

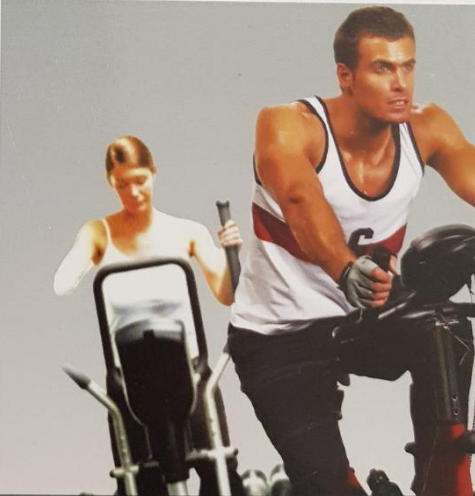
Prof. dr Duško J. Bjelica



**Teorijske osnove tjelesnog
i zdravstvenog obrazovanja**

Doc. dr Duško J. Bjelica

Teorijske osnove tjelesnog i zdravstvenog obrazovanja

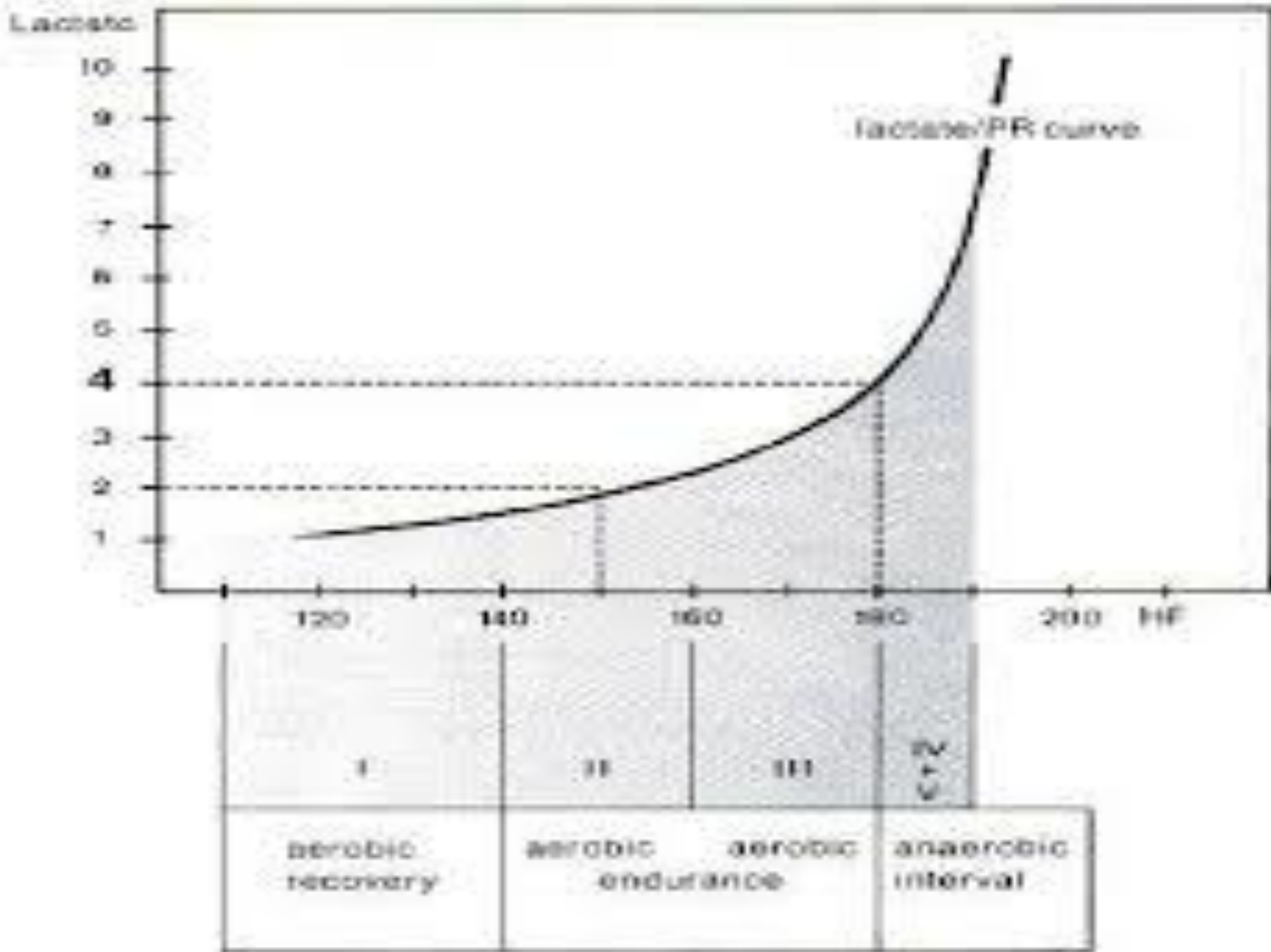


Anaerobni kapacitet

Prof. dr Duško Bjelica
Dr Bojan Mašanović

-
- Anaerobni kapaciteti definišu se na dva nivoa:
 - Anaerobno alaktatni – čista anaerobna energija bez pojave mlečne kisjeline
 - Anaerobno laktatni – jedan od produkata je mlečna kisjeline

-
- Anaerobni prag se definiše kao **intenzitet rada ili utrošak kiseonika** pri kome se **prvi put u povećanoj mjeri javljaju laktati** u plazmi
 - Pri pojavi anaerobnog praga laktati **počinju eksponencijalno da rastu**
 - sa istovremenim porastom respiratognog koeficijenta (R)
 - i eksponencijalnim povećanjem plućne ventilacije



-
- **Pri lakom naprezanju sa stabilnim stanjem,** potreba organizma za energijom zadovoljena je **aerobnim procesima,**
 - **sem u početku rada,**
 - a koncentracija mliječne kiseline u krvi je ista kao u mirovanju prije rada, oko 1,1 mmol po litru.

-
- Pri mirnom metabolizmu u ćelijama ima dovoljno kiseonika.
 - Stvaranje mlečne kisjeline jednako je njenoj eliminaciji
 - I konačni proizvod glikolize je pirogroždana kisjelina

-
- Čak i u miru ili radu lakog intenziteta **konstantno se stvara mala količina mliječne kiseline**
 - usljed **ograničenja** koja postavljaju:
 - enzimaska aktivnost
 - konstanta ravnoteže hemijskih reakcija

-
- U takvoj situaciji **brzina stvaranja laktata u ćelijama jednaka je brzini njegove eliminacije iz krvi,**
