta testa sme doći do promene u koncentraciji laktata je različit kod različitih autora i kreće se od 1 mmol (*Heck i sar. 1985, Swensen i sar. 1999*) do strožih kriterijuma od 0,5 do 0,2 mmol (*Haverty i sar. 1988, Aunola i Rusko 1992*). Dodatni problem pri direktnom merenju MLSS-a je kako odrediti razuman raspon u kome se kod sportista nalazi stabilno stanje (obično se koriste preliminarni testovi) i kako odrediti nivo povećanja intenziteta pri čemu se najčešće uzima povećanje od 4-5% (*Svedahl i MacIntosh, 2003*).

Na slici 3. vidimo da do naglog nakupljanja laktata dolazi kada intenzitet fizičke aktivnosti premaši 4mmol/l mlečne kiseline, sve vrednosti ispod tog nivoa dovode do stabilnog laktatnog stanja.



Slika 3. Maksimalno laktatno stabilno stanje plivaca pri brzini zaveslaja

4.2. Laktatni prag

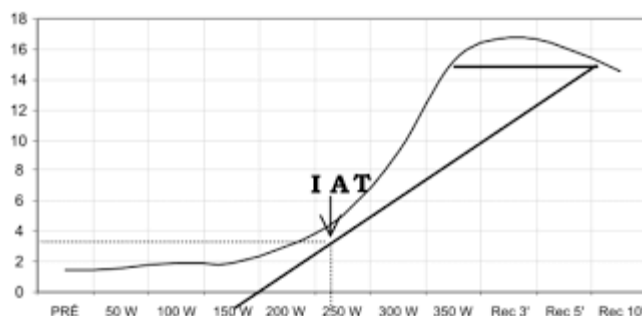
Prema definiciji laktatni prag je intenzitet vežbanja koji je povezan sa značajnim povećanjem koncentracije laktata u krvi iznad koncentracije u mirovanju, tokom progresivnog testa opterećenja (Svedahl i MacIntosh 2003). Postoje različiti kriterijumi za identifikaciju ovog povećanja. Tako sa obzirom na kriterijume određivanja značajnog povećanja laktata razlikujemo između ostalih i dve najčešće koriscene podvrste laktatnog praga, OBLA i individualni anaerobni prag (IAT).

4.3. OBLA (Onset of blood lactate accumulation – početak naglog nakupljanja laktata u krvi): predstavlja intenzitet vežbanja pri kome koncentracija laktata dostiže 4 mmol/l pri progresivnom testu opterećenja (Sjodin i sar., 1981). Izvorno je predložena od strane Madera i sar. (1976). Ova metoda uzima vrednost od 4 mmol/l kao referentnu tačku što ima svoju prednost s obzirom na objektivnost određivanja ali veliki nedostatak zbog zanemarivanja individualnih razlika. Naime, ne dolazi kod svih ispitanika do značajnog povećanja laktata na 4 mmol/l, nego

je taj raspon vrlo veliki i kreće se od 3-6 pa čak po nekim autorima i 9 mmol/l (*MacIntosh i sar. 2002.*, *Billat i sar. 2003*). Aunola i Rusko (1992) su dobili korelaciju od samo 0,57 između OBLA i MLSS-a. Stoga je ovaj način određivanja praga upitne praktične vrednosti, ali može služiti okvirnoj orijentaciji pri kojoj se vrednosti laktata može najverovatnije očekivati postojanje praga.

4.4. Individualni anaerobni prag (IAT):

Posebna interpretacija laktatnog praga nastala nakon što je potvrđeno postojanje interindividulanih razlika u koncentraciji laktata pri laktatnom anaerobnom pragu. Postoje različite metode utvrđivanja IAT-a, a jedna od poznatijih je i izvorna metoda od Stegmann i sar. (1981), koja definiše IAT kao intenzitet vežbanja identificiran pomoću tangente povučene od koncentracije laktata u oporavku (koja odgovara koncentraciji pri zadnjem nivou opterećenja) na krivulju koncentracije laktata izmerene tokom progresivnog testa (vidi Sliku 4.).



Slika 4: Uobičajena laktatna krivulja pri kojoj dolazi do eksponencijalnog povećanja laktata usled povećanja intenziteta opterećenja. Puna crta predstavlja tangentu koja identifikira IAT.

Za utvrđivanje individualnog laktatnog praga nije potrebna posebno skupa oprema, ne zahteva posebnu uvežbanost niti maksimalno iscrpljenje ispitanika i minimalno je invazivan, te je stoga ovaj način dosta praktičan i čest u sportskoj praksi. Njegovi nedostaci su što je vrlo osjetljiv na primenjeni protokol opterećenja sa obzirom na oblika aktivnosti (biciklergometar ili

pokretnoj traci), početno opterećenje, veličinu povećanja opterećenja, trajanje pojedinog nivoa opterećenja, trajanje pauze, nagiba trake, primenu kontinuiranog ili diskontinuiranog protokola, te o stanju intramuskularnog glikogenskog depoa (Weineck 2000.).

Iako IAP nije identičan MLSS-u kod svakog ispitanika, predstavlja ipak prilično pouzdan način njegovog procenjivanja (*Urhausen 1993*), bez obzira što često premašuje MLSS (*McLellan i Jacobs 1993, Beneke 1995*), te ako se pažljivo sprovodi daje u globalu konzistentne rezultate, te može biti zadovoljavajući za funkcionalnu dijagnostiku kod sportista ili u kliničkoj populaciji (*Svedahl i MacIntosh 2003*).

5. KONCEPT ANAEROBNOG PRAGA

Dugo vremena nakupljanje mlečne kiseline se pogrešno interpretiralo kao simptom isključivo neadekvatne dostave kiseonika (*Gladden, 2001*). Tako na primer, Wassermann i sar. (1990) kao tvorac pojma anaerobni prag još uvek ostaje pri stavu da je neadekvatna dostava kiseonika uzrok akumuliranju laktata u krvi, sa druge strane (*Brooks, 1985. i Gollnick, 1986*) su čvrsto uvereni da produkcija laktata može biti nezavisna o prisustvu ili odsustvu dovoljne količine kiseonika. Hogan (2001) takođe tvrdi da nedostatak kiseonika nije stimulans za glikolizu koja rezultuje stvaranjem mlečne kiseline na početku vežbanja. Glikoliza koja rezultuje stvaranjem mlečne kiseline može se intepretirati kao proces koji se dešava bez korišćenja kiseonika, ali ne neminovno i u nedostatku kiseonika (*Gladden, 2001*). Zaključno proizilazi da iako hipoksija može rezultovati povećanim stvaranjem mlečne kiseline, nedostatak kiseonika nije preduslov za nastanak mlečne kiseline (Svedahl i MacIntosh 2003). Dokaz tome je egzistencija laktata u krvi i za vreme mirovanja, odnosno u prisutnosti dovoljne količine kiseonika, s tim naravno da za anaerobni prag nije od važnosti prisutnost laktata u krvi nego nagla akumulacija laktata u koncentraciji bitno većoj od one iznad mirovanja, ili one očekivane usled linearnog porasta intenziteta opterećenja. Različiti faktori bi mogli biti uzrok povećanog nakupljanja laktata u mišićima (*Gladden, 2001*). Walsh i Banister (1988) navode kao moguće uzroke pojave anaerobnog praga, pored neadekvatne mišićne snabdevenosti kiseonikom i umanjeno uklanjanje mlečne kiseline, kateholaminsku stimulaciju, metaboličku stimulaciju i temperaturne efekte, te promenu obrasca regrutacije motornih jedinica. Do pojave praga dolazi usled uključivanja dodatnih motornih jedinica unutar aktivnog mišića zbog povećanja intenziteta vežbanja, a posebno anaerobnih glikolitičkih vlakana (tipa IIB). Kada dodatne motorne jedinice postanu aktivne, preostaje manje neaktivnih mišićnih vlakana koji bi uklanjali laktate, budući nešto laktata može prelaziti i između aktivnih i neaktivnih mišićnih ćelija unutar jednog mišića (*Karlsson i Jacobs, 1982*). Pod takvim uslovima laktati se akumuliraju i merenje primanja kiseonika više nije mera svih energetske zahteva, odnosno dolazi do pojave praga. I prema Skinneru i McLellanu (1981) tipovi mišićnih vlakana koji su aktivni mogu biti važan faktor koji doprinosi laktatanom pragu. Jorfeldt (1970, iz Skinner i McLellanu, 1981) sugeriraju da su vlakna tipa II čisti proizvođači laktata dok su tipa I čisti potrošači (razgrađivači), što je razlog da

