

Psihofiziološki stresni odgovor u ronilaca s autonomnom ronilačkom opremom

Radman-Livaja, Mirela

Doctoral thesis / Disertacija

2025

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split, School of Medicine / Sveučilište u Splitu, Medicinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:171:949804>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-25**



Repository / Repozitorij:

[MEFST Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U SPLITU
MEDICINSKI FAKULTET**

MIRELA RADMAN-LIVAJA

**PSIHOFIZIOLOŠKI STRESNI ODGOVOR U RONILACA
S AUTONOMNOM RONILAČKOM OPREMOM**

DOKTORSKI RAD

Mentor:

prof. dr. sc. Zoran Valić, dr. med.

Split, 2025.

ZAHVALA

Od srca zahvaljujem prof. dr. sc. Zoranu Valiću, čije su me mentorstvo i podrška pratili tijekom ovog puta. Iskreno zahvaljujem svim koautorima i kolegama na nesebičnoj suradnji te neprocjenjivom doprinosu. Posebnu zahvalnost upućujem i svim roniocima koji su svojim vremenom i iskustvom omogućili uspješno provođenje terenskog istraživanja. Na kraju, najveće hvala mojoj obitelji i prijateljima – bez vaše ljubavi i podrške ovaj pothvat ne bi bio moguć. S vama je svaka prepreka bila lakša, a svaki uspjeh još veći i značajniji.

Popis oznaka i kratica

ACTH – adrenokortikotropni hormon (engl. *adrenocorticotropic hormone*)

ANP – atrijski natriuretski peptid

ATP – adenozin trifosfat (engl. *adenosine triphosphate*)

BMI – indeks tjelesne mase (engl. *body mass index*)

CAR – odgovor kortizola na buđenje (engl. *cortisol awakening response*)

CO₂ – ugljikov dioksid

CRH – kortikotropin-oslobađajući hormon (engl. *corticotropin-releasing hormone*)

DAP – dijastolički arterijski tlak (engl. *diastolic arterial pressure*)

DASS – Ljestvica depresivne anksioznosti i stresa (engl. *Depression Anxiety Stress Scales*),

STAI – Upitnik anksioznosti kao osobine ličnosti i anksioznosti kao stanja (engl. *State Trait Anxiety Inventory*)

DNK – deoksiribonukleinska kiselina

EAN – engl. *enriched air nitrox*

GABA – gama-aminomaslačna kiselina (engl. *gamma aminobutyric acid*)

GUK – glukoza u krvi

HHN – os hipotalamus-hipofiza-nadbubrežna žlijezda

HR – srčana frekvencija (engl. *heart rate*)

LC – lokus cerulus (lat. *locus coeruleus*)

M – aritmetička sredina (engl. *mean*)

MAP – srednji arterijski tlak (engl. *middle arterial pressure*)

NAM – negativne automatske misli

NO – dušikov oksid

PaCO₂ – parcijalni tlak ugljikovog dioksida

pO₂ – parcijalni tlak kisika

R² – koeficijent determiniranosti

SAP – sistolički arterijski tlak (engl. *systolic arterial pressure*)

SCUBA – autonomni aparat za podvodno disanje (engl. *self-contained breathing apparatus*)

SD – standardno odstupanje (engl. *standard deviation*)

SE – standardna pogreška (engl. *standard error*)

β – standardizirani koeficijent korelacije

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. Ronjenje.....	2
1.1.1. Povijest ronjenja.....	2
1.1.2. Definicija i podjela ronjenja.....	3
1.1.3. Osnovni zakoni fizike plinova	4
1.1.4. Autonomno ronjenje	5
1.2. Fiziološke promjene organizma za vrijeme ronjenja.....	5
1.2.1. Utjecaj ronjenja na kardiovaskularnu funkciju	5
1.2.2. Utjecaj ronjenja na funkciju bubrega i neuroendokrinog sustava.....	7
1.2.3. Utjecaj ronjenja na respiratornu funkciju	8
1.2.4. Utjecaj temperature vode na organizam tijekom ronjenja	9
1.3. Stres	10
1.3.1. Fiziološki odgovor na stres	11
1.3.1.1. Amigdala	12
1.3.1.2. Os HHN.....	13
1.3.1.3. Autonomni živčani sustav	14
1.3.1.4. Imunološki sustav.....	15
1.3.2. Interakcije stresnog sustava i endokrinih osi	16
1.3.2.1. Kortizol.....	16
1.3.2.2. Slina kao uzorak za laboratorijsku analizu kortizola	18
1.3.2.3. Glukoza	19
1.4. Kognitivni model anksioznosti i depresije	21
1.5. Psihofiziološke reakcije na stres i poremećaji u regulaciji emocija tijekom ronjenja... 23	
1.6. Utjecaj vrste ronjenja i ronilačkog iskustva na psihofiziološki odgovor na stres	24
2. CILJEVI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA	27
2.1. Ciljevi istraživanja.....	28
2.2. Hipoteze istraživanja	28
3. ISPITANICI I POSTUPCI.....	30
3.1. Opis istraživanja	31
3.1.1. Ispitanici.....	31
3.1.1.1. Studija I	31
3.1.1.2. Studija II.....	32
3.1.2. Etičko odobrenje	32
3.2. Metode.....	32

3.2.1. Studija I.....	32
3.2.1.1. Anamneza i antropometrija.....	32
3.2.1.2. Uzorkovanje sline ili prikupljanje uzoraka sline.....	33
3.2.1.3. Psiholojski instrumenti u mjerenju anksioznosti	33
3.2.1.4. Protokol studije I.....	37
3.2.1.5. Mjerenje koncentracija kortizola	38
3.2.2. Studija II.....	39
3.2.2.1. Anamneza i antropometrija.....	39
3.2.2.2. Mjerenje glukoze	39
3.2.2.3. Mjerenje tlaka	39
3.2.2.4. Psiholojski instrumenti u mjerenju anksioznosti.....	39
3.2.2.5. Protokol studije II.....	39
3.3. Statistički postupci.....	40
4. REZULTATI.....	42
4.1. Rezultati studije I.....	43
4.1.1. Faktorska struktura.....	43
4.1.2. Razlike između vojnih i rekreacijskih ronilaca.....	47
4.1.3. Uloga NAM, negativnih emocija i grupne pripadnosti u predviđanju anksioznosti i stresa, kao i razine kortizola prije ronjenja	48
4.2. Rezultati studije II	49
5. RASPRAVA.....	57
5.1. Studija I.....	58
5.2. Studija II	61
5.2.1. Razlike u parametrima kardiovaskularnog stresa prije i nakon zarona	61
5.2.2. Psihološke promjene kod ronilaca prije i nakon zarona	62
5.2.3. Povezanost NAM s fiziološkim promjenama nakon zarona.....	62
6. ZAKLJUČAK	64
6.1. Studija I.....	65
6.2. Studija 2.....	65
7. LITERATURA.....	66
8. SAŽETAK.....	81
9. SUMMARY	84
10. ŽIVOTOPIS	87

1. UVOD

1.1. Ronjenje

1.1.1. Povijest ronjenja

Zemlja je poznata kao plavi planet jer je više od dvije trećine njezine površine prekriveno vodom, što objašnjava zašto je ljudska želja za istraživanjem tog vodenog svijeta tako snažna i prirodna (1). Ne može se točno utvrditi kada su ljudi započeli istraživati područje ispod morske površine, no postoje određeni dokazi da je ronjenje kao organizirana aktivnost postojalo već 5000 godina prije Krista. Vrijeme provedeno ispod površine vode ovisilo je isključivo o sposobnosti zadržavanja zraka u plućima (2).