 - pa koncentracija u krvi iznosi oko 1,1 mmol po litru (1,1 milimola po litru krvi).

-
- Poslije prvih nekoliko minuta rada lakog intenziteta,
 - iz depoa u masnom tkivu izdvajaju se slobodne masne kisjeline,
 - pojavljuju se u cirkulaciji i transportuju do aktivnih mišića

-
- Njihova visoka koncentracija u krvi omogućuje stalno snabdijevanje mišića,
 - što ih čini dominantnim izvorom energije za mišićnu kontrakciju pri manjim opterećenjima.

-
- **Veća dostupnost i korišćenje slobodnih masnih kiselina ima izraženo inhibitorno dejstvo na glikolizu,**
 - čime se još više povećava korišćenje masti, kao izvora energije.

-
- U metabolizmu slobodnih masnih kisjelina stvara se citrat čija akumulacija inhibira aktivnost dva glikolitička enzima

-
- **Rezultat inhibicije glikolize** putem metabolizma slobodnih masnih kiselina **smanjuje se količina** stvorenog **laktata**.
 - **Male količine laktata koje se** tom prilikom stvore **oksidisu se u pirogrožđanu kisjelinu**

-
- U naprezanjima **sa rastućim opterećenjem**, **potreba za utroškom kiseonika** počinje da **se povećava**.
 - Sve više **raste potreba za novim količinama adenozin trifosfata**
 - uz istovremeno povećanje koncentracije aktuelnih metabolita.

Pri rastućem opterećenju,

- **potrebe** organizma za kiseonikom (O₂) su sve **veće**
 - i počev **od nekog intenziteta** rada **utrošak O₂ zaostaje za njegovom potrebom**,
 - što **aktivira glikolitičke procese**,
- **kako bi se mišići snabdeli** adenzintrifosfatom (ATP-om),
 - povećava koncentraciju laktata,
 - stvaranje ugljen dioksida (CO₂)
 - i povećanje plućne ventilacije (VE).