laktatna akumulacija može zavisiti od tipa mišićnih vlakana i obrasca njihovog aktiviranja. Tip II mišićnih vlakana više su skloni hipoksiji jer imaju manju kapilarnu gustoću, koncentraciju mitohondrija i stopu oksidativne fosforilizacije (*Anderson i Rhodes, 1989*).

6. ODREĐIVANJE ANAEROBNOG PRAGA – PREGLED METODA

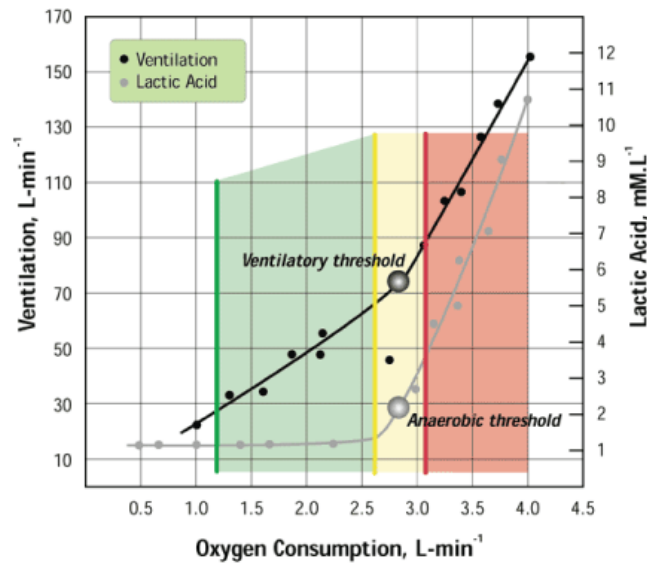
Dve su osnovne metode određivanja – laktatna i ventilaciona. Testiranja se vrše tokom progresivnog testa opterećenja. Laktatna metoda je invazivna, jer zahteva ponavljana merenja koncentracije laktata u krvi, na temelju koje se određuje anaerobni prag, kao intenzitet vežbanja iznad kojeg nije moguća ravnoteža između procesa stvaranja i razgradnje mlečne kiseline. Ventilaciona metoda zasniva se na kontinuiranom merenju respiracija i frekvencije srca pa na osnovu njih omogućuju određivanje anaerobnog praga, kao intenziteta pri kojem nastaje porast srčanoplućnih parametara neproporcionalan povećanju intenziteta u progresivnom testu opterećenja.

6.1. V-slope metoda, progresivni test opterećenja

Test počinje merenjem parametara u mirovanju u trajanju od jednog minuta. Nakon toga sledi početno opterećenje od 50 W u trajanju od jednog minuta pa se potom opterećenje povećava za 20 W svakog minuta. Test se prekida kad ispitanik zbog iscrpljenosti ili drugog razloga daje znak da nije u stanju nastaviti test. Tokom testa ispitanik održava konstantnu frekvenciju okretanja pedala od 90obr/min. Nakon testa, ispitanik u oporavku nastavlja voziti još 3 minuta bez opterećenja.

Ventilacioni anaerobni prag (Slika 5.) određuje se metodom **V-slope** (veći porast $\dot{V}CO_2$ u odnosu na $\dot{V}O_2$) te praćenjem promena $\dot{V}E/\dot{V}O_2$ i $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$ (prema Walshu i saradnicima, 1990). Anaerobni prag se postiže pri intenzitetu od oko 80-90% $\dot{V}O_{2max}$ (kod nesportista pri 65-70% $\dot{V}O_{2max}$, a kod treniranih osoba čak i pri 95% $\dot{V}O_{2max}$) zavisno od trenažnog ciklusa u kojem se izvršilo merenje (pripremni, predtakmičarski ili takmičarski), uz koncentraciju laktata u krvi od 3 do 5 mmol/L (Virus, 1995). Kada govorimo o anaerobnom pragu procenjenom u laboratorijskim uslovima na pokretnoj traci, jedan od najčešće praćenih parametara jeste brzina

trčanja na nivou praga (VANP). Brzina pri anaerobnom pragu je proporcionalna maksimalnoj potrošnji kiseonika i dobar je pokazatelj nivoa treniranosti aerobnog kapaciteta.

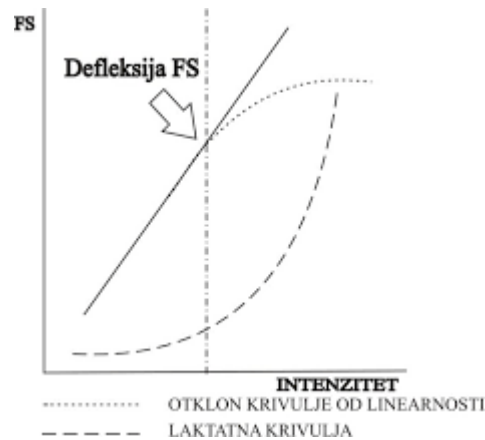


Slika 5. Korelacija između ventilacionog i laktatnog praga

Potpunije angažovanje specifične muskulature se postiže ako se trkači testiraju na tredmilu, biciklisti na bicikl-ergometru, veslači na veslačkom ergometru, plivači na plivačkom ergometru, trkači na skijama na ergometru sa skijama itd.

6.2. Neinvazivni - Konkoni metod

Konconi test je nazvan po italijanskom doktoru Francescu Conconiju, koji je 23.01.1984 pomogao čuvenom biciklisti F. Moseru pri postavljanju svetskog rekorda u kružnoj vožnji bicikla za jedan sat. Test je pristupačna neinvazivna metoda određivanja anaerobnog praga (ANP) preko frekvence srca i brzine kretanja (intenziteta opterećenja). Doktor Conconi je još tada upotrebio postojeću korelaciju frekvence srca i intenziteta opterećenja.