Veliki napredak u ronjenju bio je izum ronilačkog zvona čija je upotreba zabilježena 1553. godine tijekom istraživanja podmorja i pronalaska Kaligulinih galija u jezeru Nemi. Konstrukcija uređaja omogućavala je ronioncu udisanje zarobljenog zraka u zvonu, a po navodima Franchesca De Marchia, time se osigurala mogućnost boravka pod vodom do jednog sata (3). Johnu Smeatonu pripisuje se izum kesona iz 1788. godine, posebno oblikovanog zvona u koje se zrak pod višim tlakom nego što je tlak u okolnoj vodi dovodio s površine (3). John Lethbridge 1715. godine konstruirao prvi čvrsti skafander, a William Henry Taylor 1838. godine pospješuje njegovu kvalitetu dodajući mu metalno kućište i pokretne nastavke za udove, kako bi se olakšalo kretanje u vodi (3). Engleski inženjer August Siebe izradio je prvu opremu za ronjenje u teškoj ronilačkoj opremi 1819. godine. Višak udisajnog plina koji je dopreman u odijelo izlazio je u okolinu, zbog čega je nazvano „otvoreno odijelo“. Siebe je 1837. godine proizveo i potpuno zatvoreni skafander od gumenog materijala, poznat kao „zatvoreno odijelo“. Ovo otkriće promijenilo je shvaćanje ronjenja i utjecalo je na razvoj ronilačke opreme (3). Prekretnica u razvoju ronjenja zasigurno se može pripisati Henry Albert Fleussu, koji je 1878. godine izumio prvi autonomni aparat. Aparat je sadržavao spremnik s kisikom pod tlakom od 30 bara te filtere za apsorpciju ugljikova dioksida prilikom izdaha. Njegova upotreba zabilježena je kod vojnih ronilaca, prije i tijekom Drugog svjetskog rata (4). Revolucionarni napredak u suvremenom ronjenju postignut je izumom hidrostatskog regulatora tzv. *Aqua-Lunga* ili „regulatora na zahtjev“, kojeg su razvili Jacques-Yves Cousteau i Émile Gagnan. Ovaj uređaj omogućavao je ronioncima kontrolirano udisanje zraka pod povišenim tlakom okoline (4).

Hrvatska ima dugu tradiciju ronjenja, od spužvarenja do austrougarske mornarice. Između dva svjetska rata, krapanjski spužvari predvodili su profesionalno ronjenje, a 1944. godine osnovani su ronilački odredi ratne mornarice. Pioniri poput braće Kuščer i D. Leskovšeka prvi su koristili

opremu s komprimiranim zrakom, dok je Josip Medur 1950.godine u Rijeci izradio prvi aparat zatvorenog tipa, popularizirajući rekreativno ronjenje (3).

1.1.2. Definicija i podjela ronjenja

Ronjenje se definira kao ljudska aktivnost koja se odvija ispod površine vode, uz osiguranje fizioloških uvjeta za disanje (ronjenje s aparatom) ili bez njih (ronjenje na dah) (4). Sastoji se od tri faze: zaron, boravak na određenoj dubini i izron. Razne su podjele ronjenja, ovisno o stajalištu s kojeg se promatra, pa se razlikuju prema vrsti opreme, udisajnom mediju, uvjetima ronjenja i namjeni. Boravak u barokomori na tlaku većem od atmosferskog također se smatra oblikom ronjenja (4).

Ovisno o vrsti opreme, razlikuje se ronjenje s teškom ronilačkom opremom (skafander) i s lakom opremom. Kod teške ronilačke opreme, postoje dvije vrste skafandera: mekani i čvrsti. U oba slučaja plin za disanje dolazi s površine putem „pupkovine“, koja također omogućava telefonsku komunikaciju između ronioca i površine. Kod ronjenja u mekom skafanderu ronilac je izložen okolnom tlaku, dok je u čvrstom skafanderu uvijek pod atmosferskim tlakom, neovisno o dubini (4). Moderna oprema zamijenila je teške cipele perajama, smanjila potrebu za utezima i poboljšala kretanje pod vodom, dok kacige mogu biti opremljene rasvjetom, regulatorom i kamerom za praćenje ronioca (5).

S obzirom na vrstu udisajnog medija, moguće je roniti na zrak, kisik ili umjetne plinske smjese poput nitroxa, trimixa i helioxa (4). Normalni atmosferski zrak je smjesa plinova u kojoj je najzastupljeniji dušik (78,1%) i kisik (20,93%), dok su u malim postocima prisutni plemeniti plinovi (vodik, argon, neon, helij, kripton i ksenon), ugljikov dioksid i metan, kao i vodena para čiji volumni udio (vlažnost zraka) varira ovisno o temperaturi, geografskom položaju i godišnjem dobu (4). Zrak je najčešće korišten i najsigurniji plin za rekreativno ronjenje. Prilikom ronjenja na zrak toksičnost kisika postaje problem tek na dubinama većim od 66 metara (6).

Nitrox (engl. *enriched air nitrox* (EAN)) je mješavina dušika i kisika u kojoj je koncentracija kisika veća nego u običnom atmosferskom zraku. Korištenjem ove smjese plinova na određenim dubinama smanjuje se udio dušika, dok se povećava udio kisika. S obzirom na to da niža koncentracija dušika smanjuje rizik od dekompresijske bolesti, smanjuje se i vjerojatnost njezina pojavljivanja. U svijetu se najčešće koriste nitrox32 (EAN32), smjesa koja sadrži 32% kisika i 68% dušika, te nitrox36 (EAN36), koji sadrži 36% kisika i 64% dušika (6).

Trimix je trokomponentna plinska mješavina kisika, helija i dušika koja se koristi za komercijalno ronjenje na dubinama većim od 40 metara. Dodavanjem helija smanjuje se udio dušika i kisika u smjesi. Helij je rijedak plin s malom molekularnom masom koji se brže otapa i eliminira iz tkiva od dušika. Ronjenje s trimixom spada u tehničko ronjenje, koje zahtijeva posebnu obuku, opremu i visoku razinu fizičke spremnosti (6). S druge strane, heliox je dvokomponentna plinska mješavina helija i kisika, koja se koristi za duboka ronjenja do 300 metara. Ova smjesa dolazi u različitim koncentracijama, a najčešće se koristi mješavina s 10% kisika. Ronjenja s helioxom ubrajaju se u visokorizična ronjenja (4).

