Utjecaj treninga ronioca na dah na autonomni živčani sustav

Baksa, Daniel

Master's thesis / Diplomski rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Kinesiology / Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:117:475749

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-20**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

(studij za stjecanje visoke stručne spreme
i stručnog naziva: magistar kineziologije)

Daniel Baksa

UTJECAJ TRENINGA RONIOCA NA DAH NA AUTONOMNI ŽIVČANI SUSTAV

(diplomski rad)

Mentor:

prof. dr. sc. Lana Ružić

Zagreb, rujan 2015.

UTJECAJ TRENINGA RONIONCA NA DAH NA AUTONOMNI ŽIVČANI SUSTAV

Sažetak

Rad opisuje metode treninga kojima se može utjecati na aktivnost autonomnog živčanog sustava s ciljem smanjenja potrošnje kisika u organizmu prilikom ronjenja na dah, što u konačnici doprinosi duljem zaronu. Potencijalno najmoćniji refleks autonomnog živčanog sustava je ronilački odgovor koji obuhvaća niz simultanih fizioloških adaptacija poput smanjenja srčane frekvencije, vazokonstrikcije perifernih krvnih žila ili kontrakcije slezene. Iz tog razloga profesionalnim roniocima na dah važno je povećati stupanj njegove aktivacije, a to mogu postići kontinuiranim treniranjem apneje te specifičnim psiho-fizičkim metodama pripreme. Te metode obuhvaćaju različite tehnike mentalnog treninga, vježbe disanja, joge, meditacije ili relaksacije.

Ključne riječi: ronilački odgovor, frekvencija srca, apneja, simpatikus, parasimpatikus

EFFECT OF FREEDIVERS TRAINING ON AUTONOMIC NERVOUS SYSTEM

Summary

This research describes the training methods that can affect the activity of autonomic nervous system with the goal of diminishing oxygen consumption in the organism during breath-hold diving, which in the end contributes to a longer dive. Potentially the most powerful reflex of the autonomic nervous system is a diving response that envelops a series of simultaneous physiological adaptations like decrease of heart frequencies, vasoconstriction of peripheral veins or spleen contraction. Because of that it is important for professional freedivers to increase the level of its activation, and that they can acomplish with continuous apnea practice and specifical psycho-physical preparation methods. These methods envelop multiple different techniques of mental training, breathing exercises, yoga, meditation or relaxation.

Key words: diving reflex, heart rate, apnea, symphatetc, parasymphatetic

SADRŽAJ

1. UVOD **4**

2. RONJENJE NA DAH **7**

2.1. POJAM **7**

2.2. DISCIPLINE **8**

2.3. SPECIFIČNOSTI OKRUŽENJA **10**

3. AUTONOMNI ŽIVČANI SUSTAV **12**

4. RONILAČKI ODGOVOR **15**

5. TRENING RONIOCA NA DAH **19**

5.1. PLANIRANJE TRENAŽNOG PROCESA **19**

5.2. METODE SPECIFIČNE PRIPREME **22**

6. ZAKLJUČAK **29**

7. LITERATURA **31**

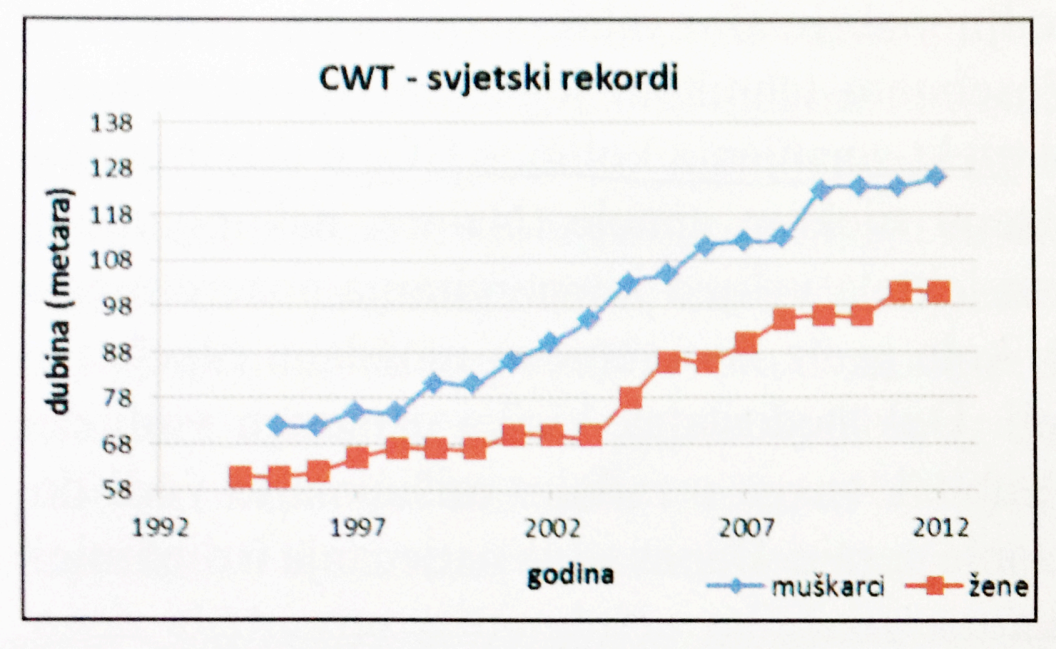
1. UVOD

Ronjenje na dah ili ronjenje u apneji (grč. *Apneo – nedisanje)* sigurno je najraširenij, najstariji te čovjeku najprirodniji način ronjenja. Vjeruje se da se ljudska rasa već od mlađeg kamenog doba (12 000 godina pr. Kr.) oslanjala na lov i skupljanje hrane iz mora. Iako se ne može sa sigurnošću reći kada je točno prvi puta ljudska vrsta krenula istraživati podvodni svijet, neki arheološki dokazi potvrđuju prisutnost ronilačke aktivnosti već prije 7 do 10 000 godina. Fosilizirani ostaci školjaka pronađeni uz ostatke naselja na obalama Baltičkoga mora pokazuju da je stara civilizacija, nazvana Kojkkenmondinger (danski – *ljudi koji jedu školjke*), posjedovala znanja koja su omogućavala sakupljanje školjaka s morskog dna (Zoretić, D,.& Grčić-Zubčević N.). Ronjenje se prakticiralo i kod mnogih starih civilizacija, u Egiptu, Grčkoj, Perziji, Indiji, Koreji i Japanu, a osim prikupljanja morskih organizama nekada se koristilo i u vojne svrhe. Prvi pravi materijalni dokaz ronjenja je asirški reljef iz 885. god. pr. Kr. koji prikazuje ratnike kako preranjaju rijeku koristeći se primitivnim ronilačkim aparatom. 500 godina pr. Kr. Herodot spominje ime prvog nam poznatog ronioca Scylliasa, Grka iz Scione, koji je zajedno s svojom kćeri izranjao blago i druga materijalna dobra iz potopljenih brodova za perzijskog kralja Kserksa. (Soldo i sur. 2013). Osim pisanih i materijalnih dokaza, uz ronjenje se vežu i mnogi mitove te legende starih zemalja, posebno onih uz mediteransko more, a za primjer možemo spomenuti grčku legendu o prvom bogu roniocu – Efesu, koji je našao utočište u podmorskog pećini nakon što ga je ljubomorni Zeus bacio s Olimpa.

U prošlosti, ali i danas, određena društva usko su vezana uz mogućnost dugotrajnog ronjenja na dah. Među njima svakako treba spomenuti *Ama* ronioce (Japan), *Hea-Nyo* ronioce (Koreja) te *morske nomade* (Malezija, Filipini, Andamansko more, Indonezija, Tajland). *Ama* ronioce čine uglavnom žene koje još od početka nove ere vade morske organizme ili bisere. Dok se u Japanu smatralo da žene zbog jednoličnije raspoređene masnoće u tijelu imaju bolje fizičke predispozicije za ronjenje u hladnijim vodama, u Koreji su počele roniti umjesto muškaraca jer, za razliku od njih, nisu morale plaćati porez za izronjena dobra. Tako u Koreji nakon 19. stoljeća započinje doba *Hae-Nyo* ronioca, takozvanih *morskih žena.* I u jednoj i u drugoj skupini važniju ulogu imaju starije žene ronioci jer mogu dulje ostati pod vodom za razliku od mlađih.

Od davne prošlosti do novijeg doba tehnologija i mogućnosti ronjenja razvijale su se polako i postepeno. Ronjenje je 1900. godine uvršteno na Olimpijskim igrama u Parizu kao disciplina u sklopu plivanja, ali zbog nedostatka gledatelja i iz sigurnosnih razloga nakon te je godine ukinuto. Prvi dokumentirani i snimljeni podatak o ronjenju na dah kao sportu zaron je Raimonda Buchera 1950. na dubinu od 30 m.

Početak modernog doba ronjenja na dah ujedno je i doba rivalstva Enzo Maiorca i Jaquesa Mayole. Dvije najvažnije godine u povijest ronjenja na dah su svakako 1961. i 1967. Francuski liječnik Cabaru 1961. napisao je u svom istraživanju da će većina ronioca nakon 50 m doživjeti barotraumu pluća ili smrt, a iste je te godine Enzo Maiorca zaronio na 50 m dubine bez ikakvih ozljeda. Samo šest godina nakon toga, Jacques Mayol zaranja na duplo veću dubinu, te prvi puta u zbilježenoj povijesti dostiže 100 m dubine. Godine 1983. svjetski rekord pomiče na 103 m. (Zoretić, D,.& Grčić-Zubčević N.) Trenutni rekord u dubinskom ronjenju na dah uz upotrebu peraja drži rus Alexey Molchanov sa zaronom od 128 m. Na *Slici 1.* možemo jasno vidjeti rapidan rast amplitude obaranja rekorda u dubinskom ronjenju na dah u zadnjih 20-ak godina. Stoga je razumljivo da značaj znanstvenih spoznaja o ljudskim mogućnostima i potencijalima u vodenom okruženju dobiva sve veću važnost.