Slika 6. Odnos intenziteta i srčane frekvence - Tačka defleksije (Bodner i sar., 2000)

Došao je do zaključka da kod aktivnosti visokog intenziteta, vrednosti srčane frekvence i intenzitet opterećenja nisu linearno zavisni (**tačka defleksije**, slika 6). On se može izvoditi: trčanjem, plivanjem, vožnjom bicikla (u situacionim uslovima), na tredmilu, bicikl-ergometru i veslačkom ergometru (laboratorijski uslovi). Sve modifikacije ovog testa se zasnivaju na principu postepenog povećanja opterećenja pri kontinuiranom naprežanju.

6.2.1. Konkoni test na tredmilu (uz pomoć monitora srčane frekvence) Opis testa: Nakon što se ispitanik individualno zagreje i pripremi za ispitivanje, potrebno je da se privikne na kretnu aktivnost po pokretnoj traci. To se najčešće sprovodi trominutnim hodom, pri brzini od 3 km/h. Početna brzina testa je sa 5 km/h. Brzina se progresivno povećava, svaki minut za 1 km/h. Ispitanik prve 2 minute, dakle do 7 km/h hoda, a kad pokretni traka dostigne brzinu od 7 km/h, započinje trčati.

Rating of Perceived Exertion Borg RPE Scale			
6	Very, very light	How you feel when lying in bed or sitting in a chair relaxed. Little or no effort.	
7			
8			
9			
10	Very light	Target range: How you should feel with exercise or activity.	
11			
12	Fairly light		
13			
14	Somewhat hard	How you felt with the hardest work you have ever done.	
15	Hard		
16			
17	Very hard		
18	Very, very hard	Don't work this hard!	
19			
20	Maximum exertion		

Slika 7. Borgova skala subjektivnog stepena napora

Kraj testa nastupa u trenutku kad ispitanik ne može više da prati brzinu kretanja trake. Poželjno je ispitaniku objasniti modifikovanu Borgovu skalu (Slika 7.) subjektivnog napora (gde je 6 oznaka za lagano, a 20 za maksimalno opterećenje).

6.2.2. Modifikovani Konkoni metod na bicikl-ergometru

Ovde važe svi principi prethodnog testa, sa tim da ovaj način izvođenja testa najviše odgovara biciklistima. Za uspešno vršenje testa potreban je jedan monitor srčane frekvence i bicikl-ergometar sa mogućnošću doziranja opterećenja u vatima (W). Test počinje nakon 10 minuta zagrevanja. Opterećenje u testu se povećava za 15W . Slabije trenirani biciklisti (ili drugi sportisti) započinju sa opterećenjem od 150W, dok dobro trenirani započinju test sa 200W. Frekvencija srca se konstantno registruje. Kadenca pedaliranja (okretanja pedala) je od 70 do 80 okr/min. Test se završava kada sportista više nije u stanju da održi zadato opterećenje ili dostigne predviđenu maksimalnu srčanu frekvencu. Za anaerobni prag se uzima tačka od koje počinje nelinearan odnos frekvence srca (otk/min) i opterećenja (W).

6.3. Stepenasti progresivni test opterećenja (eng. Graduate Exercise Test)

Prikazan je u tabeli 2. Pripada sportistkinji koja se spremala za učešće na Ironman triatlonu (3800m plivanja, 180 km bicikla i 42.195 km trčanja). Ona je istrčala test na atletskoj stazi: 5 x 2000m sa progresivnim povećanjem brzine trčanja + 1 x 1000m maksimalnim tempom. Registrovano je vreme, koncentracija laktata i frekvencija srca.

Nivo	Distanca	Tempo (m/s)	400m (min:sek)	Laktati (mmol/l)	Srcana frekvencija
Odmor				1.5	57
1	2000m	3.5	1.55	1.3	145
2	2000m	3.8	1.45	1.4	154
3	2000m	4.1	1.37	2	165
4	2000m	4.4	1.30	3.6	174
5	2000m	4.9	1.21	7.2	185
6	1000m	5.6	1.11	9.4	188

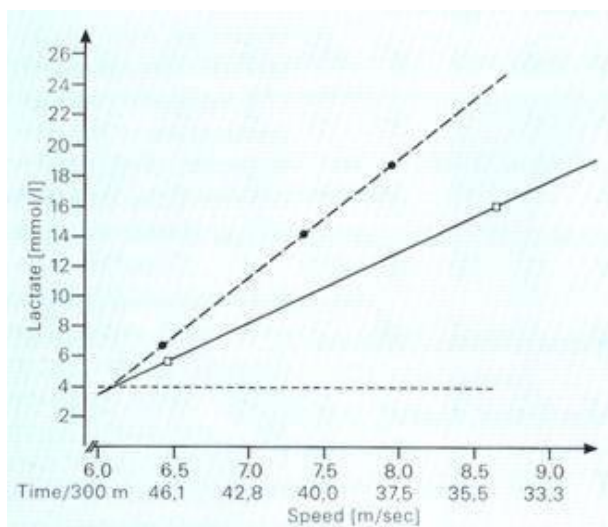
Tabela 2. Rezultati stepenastog testa opterećenja

Vidimo da se sa porastom brzine na početku testa, koncentracija laktata vrlo malo povećala, čak se i smanjila u odnosu na vreme u miru. Na kraju, nivo laktata je rastao veoma brzo. Tempo trčanja i frekvenca srca su linearno rasli, dok se koncentracija laktata ponašala drugačije. Ovo dokazuje da je teško predvideti nivo laktata na osnovu frekvence srca. Nivo laktata se u početku povećava vrlo sporo. Pri kraju testa koncentracija naglo raste, dok se frekvenca srca na kraju stabilizuje. Zbog daljeg naglog porasta koncentracije laktata nastaju bolovi u mišićima i na kraju, sportista mora da prekine aktivnost. Do naglog porasta laktata u krvi dolazi između 4.1 i 4.4 m/s, što govori da se u ovoj zoni nalazi laktatni prag. To se može precizno proveriti putem testa konstantnog napora (eng. Constant effort test). Procenjen laktatni prag (LP) za ovu sportistkinju je oko 4.25 m/s. Frekvenca srca pri ovoj brzini je oko 170 otk/min. Na ovom opterećenju nakon izvesnog vremena, srčana frekvenca počinje da raste. Kada bi ova triatlonka trčala maraton pri toj brzini (LP-a), ne bi bila u stanju da završi trku (jer se na nivou LP u energetske svrhe dominantno koriste ugljeni hidrati, kojih zbog praznjenja depoa ne bi bilo dovoljno za ceo maraton). Iz ovog razloga, tempo maratona je nešto ispod LP-a. Ona mora da štedi zalihe ugljenih hidrata, a da tokom većeg dela trke dominantno troši mešavinu masti i ugljenih hidrata. To može učiniti jedino tako što će usporiti tempo trčanja (tempo na LP-u

odgovara rezultatu maratona od 2:45 do 2:55) i time koristiti više masti kao primarni izvor energije. U ovim uslovima neće doći do velike produkcije laktata, jer se za stvaranje energije manje koriste ugljeni hidrati.