Ronjenje se, prema svojoj namjeni, još može podijeliti na ronjenja za obuku, ronjenja za obavljanje ronilačkih radova, sportsko-rekreacijska, spasilačka, vojna i znanstveno-istraživačka ronjenja (4). Prema procjeni *Confédération Mondiale des Activités Subaquatiques*, Hrvatski ronilački savez prihvaća trinaest ronilačkih kategorija i šest specijalnosti. Obuka ronioca provodi se prema programima koje su odobrile međunarodno priznate ronilačke organizacije, među kojima su: *Confédération Mondiale des Activités Subaquatiques*, *Professional Association of Diving Instructors*, *Divers Alert Network* i *Scuba Schools International*. Isto je propisano zakonom Ministarstva mora, prometa i infrastrukture iz 2009. godine (7).

1.1.3. Osnovni zakoni fizike plinova

Ronilac je tijekom ronjenja izložen atmosferskom i hidrostatskom tlaku. U praksi se koristi termin apsolutni tlak, koji predstavlja zbroj atmosferskog i hidrostatskog tlaka (8). Osnovni čimbenik sigurnosti u ronilačkim aktivnostima jest razumijevanje fizikalnih zakona plinova i njihovog utjecaja na fiziološke procese u tijelu za vrijeme disanja pod povećanim tlakom.

Boyleov zakon kaže da je tlak plina obrnuto proporcionalan volumenu koji taj plin zauzima, pod uvjetom da temperatura i količina plina ostanu konstantni (9). Stoga su za održavanje adekvatne oksigenacije na dubini roniacu potrebne veće količine zraka. U morskoj vodi, za svakih 10 metara dubine tlak okoline raste za dodatnih 1 bar. Primjerice, na dubini od 30 metara, ukupni tlak iznosi 4 bara (1 bar atmosferskog tlaka plus 3 bara hidrostatskog tlaka). To znači da ronilac na toj dubini mora udisati četiri puta više zraka nego na površini kako bi održao odgovarajuću oksigenaciju tkiva (9).

Za točno razumijevanje fizioloških učinaka udisanja različitih plinskih smjesa pod tlakom, bitno je poznavati koncept parcijalnog tlaka. Parcijalni tlak svakog plina u smjesi (poput kisika, dušika ili helija) predstavlja udio ukupnog tlaka koji taj plin stvara. Zbroj parcijalnih tlakova svih plinova jednak je ukupnom tlaku smjese (6).

Henryjev zakon navodi da „količina plina koja se otapa u tekućini pri određenoj temperaturi ovisi o parcijalnom tlaku tog plina u dodiru s tekućinom“ (9). Zbog toga se plinovi, poput kisika i dušika, otapaju u krvi i tkivima ronioca proporcionalno njihovim parcijalnim tlakovima u plućima. Budući da ljudi održavaju relativno stalnu tjelesnu temperaturu, postoji siguran raspon parcijalnog tlaka kisika potreban za normalne tjelesne funkcije, uključujući održavanje svijesti. Višak otopljenog dušika tijekom zarona može izazvati dušičnu narkozu, dok brzi i nekontrolirani izron može dovesti do stvaranja plinskih mjehurića u krvotoku, što može blokirati cirkulaciju i uzrokovati dekompresijsku bolest (9).

1.1.4. Autonomno ronjenje

Autonomno ronjenje je vrsta ronjenja koja koristi laku autonomnu ronilačku opremu s vlastitim zalihama dišnog plina, bez opskrbe s površine, što omogućuje veću pokretljivost, ali ograničava trajanje boravka pod vodom te smanjuje sigurnost u slučaju incidenta (4).

Autonomni aparat za podvodno disanje (engl. *self-contained underwater breathing apparatus* (SCUBA)) je najpoznatiji aparat otvorenog kruga disanja koji, pomoću regulatora i crijeva, osigurava isporuku komprimiranog zraka, nitroxa ili trimixa iz boca. Ronilac udiše plin iz aparata, dok se izdahnuti plin se ispušta u okolnu vodu. Maksimalna dopuštena dubina za športsko-rekreacijsko ronjenje bez dekompresije iznosi 40 metara, dok je tehnička granica 50 metara. Glavni nedostatak SCUBA opreme je ograničena količina plina za disanje (4).

1.2. Fiziološke promjene organizma za vrijeme ronjenja

1.2.1. Utjecaj ronjenja na kardiovaskularnu funkciju

Imerzija ili uranjanje ljudskog tijela u vodeni medij dovodi do niza fizioloških promjena zbog djelovanja hidrostatskog tlaka vode. Hidrostatski tlak djeluje na tijelo, što rezultira kompresijom venskih dijelova u perifernim područjima, osobito u donjim ekstremitetima. Ova kompresija usmjerava krv prema središnjim dijelovima tijela, osobito prema prsnom košu, što povećava količinu krvi u tom predjelu i uzrokuje porast središnjeg venskog tlaka (10). Povećanje volumena krvi u intratorakalnom prostoru dovodi do nekoliko fiziološki značajnih promjena. Prvo, dolazi do povećanja volumena krvi u srcu na kraju dijastole (faza u kojoj se srce puni krvlju prije kontrakcije). To rezultira povećanjem udarnog volumena, odnosno količine krvi koju srce izbacuje pri svakom otkucaju. Konačno, kombinacija ovih faktora uzrokuje povećanje srčanog minutnog volumena, što predstavlja ukupnu količinu krvi koju srce ispumpa u jednoj minuti (11).

Proširenje srčanih atriya i porast tlaka pulsa u arterijama aktiviraju baroreceptore u prsnoj šupljini, koji prepoznaju rastezanje i pokreću srčano-endokrino-bubrežnu os. Kao posljedica toga oslobađa se atrijski natriuretski peptid (ANP), što uzrokuje povećano izlučivanje tekućine putem bubrega (diurezom) (12).

Porast volumena plazme povezan je s prijenosom tekućine iz međustaničnog prostora u krvotok zbog povećanog hidrostatskog tlaka, pri čemu se smanjuje kapacitet venskih krvnih žila i usmjerava krv prema torakalnom području (13). Istovremeno dolazi do autotransfuzije iz kapilara, osobito u donjim ekstremitetima, što dovodi do povećanja volumena plazme u cirkulaciji. Ovaj proces dovodi do smanjenja osmotskog tlaka plazme, koji je neophodan za prijelaz tekućine iz intersticijskog prostora natrag u krvne žile (14). Kao odgovor, bubrezi povećavaju izlučivanje tekućine (diurezu) kako bi reducirali volumen plazme i time smanjili opterećenje srca (15).

