

Dejan Madić

Tomislav Okičić

Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, Univerzitet u Nišu

FAKTORI OD KOJIH ZAVISI ZAMOR KOD PLIVAČA

Zamor je neplanirano smanjenje ili stagnacija radne sposobnosti tokom dužeg vremenskog perioda izazvana preopterećenjem organizma sportiste, tj. može se reći da je zamor i pojava koja se sastoji u odbrani organizma od prekomernog i štetnog iscrpljenja.

Bez obzira kako da se definiše zamor, upotrebićemo ovu reč (termin) da bismo opisali osećaj zamaranja, kao i pad u performansu tokom velikog napora. Oni koji su se takmičili na 100m krala ili baterflaja, znaju da je osećaj zamora i iscrpljenosti značajno različit od onih doživljenih tokom takmičenja na 1500m ili duže staze. Iako se zamor ne može eliminisati, njegov efekat na performansu može se redukovati kao posledica treninga i pravilnog tempa.

U ovom radu objasnićemo uzroke zamora i vrednosti različitih trenažnih programa u povećanju plivačeve tolerancije na zamor.

Veći deo vremena provedenog u treningu je usmeren ka poboljšanju mišićne izdržljivosti, što je značajan otpor zamoru. Zamor rezultuje u redukciji plivačke brzine, iako razlozi nisu isti na svim deonicama. Plivači osećaju zamor i u deonicama do 25 m, što uzrokuje pad brzine tokom poslednjih 5-10 m. To se dešava uprkos činjenici da oni ne osećaju bol niti postaju iscrpljeni. U dužim trkama (400-1500 m) oni osećaju različiti oblik zamora, gubitak snage i generalni osećaj stresa. Proizilazi da je svaki od ovih maksimalnih napora praćenih različitim oblicima zamora, koji nije isti kao hronični, postepeni osećaj koji plivači doživljavaju tokom perioda intenzivnog napornog treninga.

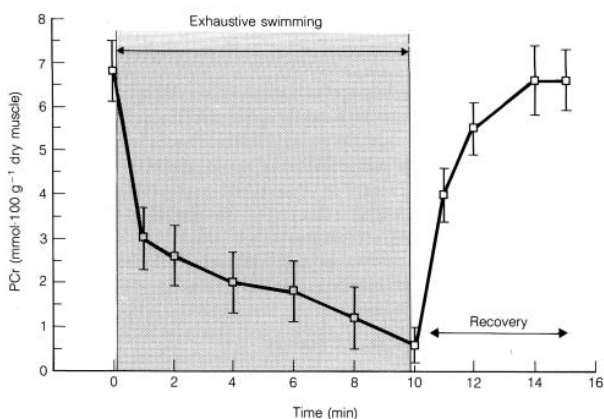
Generalno, zamor je kompleksna serija događaja koja uključuje nekoliko aspekata energetske procesa. Teško je identifikovati bilo koji faktor kao vezu koja bi mogla biti odgovorna za smanjenje i redukciju u plivačkoj brzini. Iako obezbeđivanje energije može redukovati mišićni kapacitet za generisanje tenzije, energetske sistemi ne mogu biti smatrani potpuno odgovornim za sve vrste zamora. Razlozi za zamor su sledeći:

- iscrpljivanje energije neophodne za sprint plivanje, kao adenozin trifosfat (ATP), fosforkreatin i glikogen,

- akumuliranje štetnih produkata kao što je mlečna kiselina i
- poremećaji u procesima mišićne kontrakcije, npr. neuromuskularni i psihološki zamor.

ISCRPLJIVANJE ENERGIJE - Kao što je napomenuto ranije, ATP obezbeđuje trenutnu energiju upotrebljenu za mišićnu kontrakciju i on je neophodan u razvijanju mišićne tenzije. U plivanju koje traje manje od 10 minuta, mišićni ATP nivoi se povećavaju na račun cepanja (raspada) kreatinfosfata (PCr). Kao što je prikazano na slici 1. PCr opada rapidno tokom prvog minuta intenzivne plivačke ture, zatim dolazi do ravnomernije i blaže redukcije do kraja plivanja. Brzina pri kojoj PCr opada tokom vežbanja zavisna je od intenziteta mišićnog napora.