Slika 1. Razvoj rekorda CWT discipline od 1992. do 2012. godine.

(preuzeto iz 'Ronjenje' 2013. Soldo, A., Valić, Z., Glavičić, I., Jurman, G., Drviš, I. Split: Sveučilište u Splitu; Hrvatska olimpijska akademija. 265. str.)

Još je 60-tih godina Jaques Mayolovo dostizanje dubine od 100 m zaintrigiralo fiziologe te pokrenulo brojna istraživanja o fiziološkim fenomenima prilikom ronjenja na dah. Dokazano je da prilikom zarona tijelo reagira nizom različitih fizioloških adaptacija kroz aktivnost autonomnog živčanog sustava. On upravlja simpatičkim i parasimpatičkim tonusom, što utječe na sposobnost duljeg boravka pod vodom pa time i mogućnost dužeg zarona. Iz tog je razloga profesionalnim roniocima važno poznavati različite metode psiho-fizičke pripreme u trenažnom periodu, kao i neposredno prije urona, kojima bi mogli utjecati na povoljnu reakciju autonomnog živčanog sustava. Upravo je aktivnost autonomnog živčanog sustava, a time i frekvencija srca, relativno dobar pokazatelj trenutnih energetskih potreba organizma, odnosno utroška kisika u svim stanicama tijela. Roniocima na dah, između ostalog, cilj je što ekonomičnije raspolagati zalihom kisika koju posjeduju u organizmu prilikom apneje, odnosno smanjiti njegovu potrošnju smanjenjem srčane frekvencije.

Nažalost, od strane kineziološke znanosti još uvijek manjka relevantnih podataka da bi se moglo govoriti o značajnom transferu znanja u praksu te o postavljanju maksimalno svrsishodnog trenažnog procesa za ronioce na dah. Ipak, mnoge korisne spoznaje proizlaze iz područja medicine ronjenja, te direktno iz iskustva natjecatelja i njihovih trenera u pojedinim disciplinama (Drviš, I. 2012).

2. RONJENJE NA DAH

2.1. POJAM

Ronjenje u širem smislu možemo podijeliti na *površinsko ronjenje* koje podrazumjeva ronjenje na površini uz korištenje maske, zatim *ronjenje na dah* kod kojeg se zaranja dublje ispod površine i tamo ostaje određeni vremenski period, te *autonomno ronjenje* uz korištenje autonomnog ronilačkog aparata.

Ronjenjem na dah ili ronjenjem u apneji smatra se svaki boravak čovjeka pod vodom bez osiguranja fizioloških uvjeta disanja. Počinje kada ronilac zaroni i prestaje slobodno disati vanjski i atmosferski zrak, a prestaje kada ga nakon izronjavanja počne ponovno udisati (Ergović G., Ergović Z., 2005).

Za moderno sportsko bavljenje ronjenjem na dah uvriježio se popularni internacionalni sinonim *freediving*, no taj se izraz još nije u potpunosti artikulirao u smislu precizne definicije pojma. U užem smislu *freediving* se povezuje s disciplinama u kojima se u jednom dahu pokušava postići maksimalno vrijeme, preronjena dubina ili daljina, dok tu, u širem smislu pojma, spadaju podvodni ribolov (natjecateljski i rekreativni), podvodna fotografija, podvodne sportske igre (hokej i ragbi) te *snorkeling.* Nasuprot tim aktivnostima, neke discipline plivanja perajama kao i sinkronizirano plivanje rjeđe se spominju u kontekstu riječi *freediving*. (Soldo i sur. 2013).

Ronjenje kao aktivnost možemo podijeliti na rekreacijsko i natjecateljsko, pri čemu se kod rekreacijskog ne zahtijeva velika psihička i fizička pripremljenost od ronioca. Za razliku od toga, kod natjecateljskog ronjenja očekuje se određena razina psihofizičke pripremljenosti i usvojenost određenih, kako tehnoloških, tako i fizikalnih te fizioloških znanja.

2.2. DISCIPLINE

Sva relevantna međunarodna natjecanja u ronjenju na dah odvijaju se pod okriljem dvije krovne federacije: CMAS (*Confédération Mondiale des Activités Subaquatiques*) i AIDA (*Association Internationale pour le Développement de l'Apnée*). Službeno priznate natjecateljske discipline dijele se na bazenske i dubinske. (Soldo i sur. 2013).

Bazenske natjecateljske discipline:

1. **Statika** (STA – *Static Apnea*) – maksimalno zadržavanje daha u mirovanju plutajući na površini, licem uronjena u vodu.
2. **Dinamika s perajama** (DYN – *Dynamic With Fins*) – natjecatelj pokušava preroniti maksimalnu udaljenost uz upotrebu peraja (stereo ili mono peraje)
3. **Dinamika bez peraja** (DNF – *Dynamic No Fins*) – natjecatelj pokušava preroniti maksimalnu udaljenost bez upotrebe peraja
4. **Podvodni hokej**
5. **Podvodni ragbi**

Dubinske natjecateljske discipline:

1. **Ronjenje s konstantnim opterećenjem** (CWT – *Constant Weight*) – natjecatelj postiže maksimalnu dubinu uz upotrebu peraja i uz mogućnost upotrebe utega koji se ne smije odbaciti
2. **Ronjenje s konstantnim opterećenjem bez peraja** (CNF – *Constant Weight No Fins*) - natjecatelj postiže maksimalnu dubinu bez upotrebe peraja i uz mogućnost upotrebe utega koji se ne smije odbaciti
3. **Slobodno poniranje** (FIM – *Free Immersion*) – natjecatelj postiže maksimalnu dubinu povlačenjem po sidrenom užetu na uronu i izronu bez peraja
4. **Jump Blue -** dinamika na dubini 10 m (JB) – natjecatelj zaranja na dubinu od 10 m gdje obilazi bridove horizontalnog kvadrata te se mjeri njegov ukupan prijeđeni put
5. **Podvodni ribolov** – natjecatelj lovi ribu te prema količini ulovljene ribe ostvaruje bodove
6. **Podvodna fotografija** – natjecatelj pretražuje, pronalazi i slika podvodne motive te se rezultat ostvaruje temeljem bodovanja fotografiranih motiva

Osim navedenih natjecateljskih disciplina postoje i dubinske discipline postavljanja osobnih rekorda u ronjenju na dah. To su **ronjenje s promjenjivim opterećenjem** (VWT – *Variable Weight*) te disciplina **bez ograničenja** (NLT – *No Limits*).

Slika 2. Natjecateljica Christina Saenz de Santamaria prilikom treninga

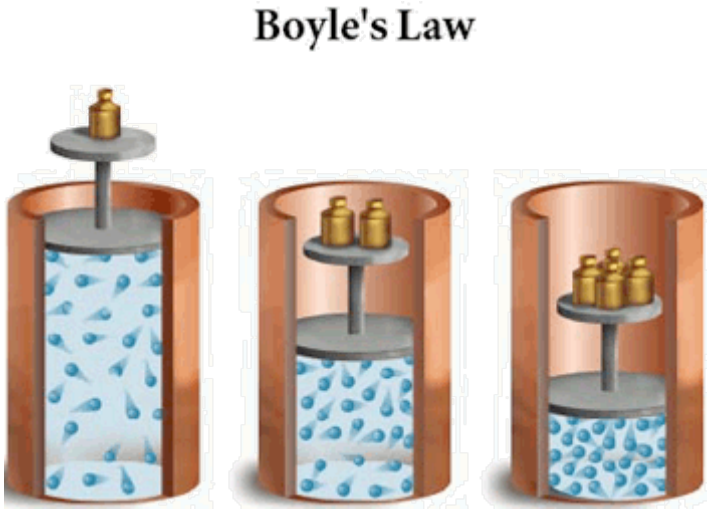
(fotografirao Eusebio Saenz de Santamaria; preuzeto s: '*http://www.news.com.au/travel/ world-travel/australian-freediver-prepares-for-89m-deep-world-record-attempt/story-e6frfqai -1226588493024'. 14.9.2015.)*

2.3. SPECIFIČNOSTI OKRUŽENJA

Vodeni medij, 800 puta gušći od zraka, kao glavna odrednica ovog sporta nosi mnoge specifičnosti. Samim zaronom, čovjekove fiziološke i biološke karakteristike u kratkom vremenu postaju neprimjerene za dugotrajniji boravak u takvoj okolini. Čovjekove će se sposobnosti pod vodom u velikoj mjeri izmijeniti, jer se tijekom ronjenja u apnei dešava niz značajnih promjena (Detić, 2007) s učinkom na: funkcioniranje tjelesnih osjetila, vrijednosti tlakova u zatvorenim šupljinama glave, plućne volumene i plućne kapacitete, vrijednosti parcijalnih tlakova plinova u plućima, tjelesnu toplinu, ravnotežu tjelesne tekućine, održavanje euglikemije, opseg i intenzitet aktivnosti mišića, gradijent tlakova duž probavne cijevi, raspodjelu krvotoka, rad srca i stanje krvožilnog sustava.