Na početku ronjenja volumen plazme povećava se za 7% uslijed utjecaja hidrostatskog tlaka vode na tijelo, što dovodi do porasta tlaka u tkivima koji premašuje kapilarni hidrostatski tlak, pri čemu se potiče reapsorpcija tekućine iz kapilara (12). Kako se dubina ronjenja povećava, proporcionalno rastu tkivni, kapilarni i središnji venski tlak. Iako osmolarnost plazme ostaje stabilna, dolazi do smanjenja onkotskog tlaka uslijed hemodilucije. Količina intersticijske tekućine i protok limfe ostaju nepromijenjeni, dok povećane koncentracije aminokiselina i kalija u plazmi ukazuju na pomak tekućine iz intracelularnog prostora (15, 16). Bubrežni prilagodbeni mehanizam može očuvati stabilnu homeostazu kardiovaskularnog sustava samo ako uronjenost ne traje dulje od 12 sati, jer volumen plazme, udarni volumen i srčani minutni volumen ostaju povišeni tijekom prvih 6–12 sati uranjanja, što ukazuje na to da unutarstanični rezervoari tekućine nisu znatno iscrpljeni (17).

Povećanje srčanog minutnog volumena za vrijeme ronjenja, koje iznosi između 32 i 62%, rezultat je povećanja udarnog volumena, koje nadmašuje smanjenje srčane frekvencije. Unatoč ovom povećanju, srednji arterijski tlak ostaje stabilan zbog smanjenja ukupnog perifernog otpora krvnih žila, što upućuje na smanjen otpor protoku krvi (10, 15).

Za vrijeme ronjenja u termoneutralnim uvjetima, potrošnja kisika ostaje nepromijenjena, dok povećani protok krvi, zbog hiperkinetičke cirkulacije, dovodi do prekomjerne isporuke kisika tkivima, koja premašuje njihove metaboličke potrebe. U normalnim okolnostima, tkiva bi putem autoregulacijskih mehanizama prilagodila protok krvi svojim metaboličkim potrebama, osiguravajući adekvatnu perfuziju i opskrbu kisikom (10). Međutim, autoregulacija protoka

krvi za vrijeme ronjenja je izmijenjena zbog povećanog krvotoka u sistemske cirkulaciji (18, 19).

Kao odgovor na povećanu potrebu za disanjem i pojačan rad srca, povećava se dotok krvi u respiratorne mišiće, uključujući vanjske interkostalne mišiće, kao i u srčani mišić. Istovremeno, intenzivira se protok krvi u malom mozgu, što omogućuje bolju obradu vestibularnih i proprioceptivnih signala, prilagođavajući ravnotežu i koordinaciju pokreta (19). Krvni protok kroz kožu i potkožno masno tkivo znatno se povećava, dok protok krvi kroz bubrege ostaje nepromijenjen i stabilan. Tijekom ronjenja, cirkulacija prema gastrointestinalnom traktu, jetri, gušterači i slezeni u početku se povećava. Kako ronjenje napreduje, protok krvi prema ovim visceralnim organima postupno se smanjuje na početne razine, dok povećani srčani minutni volumen preusmjerava krv prema nerespiratornim skeletnim mišićima, kompenzirajući promjene u distribuciji krvi (20).

Iako postoje fiziološke i tjelesne razlike između spolova, nema značajnih razlika u kardiovaskularnim i bubrežnim odgovorima na imerziju, te su prilagodbe slične kod oba spola (21). Međutim, istraživanja pokazuju da se s godinama smanjuje povećanje srčanog minutnog volumena (22).

1.2.2. Utjecaj ronjenja na funkciju bubrega i neuroendokrinog sustava

Imerzija kod pravilno hidriranog čovjeka dovodi do diureze, natriureze, kaliureze i povećanja klirensa slobodne vode, što rezultira povećanim izlučivanjem tekućine, natrija i kalija putem bubrega (23, 24).

Ove metaboličke reakcije događaju se uslijed promjena u tubularnim mehanizmima bubrega, a ne zbog pojačane glomerularne filtracije. Iako osmolarnost plazme ostaje stabilna tijekom imerzije, snižena koncentracija vazopresina u plazmi odgovorna je za povećani klirens slobodne vode (25). Arterijski baroreceptori i srčani mehanoreceptori odgovorni su za regulaciju lučenja vazopresina (17), a ne plazmatska osmolarnost. Tijekom imerzije, koncentracije renina u plazmi i aldosterona opadaju postojanije u odnosu na razine vazopresina u plazmi, pri čemu su te promjene manje povezane s hidratacijskim statusom (15, 26). Ipak, diuretici i natriuretici odgovori javljaju se već nakon 40 minuta imerzije, što ukazuje na to da nastupaju prebrzo da bi bili primarno uzrokovani smanjenjem lučenja aldosterona. Dilatacija atrijske uzrokuje oslobađanje ANP, koji potiče diurezu, natriurezu, vazodilataciju i uklanjanje tekućine iz krvnog prostora. Imerzija brzo povećava koncentraciju ANP u plazmi, što doprinosi ovim fiziološkim odgovorima (15, 27).

Međutim, postoji vremenska razlika između brzog odgovora na ANP, koji se javlja i traje nekoliko sati, i bubrežnog odgovora, koji se razvija sporije i prestaje unutar 2–4 sata (16, 28, 29). Može se zaključiti da je ANP najučinkovitiji kada je volumen plazme povećan. Istraživanja pokazuju da simpatička aktivnost bubrega može utjecati na bubrežnu funkciju čak i bez prisutnosti hemodinamskih promjena (30). Mehaničko istežanje atrijskih i/ili arterijskih baroreceptora dovodi do značajnog smanjenja simpatičke aktivnosti u bubrežima, što rezultira povećanim protokom urina i pojačanim izlučivanjem natrija (26).

1.2.3. Utjecaj ronjenja na respiratornu funkciju

Hipoksija ne predstavlja problem pri korištenju aparata za disanje tijekom ronjenja, jer povišeni ukupni tlak povećava pO_2 u udahnutom zraku. Ipak, povećani pO_2 može dovesti do hiperoksije, što može uzrokovati toksične učinke na organizam (31), posebno na pluća (32, 33) i živčani sustav (34), zbog prekomjerne razine kisika pri visokim koncentracijama. Prilagodbeni odgovori na hiperoksiju su ograničeni jer se ovo stanje javlja u umjetno stvorenim uvjetima, kao što su povećani hidrostatski tlak pri ronjenju ili primjena hiperbaričnih komora. Za razliku od hipoksije, na koju je organizam uspostavio složene homeostatske odgovore, reakcija na povišeni pO_2 oslanja se na fiziološke procese kao što su periferna vazokonstrikcija i blago smanjenje srčanog minutnog volumena. Ovi mehanizmi zajedno smanjuju unutarstanični pO_2 , čime se omogućuje prilagodba organizma na hiperoksiju (33).

Na staničnoj razini, kemijske reakcije smanjuju proizvedenu količinu superoksida i srodnih reaktivnih kisikovih spojeva (33). Unatoč tome, kapacitet tih prilagodbi je ograničen, a kisikova toksičnost može predstavljati ozbiljan rizik u podvodnim uvjetima (31) i drugim stanjima s povišenim parcijalnim tlakom kisika (32, 35).