-
- Ako mišić ne može da sintetizuje ATP **aerobno** (a iz masnih kisjelina može jedino tako)
 - on ga **mora** sintetisati **iz glukoze**

-
- **Akumulacija** ovih **metabolita** smanjuje inhibitorne efekte citrata,
 - čime se **ubrzava glikoliza** i povećava stvaranje pirogroždane kisjeline

-
- **Javlja se neravnoteža između produkcije i oksidacije pirogroždane kiseline,**
 - Što znači - ako je **količina kiseonika neadekvatna,**
 - tokom intenzivne aktivnosti **pirogroždana** kiselina biva **konvertovana u mlječnu** kiselinu

-
- Daljim povećanjem intenziteta naprezanja troši se više adenozin trifosfata,
 - a time se smanjuje inhibitorni uticaj citrata,
 - što još više pojačava glikolizu,
 - pa se stvara više laktata.

-
- **Laktati su korisna forma energije** koja se oksidiše:
 - u toku srednje i niskointenzivne aktivnosti,
 - u toku oporavka i u mirovanju.

-
- **Ne uzrokuju** osjećaj zamora
 - **Pomažu u prolongiranju** submaksimalne aktivnosti
 -

-
- U početku se mlječna kisjelina **oksiduje ili otklanja** putem krvi i koristi u raznim organima
 - **Predstavlja takođe gorivo** za rad

-
- Ako **intenzitet** raste **preko 70%** VO₂ max
 - **Oksidacija** mlječne kisjeline i **resinteza** glikogena ne mogu da odstrane novonastalu mlječnu kisjelinu
 - Kao jaka kisjelina **ona se razlaže na anjone laktata i katjone vodonika**

-
- Povećana **koncentracija hidrogen jona** uzrok je acidoze
 - **Acidoza** – smanjuje se pH vrijednost sredine (kiselost sredine raste)

-
- Pri opterećenju preko 90% VO₂ max – nekompenzovana acidoza
 - Ne pravi nam problem povećana produkcija
 - Problem je povećana akumulacija katjona vodonika

-
- Neće nam praviti problem povećana produkcija ako se istom brzinom odvija eliminacija
 - Tada je početak acidoze odložen

-
- **Utrenirane osobe** imaju **veću toleranciju** na laktate
 - **laktatni prag** - **maksimalno održivi stabilan nivo** laktata ili MLSS (maximal lactate steady state)

-
- **ne postoji granica** gde prestaje aerobni metabolizam i započinje anaerobni
 - Pa su **tendencije** da je ovaj termin pravilnije koristiti

-
- **Različite koncentracije laktata** u krvi se smatraju preciznim **prediktorima sposobnosti** u sportovima izdržljivosti.
 - **Merenje koncentracije laktata** u krvi je **česta praksa među trenerima** u sportovima izdržljivosti,

-
- Dobijaju **parametri** koji **ukazaju na stepen adaptacije** sportiste (za procenu niva izdržljivosti)
 - A značajni su i za **određivanje perioda oporavka** sportiste.

-
- **Aerobno-anaerobni prelaz** - **prelomna tačka** kada nivo laktata u krvi počinje naglo da raste
 - Kod većine sportista taj prelaz - **od 3.5 mmol/l do 4.5 mmol/l**
 - Ne možete uopštavati granica jer **kod pojedinaca to može biti i dosta niže ili dosta više.**

-
- Kada se meri **koncentracija laktata** u krvi **prije treninga** u miru dobija se informacija o **kasnoj fazi oporavka**
 - odnosno o **stepenu oporavka sportiste od prethodnog treninga**

-
- Uobičajene vrednosti za kasnu fazu oporavka od **0.8** mmol/l i mogu ići i do **2** mmol/l
 - iako su optimalne vrednosti oko **1** mmol/l.

-
- **Rana faza oporavka** predstavlja razliku koncentracija koje se dobijaju od **2 do 4 minuta nakon opterećenja**
 - i oko 10 minuta od početka oporavka

-
- Ukoliko je razlika od **1.5 do 2 mmol/l** to znači da su **dobre vrednosti oporavka**.
 - Ukoliko je mala razlika to je indikator da **sportista nije spreman** za opterećenja velikog obima, a slabijeg inteziteta.

-
- **Ukoliko** sportista **brzo eliminiše laktate** iz krvi
 - tj. kada ima **visoku koncentraciju nakon opterećenja**
 - **ali i brzu ranu fazu oporavka,**
 - to **znači da je spreman** za opterećenja visokog inteziteta.