Za takve značajne promjene odgovorni su temeljni fizikalni zakoni. **Arhimedov zakon** koji glasi da 'tijelo uronjeno u tekućinu prividno gubi od svoje težine onoliko koliko teži volumen istisnute tekućine' djeluje i na plovnost ljudskog tijela u vodi. Regulacija plovnosti jedan je od važnijih elemenata u ronjenju na dah jer će kod pozitivne plovnosti ronilac morati potrošiti puno više energije kod zarona, dok će kod negativne prebrzo tonuti u dubinu. Treba težiti neutralnoj plovnost, kada tijelo u mirovanju ostaje na istoj dubini, zbog čega je i ukupan utrošak energije manji. Podešavanje neutralne plovnosti regulacijom težine ovisit će i o dubinu na koju ronilac planira zaroniti. (Zoretić, D,.& Grčić-Zubčević N.)

Prema **Boyle-Mariotteovom zakonu,** kada se tlak udvostruči, volumen plina se smanji za polovicu i obrnuto *(Slika 3.)*. To objašnjava zašto se pri povećanju dubine volumen plina smanjuje. S obzirom na to da je ronilac za vrijeme ronjenja neprekidno izložen promjenama tlaka u šupljinama (srednjem uhu, sinusima, plućima, želucu, loše plombiranim zubima te u masci i ronilačkom odijelu) važno je da vrši kompenzaciju. Kako su pluća fleksibilni zračni prostor, za razliku od sinusa ili srednjeg uha, u dubini će se skupiti. Zbog toga će roniocu koji primjerice ima totalni kapacitet pluća 6 litara na 20 m dubine volumen pluća smanjiti za tri puta. Ronjenje ispod vlastitog rezidualnog volumena može rezultirati barotraumom pluća.



Slika 3. Prikaz Boyle-Mariotteovog zakona

(preuzeto s: 'http://asset.emsofl.com/ONLINE%20CLASS/PhysLifeCD/_CDDAT/ PhySci/ unit01/ phschool.com/K2_act-b.gif" 12.9.2015.)

Zbog **Daltonovog zakona**, prema kojem je 'ukupan tlak smjese plinova jednak zbroju parcijalnih tlakova različitih plinova koji čine smjesu' s porastom ukupnog zraka u plućima raste i parcijalni tlak kisika (pO_2) prilikom ronjenja u dubini, dakle porastom hidrostatskog tlaka okoline.

Treba spomenuti i **Henryev zakon** zbog kojeg se vrši izmjena plinova u plućima. Kisik prelazi iz alveola u vensku krv, dok ugljični dioksid prelazi iz venske krvi u alveole, dakle interakcijom topljivosti plinova i porastom tlaka sve se više kisika otapa u krvi.

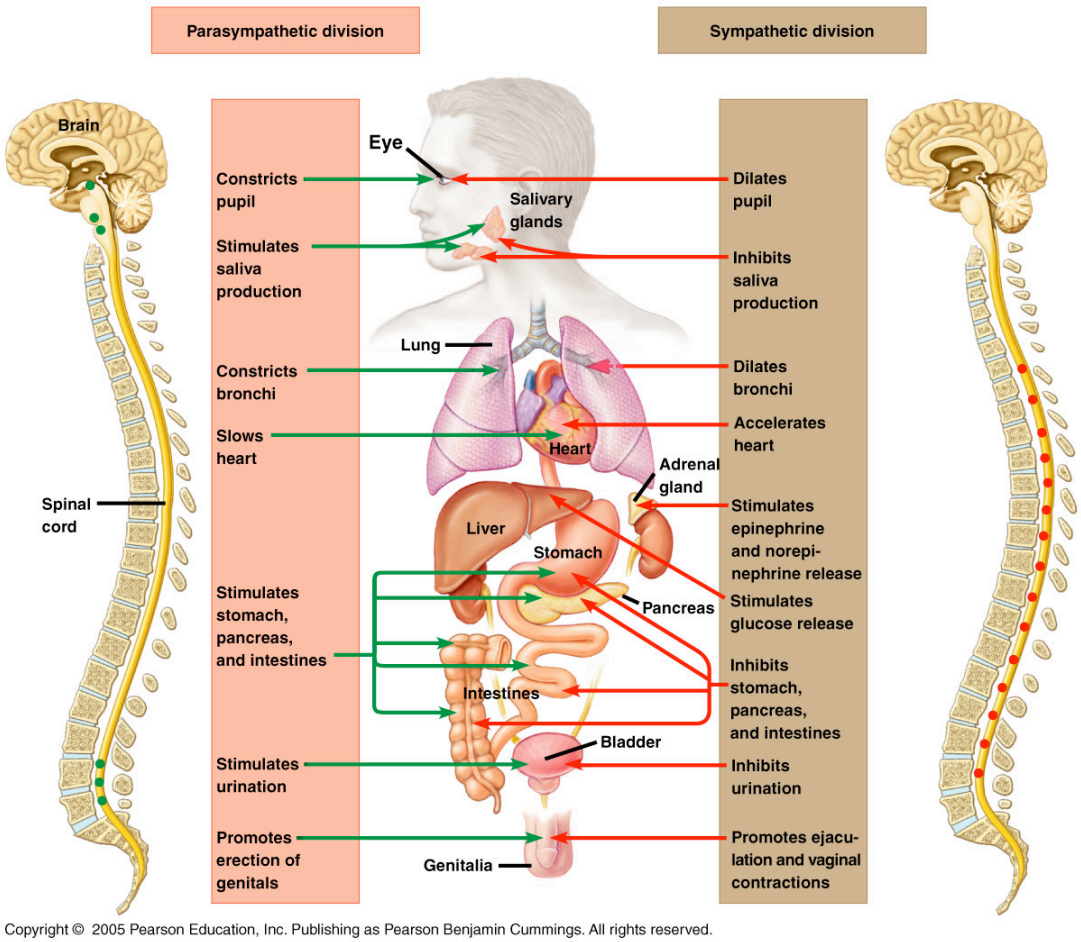
Zbog spomenutih fizikalnih zakona vodenog ambijenta, kao i neprilagođenosti ljudskog tijela na dulji boravak pod vodom, natjecateljsko ronjenje na dah spada u ekstremne sportove. Iako je rizik u ovom sportu uvijek prisutan, rekordne dubine koje su ronioci na dah savladali govore o velikoj mogućnosti ljudske prilagodbe kroz kontinuirani rad.

3. AUTONOMNI ŽIVČANI SUSTAV

Prema Guytonu i Hallu (2006) dio živčanog sustava koji nadzire većinu visceralnih funkcija tijela naziva se autonomnim živčanim sustavom. On pomaže u kontroli arterijskog tlaka, pokreta i lučenja probavnog sustava, pražnjena mokraćnog mjehura, znojenja, tjelesne temperature i mnogih drugih aktivnosti. Neke aktivnosti nadzire gotovo posve, a neke samo djelomično. Taj sustav aktiviraju uglavnom centri smješteni u kralježničnoj moždini, moždanom deblu i hipotalamusu. Osim toga, dijelovi moždane kore mogu slati signale u niže centre i tako utjecati na autonomni nadzor. Neki od najvažnijih čimbenika što ih nadzire moždano deblo jesu upravo arterijski tlak, srčana frekvencija i frekvencija disanja. Autonomni živčani sustav često djeluje pomoću visceralnih refleksa, što znači da podsvjesni osjetni signali iz nekog visceralnog organa mogu ući u autonomne ganglije, moždano deblo ili hipotalamus, te zatim potaknuti podsvjesne refleksne odgovore koji se izravno vraćaju u taj organ i nadziru njegovu aktivnost.

Dva glavna dijela autonomnog živčanog sustava jesu **simpatički** i **parasimpatički živčani sustav**. Simpatička i parasimpatička živčana vlakna luče jednu od dviju sinaptičkih prijenosnih tvari, neurohormone ***acetilkolin*** ili ***noradrenalin***, od kojih se acetilkolin smatra parasimpatičkim transmiterom, a noradrenalin simpatičkim transmiterom. I simpatičko i parasimpatičko podraživanje u nekim organima stvaraju ekscitacijske učinke, a u drugima pak inhibicijske. Iako ponekad ta dva sustava djeluju recipročno, većinu organa pretežno nadzire jedan ili drugi sustav. Kad veliki dijelovi simpatičkog živčanog sustava odašilju impulse istodobno, to nazivamo *alarmnom* ili *stresnom reakcijom*, a može je aktivirati psihički ili fizički stres. Njome se na različite načine povećava sposobnost organizma za obavljanje napornog mišićnog rada što omogućuje čovjeku mnogo veći tjelesni napor nego inače.

Ne može se općenito razjasniti zbog čega simpatička ili parasimpatička stimulacija potiče ekscitaciju ili inhibiciju određenog organa. Stoga, za razumijevanje funkcije simpatikusa i parasimpatikusa treba naučiti učinke tih dvaju živčanih sustava na svaki organ zasebno kako je prikazano na *Slici 4*. Za potrebe teme detaljnije će se objasniti utjecaji na samo određene organe.



Slika 4. Podjela autonomnog živčanog sustava i utjecaj na određene organe

(preuzeto s: http://blog.shadygrovefertility.com/wp-content/uploads/2013/08/ sympatheticvsparasympatheticeffects.jpg'. 10.9.2015.)

Srce. Djelotvornost srca kao crpke nadziru simpatički i parasimpatički vagusni živci koji obilno inerviraju srce. Simpatičko podraživanje općenito povećava cjelokupnu aktivnost srca. To se postiže povećanjem broja i snage srčanih kontrakcija. Snažno podraživanje simpatikusom može povećati srčanu frekvenciju od normalnih 70 otkucaja u minuti na 180-200, a rjeđe čak i na 250 otkucaja (tahikardija), kao i srčani minutni volumen. Parasimpatičko podraživanje ima uglavnom suprotne učinke – smanjenje broja (bradikardija) i snage srčanih kontrakcija za 20-30%. Jakim podraživanjem parasimpatikusa može se čak zaustaviti srčani rad na nekoliko sekunda, ali nakon toga srce obično nastavlja kucati frekvencijom 20-40 otkucaja u minuti, sve dok traje parasimpatičko podraživanje. Drugim riječima, simpatička stimulacija povećava djelotvornost srca kao crpke, što je nužno tijekom napornog mišićnog rada, a parasimpatička stimulacija smanjuje njegovu sposobnost izbacivanja krvi, što srcu omogućuje odmor između razdoblja napornoga rada.