Alveolarna ventilacija obično je precizno regulirana kako bi se održala arterijska razina parcijalnog tlaka ugljikovog dioksida ($PaCO_2$) na približno 40 mmHg kod zdravih pojedinaca (36). Međutim, tijekom ronjenja može doći do zadržavanja ugljikovog dioksida (CO_2) zbog spontane ili namjerne hipoventilacije, koju neki roniloci prakticiraju kako bi smanjili potrošnju plina za disanje, ili zbog nemogućnosti adekvatnog respiratornog napora uslijed slabosti ili umora dišnih mišića. Zadržavanje CO_2 tijekom ronjenja može izazvati CO_2 narkozu (37), konvulzije (38) te istovremeno pojačati štetne učinke kisika na središnji živčani sustav i pojačati rizik od dušične narkoze (37). Mehanizmi zadržavanja CO_2 još uvijek nisu potpuno razjašnjeni, no jedan od čimbenika koji može pridonijeti hipoventilaciji kod ronilaca je smanjena reakcija respiratornog sustava na povećanje razine CO_2 ili poremećaj u funkciji respiratornih mišića

(37). Nove studije sugeriraju da ciljani trening respiratornih mišića može smanjiti rizik od respiratornog zatajenja za više od 85% (39), uspostaviti normalnu osjetljivost respiratornog sustava na povećanje razine CO₂ (40), povećati izdržljivost ronilaca (41) i njihovu fizičku izvedbu tijekom ronjenja (39, 41) te smanjiti zadržavanje CO₂ (40).

Povećanje parcijalnog tlaka dušika uz istovremeno povišenje pO₂ stvara značajan rizik od toksičnih učinaka inertnih plinova zbog pritiska izazvanog hidrostatskim opterećenjem vode. Tijekom dekompresije, osobito kod tehničkog ronjenja prilikom izranjanja, inertni plinovi, kao što je dušik, moraju se ukloniti iz tijela, primarno putem difuzije u plućima. Ako ovaj proces nije pravilno izveden, može dovesti do stvaranja plinskih mjehurića u tkivima i krvi, što može uzrokovati dekompresijsku bolest (42).

Izloženost hidrostatskom tlaku vode dovodi do smanjenja efikasne razmjene plinova uslijed redistribucije krvotoka, što dodatno otežavaju promjene u srčanom minutnom volumenu. Stvaranje plinskih mjehurića smanjuje se udisanjem plinova pod povišenim tlakom tijekom ronjenja ili boravka u barokomori nakon izrona (43). Novija istraživanja pokazuju da tjelesna aktivnost prije ronjenja može smanjiti rizik od nastanka plinskih mjehurića i pojave dekompresijske bolesti, vjerojatno zbog poboljšane cirkulacije i učinkovitije eliminacije inertnih plinova.

Pozitivan učinak pokazuje i dušikov oksid (44), čija je uloga potvrđena u reduciranju perfuzije za vrijeme stresa izazvanog hladnoćom (45), poboljšanju razmjene plinova tijekom fizičke aktivnosti (46), te ubrzanju uklanjanja dušika prilikom ronjenja (47). Dokazano je da promjene u temperaturi vode, (48) kao i zagrijavanje tijela, dovode do prilagodbi u perifernoj cirkulaciji, smanjuju stvaranje plinskih mjehurića te umanjuju rizik od nastanka dekompresijske bolesti (49). Na većim dubinama, gdje su tlak i kompresija izraženiji, povećani parcijalni tlak dušika u udahnutom zraku uzrokuje narkotične učinke. Zbog toga je sigurno udisanje smjese kisika i dušika ograničeno na dubine između 30 i 50 metara (38). U tim uvjetima preporučuje se korištenje helija u smjesama s kisikom, poput trimixa i helioxa, jer helij ne uzrokuje narkotične učinke.

1.2.4. Utjecaj temperature vode na organizam tijekom ronjenja

Veći dio svjetskih vodenih prostranstava ima temperature znatno ispod termoneutralne za ljudsko tijelo (<34–35°C), što u kombinaciji s visokom toplinskom vodljivošću i kapacitetom vode povećava rizik od hipotermije. Uranjanje u hladnu vodu uzrokuje intenzivnu preraspodjelu krvi prema središtu tijela (centralizaciju krvotoka) i smanjenje volumena

unutarstanične tekućine, dok je povećanje volumena plazme ograničeno. To dovodi do smanjenja broja otkucaja srca, što kompenzacijski rezultira povećanjem udarnog volumena, dok srčani minutni volumen ostaje sličan onome koji se bilježi u termoneutralnim uvjetima (48). Promjene koje izaziva hladnoća uglavnom su posljedica povećane aktivnosti simpatičkog živčanog sustava (50).

Pri uranjanju u hladnu vodu, vazokonstrikcija u koži nastaje zbog smanjenja temperature površine kože. Ipak, znatan pad unutarnje tjelesne temperature znatno potiče simpatički živčani sustav, što dovodi do dodatne vazokonstrikcije u potkožnom tkivu i mišićima, posebno tijekom aklimatizacije na hladnoću prilikom duljeg izlaganja hladnim uvjetima (51). Utvrđeno je da dušikov oksid djeluje kao posrednik u regulaciji tjelesne temperature (52), te da je njegova koncentracija smanjena u izdahnutom zraku tijekom izlaganja hladnom stresu (45). Otpor prijenosu topline osiguravaju potkožni sloj masnog tkiva i pojačana periferna vazokonstrikcija, posebno kod osoba koje su aklimatizirane na hladnoću (53). Aklimatizacija povećava maksimalnu izolaciju tijela smanjenjem protoka krvi kroz periferne žile, proces koji može biti reguliran centralno ili lokalno (54), pri čemu dušikov oksid ima ključnu ulogu u vazokonstrikciji izazvanoj hladnoćom (52). Kao dodatni odgovor na pad temperature kože i unutarnje temperature tijela, javlja se drhtanje koje generira dodatnu toplinu povećanjem metabolizma (54).

Dubina ima značajan utjecaj na toplinski stres jer hidrostatski tlak komprimira izolacijski sloj ronilačkog odijela, čime se povećava toplinska vodljivost, što pojačava gubitak tjelesne topline (55). Uz fiziološki stres, boravak u hladnoj vodi uzrokuje značajno smanjenje kognitivnih funkcija (56), što utječe na sposobnosti poput jednostavne aritmetike, logičkog zaključivanja, prisjećanja i prepoznavanja riječi, kao i na manualne vještine. Ova smanjenja povezana su s padom temperature kože i unutarnje tjelesne temperature, a ne izravno s dubinom uranjanja (56). Tijekom urona u hladnu vodu, uzimajući u obzir tjelesnu masnoću i površinu tijela, nema značajnih spolnih razlika u fiziološkim i metaboličkim odgovorima organizma na hladnoću (57).

1.3. Stres

Teorija stresa, koja se danas povezuje s interakcijom različitih organa i organskih sustava, nije nova; veza između čovjeka i stresa prisutna je kroz cijelu povijest te je ključna za ljudski opstanak. Multidisciplinarni pristup istraživanju stresa integriran je u područja kao što su psihologija, medicina i društvene znanosti (58). Pojam „stres“ prvi je put uveden 1930-ih

godina, kada su istraživanja pokazala da različiti toksični čimbenici izazivaju slične fiziološke reakcije kod laboratorijskih životinja, što rezultira povećanim lučenjem hormona kortizola (59).