6.4. Test (Double-run test) 2 x 300m

Ovo je specijalno kreiran za trkače na 400m (Mader, 1978). Bazira se na hipotezi da je produkcija laktata pri anaerobnom režimu rada u linearnoj korelaciji sa povećanjem intenziteta za period od 30 sek do 6 minuta. Sportista nakon zagrevanja trči prvu deonicu od 300m (to je nešto više od 2/3 distance u kojoj se takmiči-400m) sa intenzitetom u zoni nižeg anaerobnog opterećenja (5-8 mmol/L). Nakon 20-25min aktivnog oporavka (sačekati da se koncentracija laktata spusti na 2-3 mmol/L), zadatak je drugih 300m istrčati maksimalnim intenzitetom (očekuje se 12-18 mmol/L). Krv za analizu se uzima iz hiperemizirane rese uha u 1, 3, 5 i 7 minuta nakon prvog testa i u 1, 3, 5, 7, 10 i 12 minuti nakon drugog testa. U koordinatni sistem se unose maksimalne vrednosti laktata iz oba trčanja, kako je to prikazano na grafiku. Spajanjem izmerenih vrednosti i ekstrapolacijom na niže, dobija se presek sa linijom koja prikazuje nivo laktata od 4 mmol/L (brzina izražena u m/s se očitava na vodoravnoj osi). Nagnutost prave prikazuje razvijenost anaerobnog sistema sportiste.



Relacija koncentracije laktata i brzine trčanja u testu 2 x 300m kod mladog trkača na 400m (52 sec) - isprekidana linija i vrhunskog trkača na 400m (45- 46 sec) - puna linija (Fohrenbach et al., 1986)

Na slici se vidi da je kod vrhunskog sportiste nagib laktatne krive znatno manji, tj. da je on u stanju da postiže daleko veću brzinu trčanja pri nižoj koncentraciji laktata. Ovaj sportista ima bolju laktatnu toleranciju i veću laktatnu izdržljivost.

6.5. Ostali testovi za procenu individualnog anaerobnog praga

Test 1

Spiroergometrijski progresivni test opterećenja na pokretnoj traci (start 3,0 km/h, ubrzanje 0,5 km/h svakih 30''; konstantan nagib od 1,5°)Prednosti: najpouzdaniji, najprecizniji i najtačniji , puno podataka, svi parametri se mere a ne procenjuju, određuje se svaka zona. Precizno doziranje intenziteta. Nedostatak: skup!

Test 2

Spiroergometrijski progresivni test opterećenja na biciklergometru (start 50W, povećanje opterećenja 20W svakih 60''; konstantna frekvencija pedaliranja 90 rpm)Prednosti: najpouzdaniji, najprecizniji i najtačniji , puno podataka, svi parametri se mere a ne procenjuju, određuje se svaka zona. Precizno doziranje intenziteta. Nedostatak: skup!

Test 3

Spiroergometrijski progresivni test opterećenja na veslačkom ergometru (start 150W, povećanje opterećenja 20W svakih 60'')Prednosti: najpouzdaniji, najprecizniji i najtačniji (referentna metoda), puno podataka, svi parametri se mere a ne procenjuju, određuje se svaka zona. Precizno doziranje intenziteta. Nedostatak: skup!

Test 4

Progresivni test opterećenja na stadionu ili u dvorani (tzv. Conconi - start 5,0 km/h, ubrzanje 0,5 km/h svakih 200m) Prednosti: Jednostavan i jeftin! Može se istovremeno meriti cela ekipa. Nedostatak: Meri se FS pa se procenjuje anaerobni prag (tačka defleksije). Individualne zone treniranosti određuju se na temelju pretpostavljenih procenata za svaku zonu! Ne toliko precizan i pouzdan kao spiroergometrijski test.

Test 5

Progresivni test opterećenja u fitnes centru ili klubu na pokretnoj traci (tzv. Conconi - start 3,0 km/h, ubrzanje 0,5 km/h svakih 30''; konstantan nagib od 1,5°) Prednosti: Jednostavan i jeftin! Precizno doziranje intenziteta. Nedostatak: Meri se FS pa se procenjuje anaerobni prag (tačka defleksije). Individualne zone treniranosti određuju se na temelju pretpostavljenih procenata za svaku zonu! Ne toliko precizan i pouzdan kao spiroergometrijski test.

Test 6

Progresivni test opterećenja u fitnes centru ili klubu na biciklergometru (tzv. Conconi - (start 50W, povećanje opterećenja 20W svakih 60''; konstantna frekvencija pedaliranja 90 rpm) Prednosti: Jednostavan i jeftin! Precizno doziranje intenziteta. Nedostatak: Meri se FS pa se procenjuje anaerobni prag (tačka defleksije). Individualne zone treniranosti određuju se na temelju pretpostavljenih procenata za svaku zonu! Ne toliko precizan i pouzdan kao spiroergometrijski test.

Test 7

Progresivni diskontinuirani laktatni test (npr. trčanje 7x800, 7x400, 5x1000 sa pauzom od 1-3' i merenjem koncentracije laktata u krvi.) Prednosti: Specifičnost trenažnih operatora! Nedostatak: Relativno skup. Meri se koncentracija laktata u krvi pa se procenjuje anaerobni prag (D-max i sl metoda ili 4 mmol/l metoda). Individualne zone treniranosti određuju se na temelju pretpostavljenih procenata za svaku zonu! Ne toliko precizan i pouzdan kao spiroergometrijski test. Neprecizno određivanje anp i zona treniranosti. Doziranje intenziteta

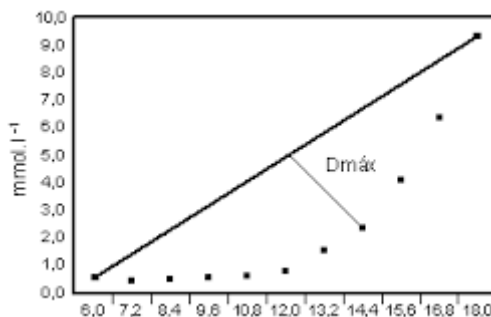
Test 8

Plivački progresivni diskontinuirani laktatni test (npr. plivanje 7x200m, 10x100m sa pauzom od 1-3' i merenjem koncentracije laktata u krvi.) Prednosti: Specifičnost trenažnih operatora! Nedostatak: Relativno skup. Meri se koncentracija laktata u krvi pa se procenjuje anaerobni prag (D-max i sl metoda ili 4 mmol/l metoda). Individualne zone treniranosti određuju se na temelju pretpostavljenih procenata za svaku zonu! Ne toliko precizan i pouzdan kao spiroergometrijski test. Neprecizno određivanje anp i zona treniranosti. Doziranje intenziteta.

7. Invazivna metoda – merenje koncentracije laktata

Anaerobna razgradnja glukoze u svrhu dobijanja energije rezultuje stvaranjem metabolita mlečne kiseline, tj laktata koji su neophodni nusproizvod. Laktati nastaju anaerobnom glikolizom, odnosno razgradnjom ugljenihhidrata u citoplazmi stanice do pirogrogždane kiseline. Kada pirogrogždana kiselina ne bi prelazila u mlečnu, došlo bi do njenog nakupljanja što bi usporilo ili potpuno zaustavilo dalju razgradnju ugljenihhidrata. U cilju sto bolje procene zone treniranosti primenjuju se laktatni testovi.

7.1. Metoda D-max je metoda kojom se u koordinativni sistem odnosa laktata u krvi i brzine ucrtala laktatna krivulja. Zatim se povuce crta koja spaja količinu laktata u mirovanju i maksimalnu količinu laktata.