Krvne žile. Simpatičko podraživanje steže većinu sistemskih krvnih žila (vazokonstrikcija), a posebice žile trbušnih organa i kože udova. Pri nastupu vazokonstrikcije obično se srčana frekvencija i snaga srčane kontrakcije povećavaju, dok se, kada se vazokonstrikcija zakoči, smanjuju. Za razliku od njega simpatičkog, parasimpatičko podraživanje nema gotovo nikakve učinke na većinu krvnih žila, osim što proširuje žile u nekim ograničenim područjima, kao na primjer dio lica (crvenjenje).

Arterijski tlak. Arterijski tlak određuju dva čimbenika: prvi je potiskivanje krvi, što ga uzrokuje srce, a drugi otpor protjecanju krvi kroz periferne krvne žile. Simpatičko podraživanje povećava i jedan i drugi čimbenik što obično uzrokuje vrlo veliko akutno povišenje arterijskog tlaka. No, dugoročne promjene tlaka često su vrlo male. Suprotno tome, umjerena parasimpatička stimulacija smanjuje učinak srčane crpke, ali gotovo nema učinka na periferni žilni otpor, pa je prema tome uobičajeni učinak blago sniženje arterijskog tlaka. Ipak, vrlo snažno parasimpatičko podraživanje katkad može tijekom nekoliko sekunda posve zaustaviti srce i privremeno uzrokovati potpun ili gotovo potpun nestanak arterijskog tlaka.

Simpatički i parasimpatički sustav normalno su neprestano aktivni, a osnovna razina njihove aktivnosti zove se *simpatički*, odnosno *parasimpatički tonus*. Tonus omogućuje svakome pojedinom živčanom sustavu da poveća ili smanji aktivnost podraženog organa. Primjerice, bez simpatičkog tonusa, simpatički bi sustav mogao uzrokovati samo vazokonstrikciju žila, ali ne i vazodilataciju.

Brzina i intenzitet kojima autonomni živčani sustav može mijenjati visceralne funkcije pripadaju među njegove najupadljivije značajke. Npr, u roku 3-5 sekunda on može povećati srčanu frekvenciju na vrijednost dvostruko veću od normalne, a krvi tlak povisiti na dvostruko veću vrijednost u roku 10-15 sekunda. Suprotno tome, arterijski tlak može se u roku 10-15 sekunda toliko sniziti da čovjek izgubi svijest.

4. RONILAČKI ODGOVOR

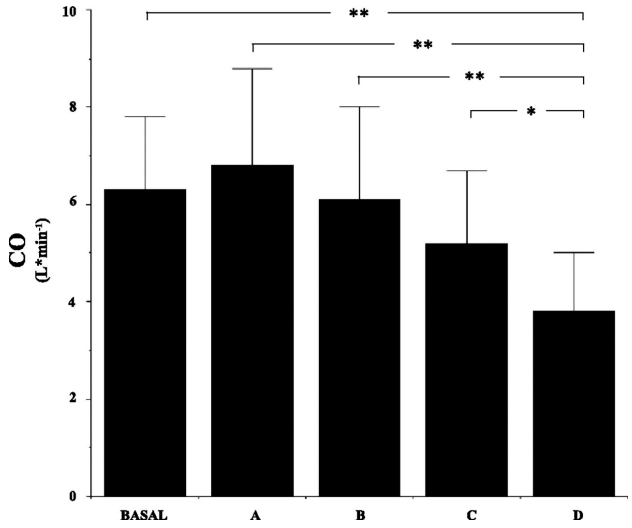
Ronilački odgovor, ili ronilački refleks, potencijalno je najmoćniji autonomni refleks koji nam je poznat (Panneton, W.M., Gan, Q,. Juric, R., 2010). Taj pojam obuhvaća niz međusobno povezanih fizioloških adaptacija tijela na uvjete okoline prilikom ronjenja.
Prvo zabilježen kod tuljana, ronilački refleks svojstven je svim sisavcima, pa među njima i čovjeku, kao i nekim pticama koje po prirodi zaranjaju. Iako većini kopnenih sisavaca takav refleks nije ključan za preživljavanje, vjeruje se da čovjek, kao i ostali sisavci, u svojim genima još uvijek nosi zapise o životu u vodi, s obzirom na to da je život na zemlji, evolucijski gledano, započeo u morima i oceanima. Ronilački odgovor tako se objašnjava kao stari obrambeni mehanizam od hipoksije (manjka kisika). Čak i uobičajeni laboratorijski štakor pokazuje znakove ronilačkog odgovora nakon uranjanja u vodu (Panneton, W.M., Gan, Q,. Juric, R., 2010).

Smisao ronilačkog odgovora je reorganizacija sustava za održavanje života s ciljem uštede i pohrane dodatne količine kisika, produljenja trajanja zarona i osiguranja neophodnoga kisika za opskrbu srca i mozga. Manifestira se smanjenjem srčane frekvencije (bradikardija) i srčanog minutnog volumena, povišenim arterijskim tlakom, perifernom vazokonstrikcijom krvnih žila, porastom moždanog protoka u krvi, povećanjem broja eritrocita u arterijskog krvi uslijed kontrahiranja slezena u cilju 'autotransfuzije', povećanim anaerobnim metabolizmom te redistribucijom krvne plazme iz periferne cirkulacije u pluća u cilju redukcije rezidualnog volumena, što omogućava duboki zaron bez urušavanja grudnog koša uslijed visokog tlaka okoline (Soldo i sur. 2013). Vidljivo je da se ovdje radi o sinergiji simpatičkog i parasimpatičkog podraživanja.

Za aktivaciju ronilačkog odgovora dovoljan je i direktan kontakt s vodom putem čela, očiju i nosa. Na licu, receptori za hladnoću jače reagiraju uranjanjem u vodu snižene temperature (10-15 °C), dok variranje temperature od 15-35°C ima manji efekt. U novijim istraživanjima pokazano je da i temperatura zraka u okolini također ima određenu ulogu u određivanju kako temperatura vode povećava bradikardiju (Foster, G., Sheel, A.W. 2005).

Bradikardija. Prosječna frekvencija srca u mirovanju iznosi 70 do 80 otkucaja u minuti što omogućuje dovod dovoljne količine krvi do vitalnih organa. Broj otkucaja srca u minuti manji od 60 definira se kao bradikardija te predstavlja usporenje srčane akcije.

Radi tehničkih poteškoća ispitivanja subjekata potpuno uronjenih u vodu, godinama se znanje o ljudskoj fiziologiji ronjenja na dah temeljilo pretežito na istraživanjima ispitanika glave izronjene iz vode. No, novija su istraživanja pokazala da se kod ljudi tijekom kratkog zadržavanja daha prilikom zarona do dubine 10 metara pojavljuje hemodinamički uzorak kvalitativno sličan kao u morskih sisavaca. Jedno takvo Istraživanje (Marabotti i sur. 2009) evaluiralo je korištenjem Doppler ehokardiografije (ultrazvuka srca) kardiovaskularni odgovor ispitanika u različitim fazama uranjanja cijelog tijela u vodi te postupno povećavajući okolni pritisak prilikom ronjenja u dubinu. Faze mjerenja ispitanika bile su: **bazična faza** – izvan vode; **A** – uronjeno tijelo s glavom izvan vode; **B** – glavom i tijelom uronjeno u vodu uz korištenje disalice na površini; **C** – glavom i tijelom uronjenom u vodu na površini u apneji; **D** – ronjenje na dah na dubini 5 m. Mjerena je frekvencija srca, lijevi ventrikularni volumen te minutni volumen srca. Analiza podataka pokazala je značajnu redukciju lijevog ventrikula (dijastolički i sistolički), minutnog volumena te frekvencije srca. Posebno je minutni volumen bio niži u fazi ronjenja na dubini od 5 m (D) više nego u bilo kojem drugom uvjetu istraživanja *(Slika 5.)*. Dakle, čini se da uranjanje tijela u vodu i zadržavanje daha doprinose samo marginalno kardiološkim promjenama, dok se povećanje hidrostatskog tlaka pokazuje najviše odgovornim za ovakve hemodinamičke promjene.



Slika 5. Minutni volumen srca u različitim fazama zarona.

(preuzeto s: ' http://jap.physiology.org/content/106/1/293' 11.9.2015.)

Neke životinje, poput kitova, mogu reducirati frekvenciju srca za čak 80% (Kooyman 1989.), no za razliku od morskih sisavaca, kod ljudi je taj postotak osjetno manji. Istraživanja (Schagatay E., Andersson, J. 1998) su pokazala da se kod ispitanika ne-treniranih na apneju frekvencija srca smanjuje za 20-30% u odnosu na frekvenciju srca u mirovanju. Kod treniranih ronioca taj se postotak povećava na čak 40-50%. Ova spoznaja vrlo je važna jer pokazuje da se kroz trenažni proces stupanj parasimpatičkog podraživanja srca može povećati te time neposredno prolongirati trajanje apneje.