Danas ne postoji precizna definicija stresa; uzrok bi ispravno trebalo nazivati „stresorom”, dok bi fiziološku posljedicu trebalo zvati „stresom” ili „distresom”. Stres se definira kao fiziološki i psihološki odgovor na prijeteće ili opasne događaje koji ugrožavaju integritet pojedinca, s ciljem prilagodbe ponašanja radi izbjegavanja negativnih posljedica (59). Primjerice, prema Selyeovoj teoriji, stres se odnosi na tjelesne reakcije organizma na svaki podražaj koji značajno narušava njegovu ravnotežu, aktivirajući specifičan stresni odgovor. Selye je smatrao da organizam na prijetnje ili ozljede reagira kroz niz općih, fizioloških odgovora. Ova teorija poznata je kao „opći adaptacijski sindrom“ (engl. *general adaptation syndrome*) i opisuje tri faze kroz koje organizam prolazi u odgovoru na stres: fazu alarma, fazu otpora i fazu iscrpljenosti (60). Može nastati zbog univerzalnih čimbenika (prirodna katastrofa), ili individualnih okolnosti (gubitak bliske osobe ili zdravstveni problem) (61). Prilagodba na stres može imati korisne ili štetne posljedice, a opseg odgovora varira, ovisno o jačini stresora i osobnim psihološkim i fiziološkim karakteristikama (62). Umjerena razina stresa može poboljšati sposobnost suočavanja s izazovima i povećati prilagodljivost, no iznad određene granice postaje destruktivna i štetna (63).

Mozak igra ključnu ulogu u procjeni opasnosti i iniciranju odgovora na stres, upravljajući emocijama i ponašanjem bitnim za preživljavanje te optimalno funkcioniranje organizma. Emocionalni doživljaji snažno su povezani s fiziološkim reakcijama, jer svaka emocija nosi specifične tjelesne promjene koje podržavaju prilagodbu situaciji (64).

1.3.1. Fiziološki odgovor na stres

U akutnoj stresnoj reakciji mozak usmjerava sve resurse na sustave ključne za preživljavanje. Naglo povećanje glukokortikoida i kateholamina aktivira reakciju „borbe ili bijega“, koja ima za cilj povećanje cirkulacije, mobilizaciju energije i smanjenje aktivnosti neesencijalnih funkcija (65). Kateholamini povećavaju cirkulaciju i opskrbu krvlju u kardiovaskularnom sustavu, mozgu i mišićima, što omogućuje brži odgovor tijela na prijetnje. Istovremeno, kateholamini i glukokortikoidi mobiliziraju energiju iz masnog tkiva i jetre, osiguravajući potrebne resurse za reakciju „borbe ili bijega“. Dok se tijelo priprema za ovu reakciju, glukokortikoidi smanjuju aktivnosti koje nisu ključne za preživljavanje, poput hranjenja, probave i upalnih odgovora, omogućujući preusmjeravanje resursa na najvažnije funkcije tijekom stresne situacije (65). Organizam putem mehanizma negativne povratne sprege nastoji

spriječiti pretjeranu stresnu reakciju koja bi mogla biti štetna. Postoji značajna razlika između akutnog i kroničnog učinka povišenih razina glukokortikoida. Akutno povišene razine glukokortikoida mogu potaknuti neuroplastičnost u hipokampusu, korteksu i amigdali, dok kronično povišene razine uzrokuju gubitak dendrita te oštećenje pamćenja i kognitivnih funkcija (66). Ukratko, nagli porast kortizola može poboljšati pamćenje emocionalno intenzivnih događaja, dok dugotrajna izloženost visokim razinama ovog hormona može oslabiti memoriju i kognitivne funkcije (66).

Odgovor na akutni stres može biti koristan za organizam jer poboljšava prilagodbu i učinkovitost u suočavanju s izazovima, dok dugotrajni stres može imati štetne posljedice. Razvoj poremećaja ovisi o različitim čimbenicima, uključujući dob osobe, vrstu stresa, njegov intenzitet i trajanje izloženosti. Učinak stresa djeluje hijerarhijski i odvija se kroz kaskadne procese. Snažan psihološki odgovor može uzrokovati poremećaje u funkciji mozga, što može dovesti do psihopatoloških promjena (67). Četiri ključna biološka sustava koja sudjeluju u odgovoru na stres su: amigdala, os hipotalamus-hipofiza-nadbubrežna žlijezda (HHN), simpatički živčani sustav i imunološki sustav.

1.3.1.1. Amigdala

Amigdala ima ključnu ulogu u pretvaranju osjetilnih informacija u odgovarajuće fiziološke reakcije i promjene u ponašanju. Ona prima neobrađene senzorne informacije iz talamusa i obrađene podatke iz moždane kore, čime pridaje emocionalnu važnost svakom podražaju i modulira tjelesni odgovor organizma na njega (68). Tijekom stanja mirovanja, aktivnost amigdale regulira se ravnotežom između inhibicijskih i pobuđujućih impulsa, pri čemu se postignuta razina aktivnosti smatra bazalnom razinom funkcije amigdale (64). Faktori povezani sa stresom, koji aktiviraju amigdalnu, bilo kroz normalnu ili pretjeranu reakciju, smanjuju aktivnost GABA-ergičkih (gama-aminomaslačna kiselina (engl. *gamma aminobutyric acid* (GABA))) neurona u središnjoj jezgri amigdale. Ovo smanjenje inhibicije rezultira prekomjernom aktivnošću glutamatnih neurona u lateralnoj jezgri amigdale. Povećana aktivnost amigdale zatim stimulira paraventrikularnu jezgru hipotalamusa, (engl. *paraventricular nucleus*) što uzrokuje dezinhibiciju HHN osi i pojačanu aktivaciju drugih centara u moždanom deblu koji su regulirani ovim putevima (68).

Stres potiče pojačanu sintezu i otpuštanje kortikotropin-oslobađajućeg hormona (engl. *corticotropin-releasing hormone* (CRH)) u središnjoj i bazolateralnoj jezgri amigdale, što rezultira anksioznošću (69).

CRH se smatra ključnim regulatorom anksioznih reakcija na različite stresore. Povećanje razine CRH-a u strukturama poput amigdale, hipotalamusa, hipokampusa, cingularnog korteksa i jezgara rafe ovisi o vrsti stresa (akutni ili kronični) te različito utječe na specifične emocionalne i fiziološke aspekte odgovora organizma (69). Aktivacija HHN i pokretanje fiziološkog odgovora na stres započinju signalizacijom u amigdali, koja zatim stimulira hipotalamus.