Slika 8. Dmax krivulja procene AP

Na mestu gde je „slovo D“ najšire, odnosno gde je luk najveći nalazi se anaerobni prag. Testirana je grupa trkaca na 10km na tredmilu, početna brzina je 6km/h, a na svakih 3min brzina se povećavala za 1,2km/h kraj je bio na desetom opterećenju, a laktati su se merili u 30 secundi pauze (Slika8.)

7.2. Primena laktatnih testova

1. Treneri za svakog sportistu dobijaju inicijalnu procenu svakog energetskog sistema, a svaki sportista se klasifikuje u odnosu na svoj fiziološki profil. Ovim putem svaki programirani trening je precizno doziran, bez suvišnog obima i suvišnog intenziteta.

2. Obzirom da je svaki sportista individua za sebe, potrebno je znati kojom dinamikom se dešavaju promene u njegovom fiziološkom profilu. Najveći doprinos laktatnog testa se ogleda u tome što on dokumentuje šta se dešava sa svakim ispitanikom tokom testa ili treninga (omogućava komparaciju rezultata), tj. svaki trening postaje mnogo efikasnije jer se u njemu obavlja samo efektivan rad. Ovaj individualizovan pristup omogućava dostizanje željenog balansa sposobnosti, neophodnih za postizanje vrhunskih rezultata.

3. Velika mogućnost izvođenja testa u situacionim uslovima.

4. Rezultati testa će dozvoliti treneru da kompletira trenažne intenzitete za svaku trenažnu zonu opterećenja

U testu kontinuiranog opterećenja ili na treningu, krv za analizu se uzima iz kaziprsta (Slika 9.) ili rese uha najmanje trokratno. Pre testa (treninga) u miru, 2 - 4 minute nakon opterećenja (kada je ispiranje laktata maksimalno) i u 10 minuti oporavka (kada vrednosti laktata direktno ukazuju na brzinu oporavka od primenjenog opterećenja, tj. kako je organizam podneo dozirano opterećenje).



Slika 9. *Vađenje krvi iz jagodice kaziprsta I određivanje koncentracije laktata pomoću laktatometra*

Kada je u pitanju diskontinuirani test, intervalni trening ili bilo koji laktatni test protokol, uzorak krvi za formiranje laktatne krivulje se uzima više puta (najmanje 5). U prvom slučaju se ocenjuje: 1. Kasna faza oporavka (laktati u miru) 2. Maksimalne vrednosti (u drugoj ili četvrtoj minuti nakon opterećenja) 3. Rana faza oporavka (vrednosti La u 10 min. oporavka). Kod diskontinuiranog tipa opterećenja dobija se laktatna krivulja za ocenjivanje metaboličkih zona, u prvom redu anaerobnog praga. U kasnoj fazi oporavka za normalne vrednosti laktata u krvi se smatra vrednost od 1 do 2 mmol/L. Više vrednosti pokazuju nepotpun oporavak ili spor oporavak od prethodnog opterećenja (treninga). Vrednosti kasne faze oporavka su dobre ako u 10 minuti nakon opterećenja (u testu na tredmilu to je i do 15 minuta) dobijene vrednosti laktata budu za 1.5 do 2.0 mmol/L manja, od vrednosti izmerenih u 2 i 4 minuta oporavka (maksimalnih vrednosti). Primer: Ako dobro trenirani atletičar (800m) ima maksimalni nivo laktata 24 mmol/L, on ne bi trebalo da na treningu podiže laktate iznad 16 mmol/L (kako bi optimalna adaptacija na dozirana opterećenja dostigla stabilizaciju). Ako je rana faza oporavka spora, tj. vrednosti laktata su na relativno nižim vrednostima, to ukazuje na to da sportista teško podnosi opterećenja velikog obima i slabijeg intenziteta. Visoka koncentracija laktata sa brзом ranom fazom oporavka, potvrđuje da sportista dobro podnosi opterećenja visokog intenziteta. Vrednosti La od 6 do 8 mmol/L govore o nižem opterećenju sprovedenom na treningu. Vrednosti od 8 do 12 mmol/L govore o srednjem opterećenju, a vrednosti od 12 do 16 mmol/L o visokom opterećenju. Različite koncentracije laktata i različite vrednosti srčane frekvence su direktan odgovor organizma na aplikovano opterećenje. Različiti načini reakcije organizma na stimulaciju većim intenzitetom, objašnjavaju njihovu komplementarnu upotrebu. Ako je komponenta snage na prvom mestu, sa angažovanjem individualnih mišićnih grupa, nivo opterećenja se ocenjuje

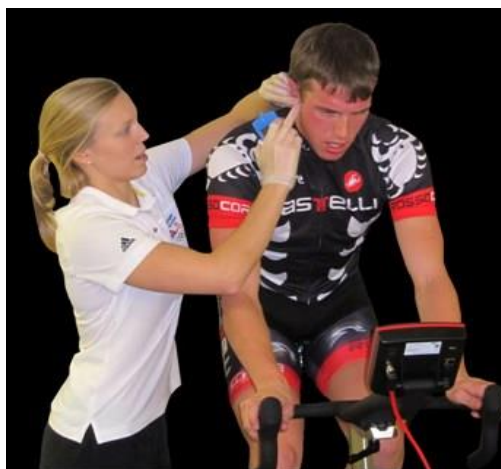
prateći koncentraciju laktata. Kod produženog kontinuiranog treniga koji uključuje velike mišićne grupe (trčanje, biciklizam i sl.), koncentracija laktata i puls su dobri kontrolni parametri. Jednostavno praćenje intenziteta opterećenja, na bazi srčane frekvence (putem savremenih pulsmetara), rešava velik broj praktičnih problema. Dodatnim merenjem koncentracije laktata dobijamo kompletan i precizan odgovor organizma na opterećenje.

Zone	Laktati (mmol/L)	Predlog
Regeneracijska	Do 1	90 do 120min
Izdržljivost 1	1	50 do 90min
Izdržljivost 2 (ekstenzivna)	2	30 do 50min
Izdržljivost 3 (intenzivna)	3	20 do 30min
Anaerobni prag	4	Ponavljjanje opterecenja
Tolerancija na laktate 1	Do 7	Ekstenzivni intervali
VO2max	Od 8 do 10	Ponavljjanje/ intervali
Tolerancija na laktate 2	Preko 10	Intezivni intervali

Tabela 3 . Laktatne zone opterećenja

7.3. Tehnika uzimanja krvi iz resice uha

Tokom pripreme ispitanika za testiranje i njegovim upoznavanjem sa predstojećim test protokolom, neophodno je naneti FINALGON mast na resicu uha(Slika 10.), kako bi se isprovocirala hiperemizacija.