Vazokonstrikcija perifernih krvnih žila. Još jedan važan dio ronilačkog refleksa je reakcija simpatičkog živčanog sustava u stražnjem dijelu hipotalamusa koji uzrokuje smanjenje promjera krvnih žila. To znači da se smanjuje cirkulacija ekstremiteta i trbušne šupljine, što dovodi do smanjenja koncentracije kisika u perifernim tkivima, a dovodi do očuvanja kisika potrebnog za rad vitalnih organa, kao što su srce i mozak. Sužavanje krvnih žila potiče okolni apsolutni tlak i temperature vode putem istih receptora koji potiču tijelo na smanjenje frekvencije srca tijekom ronjenja.

Kontrakcija slezene. Prema Guytonu i Hallu (2006) glavna je funkcija eritrocita (crvenih krvnih stanica) prijenos hemoglobina. Najvažnija funkcija hemoglobina u organizmu je njegova sposobnost vezanja kisika u plućima te lakog otpuštanja kisika u perifernim tkivnim kapilarama, gdje je parcijalni tlak kisika mnogo niži nego u plućima. S obzirom da slezena služi kao spremnik za pohranjivanje eritrocita, svaki put kada se podraži simpatički živčani sustav velika količina eritrocita izbacuje se u sistemski krvotok. To uzrokuje kontrakciju slezene i njezinih krvnih žila, pa se u krvotok može otpustiti i 50 ml koncentriranih eritrocita.

Iz tog razloga kontrakcija slezene prilikom apneje ima funkciju opskrbe vitalnih organa dodatnom, kisikom obogaćenom, krvi. Reakcija slezene tijekom ronjenja kod ljudi slična je onoj u tuljana. Slezena izbacuje pohranjene zalihe crvenih krvnih zrnaca u cirkulaciju, podižući razinu hematokrita te na taj način povećava i kapacitet prijenosa kisika što doprinosi duljem trajanju apneje.

Provedeno je istraživanje o odgovoru slezene prilikom simuliranog ronjenja kod dvije skupine, treniranih ronioca na dah te netreniranih ispitanika (Baković, D. i sur. 2003). Ispitanici su izvodili pet maksimalnih apneja s dvominutnim razmacima odmora između. Ultrazvučnim snimanjem slezene pokazalo se brzo smanjene volumena slezene (oko 20% kod obje skupine) prilikom prve apneje. U razdobljima između apneja slezena se nije

proširila, a samo je djelomični oporavak izmjeren u 60. minuti nakon pete apneje. To upućuje na brzu, aktivnu kontrakciju slezene kao odgovor na simulirano ronjenje na dah kod ljudi. Brza kontrakcija slezene i njezin spori oporavak mogli bi pridonijeti produljenju trajanja apneja, ponavljanih u kratkim vremenskim razmacima.

S obzirom na to da je kontrakcija slezene bila samo umjereno veća kod treniranih ronioca u odnosu na netrenirane ispitanike možemo zaključiti da se treniranjem apneje ne može puno utjecati na slezeninu sposobnost kontrakcije kao dijela ronilačkog odgovora. No, kao zanimljivost, treba spomenuti pleme morskih nomada Moken kod kojih je zabilježena povećana sposobnost otpuštanja velikih količina crvenih krvnih zrnaca iz slezene (Zoretić, D,.& Grčić-Zubčević N.). Ipak, budući da njihova pomorska vještina datira unatrag 4 000 godina, takva fiziološka adaptacija slezene formirala se kroz dugi vremenski period.

Stupanj aktivacije ronilačkog odgovora, kao reakcije autonomnog živčanog sustava, jedan je od najvažnijih faktora koji određuje brzinu metabolizma, odnosno potrošnje kisika tijekom apneje, a taj je stupanj veći u boljih i iskusnijih ronilaca. To govori o mogućnosti utjecaja na ronilački odgovor sustavnim treniranjem ronjenja na dah. Osim razine aktivacije ronilačkog odgovora, uštedu kisika određuje i sposobnost tjelesne i mentalne relaksacije te maksimalna efikasnost kretanja u dinamici (Soldo, A. i sur. 2013).

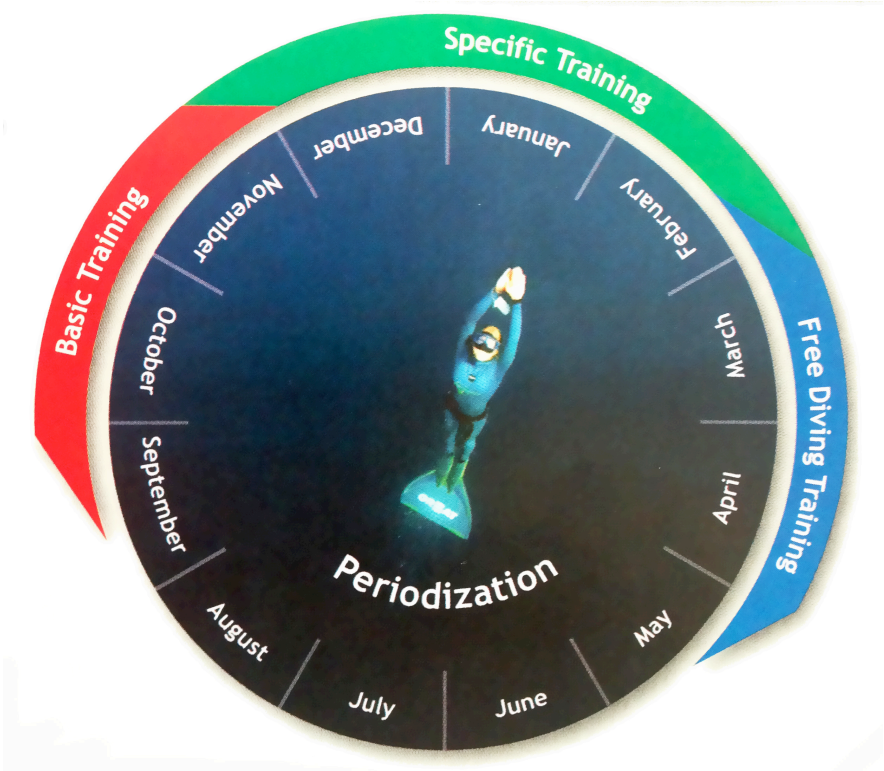
5. TRENING RONIOCA NA DAH

5.1. PLANIRANJE TRENAŽNOG PROCESA

Uspješnost u ronjenju, kao i u svakom drugom sportu, uvjetovana je genetskim potencijalom, posvećenosti treniranju te poznavanjem različitih metoda trenažnog procesa. S obzirom na impresivne rekorde koji su danas postavljeni u natjecateljskom ronjenju na dah, nemoguće je konkurirati ako se ne prihvate načela i režim treniranja karakteristična za vrhunski sport. To podrazumijeva kontinuirani, svakodnevni rad s postupnom progresivnošću opterećenja u optimalno osmišljenom, planiranom i programiranom trenažnom procesu. (Soldo i sur. 2013.)

Na početku sportske karijere ronilac na dah mora prvo posjedovati osnovna znanja vodenog ambijenta i s tim povezanom specifičnom fiziologijom ljudskog tijela, te o vještini i tehnici ronjenja. S obzirom na to da je kasnije teško ispravljati već automatizirane pogreške, važno je da ronilac odmah usvoji pravilnu tehniku ronjenja, odnosno kretati se pod vodom na što učinkovitiji i energetski najekonomičniji način. Dobar plivač pod vodom potrošit će puno manje energije i kisika za istu preronjenu daljinu, odnosno dubinu.

Uvažavajući potencijale sportaša i osnovne principe treninga, planiranjem trenažnog programa postavljaju se različite faze pripreme. Periodizaciju treninga možemo podijeliti na bazičnu i specifičnu pripremu, natjecateljski period te prijelazno razdoblje. Uzevši u obzir ekstremni karakter sporta, nije moguće održavati visoku razinu tjelesne forme kroz dulje razdoblje. Preranim početkom treninga, ronilac na dah izlaže se riziku da prerano dosegne vrhunac forme što ga može dovesti u problem pretreniranosti. Iz tog razloga nužno je vremenski postaviti trening tako da se vrhunac sportske forme dosegne u najvažnijem razdoblju. (Drviš, I. 2015)



Slika 6. Periodizacija trenažnog procesa tijekom godine

(preuzeto iz: 'Exercise Physiology – eight edition'. 2015. McArdle, W.D., Katch, F.I., Katch, V.L. International edition: Wolters Kluwers health. 655. str.)

BAZIČNA PRIPREMA

Uloga bazične pripreme je otkloniti uočene slabosti u kondiciji, poboljšati funkcioniranje svih topoloških regija tijela, podići efikasnost svih organa i organskih sustava, njihovih funkcionalnih i energetskih sposobnosti te povećati primarnu snagu i izdržljivost.

Tijekom bazične pripreme, najvažnije motoričke sposobnosti koje treba razvijati su prvenstveno snaga i gibljivost. Najbitnija je snaga mišića nogu, trbušne muskulature te mišića donjeg dijela leđa. Gibljivost uveliko utječe na ekonomičnost kretanja i harmonično izvođenje valovitog pokreta specifičnoga za ronjenje, pri čemu dobra gibljivost ramena kralježnice i skočnih zglobova igra glavnu ulogu. Korisni su programi 'asane' joge kao i pilatesa, kako za povećanje gibljivosti tako i za razvijanje relativne snage. Kod treninga za razvoj snage, najprihvatljivija je organizacijska forma 'kružnog treninga'.

U jednadžbama specifikacije uspješnosti kod svih disciplina ronjenja na dah, na visokoj poziciji nalaze se funkcionalne sposobnosti aerobnih i anaerobnih metaboličkih sustava. Postoje dva sustava proizvodnje energije u ljudskom organizmu: *aerobni* – čija je osnova oksidacija hrane koje unosimo, za što je potreban kisik, te *anaerobni* – koji može proizvoditi energiju iz uskladištenih ugljikohidrata bez prisustva kisika. Preduvjet za maksimalno razvijanje anaerobnih kapaciteta ronioca na dah je prethodno podizanje njegove aerobne sposobnosti do određene mjere.