1.3.1.2. Os HHN

Tjelesni odgovor na stres aktivira se gotovo trenutno, kada simpatički živčani sustav povećava oslobađanje kateholamina, što smanjuje aktivnost parasimpatičkog sustava (65). Autonomni živčani sustav omogućuje brz fiziološki odgovor koji organizmu pomaže prilagoditi se promjenama koje zahtijevaju povećan energetskei metabolizam. Nekoliko minuta nakon početne reakcije, hipotalamus otpušta CRH, koji potiče hipofizu na lučenje adrenokortikotropnog hormona (eng. *adrenocorticotropic hormone* (ACTH)). Povišene razine ACTH-a stimuliraju nadbubrežne žlijezde na lučenje adrenalnih glukokortikoida, prvenstveno kortizola, čime se dodatno pojačava i produžuje fiziološki odgovor na stres. HHN pritom ima ključnu ulogu u povezanosti stresa s poremećajima uzrokovanim stresom te je najviše proučavana u okviru fiziološkog odgovora (70).

Glukokortikoidi imaju ključnu ulogu u prilagodbi organizma na stres, pri čemu održavaju homeostazu. Kortizol je najvažniji i najzastupljeniji hormon ove skupine. Njegovo djelovanje ostvaruje se putem dva tipa receptora: mineralokortikoidnih i glukokortikoidnih receptora. Glukokortikoidni receptori aktiviraju se pri višim koncentracijama kortizola koje su prisutne u stresnim situacijama. Njihova aktivacija modulira imunološki odgovor, smanjuje upalne procese te može negativno utjecati na neuroplastičnost mozga, što ima dugoročne posljedice na funkciju živčanog sustava (66, 67).

Endogeni glukokortikoidi reguliraju svoju sintezu putem negativne povratne sprege koja djeluje na mozak smanjujući ekspresiju gena odgovornih za receptore CRH-a u limbičkim strukturama, hipotalamusu i hipofizi (67). Ova precizna regulacija aktivnosti HHN osi omogućava organizmu prilagodbu na manje promjene u svakodnevnim uvjetima, uključujući stresne situacije povezane s povećanom sekrecijom kortizola. Postupnim djelovanjem može doći do „iscrpljivanja“ aktivnosti ključnih komponenti HHN osi, poput CRH receptora, što uzrokuje hipoaktivnost ove osi (71). Iako tijekom kroničnog stresa razine kortizola ostaju povišene, ekspresija CRH ostaje visoka (69). Ova disregulacija može dovesti do stanja hiperfunkcije ili hipofunkcije HHN osi, gdje su niže razine kortizola povezane s pozitivnim emocijama, dok su

više razine kortizola povezane s negativnim emocionalnim stanjima (72). Istraživanja također upućuju na spolne razlike u odgovorima na stres: kod žena se bilježi veći porast kortizola kao odgovor na socijalnu isključenost, dok muškarci pokazuju intenzivniji odgovor na nedostatak društvenih postignuća (73). Međutim, tijekom dugotrajnog stresa, koji iscrpljuje prilagodbeni kapacitet organizma, može doći do smanjenja učinkovitosti kontrolnih mehanizama i gubitka negativne povratne sprege HHN osi, što dovodi do trajne disregulacije.

1.3.1.3. Autonomni živčani sustav

Noradrenergički neuroni smješteni u lokusu ceruleusu (lat. *locus coeruleus* (LC)) projiciraju signale u različite regije mozga, uključujući amigdalnu i frontalni korteks. Aktivacija ovih neurona posredstvom CRH-a uzrokuje akutnu i dugotrajnu stimulaciju LC-a, čime se povećava razina pobuđenosti, potiče konsolidacija pamćenja kroz amigdalnu te modulira aktivnost hipokampusa i talamusa (74). Intenzivna aktivnost LC-a dodatno pojačava oslobađanje CRH u hipokampusu, stvarajući tako „začarani krug“ međusobne stimulacije ovih struktura (75). Pretklinička istraživanja pokazala su da čak i jedan stresni događaj može uzrokovati dugotrajno stanje anksioznosti i povećano oslobađanje noradrenalina iz LC, pri čemu se pobuđenost ovih neurona može zadržati i do tjedan dana nakon stresora (76). Kortizol sprječava desenzitizaciju β -adrenergičkih receptora na povišene razine noradrenalina i adrenalina, čime produžuje aktivnost simpatičkog živčanog sustava (66).

Prekomjerna aktivnost može dovesti do povećane napetosti, razdražljivosti i problema sa spavanjem, pri čemu posebno negativno djeluje na prefrontalni korteks, koji je odgovoran za više kognitivne funkcije i kontrolu nad ostalim dijelovima mozga. Za optimalnu funkciju prefrontalnog korteksa nužna je uravnotežena razina noradrenergičke aktivnosti. Prekomjerna stimulacija može narušiti njegovu funkciju, oslabiti radno pamćenje, otežati donošenje odluka, smanjiti sposobnost kontrole ponašanja, koncentracije i planiranja (77). Povećana noradrenergička aktivnost u amigdali pojačava intenzitet emocionalnih reakcija. Uz to, stres povećava sintezu i oslobađanje histamina, što dodatno aktivira simpatički živčani sustav, smanjuje apetit, potiče razgradnju masti (lipolizu) i povećava budnost (66).

Stres utječe ne samo na simpatički i histaminski sustav, već i na dopaminergički sustav. Noradrenergički i dopaminergički sustavi djeluju istodobno te međusobno podržavaju svoju aktivnost, pri čemu noradrenergički sustav reagira brže i ima dominantnu ulogu u stresnim situacijama (75). Povećana aktivnost u LC-u ima dvojak učinak na dopaminergički sustav: povećava aktivnost u mezolimbickom sustavu, dok istovremeno smanjuje aktivnost u

mezokortikalnom sustavu, ovisno o distribuciji $\alpha 1$ receptora na dopaminergičkim, GABA-ergičkim ili glutamatergičkim neuronima (75).

Simpatički i parasimpatički sustav djeluju istovremeno, pri čemu simpatički sustav, koji se aktivira u situacijama „borbe ili bijega“, djeluje suprotno parasimpatičkom sustavu, čija je funkcija povezana s „odmorom i probavom“ putem aktivacije vagusnog živca i oslobađanja acetilkolina koji stimulira muskarinske receptore. U stanju mirovanja, parasimpatički sustav prevladava i funkcionira kao „vagalna kočnica“ (78, 79), koja modulira aktivnost simpatičkog sustava. Zbog visoke koncentracije enzima kolinesteraze u sinusnom čvoru, djelovanje parasimpatičkog sustava je kratkotrajno, a oslobođeni acetilkolin dodatno inhibira aktivnost simpatičkog sustava.

Srčana frekvencija ovisi o interakciji između simpatičkog i parasimpatičkog sustava te se neprestano mijenja, a te promjene nazivamo varijabilnošću srčane frekvencije. Smanjena varijabilnost u stanju mirovanja povezuje se s nižom aktivnošću parasimpatičkog sustava i većom osjetljivošću na stres (79). Iako bazalna aktivnost simpatičkog sustava ostaje nepromijenjena, oslabljena „vagalna kočnica“ dovodi do relativne premoći simpatičkog sustava (80).