Slika 10. *Vađenje krvi iz usne resice i određivanje koncentracije laktata uz pomoc laktatometra*

Nakon desetak minuta adekvatno izvršene pripreme organizma ispitanika za predstojeći test, potrebno je ukloniti nanetu mast (resicu uha prvo obrisati vatom natopljenu alkoholom, a potom i suvom vatom). Nakon izvršene dezinfekcije, sterilnom lancetom se izvrši ubadanje . Mala crvena tačka na mestu uboda je dokaz o pravilno izvedenom početnom koraku uzimanja uzorka . Držeći kapiletu između palca i kažiprsta prineti je bazi uha. Istovremeno vršiti pritisak na tačku gde se uho spaja sa glavom (kako bi se usporilo vraćanje krvi u sistem) i nežno potiskivati krv na dole - ka tački uboda . Prvu kap krvi je potrebno obrisati sredstvom za dezinfekciju i suvom vatom. Ovim se eliminiše “stara krv” koja se zatekla tu prilikom uboda . Nastavljajući nežno pritiskanje resice na dole, sačekati da se formira druga velika kap krvi. Njome punimo unapred pripremljenu kapiletu . Postupak ponoviti sve dok kapileta ne bude dovoljno puna . Obrisati mesto uboda sterilnom vatom .

7.4. Faktori koji utiču na proces proizvodnje laktata

Postoji više faktora koji mogu uticati na rezultate testa, a time i na ceo dalji trenažni proces. Važno je da trener zna koji su to faktori i kakav uticaj mogu imati (kako bi mogao da ih kontroliše). Neki od njih su:

Doba dana

Kod većine sportista je manja brzina (plivanja, trčanja...) na laktatnom pragu ujutro, nego popodne. Nivo opterećenja koje se koristi popodne, biće preveliko za trening i testiranje pre podne. Oni sportisti koji su se navikli (adaptirali) da treniraju rano ujutro, tada mogu postizati i bolje rezultate. Kod velikog broja sportista potvrđene su znatne razlike LP merenog ujutro i popodne. Kao glavni uzrok toga smatra se različita enzimsko aktivnost. Iz toga razloga testove treba vršiti u oba dela dana, kako bi se videle razlike između dobijenih rezultata.

Različita podloga na kojoj se vrši testiranje Različita podloga po kojoj se trči ima značajan uticaj na rezultata testa (zbog apsorpcije dela energije).

Vreme – temperatura i vlažnost vazduha

Vrednosti frekvence srca i laktata variraju u zavisnosti od temperature i vlažnosti vazduha, te su i rezultati procene LP različiti. Procene LP pri ekstremno visokim ili niskom temperaturama može biti pogrešna. Nepreporučuje se testiranje po vetrovitom vremenu i kiši. Kada se sportista testira u terenskim uslovima, potrebno je zabeležiti spoljašnju temperaturu i vlažnost vazduha, kako bi se rezultati mogli upoređivati pri sledećem testiranju.

Prethodni naporan trening ili takmičenje

Sportista obično ima niži LP, ako je dan pred testiranje imao naporan trening ili takmičenje. Ako je imao sasvim lagani trening, to ne bi smelo da utiče na nivo LP-a zbog bolje popunjenosti glikogenskih depoa.

Dijeta

Dan pred testiranje sportista treba da unese dovoljno ugljenih hidrata, kako bi se obezbedila maksimalna popunjenost depoa (izvršila superkompenzacija). Uporedo sa unosom ugljenih hidrata treba da unese i dovoljno tečnosti, kako ne bi došlo do dehidracije u toku testa (izbegavati gazirana pića).

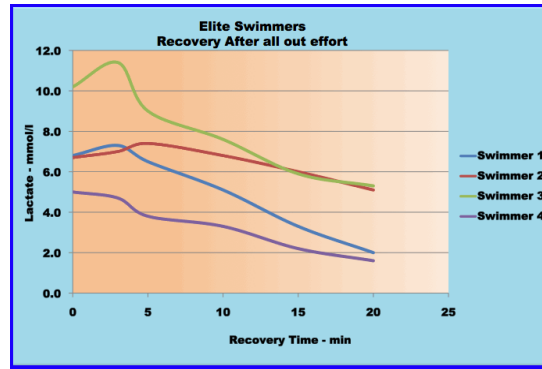
Ostali faktori

Treneri treba da koriste svaki put istu proceduru testiranja kako bi rezultati bili međusobno uporedivi. Svaka modifikacija testa smanjuje kompatibilnost i značaj rezultata. Rezultati testa na ergometru (laboratorijski) i testa na terenu, smeju se porediti samo u ograničenim segmentima. Treba koristiti aktivnosti slične takmičarskim (npr. ne treba testirati trkače na bicikl-ergometru, a bicikliste na tredmilu; ili plivače delfin stilom sa primenom tehnike kraula).

Postoje određeni faktori koji utiču na količinu stvorenih laktata (prilikom kasnije interpretacije rezultata, to može uticati na procenu trenažnih zona opterećenja - posebno na laktatni prag):

- Intenzitet i trajanje opterećenja;
- Treniranost aktivnih mišića – veća količina mitohondrija povećava oksidativne kapacitete, povećan oksidativni kapacitet masnih kiselina (ne stvaraju se laktati), visoka propustljivost kapilara olakšava dotok kiseonika u mitohondrije kao i izlazak štetnih produkata iz mišića;
- Kompozicija mišićnih vlakana – sporo kontrahujuća vlakna stvaraju manje laktata od brzo kontrahujućih, pri radu istog intenziteta (bez obzira na treniranost);
- Distribucija angažovanih mišića – velika grupa mišića prilikom rada srednjeg intenziteta stvara manje laktata od male mišićne grupe, pri radu većeg intenziteta (npr. triatlonac mora racionalno raspodeliti snagu mišića nogu, ruku i ramenog pojasa. Ne sme previše opteretiti samo jednu grupu mišića);
- Brzina eliminacije laktata.

Laktati se neutrališu puferskim sistemom krvi u koji spadaju: hemoglobin, oksihemoglobin, belančevine plazme, fosfati i bikarbonati. Najvešim delom se neutrališu preko krvnog plazma bikarbonata, a manjim delom preko hemoglobina i krvnog proteina. Odstranjivanje La iz krvi vrše jetra, neaktivna muskulatura i miokard.



Slika 11. *Potrebno vreme eliminacije laktata posle napornog treninga kod cetiri vrhunska plivaca*

8. Ostale metode

Uz gore navedene, razvijaju se i nove metode procene anaerobnog praga, temeljene na merenju dinamike različitih fizioloških parametara, kao posledice metaboličkih promena vezanih uz nastanak anaerobnog praga. Tako je razvijena metoda praćenja koncentracije kateholamina u krvi, s ciljem usvajanja kateholaminskog praga kao alternative laktatnoj metodi, s obzirom da uočene promene u hormonskoj koncentraciji koreliraju s promenama koncentracije laktata. Elektromiografija se takođe proučava kao moguća metoda procene anaerobnog praga, s obzirom na uočenu visoku povezanost ventilacionog i elektromiografskog praga, što bi moglo upućivati na doprinos mišićno-senzorne aktivacije mehanizmu anaerobnog praga, usled pojačanog aktiviranja brzih mišićnih vlakana u svrhu zadovoljavanja povećanih energetske potrebe.

8.1. Kateholaminska metoda

Koncentracije adrenalina i noradrenalina u plazmi takođe pokazuju promenu trenda kretanja (praga) pri submaksimalnim nivoima inteziteta tokom progresivnog testa opterećenja. Mazzeo i saradnici su istraživali odnos između nivoa kateholamina u plazmi, laktatnog i ventilacionog praga kod vrhunski treniranih sportista iz sportova izdržljivosti (šest biciklista i šest cross-country trkača) tokom progresivnog testa na biciklergometru i pokretnoj traci.