-
- **Laktati** mogu predstavljati prilično **pouzdan vodič** kroz **specifične treninge**
 - analiza laktata se može koristiti **kao pouzdana alatka pri kreiranju mikrociklusa i mezociklusa u** **trenažnom procesu**

-
- Koncentraciju laktata kao metaboličku informaciju **možemo dobiti veoma lako** pri korišćenju laktat analizatora koji je veoma pouzdan i daje rezultate u kratkom vremenskom roku
 - zato se **dosta koristi na terenu**
 - Dovoljno je samo izvaditi **par kapi krvi** iz prsta ili uva sportiste

- Dešavanja koja prate neutralizaciju mliječne kiseline:

- stvaranje više ugljen dioksida

	Vreme trajanja aktivnosti	Intenzitet rada	Izvori energije	Ergogeneza %	
				Anaerobno	Aerobno
1	1 – 15 sec	Do maks. granica	ATP – CP	100 - 95	0 – 5
2	15 -60 sec	Maksimalni	ATP – CP i LA	90 - 80	10 – 20
3	1 – 6 min	Submaksimalni	LA i aerobni	70 - (40-30)	30 – (60-70)
4	6 -30 min	Srednji	Aerobni	(40-30) - 10	(60-70) – 90
5	Preko 30 min	Niski	Aerobni	5	95

-
- Uporedo s tim raste i ostvaruje se **povećanje disajnog volumena**
 - **sve dok se ne dođe do 60% od vitalnog kapaciteta pluća.**

 - **Dalje povećanje ventilacije** postiže se samo **povećanjem frekvencije disanja.**

-
- **Plućna ventilacija se povećava linearno** sa porastom potrošnje kiseonika i ugljen dioksida,
 - **sve do opterećenja** koja zahtijevaju **60-70%**, **pa čak i do 90%** maksimalne potrošnje kiseonika.
 - **Nelinearni porast posljedica acidoze**

-
- Porventilacija se povećava **25 L** za svaki litar povećanja potrošnje kiseonika
 - Povećanje iznad ovoga znači **acidozu**
 - Za svaki mmol neutralisanog laktata stvara se višak od **22ml** ugljen dioksida

-
- Uprkos povećanju potrošnje kiseonika i stvaranju ugljen dioksida neko vrijeme se **održava pH vrijednost konstantnom**
 - Prilikom **velikog naprezanja pH se smanjuje**
 - **Raste parcijalni pritisak kiseonika** u alveolarnom vazduhu
 - **Opada parcijalni pritisak kiseonika i ugljen dioksida** u arterijskoj krvi

-
- Merenjem **parcijalnih pritisaka** kiseonika, ugljen-dioksida, kiselosti krvi (pH), koncentracije bikarbonata, i drugih vrednosti, **moгуća je objektivna procena** alveolarne (**plućne**) **ventilacije** ali i funkcija drugih organskih sistema od izuzetne važnosti za normalan život.

-
- Normalne vrednosti parcijalnog pritiska kiseonika iznose ($\text{PaO}_2 > 10,5 \text{ kPa}$)
 - Parcijalni pritisak ugljen-dioksida (PaCO_2) u zdravih osoba iznosi između 4,5 i 6,0 kPa

-
- Nizak PaO₂ označava da osoba ima poremećaj disanja, hipoksemiju.
 - Ako je PaO₂ manje od 60 mmHg potrebna je dodatna količina kiseonika.
 - ako je PaO₂ manji od 26 mmHg, osoba je u riziku od smrti i mora se odmah lečiti kiseonikom

-
- **Visok** PaCO₂ govori o respiratornoj **acidozi** i narušenoj ventilaciji.
 - **Nizak** nivo PaCO₂ o respiratornoj **alkalozi** i hiper-ventilaciji.

Referentne vrijednosti:

- pH - 7.35–7.45
- H⁺ - 35–45 nmol/l (nM)

- acidozi (pH < 7,35; H⁺ >45) ili
- alkalozii (pH >7,45; H⁺< 35).

-
- Svaka **promjena frekvencije** disanja **radi adaptacije na ritam rada**
 - automatski je **praćena promjenom disajnog volumena** kako bi se osigurala adekvatna alveolarna **ventilacija**.