U prvoj fazi pripremnog perioda dobro je primjenjivati kontinuirane metode rada. Klasično plivanje i plivanje perajama su osnova kondicijskog treninga svakog ronioca na dah. Koriste se i aktivnosti kao što su trčanje, vožnja bicikla, brzo hodanje uzbrdo, rad na raznim ergometrima... Ovakva vrsta treninga povećava prokrvljenost radne muskulature, veći broj eritrocita, lokalne zalihe glikogena, i još mnogo toga, što u konačnici doprinosi boljem primitku i iskoristivosti kisika.
U drugoj fazi bazične pripreme na intervalni anaerobni trening, nastavlja se s treningom visokog intenziteta usmjerenog na razvoj općega i lokalnih anaerobnih kapaciteta te na povećanje tolerancije na visoku razinu mliječne kiseline.

SPECIFIČNA PRIPREMA

Na bazičnu pripremu, nadograđuje se specifična psiho-fizička priprema, a njene osnovne značajke su dominacija tzv. 'mokrih' treninga u vodi i velika učestalost treninga s elementima zadržavanja daha. U tom periodi zadatak je ciljano usmjeriti sav tjelesni i psihički potencijal u maksimiziranje sposobnosti ronjenja u apneji. Specifičnu pripremu možemo podijeliti u tri smjera:
Prvi smjer treninga ide u pravcu daljnjega povećanja energetskih kapaciteta, ali se pritom aerobno-anaerobni treninzi odrađuju s elementima zadržavanja daha.
Drugi smjer odnosi se na aspekte štednje energije, odnosno kisika. To se čini tehničkim ekonomiziranjem. U cilju dodatne uštede kisika u trenažni postupak se uvode i razni psihološki postupci opuštanja, meditacije, vježbi disanja, autogenoga treninga i slično.
Treći smjer specifične pripreme je treniranje usmjereno na reorganizaciju sustava za održavanje života i s tim povezano stjecanje otpornosti mozga na hipoksiju (manjak kisika) i hiperkapniju (višak ugljičnoga dioksida).

5.2. METODE SPECIFIČNE PRIPREME

MENTALNI TRENING

Mentalno stanje osobito određuje sposobnost ronjenja u apneji, zbog čega se ronjenje na dah ponekad naziva 'mentalnim sportom'. Prilikom ronjenja u dubinu u tijelu se prirodno povećava razina anksioznosti kao reakcija na nedostatak zraka. Ta napetost uzrokuje povećanje frekvencije srca, što rezultira nepoželjnom povećanom potrošnjom kisika u organizmu. Iz tog razloga uspješnost ronjenja na dah usko je vezana uz stupanj ugode koju ronilac ima u podvodnom okruženju. Osjećaj ugode u takvom bitno drugačijem okruženju može se zadobiti metodama mentalnog treninga ili kroz samo iskustvo. Na primjeru Jacquesa Mayola i Enza Maiorce koji su svoje najbolje rezultate postigli s gotovo 60. godina starosti, možemo vidjeti veliku važnost praktičnog iskustva, pogotovo u odnosu na druge sportove. Prema istraživanju *Instituta za biomedicinska istraživanja i sportsku epidemiologiju* u Francuskoj (Ahier, W. 2015) sportaši vrhunac dostižu u prosječno 26. godini (mjereno među atletičarima, plivačima i čak šahistima). To se bitno razlikuje od činjenice da je Jacques Mayol svoj najbolji životni rezultat (105 m dubine) postigao u svojoj 56. godini.

Pod mentalnim treningom podrazumijeva se svaka metoda koja omogućava učinkovitu organizaciju misli i postizanje osobnih ciljeva, a njihov je cilj umanjiti napetost, stres i anksioznost, a povećati sposobnost koncentracije i kontrole emocija. S potpunom psihofizičkom relaksacijom dobiva se značajna redukcija energetske potrošnje poput usporavanja srčanog ritma, smanjenja živčane ekscitacije, umanjenja mišićnog tonusa te usporavanje svih metaboličkih procesa (Drviš, I. 2015).

Autogeni trening je vrlo poznata i često korištena metoda opuštanja. Različitim vježbama uvodimo se u samohipnozu te snagom misli pojačavamo samosvjesnost i potpuno se udaljavamo od okoline i postojećih problema. Na taj način postiže se psihičko opuštanje i osjećaj smirenosti te se ronilac lakše rješava mišićne napetosti.

Metoda vizualizacije. S obzirom na to da ljudska podsvijest slabo razlikuje ono što je stvarno od onoga što je zamišljeno, te karakteristike uma mogu se obilato koristiti u mentalnom treningu vizualizacije. Kako se svi svjesni pokreti, osim onih refleksnih, prvo podsvjesno planiraju, a tek potom izvode, vizualiziranjem mentalnih slika kretanja u planiranom uronu otvara se mogućnost ideomotoričkog mentalnog programiranja idealiziranih motoričkih izvedbi ronjenja. Mentalno ponavljanje zamišljenih, pravilno izvedenih uspješnih urona, povećava vjerojatnost uspješne apneje i u praksi. Ipak, metoda vizualizacije se mnogo više koristi u treninzima statičke apneje za prizivanje raznih mentalnih slika u svrhu opuštanja odvlačenjem pozornosti od protoka vremena.

Tehnike transcendencije. Za iskusne ronioce na dah možda najbolji pristup potpunom opuštanju daje *Zen meditacija* i slične tehnike transcendencije koje podrazumijevaju isključivanje voljnoga razmišljanja i prepuštanje kontrole podsvijesti koja djeluje intuitivno. Koncept djelovanja je u potpunom prepuštanju trenutku i osjećaju stapanja sa svijetom oko sebe (Drviš., I. 2013).

Primjerice, višestruka svjetska rekorderka u ronjenju na dah Natalia Molchanova, upotrebljava tehniku kako ona to naziva " odvlačenje pažnje". Tom tehnikom stvara "praznu svijest" u kojoj loše misli ne postoje (Ahier, W. 2015).

VJEŽBE DISANJA

Pranayama disanje. *Pranayama*, 'kontrola daha' je drevna tehnika sporog i dubokog ritmičnog disanja. Pokazalo se da redovito vježbanje usporenog disanja povećava parasimpatički tonus, snižava simpatičku aktivnost te smanjuje efekte stresa i povećava ukupno fizičko i mentalno zdravlje. Pilot-istraživanje medicinskog fakulteta u Mumbaiu u Indiji (Turankar i sur. 2013) mjerilo je kratkoročne efekte pranayama na kardiovaskularne, pulmonalne funkcije te električnu provodljivost kože (GSR - *Galvanic Sking Response*). Istraživanje se provodilo na dvije fokus grupe kroz tjedan dana. Obje grupe volontera ujutro i navečer dvadeset su minuta sjedile u istom mirnom ambijentalnom okruženju u pozi prekriženih nogu i uspravne kralježnice (poza *Sukhasana*). Prva grupa taj je vremenski period provodila sporo dišući bez svjesne promjene ritma, dok je druga grupa u zadanom terminu prakticirala vježbe *Pranayama* disanja. Kod *Pranayama* disanja koristila se tehnika *Anuloma-Viloma* s *Kumbhak* tehnikom (izmjenično disanje kroz nosnice sa

zadržavanjem daha). Ispitanici su imali zadatak disati kroz lijevu nosnicu 6 sekundi, zadržati zrak 6 sekundi sa obje nosnice zatvorene, a zatim izdahnuti kroz desnu nosnicu kroz period od 6 sekundi. To je predstavljalo jedan ciklus disanja od ukupno 30 ciklusa. Zaključno, studija je pokazala da prakticiranje pranayama na redovitoj bazi smanjuje simpatički tonus tijela u zdravih volontera, te da su te promjene vidljive već nakon kratkog vremenskog perioda, unutar tjedan dana. Iz tog razloga, ronioci na dah najčešće koriste ovu tehniku disanja prilikom trenažnog procesa kako bi smanjili potrošnju energije za vrijeme apneje, odnosno potrošnju kisika.

Disanje ošitom (negativ dijafragme). Ovaj tip disanja preuzet je direktno iz tehnika *Pranayame*. Ošit (dijafragma) je glatka mišićna opna smještena između trbuha i pluća te ima veliku ulogu u kontroli disanja. Najbolja je metoda kod pripremne faze apneje jer stvara vrlo poželjnu opuštenost, a sastoji se od tri faze: abdominalna (ošitna), torakalna i klavikularna. Kod udaha ošit se pomiče prvi, savijajući se prema dole u trbuh. Zrak koji ulazi na nos ispunjava donje dijelove pluća (abdominalna faza), a onda srednji dio pluća (torakalna faza) te na kraju gornji dio pluća (klavikularna faza). Izdisaj se radi obrnuto, počinjući na vrhu pluća i završavajući s ošitom *(Slika 7.)*. Trajanje izdisaja se mora raditi duplo dulje od udisaja. Osnovna prednost koja se postiže ispravnim disanjem ošitom je iznimno opuštanje u pripremnoj fazi (Drviš, I. 2015).