Infleksija krivulje plazmine koncentracije adrenalina sledila je jednak obrazac i pojavila se istovremeno s pojavom laktatnog praga, pokazavši visoku korelaciju s tim pragom nezavisno od protokola testiranja i trenažnih karakteristika ispitanika.

Schneider i sar. su istraživali kretanje adrenalina i laktata u krvi tokom zasebnih progresivnih testova opterećenja gornjih i donjih ekstremiteta. Cilj istraživanja bio je utvrditi javljaju li se laktatni i adrenalinski prag istovremeno tokom testiranja koje obuhvata mišiće ruku, odnosno mišiće nogu. Intenzitet oba praga se razlikovao zavisno od mase testirane aktivne muskulature. Oba su praga bila značajno niža kod testiranja na ručnom ergometru. Nezavisno od oblika testiranja, obrazac kretanja koncentracije adrenalina i tačka intenziteta praga odgovarali su laktatnim pokazateljima. Autori su zaključili da su rezultati konzistentni s hipotezom da porast koncentracije adrenalina u krvi može biti među uzročnim faktorima prelomne tačke u trendu kretanja laktata u krvi tokom progresivnog testa opterećenja.

8.2. Emg metoda

Nagata i saradnici su istraživali mogućnost korišćenja mioelektričnih signala u određivanju anaerobnog praga kod deset studenata koji su izvodili progresivni test opterećenja na biciklergometru. Utvrđena je visoka korelacija između vrednosti EMG anaerobnog praga i laktatnog anaerobnog praga odnosno između EMG i ventilacionog anaerobnog praga. Autori zaključuju da se analiza mioelektričnih signala, kao odraz aktivacije motoričkih jedinica i frekvencije izbijanja, može upotrebiti kao metoda neinvazivne procene anaerobnog praga .

Niz istraživača proučavao je fenomen elektromiografskog praga kod različitih mišićnih grupa. Airaksinen i sar. su pri progresivnom testu na biciklergometru u svrhu određivanja anaerobnog praga uporedili kretanje laktata u krvi, ventilacijskih parametara i EMG aktivnosti (m. quadriceps i m. gastrocnemius). Anaerobni prag bio je određen prekidom inicijalne linearnosti porasta svih merenih pokazatelja. Intenzitet praga određen trima metodama nije se statistički razlikovao, a prag EMG aktivnosti zabeležen je i u neaktivnoj muskulaturi (m. frontalis). Chwalbińska-Moneta i sar. potvrđuju da EMG prag odražava obrazac akumulacije laktata u krvi i laktatnog praga tokom progresivnog testa i kod sportista iz sportova izdržljivosti i kod sportista iz tzv. anaerobnih, brzinskih disciplina. Visoka korelacija kretanja laktata i EMG

aktivnosti zabeležena je kod dinamički opterećenih antagonista (m. rectus femoris i m. biceps femoris) i kod m. soleusa, ali i kod neaktivnih mišića (m. frontalis). Kod tih je mišića utvrđen i nelinearni porast koji je odgovarao anaerobnom laktatnom pragu. S druge strane, nije nađena povezanost između EMG aktivnosti i kretanja koncentracije laktata u statički opterećenom m. trapeziusu. Mateika i Duffin, pak, zaključuju da koincidirajuće promene u ventilacionim pokazateljima i EMG aktivnosti (m. vastus lateralis) tijekom progresivnog testa nisu povezane s promenama u krvnoj koncentraciji laktata. Podupiru hipotezu da su ventilacione promene podstaknute porastom nervne aktivnosti koja je, pak, podstaknuta potrebom uključivanja brzih mišićnih vlakana usled porasta inteziteta fizičkih aktivnosti.

I u istraživanju Taylora i Bronksa EMG prag utvrđen u m. vastus lateralisu i/ili m. gastrocnemiusu u 8 od ukupno 10 ispitanika, nastupio je s kašnjenjem u odnosu na laktatni prag, pa autori zaključuju da EMG metoda nije prikladna za određivanje faze aerobno-anaerobnog prelaza pri trčanju na pokretnoj traci.

Lucia i sar. su analizirali aerobno-anaerobni prelaz (za m. vastus lateralis i m. rectus femoris) kod 28 elitnih biciklista, tokom progresivnog testa. Kod 90% ispitanika u oba mišića utvrđena su dva EMG praga. Prvi EMG prag uočen je na približno 60-70%, a drugi na približno 80-90% VO₂max. Metoda je pokazala i visoku test-retest pouzdanost za oba praga, kod oba mišića.

Hug i sar. su, na temelju hipoteze da aktivacija mišićnih aferentnih signala usled akumulacije laktata i kalijuma izaziva i EMG znakove zamora i hiperventilaciju, kod 39 ispitanika istražili su prate li EMG znakovi neuromišićnog zamora (m. vastus lateralis) promene u respiracionim varijablama merenim pri ventilacionom pragu. Utvrđeno je da promene senzomotoričke kontrole aktivnih mišića povezane s neuromuskularnim zamorom koincidiraju s neinvazivnim pokazateljima ventilacionog praga. Rezultati podupiru hipotezu da aktivacija mišićnih senzornih puteva doprinosi mehanizmu nastanka ventilacionog praga, pri čemu je upravo pojava nakupljanja laktata i kalijuma mogući kandidat za aktivaciju aferentnih signala u radnom mišiću.

8.3. Određivanje koncentracije hormona rasta u krvi

Chwalbińska-Moneta i saradnici su kod 12 aerobno treniranih sportista utvrdili da kretanje plazmine koncentracije hormona rasta prati obrazac kretanja plazmine koncentracije kateholamina (adrenalina i noradrenalina) i laktata tokom progresivnog testa na biciklergometru (protokol porasta intenziteta za 50 W svake 3 minute). Nakon neznatnog porasta koncentracije hormona rasta i kateholamina pri niskim i umerenim intenzitetima, uočen je nagli rast pri veličini opterećenja koja je odgovarala laktatnom pragu, uz utvrđene statistički značajne korelacije između laktatnog praga i praga hormona rasta, adrenalinskog i noradrenalinskog praga. Nije bilo statistički značajne razlike između prosečnih vrednosti intenziteta laktatnog praga i pragova preostala tri pokazatelja.