Slika 1.



Brzina raspada PCr raste sa većim brzinama plivanja, rezultujući sa rapidnim nastupom zamora i velikom iscrpljenošću. Studije koje su proučavale zamor ljudskih mišića na butinama i izolovanih mišića pokazale su da se iscrpljenje tokom ponavljanih mišićnih kontrakcija poklapa sa iscrpljivanjem rezervi PCr-a.

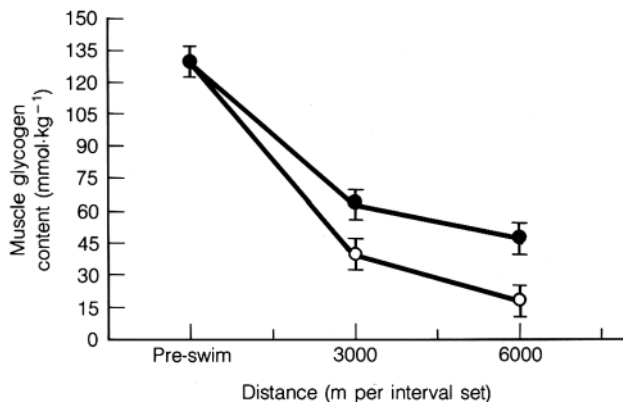
Iako je ATP direktno odgovoran za energiju upotrebljenu tokom kratkih sprintova, on opada mnogo manje nego PCr tokom mišićnog napora. Pri iscrpljenosti međutim i ATP i PCr mogu biti potrošeni. Zato, da bi se odložio nastup zamora, plivač mora kontrolisati brzinu napora kroz pravilno tempiranje (ritam) da bi se obezbedilo da PCr i ATP nebi bili iscrpljeni prevremeno. Izabiranje ritma koji je previše rapidan (brz) pri startu trke rezultovaće brzom opadanju u dostupnim fosfogenima (ATP i PCr), kao rani nastup zamora i nemogućnost da se održi ritam tokom poslednje faze plivanja.

Trening, biohemijske analize i iskustvo omogućavaju plivaču da proceni optimalan tempo vežbanja koji će učestvovati u jednakoj distribuciji ATP i PCr

utroška tokom cele trke, dajući najbolju moguću performansu. U plivačkim takmičenjima koja traju do nekoliko minuta (kratke pruge), mišićni glikogen postaje primarni izvor energije za proizvodnju ATP-a. Iako je većina plivačkih takmičenja suviše kratka da prouzrokuje kompletnu potrošnju dobro obezbeđene zalihe mišićnog glikogena, tokom perioda intenzivnog treninga rezerve mogu postati male. Pod tim uslovima mišić može biti sposoban da generiše silu pri nivoima blizu normalnih za samo kratak period, oslanjajući se na dostupan ATP-PCr sistem. Kao sa upotrebom PCr-a brzina iscrpljivanja mišićnog glikogena je kontrolisana intenzitetom aktivnosti.

Povećanje u proizvodnji snage ogleda se u rapidnom smanjenju mišićnog glikogena. Izračunato je da tokom sprinta u plivanju mišićni glikogen može biti upotrebljen 30-40 puta brže nego tokom niskointenzivnog plivanja na dužim distancama. Tokom prvih nekoliko minuta plivanja izdržljivosti mišićni glikogen se upotrebljava većom brzinom nego kasnije tokom plivanja. To je ilustrovano na slici 2. koja pokazuje promenu u količini mišićnog glikogena tokom 1-1.5h intervalnog plivanja. Upotreba mišićnog glikogena u ramenim mišićima (deltoideus) bila je najveća tokom prvih 75 minuta vežbanja. Nakon toga, plivači postaju progresivno zamorniji kako se nivo glikogena približava nuli. Zato, proizilazi da osećaj zamora pri dugim trenažnim sesijama ili tokom ponavljanih dana intenzivnog treninga može koincidirati sa iscrpljivanjem rezervi mišićnog glikogena.