Slika 7. Natjecatelj William Trubridge diše ošitom

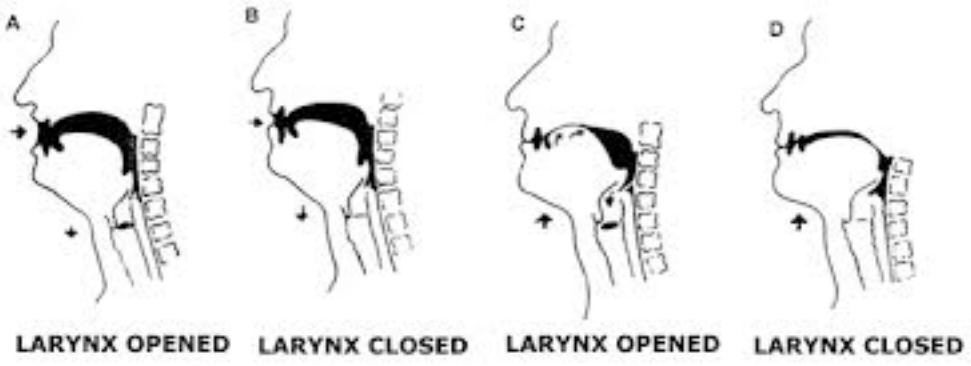
(preuzeto s: 'http://ashotofadrenaline.net/free-diving-techniques-william-trubridge/' 14.9.2015.)

Istezanje i joga. Osjećaju opće opuštenosti može doprinijeti i istezanje. Važno je da se istezanje uskladi s disanjem, te da se izvodi polako i kontrolirano. Najčešće se rastežu prsni koš i bitne mišićne regije tijela (vrat, leđa, prsa, ramena, ruke, noge).

RADNJE PRIJE ZARONA

Izbjegavanje fizičke aktivnosti. Kako istezanje povećava kapilarizaciju, odnosno protok krvi u mišićima, prije zarona u statičkoj i dinamičkoj apneji ne bi trebalo istezati niti jednu mišićnu skupinu osim ošita i mišića grudnoga koša. Veći protok krvi u mišićima rezultira i većom potrošnju kisika iz cirkulirajućeg hemoglobina, zbog čega prije samog nastupa nije dobro plivati ili na bilo koji način zagrijavati mišiće. U praksi se pokazalo da se najbolja izvedba postiže u prvome pokušaju kojemu nije prethodila nikakva fizička aktivnost. To se objašnjava za apneju optimalnim netaknutim potencijalom neaktivnih mišića koji imaju u potpunosti sačuvane anaerobne energetske kapacitete, bez akumuliranog ugljičnoga dioksida, te niži stupanj prokrvljenosti.

Glosofaringealna insuflacija (pakiranje zraka) je tehnika koju upotrebljavaju ronioci na dah s ciljem povećavanja plućnog kapaciteta i duljine trajanje zarona. No s njom treba biti vrlo oprezan. Nakon maksimalnog udaha, ronilac puni usta zrakom uz zatvoreni glotis (dio grkljanske šupljine), nakon čega otvara glotis i forsira napunjeni zrak u pluća *(Slika 7.)*. Kako bi mogao podnijeti pritisak zraka koji se forsira u pluća, prsni koš mora biti jako elastičan zbog čega ova tehnika ide uz vježbe istezanja.



Slika 8. Shematski prikaz glosofaringealne insuflacije

(preuzeto s: 'http://www.mda.org.au/Respiratory/Frog.jpg' 13.9.2015.)

Unatoč poželjnom povećanju plućnog volumena, istraživanja su pokazala da se tijekom glosofaringealne insuflacije pojavljuju značajne hemodinamičke abnormalnosti. Potkin i suradnici (2007) istraživali su korištenjem ehokardiografije utjecaj ovog manevra na kardiološku funkciju. Pokazalo se da se arterijski krvni tlak snižava, a frekvencija srca tokom manevra povećava, zbog čega se glosofaringealna insuflacija povezuje s vrtoglavicom ili čak nesvjesticom. Također, izazivanje biventrikularne sistoličke disfunkcije uzrokuje hipotenziju, što se pripisuje i povećanom intratorakalnom pritisku uslijed 'pakiranja zraka'. Iako većina profesionalnih ronioca na dah smatra ovaj manevar najboljim načinom za produljenje apneje (Drviš, I.), zbog navedenih kardioloških promjena sigurnost prakticiranje glosofaringealne insuflacije još se treba dalje ispitati.

Hiperventilacija je forsirano disanje prije samog zarona kojim ronioce žele produljiti duljinu zarona. Povećanom ventilacijom pluća tijelo dobiva više zraka nego što zapravo treba te time dolazi do hipokapnije (smanjenje CO_2) koja uzrokuje vazokonstrikciju moždanih žila te se povećava afinitet hemoglobina za kisik (Bohrov efekt). Nakon zarona zbog hiperventilacije razina ugljičnog dioksida ostaje niska te ne dostiže dovoljnu koncentraciju koja bi stimulirala centar za disanje prije nego tijelo dođe u ozbiljan manjak kisika. Iz tog razloga ova tehnika može biti vrlo opasna jer na umjetan način odgađa podražaj na disanje uz smanjenu opskrbu mozga kisikom, a opasnost povećava u kombinaciji s promjenom tlaka okoline i parcijalnog tlaka kisika (pO_2) u organizmu što može prije izrona izazvati nesvjesticu (hipoksičnu sinkopu), ali ona ne mora nužno biti posljedica hiperventilacije.

POMOĆNA SREDSTVA PRILIKOM TRENIRANJA

Statičke tablice. Za treniranje otpornosti na asfiksiju i prolongiranje potrebe za udisajem, profesionalni ronioci na dah često se služe takozvanih *statičkim tablicama*. Tablice su zamišljene kao izmjenjivanje statičkog zadržavanja daha i perioda odmora unutar zadanih vremenskih intervala.. Učestalost vježbanja apneje putem statičkih tablica trebala bi započeti umjereno te se postepeno povećavati kroz dulji vremenski period. Ipak, bez obzira na razinu utreniranosti, dozvoljeno je prolaženje kroz maksimalno jednu tablicu dnevno. Ovakvo vježbanje statičke apneje provodi se isključivo na 'suhom' te je asistencija druge

osobe prilikom tog procesa preporučljiva, budući da forsiranje apneje uvijek povećava opasnost od nesvjestice *(freedivingexplained.blogspot.hr)*.

U današnje vrijeme pametnih mobitela nije začuđujuće da su se među brojnim aplikacijama našle i one namijenjene profesionalnim roniocima na dah. Aplikacije poput ApneaTrainer, iHoldBreath, iApnea i brojne druge, sadrže već gotove statičke tablice namijenjene vježbanju apneje uz dodatne opcije poput izbora odgovarajućeg programa treniranja, praćenja vlastitih statističkih podataka, multimedijski sadržaji o ronjenju na dah i drugog (*deeperblue.com)*.

Mehanički uređaji. Osim raznih metoda psiho-fizičke pripreme, ronioci na dah danas se služe i mehaničkim pomagalima. Naprave, poput uređaja za ograničavanje zraka (ARD – Air Restricting Device), umetnute u usta, ograničavaju protok kisika u pluća što tjera dijafragmu na pojačani rad te time rasteže i jača međurebrene mišiće. Razina ograničenja kisika može se podešavati. Kroz redovito korištenje povećava se i sposobnost funkcioniranja organizma u situacijama hipokapnije (bluewaterhunter.com). Posljedice korištenja takvih mehaničkih uređaja još nisu službeno istražene.

Upotreba medikamenata. Krovne organizacije natjecateljskog ronjenja na dah počele su provoditi dopinške kontrole i u ovom sportu (AIDA od 2000, a CMAS od 2003. godine). S obzirom na to da je od početka provođenja kontrole otkriveno samo nekoliko pozitivnih natjecatelja, može se reći da dopinga u natjecateljskom ronjenju na dah ima vrlo malo (Drviš, I. 2013). Problematika kontrole dopinga u ronjenju na dah leži u tome što AIDA koristi listu zabranjenih medikamenata od strane IOC (*International Olympic Committee*) na kojoj se većinom nalaze stimulansi koji, za razliku od drugih sportova, na ronjenje u apneji imaju nepoželjan učinak, ali se zato ne nalaze neki legalni medikamenti koji kod ronjenja mogu koristiti. Iz tog razloga AIDA ima ambiciju složiti svoju vlastitu doping listu koja bi uključivala isključivo supstance koje bi se mogle zloupotrijebiti u ovom sportu.

Iako nisu pronađena konkretna istraživanja utjecaja određenih medikamenata na uspješnost ronjenja na dah, pretpostavlja se da bi lista poželjnih supstanci za apneaše (Naslund, S. 2005) išla u sljedećem smjeru:

– *Diazepam* (*Valium*) i slična sredstva mogu sniziti plućnu ventilaciju i umanjiti neugodnost hipokapnije

– dodaci testosterona mogu povećati efikasnost metabolizma glukoze te pomoći održavanju svijesti unatoč niskoj razini kisika
– različiti oblici *DihydroTestosterona* mogu pomoći adaptaciji na anaerobni stres
– supstance koje povećavaju razinu dopamina mogu stvoriti pozitivan osjećaj te time poboljšati izvedbu (iako mogu i ubrzati metabolizam)
– rekreacijske droge poput kanabisa mogu pomoći u relaksaciji
– *Erythropoietin* (EPO) može povećati razinu hematokrita (pa time i rezerve kisika)

Važno je napomenuti da strogo izbjegavanje bilo kakvih medikamenata tijekom ronjenja na dah nije samo preporučljivo, već ga jasno zagovara većina autoriteta na tom području. Čak i uobičajeni medikamenti koje većina osoba ima u kućanstvu mogu biti vrlo opasni tijekom ronjenja, uzevši u obzir da su uvjeti okoline prilikom ronjenja bitno drugačiji od onih na površini (www.apnea.nl). Iz tog razloga dopingiranje u ronjenju na dah koje je samo po sebi ekstremni sport vjerojatno bi rezultiralo ozbiljnim porastom incidenata.