8.4. Određivanje promena u sastavu nosne sluzi

Chicharro i saradnici su ispitivali valjanost nove metode za neinvazivno utvrđivanje anaerobnog praga – na uzorku od 13 ispitanika pokušali su odrediti prag analizom promena u sastavu nosne sluzi tokom progresivnog testa na biciklergometru (početno opterećenje od 50 W, porast opterećenja za 50 W svakih 3 minuta). Pragom su definisali tačku u kojoj je nastupio prvi porast ili u koncentraciji Cl^- ili u koncentraciji Na^+ . Uporedo su određivali i kateholaminski prag, te laktatni i ventilacioni prag. Nisu utvrdili značajnih razlika između praga elektrolita u nosnoj sluzi i pragova određenih ostalim metodama. Dobijene su zadovoljavajuće korelacije između praga elektrolita u nosnoj sluzi i laktatnog praga, praga elektrolita u nosnoj sluzi i kateholaminskog praga. Ista je grupa autora ovakve rezultate potvrdila i u narednim istraživanjima, uz zaključak da je moguće da su promene koncentracije elektrolita u nosnoj sluzi koje se javljaju pri određenom intenzitetu („salivarni prag“) uzrokovane simpatičkom stimulacijom. Predlažu, dalje, da simpatička stimulacija potiče promene u izlučivanju nosne sluzi, kao i u reapsorpciji i izlučivanju elektrolita u sekrecionim ćelijama. I smanjenje sekrecije nosne sluzi tokom vežbanja moglo bi biti rezultat smanjenja protoka krvi kroz nosne supljine usled pojačane adrenergičke simpatičke aktivnosti. Autori analizu sastava nosne sluzi (tačnije, elektrolita i/ili α -amilaze) u određivanju salivarnog praga sugerisu kao alternativnu neinvazivnu metodu određivanja intenziteta vežbanja koji odgovara anaerobnom pragu. Port je opisao

kretanje koncentracije laktata u krvi, te kortizola u krvi i u nosnoj sluzi kod šest ispitanika tokom progresivnog testa na biciklergometru. Uz podudarnu dinamiku serumskog i salivarnog kortizola, autor je prikazao visoku pozitivnu korelaciju između nivoa laktata u krvi i kortizola u nosnoj sluzi . Porast koncentracije oba ova pokazatelja mogao bi biti rezultat značajnije simpatičke aktivnosti, odnosno porasta nivoa kateholamina u krvi kod intenziteta aktivnosti iznad anaerobnog praga.

9. ZAKLJUČAK

Kao što je i navedeno u dosadašnjem materijalu, značaj individualnog anaerobnog praga je veliki i jasno nam pokazuje trenutno stanje treniranosti sportiste. Visina individualnog anaerobnog praga je pokazatelj aerobne moci, što je presudno u acikličnim sportovima i cikličnim sportovima brzinske izdržljivosti kada sportista teži da visok nivo fizičke aktivnosti održi duži vremenski period. Stalnom kontrolom sportiste pomoću jedne od navedenih metoda, pruža nam dokaz o fizičkom stanju, tako da možemo mudro upravljati treningom, izbeći povrede ili podići intezitet treninga kada se bliži takmičarska sezona. U većini slučajeva anaerobni prag se kreće od 80-85% maksimalne srčane frekvencije odnosno u rasponu od 2-4 mmol/l koncentracije laktata. Treba uzeti u obzir različite individualne potrebe sportista za poziciju u timu ili na osnovu dužine trajanja discipline, pa prema tome i prilagoditi treninge odnosno odrediti individualne anaerobne pragove. Testiranje sportista treba biti prilagođeno njihovoj sportskoj disciplini, biciklisti na bicklergometru, trkači na tredmilu, plivači u bazenu. Kontrolu treba vršiti isti stručnjak prema jasno utvrđenim vremenskim intervalima prateći ciljane parametre. Testiranje treba sprovoditi u istim vremenskim uslovima i kada je sportista potpuno psihofizički spreman.

10. LITERATURA

1. Anderson GS, Rhodes EC. A review of blood lactate and ventilatory methods of detecting transition thresholds. *Sports Med* 1989;43-55.
2. Antonutto, G., Di Prampero, P.E. (1995). The concept of lactate threshold. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 6-12.
3. Aunola, S., Rusko H. (1988). Comparison of two methods for aerobic threshold determination. *European Journal of Applied Physiology*, 420-424.
4. Billat, V.L., Sirvent, P., Py, G., Koralsztejn, J.P., Mercier, J. (2003). The Concept of Maximal Lactate Steady State. *Sports Medicine*, 407-426.
5. Borg, G. A.V. i Ottoson, D. (1986). *The Perception of Exertion in Physical Work*. London: MacMillan.
6. Bosquet, L., Leger, L., Legros, P. (2002). Methods to Determine Aerobic Endurance. *Sports Medicine*, 675-700.
7. Bodner ME, Rhodes EC. A Review of the Concept of the Heart Rate Deflection Point. *Sports Med* 2000;31-46.
8. Brooks GA. Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Med Sci Sports Exerc* 1985;22-34.
9. Chwalbińska-Moneta J, Hanninen O, Penttila I. Relationships Between EMG and Blood Lactate Accumulation During Incremental Exercise in Endurance- and SpeedTrained Athletes. *Clinical Journal of Sport Medicine* 1994;31-38.
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*, 869-873.

11. Caiozzo VJ, Davis JA, Ellis JF, et al. A comparison of gas exchange indices used to detect the anaerobic threshold. *J Appl Physiol* 1982,1184-9.
12. Chicharro JL, Lucia A, Perez M, Vaquero AF, Urena R. Saliva composition and exercise. *Sports Med* 1998;17-27.
13. Franja Fratrić, Dijagnostika treniranosti sportista 2010, 100-113.
14. Guyton, A.C., Hall, J.E. (2003). *Medicinska fiziologija*.
15. Heck H, Mader A, Hess G, Mucke S, Muller R, Hollmann W. Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. *Int J Sports Med* 1985,117-30.
16. Janssen, P. (2001). *Lactate Threshold Training*. Human Kinetics. USA.
17. Kindermann W, Simon G, Keul J. The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1979,25-34.
18. Lucia A, Sanchez O, Carvajal A, Chicharro JL. Analysis of the aerobic-anaerobic transition in elite cyclists during incremental exercise with the use of electromyography. *Br J Sports Med* 1999,178-85
19. Mateika JH, Duffin J. Coincidental changes in ventilation and electromyographic activity during consecutive incremental exercise tests. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1994,54-61.
20. Nagata A, Muro M, Moritani T, Yoshida T. Anaerobic threshold determination by blood lactate and myoelectric signals. *Jpn J Physiol* 1981,585-97.
21. Port K. Serum and saliva cortisol responses and blood lactate accumulation during incremental exercise testing. *Int J Sports Med* 1991,490-4.
22. Rusko, H., Havu, H., Karvinen, E. (1978). Aerobic performance capacity in athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 151-159.

23. Sjödín B, Jacobs I. Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. *Int J Sports Med* 1981,23-6.
24. Svedahl K, MacIntosh BR. Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. *Can J Appl Physiol* 2003,299-323.
25. Schneider DA, McGuiggin ME, Kamimori GH. A comparison of the blood lactate and plasma catecholamine thresholds in untrained male subjects. *Int J Sports Med* 1992,562-6.
26. Skinner, J.S., McLellan, T.H. (1980). The transition from aerobic to anaerobic metabolism. *Research Quarterly for exercise and sport*,234-248
27. Taylor AD, Bronks R. Electromyographic correlates of the transition from aerobic to anaerobic metabolism in treadmill running. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1994,508-15.
28. Viru, A (1995). *Adaptation in sport training*. Boca Raton, FL: CRC Press Inc.
29. Walsh, M.L., Banister, E.W. (1988). Possible mechanisms of the anaerobic threshold. A review. *Sports Medicine*, 269-302
30. Wasserman, K., Hansen, J.E., Sue, D.Y., Casaburi, R., Whipp, B.J. (1999). *Principles of exercise testing and interpretation (III Ed)*. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.