Slika 2.



Treba primetiti, međutim, da mišićna vlakna iscrpljuju njihove energetske rezerve po selektivnom obrascu. To naime znači da mišićna vlakna koja su najčešće upotrebljena tokom vežbanja mogu biti individualno ispražnjena od glikogena, redukujući na taj način broj vlakana koja su dostupna i sposobna da proizvedu silu potrebnu za vežbanje.

Kada se vlakna sporih kontraktora (ST-slowtwitch) oslobode svoje zalihe glikogena, brzokontraktorska vlakna (FT- fast twitch) bivaju nesposobna da generišu dovoljnu tenziju ili se ne mogu lako regrutovati da bi kompenzovali gubitak u mišićnoj tenziji. Iz tog razloga može se pretpostaviti da se osećaj mišićnog zamora i teškoće koja se dešava tokom ponavljanih dana napornog treninga može reflektovati na sposobnost nekih mišićnih vlakana da generišu energiju za kratke distance.

Kao dodatak selektivnom iscrpljivanju glikogena iz ST ili FT vlakana, plivanje može postaviti veoma teške zahteve na selektivne grupe mišića. Tokom kraul plivanja, na primer, značajno više glikogena može biti upotrebljeno iz tricepsa i deltoideus mišića nego onaj upotrebljen u bicepsu. To pokazuje da estenzorski mišići ruke mogu postati selektivno ispražnjeni sa zamorom izolovanim na te mišiće.

Mišićni glikogen ne može sam obezbediti sve ugljene hidrate potrebne za vežbanje koje traje nekoliko sati. Glukoza, isporučena mišićima kroz krv, pokazala se da doprinosi značajnu količinu energije tokom intenzivnog vežbanja. Jetra rastvara glikogen da bi obezbedila konstantnu količinu glukoze u krvi. Pri ranim fazama vežbanja proizvodnja energije zahteva relativno malo krvne glukoze, ali u kasnijim periodima deonice izdržljivosti, krvna glukoza može činiti veliki doprinos energetske potrebama mišića. Što je duži period vežbanja, veća mora biti i isporuka glukoze iz jetre da bi se zadržao korak sa potrošnjom glukoze od strane mišića.

Budući da jetra ima limitiranu zalihi glikogena i nesposobna je da proizvede glukozu iz drugih energetske materija, nivoi glukoze u krvi mogu početi da opadaju kada mišićna potreba postane veća nego isporuka glukoze od strane jetre. U nemogućnosti da dobiju dovoljno glukoze iz krvi, mišići se moraju jače osloniti na njihove glikogenske rezerve, što rezultuje ubrzavanje upotrebe mišićnog glikogena i ranijeg nastupa iscrpljivanja.

U pogledu mišićne zavisnosti od glikogena i krvne glukoze nije iznenađujuće da se performanse izdržljivosti poboljšavaju kada je zaliha mišićnog glikogena podignuta na startu aktivnosti. Međutim, malo je verovatno da će ekstremno velike glikogenske rezerve povećati plivačevu performansu preko one koja se dešava sa relativno normalnim glikogenskim zalihama. Budući da pražnjenje glikogena i niski nivo krvnog šećera limitiraju performansu i uzrokuju zamor jedino na deonicama koje traju 30 minuta ili duže. Zamor u kraćim deonicama je najverovatnije rezultat nagomilavanja štetnih produkata, kao što je laktatni i hidrogenski jon koji se javlja unutar mišića.