-
- **Hemoreceptori** u aortnom i karotidnom tijelu utiču na ventilaciju
 - **jer je smanjen protok krvi kroz njih** zbog povećane aktivnosti simpatikusa u fizičkom naporu,
 - **a time i njihovo snabdijevanje kiseonikom.**

-
- **To ih razdražuje**, a preko njih se podstiče ventilacija, iako u arterijskoj krvi potrošnja kiseonika može da bude normalna.
 - **Što je rad teži u odnosu na mogućnosti** pojedinca, veća je aktivnost simpatičnog nervnog sistema, a to znači **veći stimulans za ventilaciju iz hemoreceptora**.

-
- Ovim se može objasniti povećanje ventilacije u uzbuđenju i veća ventilacija, s obzirom na utrošak kiseonika, u radu sa malim mišićnim grupama.

-
- Mjerenjima tokom rada s rastućim opterećenjima može se odrediti pri kom nivou metabolizma nastupa acidoza, odnosno **prelazi se anaerobni prag**.

■ **Intenzitet rada pri kome:**

- se prvi put eksponencijalno počne da povećava mliječna kiselina u krvi,
 - naglo povećava stvaranje i eliminaciju ugljen dioksida,
 - sa istovremnim porastom respiratornog koeficijenta,
 - uz eksponencijalni porast plućne ventilacije,
 - bez istovremenog povećanja ventilatornog ekvivalenta za ugljen dioksid,
- **označava se kao anaerobni prag.**

Stojiljković i saradnici, 2005.

- **Anaerobni prag je najveći intenzitet rada, pri kome još uvijek postoji ravnoteža između produkcije i eliminacije laktata**
- Nalazi se na oko 4 mmol/l.

-
- To je **granica** koja razdvaja **aerobni od anaerobnog** načina dobijanja energije
 - Ako se samo **malo poveća intenzitet narušiće se ravnoteža** i doći će do gomilanja mliječne kisjeline u radnim mišićima.
 - **Poslije par minuta** će se morati prekinuti sa trčanjem ili se **znatno usporiti** tempo.

-
- Pri određivanju **anaerobnog praga direktnim praćenjem koncentracije mliječne kiseline u krvi,**
 - preporučuje se da svako opterećenje traje bar tri minuta,
 - a smatra se da za tačno određivanje anaerobnog praga opterećenja treba da traju 4-5 minuta.

- Način određivanja anaerobnog praga, odnosno nivoa laktata na osnovu uzoraka krvi je **najprecizniji**.
- Nivo **anaerobnog praga se mijenja** sa nivoom treniranosti
- preporučljivo je da se na **svakih mjesec dana** određuje **nova vrijednost** anaerobnog praga.



-
- Ali, **pored ovog načina** laboratorijskog testiranja koji prije svih koriste vrhunski sportisti anaerobni **prag se može odrediti i na indirektan način.**

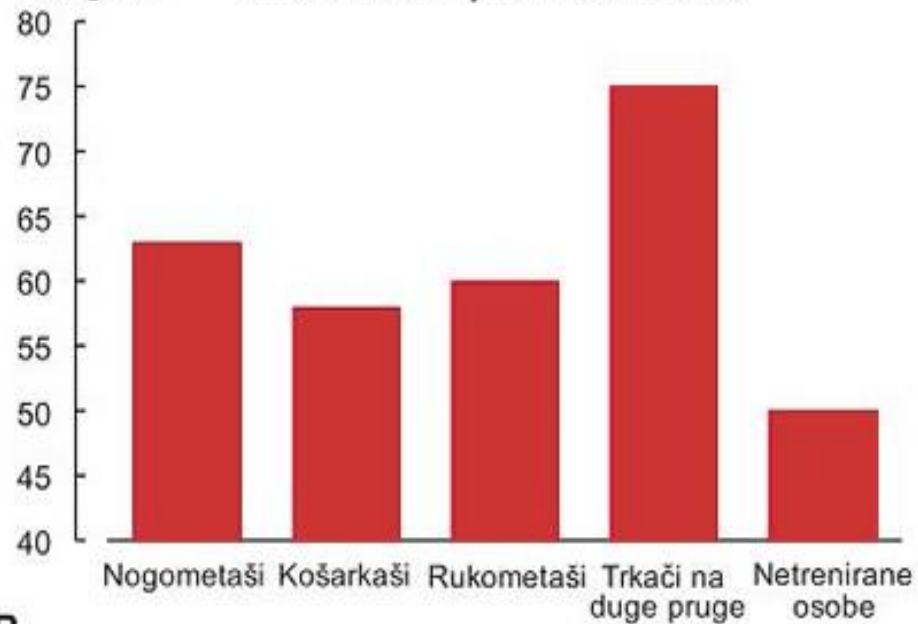
-
- **Jedna od mogućnosti (ne sasvim precizna)** je izračunavanje anaerobnog praga **na osnovu maksimalnog pulsa**, koji se nalazi na oko 85-90% kod vrhunskih maratonaca, dok je kod rekreativaca negdje oko 80%.