6. ZAKLJUČAK

Ronjenje na dah ili ronjenje u apneji najraširenija je, najstariji te čovjeku najprirodniji način ronjenja. Iako od strane kineziološke znanosti još uvijek manjka relevantnih podataka da bi se moglo govoriti o postavljanju maksimalno svrsishodnog trenažnog procesa za ronioce na dah, mnoge korisne spoznaje proizlaze iz područja medicine ronjenja, te direktno iz iskustva natjecatelja i njihovih trenera u pojedinim disciplinama.

Poznato je da se već prilikom samog uranjanja lica u vodu aktivira ronilački odgovor, niz fizioloških adaptacija koje zajedničkim djelovanjem prolongiraju apneju na način da smanjuju energetsku potrošnju pod vodom. Taj prirodni refleks potencijalno je najmoćniji refleks autonomnog živčanog sustava koji nam je poznat. Autonomni živčani sustav sastoji se od dva glavna dijela, simpatičkog i parasimpatičkog živčanog sustava, od kojeg simpatikus ima uglavnom stimulirajuće učinke, a parasimpatikus inhibirajuće. Za razliku od stresne reakcije organizma gdje simpatikus stimulira istovremeno sve organe kojima upravlja, kod ronilačkog odgovora simpatikus i parasimpatikus imaju sinergično djelovanje. Parasimatikus uzrokuje jedno od najvažnijeg obilježja ronilačkog odgovora - smanjenje frekvencije srca i srčanog minutnog volumena, dok simpatikus istovremeno utječe na vazokonstrikciju perifernih krvnih žila, porast arterijskog tlaka te kontrakciju slezene. Smisao ronilačkog odgovora je dakle reorganizacija sustava za održavanje života s ciljem uštede i pohrane dodatne količine kisika, produljenja trajanja zarona i osiguranja neophodnoga kisika za opskrbu srca i mozga.

Visoki stupanj aktivacije ronilačkog odgovora ono je što čini uspješnog apneista. Iako se na neke manifestacije tog refleksa može minimalno utjecati, poput primjerice kontrakcije slezene, ronilački odgovor može se osjetno poboljšati sustavnim treniranjem apneje te raznim psiho-fizičkim trenažnim metodama. Frekvencija srca prilikom ronjenja treniranjem apneje se može smanjiti i za 20-30% više u odnosu na osobe koje ne treniraju. Što je stupanj aktivacije ronilačkog odgovora bolji, tim će više, prilikom apneje, biti smanjena potrošnja energije, pa time i potrošnja zaliha kisika u organizmu.

Kod ronjenja na dah, više nego u drugim sportovima, ključno je upravo mentalno stanje natjecatelja, zbog čega se ronjenje ponekad i naziva mentalnim sportom. Prirodna anksioznost koja se u tijelu pojavljuje prilikom nedostatka zraka povećava aktivnost simpatikusa te time povećava frekvenciju srca i potrošnju kisika. Upravo je mogućnost opuštenosti unatoč nedostatku kisika ključna za uspješno ronjenje. Veliku ulogu iz tog razloga imaju psiho-fizičke metode opuštanja, poput Pranayame disanja, disanja ošitom, tehnike meditacije i transcendencije, tehnike vizualizacije ili autogenog treninga. Prakticiranjem Pranayama disanja već je nakon tjedan dana zabilježeno smanjenje simpatičkog, a povećanje parasimpatičkog tonusa kod ispitanika.

Iz prakse je vidljivo da je u natjecateljskom ronjenju na dah osobito važno i iskustvo, te se, za razliku od drugih sportova, izvanredni rezultati mogu postići i u kasnijoj životnoj dobi.

Neposredno prije zarona važno je ne činiti nikakvu fizičku aktivnost, osim istezanja ošita, kako bi zaliha energije u mišićima ostala visoka. Glosofaringealna insuflacija ili 'pakiranje zraka', iako povećava kapacitet pluća, zbog čega je većina ronioca na dah prakticira, ima negativne učinke na kardiološke funkcije te je stoga sigurnost izvođenja tog manevra još uvijek upitna. Hiperventilacija se treba izbjegavati jer ovom tehnikom organizam dobiva više kisika nego što bi trebao te na umjetan način odgađa podražaj na disanje uz smanjenu opskrbu mozga kisikom što može rezultirati nesvjesticom prilikom izrona.

Dakle, može se reći da se na smanjenje aktivnosti simpatikusa te povećanje poželjnog parasimpatičkog tonusa u smislu ronilačkog odgovora može utjecati sustavnim treniranjem apneje te prakticiranjem različitih psiho-fizičkih metoda. Psiho-fizičkim metodama s ciljem opuštanja, relaksacije ili mentalne utreniranosti, može se smanjiti potrošnja kisika prilikom ronjenja u većoj mjeri nego specifičnim fizičkim aktivnostima u trenažnom procesu ili neposredno prije samog urona.

7. LITERATURA

Baković, D., Valić, Z., Eterović, D., Vuković, I., Obad, A., Marinović-Terzić, I., Dujić, Ž. (2003) Spleen volume and blood flow response to repeated breath-hold apneas. *Journal of Applied Physiology.* 95(4), 1460-1466, DOI: 10.1152 /japplphysiol.00221.2003. preuzeto s: jap.physiology.org

Bedini, R. ,Cialoni, L'Abbate, A., D., Marabotti,. Passera, M., A., Scalzini, A., (2009) Cardiac changes induced by immersion and breath-hold diving in humans. *Journal of Applied Physiology* 106 (1), 293–297 DOI: 10.1152 /japplphysiol.00126.2008.

bluewaterhunter.com *Conditioning your Lungs for Better Freediving.* (13.9.2015).

deeperblue.com *Iphone apps for freedivers.* (13.9.2015)

Detić, D. (2007) *Tjelesne promjene tijekom ronjenja na dah*. (11.9.2015) Preuzeto sa http://www.submania.hr

Drviš, I. (2012) *Učinci anaerobnoga intervalnog treninga na natjecateljsku uspješnost u disciplini ronjenja na dah – dinamika.* (Doktorski rad). Zagreb: Kineziološki fakultet

Drviš, I. (2015) *Trening ronilaca na dah.* Dohvaćeno iz http:/ scribd.com

Drviš, I. (2013) *Doping u natjeateljskom ronejnu na dah*. dohvaćeno iz http://www.scubalife.hr 10.9.2015

Drviš, I. (2015) *Mentalni trening u ronjenju na dah*.

Ergović, G.,& Ergović, Z. (2005) *Ronilac osnovne kategorije = Basic SCUBA diver.* Split: Akvatorij.

Foster, G., & Sheel, A.W. (2005) Review: The human diving response, its function, and its control. *Scand J Med Sci Sports* 15, 3–12, DOI: 10.1111/j.1600-0838.2005.00440.x

Freediving training static tables. (2015) Preuzeto 12.rujna 2015 sa http://www.freedivingexplained.blogspot.hr

Guyton, A.C., Hall, J. E. (2006) *Medicinska fiziologija*. Zagreb: Medicinska naklada

kif.unizg.hr. Kineziološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu. Zoretić, D,.& Grčić-Zubčević N. (2015) *Ronjenje na dah – recenzirani nastavni materijal.*

Kooyman, G.L. (1989) *Diverse divers: physiology and behaviour*. Berlin: Springer-Verlag.

McArdle, W.D., Katch, F.I., Katch, V.L. (2015) *Exercise Physiology*. Philadhelphia: Wolters Kluwer Health

Naslund, S. (2005) *Apnea, Aida and doping.* (2015) Preuzeto 14.rujna 2015 sa http:// fridyning.se

Panneton, W. M., Gan, Q., Juric, R. (2010) The rat: a laboratory model for studies of the diving response. *Journal of Applied Physiology* 108, str. 811-820.

Potkin, R., Cheng, V., Siegel, R. (2007) Effects of glossopharyngeal insufflation on cardiac function: an echocardiographic study in elite breath-hold divers. *Journal of Applied Physiology.* 103 (3), 823-827 DOI: 10.1152/japplphysiol.00125.2007.

R.Van den Akker (28.srpanj 2004.) *The safe use of medication during freediving. Dohvaćeno iz http:/www.apnea.nl*

Schagatay E., Andersson, J. (1998) Diving response and apneic time in humans. *Undersea & Hyperbaric Med.* 25, str. 13-19.

Schagatay, E. (2014). Human breath-hold diving ability and its underlying physiology. *Human Evolution,* 29 (1-3), str. 125-140

Soldo, A., Valić, Z., Glavičić, I., Jurman, G.,& Drviš, I. (2013) *Ronjenje.* Split: Sveučilište u Splitu; & Hrvatska olimpijska akademija.

Jain, S., Joshi, A.D., Mane, P.R., Patel, S.B., Sinha, S.R., Turankar, S., Turankar, S.A. Vallish, B.N., (2013.) Effects of slow breathing exercise on cardiovascular functions, pulmonary funkctions & galvanic skin resistance in healthy human volunteers – a pilot study. *Indian Journal of Medical Research.* 137 (5), 916-921.

SLIKE I TABELE

Slika 1. Razvoj rekorda CWT discipline od 1992. do 2012. godine.

Slika 2. Natjecateljica Christina Saenz de Santamaria prilikom treninga

Slika 3. Prikaz Boyle-Mariotteovog zakona

Slika 4. Podjela autonomnog živčanog sustava i utjecaj na određene organe

Slika 5. Minutni volumen srca u različitim fazama zarona.

Slika 6. Periodizacija trenažnog procesa tijekom godine

Slika 7. Natjecatelj William Trubridge diše ošitom

Slika 8. Shematski prikaz glosofaringealne insuflacije