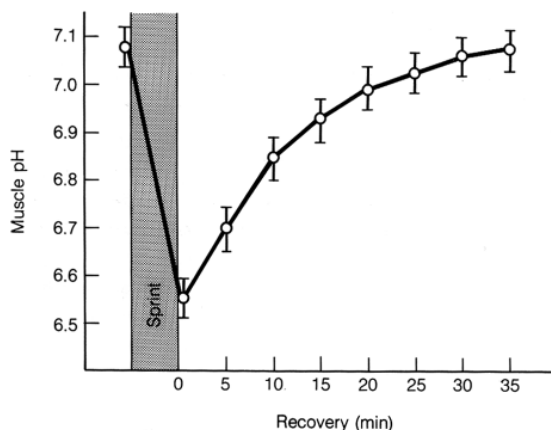
AKUMULACIJA ŠTETNIH PRODUKATA - Povezanost između zamora i nenagomilavanja laktatne kiseline u krvi otkrivena je još ranih tridesetih godina prošloga veka. Tokom napornog vežbanja neka energija se obezbeđuje iz formiranja laktatne kiseline u sarkoplazmi mišićnih vlakana. Kontinualno odvajanje

hidrogena iz laktatnog molekula prouzrokuje da mišić postaje više acidan (kiseo) smanjujući na taj način njegov PH. Iako većina stručnjaka veruje da je laktatna kiselina odgovorna za zamor i iscrpljenost u svim tipovima vežbanja jedino se tokom relativno kratkog, visokointenzivnog mišićnog napora laktat akumulira unutar mišićnog vlakna poremećujući njegovu aktivnost. Trkači, na primer, mogu imati laktat i PH vrednost blizu nivoa pri odmoru na kraju maratonske trke, uprkos njihovog stanja iscrpljenosti. Sprint u plivanju, rezultuje velikoj akumulaciji laktata, prouzrokovanog glikolitičkom proizvodnjom energije. Odvajanjem hidrogenskog jona iz laktata smanjuje se mišićni PH od 7.1 pri odmoru na 6.4 pri iscrpljenosti, nivo koji je nepovezan sa normalnim funkcionisanjem ćelije.

Zato aktivnosti koje zavise od glikoze u velikom delu njihove energije postaju acidne unutar mišića i kroz celo telo. Ćelijski i telesni fluidi poseduju pufere, kao što su bikarbonati (HCO_3), što funkcioniše tako da minimizuje negativan uticaj hidrogenskog jona. Ako se hidrogenski joni dodaju soluciji (rastvoru tečnosti) bez pufera, slobodna koncentracija hidrogenskih jona smanjila bi PH za oko 1.5, efikasno isprpljujući mišiće. Zbog telesnog pufer kapaciteta, koncentracija slobodnog hidrogenskog jona drži se na niskom nivou, čak i pri brzom sprint plivanju, limitirajući pad u PH na 6.6-6.4 pri iscrpljenosti.

Bez obzira, takve promene u PH imaju negativan efekat na energiju i kontraktivne procese unutar mišića. Redukcija u unutarćelijskom PH na manje od 6.9 pokazalo se da sprečava brzinu glikolize i proizvodnju ATP. Pri PH 6.4 uticaj slobodnih hidrogenskih jona je dovoljno jak da zaustavi svako dalje cepanje glikogena i poremeti mišićni kontraktilni proces. Stoga je generalno prihvaćeno da opadanje PH unutar mišića jeste glavni limitirajući faktor i uzrok zamora tokom većine plivačkih takmičenja.

Slika 3.



Kao što je prikazano na slici 3. odmor od napornog sprint vežbanja treba da traje aproksimativno 20-30 minuta. U tom trenutku mišićni PH se vraća na nivo pre vežbanja iako krvni i mišićni laktat može još uvek biti prilično podignut. Iskustvo je pokazalo da atlete mogu nastaviti da vežbaju pri relativno visokim intenzitetima čak kada je njihov mišićni PH ispod 7, sa laktatnim nivoima preko 6 ili 7mmol, što je 4-5 puta više od početnog nivoa. Trenutno, plivački treneri i fiziolozi pokušavaju da upotrebe merenja krvnog laktata da bi procenili intenzitet i obim treninga potrebnih da proizvedu optimalni trenažni odgovor. Iako takva merenja obezbeđuju indeks trenažnog intenziteta, oni se ne moraju odnositi na anaerobične procese ili stanje acidoze unutar mišića. Kako su laktatni i hidrogenski joni generisani unutar mišića, oni se oslobađaju izvan ćelija, rastvaraju se u telesnim fluidima, transportuju se i u druge delove tela gde se metabolišu. Konstantno, vrednost laktata u krvi je zavisna od njihove brzine proizvodnje, difuzije i otklanjanja. Budući da ima različitih faktora koji mogu uticati na prisustvo laktata i hidrogenskih jona u krvi, validnost njihove upotrebe u procenjivanju treninga je pod znakom pitanja.