-
- **Drugi (precizniji način)** je određivanje anaerobnog praga na osnovu rezultata trke u trajanju oko 30 minuta (10-60min).
 - **Prosječan puls trke je vrijednost koju možete uzeti za puls pri anaerobnom pragu** (npr. 174 otkucaja u minutu).
 - **Dok je tempo istrčane trke tempo pri anaerobnom pragu** (npr. 4 minuta po kilometru).

-
- S aspekta sportskog treninga veoma je važno utvrditi u kakvom je odnosu anaerobni prag sa različitim sportskim disciplinama

A

ml/kg/min

Maksimalni primitak kisika**B**

km/h

Brzina trčanja na anaerobnom pragu

Primjer - triatlon

Veoma je važno znati da je **puls na anaerobnom pragu u sve tri discipline različit.**

U triatlonu se **mora odrediti anaerobni prag za svaku aktivnost posebno**, jer je **puls pri trčanju veći od pulsa pri vožnji bicikla**, a ovaj od pulsa pri plivanju.



-
- Tako da se za određivanje anerobnog praga pri **plivanju** koristi distanca **od 1000m** koja se **pliva najvećom mogućom brzinom.**

- U biciklizmu je to uglavnom **vožnja bicikla najvećom mogućom brzinom za jedan sat.**



-
- **U trčanju**, to je **intenzitet trke na 5 ili 10km.**
 - Dobar pokazatelj može biti i trka na distanci sprint triatlona, gdje pulsmetar memoriše vrijednosti pulsa prilikom sva tri segmenta.
 - Svaki od ovih rezultata se preračunava u brzinu na anaerobnom pragu, kako bi se ta informacija iskoristila za planiranje treninga.

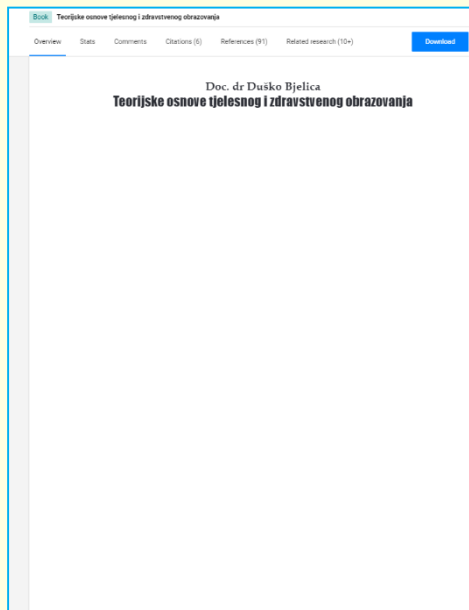
-
- **Sportisti se mogu klasifikovati prema:**
 - funkcionalnim sposobnostima
 - **maksimalnoj aerobnoj moći**
 - na osnovu **vremena kad se uspostavlja stabilno stanje** u naprezanju submaksimalnog intenziteta

-
- Niz eksperimenata potvrđuju hipotezu da su sportisti sa većim vrijednostima anaerobnog praga bili fizički bolje pripremljeni nego oni sa nižim anaerobnim pragom,
 - iako su svi imali slične ili iste vrijednosti maksimalne potrošnje kiseonika.

-
- Takođe je ustanovljeno da **sprinteri imaju niži nivo anaerobnog praga** nego trkači na srednje i duge pruge.
 - Ova istraživanja potvrđuju da je **vrijednost anaerobnog praga pouzdan indikator izdržljivosti**.

HVALA NA PAŽNJI

Literatura



https://www.researchgate.net/publication/333038692_Teorijske_osnove_tjelesnog_i_zdravstvenog_obrazovanja