NEUROMUSKULARNI I PSIHOLOŠKI ZAMOR - Do sada smo razmatrali samo faktore unutar mišića koji mogu biti odgovorni za zamor. Postoje i činjenice koje ukazuju da pod nekim okolnostima zamor može biti rezultat nesposobnosti nervnog sistema da aktivira mišićna vlakna. Impulsi moraju biti preneseni kroz sinapse između nerva i mišićne membrane tzv. “*motorna ploča*”. Primećeno je da zamor može nastati i na tom spoju, što čini aktivaciju vlakana nemogućim. Zamor u *motornoj ploči* je prvi put uočen u ranom periodu prošlog veka, kako precizni uzroci za takav zamor nisu bili jasno prikazani ostalo je to pitanje nedorečeno.

Zamor se, takođe, može desiti unutar centralnog nervnog sistema, zapravo u mozgu i kičmenoj moždini. Budući da aktivacija mišića zavisi delom od svesne kontrole, psihološka trauma zbog napornog vežbanja može svesno ili podsvesno da ugrozi plivačevu volju da toleriše dalji bol. Smanjivanje ritma na tolerantni nivo, može zato da bude rezultat limitarne centralno nervne kontrole pre nego lokalni zamor u mišiću. Generalno je prihvaćeno da nelagodnost izazvana zamorom koju plivač oseća prethodi nastupu fiziološke limitiranosti unutar mišića. Bez velike motivacije, većina plivača će odustati od daljeg vežbanja pre nego što su njihovi mišići fiziološki iscrpljeni. U nameri da postignu vrhunsku performansu, plivači moraju trenirati da razviju puferski kapacitet unutar mišića, da nauče da plivaju u pravilnom ritmu i razviju toleranciju na neugodnost zbog zamora.

Kao zaključak možemo reći, da su zamor i iscrpljenost tokom plivanja zavisni od dostupnosti energije, akumulacije metaboličkih štetnih produkata i

limitiranosti unutar nervnog sistema. Ne postoji izolovani faktor odgovoran za zamor. Pre će biti da postoji mnoštvo uzroka, koji doprinose osećaju nelagodnosti povezanih sa zamorom I sa iscrpljenošću tokom plivanja, te shodno tome moramo i da prilagodimo treninge individualnim sposobnostima.

LITERATURA

1. Costill DL, Maglisco EW. & Richardson AB. Swimming – Handbook of sports medicine and science, Oxford, Blackwell science, 1992.
2. Grujić N. Fiziologija sporta. Novi Sad: SIIC; 2001.
3. Jovanović D, Radovanović D. Praktikum iz fiziologije za studente Fakulteta fizičke kulture. Niš: SIIC; 2003.
4. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. Exercise physiology. 5th ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins; 2001
5. Powers SK, Howley ET. Exercise physiology. 4th ed. New York: McGraw-Hill; 2001.

FACTORS WHICH AFFECT THE FATIGUE OF SWIMMERS

Summary

Fatigue is an unplanned reduction or stagnation of the working ability over a longer period of time caused by the overstrain of the organism of a sportsman/woman, i.e it can be said that fatigue is a phenomenon which protects the organism from excessive and harmful exhaustion.

In this paper the authors will explain the causes of fatigue and the value of different training programmes in increasing swimmer's tolerance to fatigue.

It can be said that fatigue and exhaustion during swimming depend on the availability of energy, accumulation of metabolic harmful products and the limitation within the nervous system There is no factor solely responsible for the occurrence of fatigue. It is more likely that there is a multitude of causes that contribute to the feeling of uneasiness connected with fatigue and exhaustion during swimming; therefore, having this fact in mind any training has to be adjusted to individual abilities.

Key words: *swimming, fatigue*