1.3.1.4. Imunološki sustav

Odgovor na stres, koji posreduje os HHN i imunološki sustav, dobro je poznat, no procjena razine stresa putem mjerenja ovih parametara još uvijek nije standardizirana praksa (81). U početnoj fazi akutnog stresa dolazi do aktivacije imunološkog sustava, vjerojatno kao rezultat ranog djelovanja kateholamina, što uzrokuje povećanje koncentracija imunoglobulina IgA, IgG i IgM (82). Povišene razine glukokortikoida, koje se oslobađaju tijekom produženog stresa, imaju imunosupresivni učinak. Jaka imunosupresija uzrokovana povišenim razinama glukokortikoida može se činiti paradoksalnom s obzirom na to da reakcija „borbe ili bijega“ povećava rizik od upale ili ozljeda (66). Međutim, ovaj učinak se objašnjava činjenicom da visoke razine glukokortikoida sprječavaju oštećenje organizma smanjujući pretjeranu imunološku reakciju i umor uzrokovan povećanom koncentracijom citokina, čime se održava mišićna spremnost za „borbu ili bijeg“. Glukokortikoidi djeluju imunosupresivno na periferiji, dok u mozgu mogu potaknuti proupalni odgovor (65). Postoji bitna razlika između središnje i periferne regulacije upale; dok proupalne molekule u tijelu proizvode makrofagi i mastociti, u mozgu ih stvaraju astrociti i mikroglia (65). Dugotrajna disfunkcija osi HHN može poremetiti regulaciju imunološkog sustava. Naime, kronično povišene razine glukokortikoida smanjuju

osjetljivost njihovih receptora, što dovodi do smanjenja antiupalnog djelovanja i povećane sklonosti upali (66). U stresnim situacijama dolazi do povećane aktivnosti simpatičkog živčanog sustava i smanjene aktivnosti parasimpatičkog sustava, što može potaknuti proupalne procese. Na primjer, istraživanja su pokazala da eksperimentalna izloženost psihosocijalnom stresu kod zdravih osoba uzrokuje smanjenje vagalne aktivnosti te povećanje razina proupalnih medijatora poput TNF- α i IL-6 (83), pri čemu IL-6 utječe na sve aspekte imunološkog odgovora. Fiziološke reakcije na stres razvile su se tijekom evolucije kao mehanizam odgovora na prijetnje fizičkim ozljedama od predatora. Ove reakcije uključuju povećanje upalnog odgovora, s povišenjem razina proupalnih citokina, C-reaktivnog proteina, fibrinogena i leukocita, kako bi se pospješilo zacjeljivanje ozljeda i osigurala zaštita od infekcija (84).

Danas su ljudi uglavnom izloženi psihosocijalnom stresu, koji ne predstavlja prijetnju fizičkom zdravlju ili infekcijama. Istraživanja pokazuju da su proupalni parametri osobito povišeni kod osoba koje doživljavaju stres na poslu ili brinu o bolesnom članu obitelji, pri čemu se te promjene razlikuju ovisno o vrsti stresa (84).

1.3.2. Interakcije stresnog sustava i endokrinih osi

Stresni sustav usko je povezan sa svim glavnim endokrinim osovinama, uključujući reproduktivnu osovinu, osovinu rasta, tiroidnu osovinu te regulaciju funkcije gušterače. Ključne uloge u odgovoru na stres imaju kora nadbubrežne žlijezde koja luči kortizol, prednji režanj hipofize koji izlučuje ACTH, stražnji režanj hipofize odgovoran za lučenje oksitocina i vazopresina, te gušterača koja regulira razinu glukoze u krvi lučenjem inzulina i glukagona. Ove endokrine osovine djeluju koordinirano kako bi osigurale prilagodbu organizma na akutne i kronične stresne uvjete (85).

1.3.2.1. Kortizol

Poznato je da je kortizol steroidni hormon koji se sintetizira iz kolesterola u zoni fasciculati kore nadbubrežne žlijezde (86). U cirkulaciji se najvećim dijelom veže za kortikosteroidni vezujući globulin i albumin, dok je približno 5–10% kortizola prisutno u slobodnom, biološki aktivnom obliku. Slobodni kortizol pasivno prolazi kroz staničnu membranu i veže se na citoplazmatske glukokortikoidne receptore. Nakon vezanja, kortizol-receptor kompleks ulazi u staničnu jezgru i modulira transkripciju ciljnih gena, uzrokujući specifične fiziološke učinke (87). Enzimi 11 β -HSD1 i 11 β -HSD2 reguliraju interkonverziju kortizola i kortizona. Enzim 11 β -HSD1 pretvara neaktivni kortizon u aktivni kortizol, dok 11 β -HSD2 pretvara aktivni kortizol u neaktivni kortizon, posebno u bubrežima, kontrolirajući na taj način hormonsku

aktivnost u tkivima kao što su jetra, masno tkivo i mozak (88). Preko 95% kortizola i njegovog biološki neaktivnog metabolita kortizona izlučuje se putem mokraće u obliku konjugiranih spojeva (89).

Watamura i suradnici (2004) u svojoj su studiji istaknuli da je lučenje kortizola, koje se regulira putem HHN osi i sazrijeva do treće godine života, u bazalnim, nestresnim uvjetima obilježeno stabilnim cirkadijalnim ritmom. Osim cirkadijalnog ritma, kortizol ima i ultradijalni ritam s kraćim pulsним intervalima od 90 do 120 minuta, što rezultira s približno 15 do 18 impulsa dnevno (90, 91). Ipak, tijekom ranog razvojnog razdoblja razine kortizola mogu varirati pod utjecajem vanjskih čimbenika poput stresa. Kako HHN os prolazi kroz maturaciju, organizam postaje sve otporniji na stres, što omogućuje stabilniju regulaciju lučenja kortizola i održavanje dinamičke ravnoteže nakon završetka tog procesa (92). Prema najnovijim istraživanjima, ritmički obrasci lučenja kortizola mogu se detektirati kod dojenčadi već u dobi od jednog mjeseca, što ukazuje na rano uspostavljanje cirkadijalnog ritma ovog hormona i njegovu regulaciju u ranoj fazi postnatalnog razvoja (93).

Dnevni ritam lučenja kortizola ključan je za održavanje homeostaze i energetskog balansa organizma te se mjeri kroz tri osnovna fiziološka parametra: dnevni prosjek kortizola, koji odražava ukupno dnevno lučenje i koncentraciju kortizola u cirkulaciji, odgovor kortizola na buđenje (engl. *cortisol awakening response* (CAR)), koji se odnosi na karakterističan porast kortizola nakon buđenja, i dnevni nagib krivulje kortizola, koji predstavlja fiziološki pad kortizola od vršnih jutarnjih vrijednosti do večernjeg smanjenja, evaluirajući tako dinamiku dnevne oscilacije kortizola (94). Nagli porast koncentracije kortizola nakon buđenja povećava njegovu razinu za prosječnih 50–60% unutar prvih 30–40 minuta. Nakon ovog početnog porasta, razina kortizola počinje postupno opadati kroz naredne sate, te zatim usporenim tempom opada kroz ostatak dana, dosežući nadir (najnižu vrijednost) u kasnim večernjim satima, obično neposredno prije spavanja. Ovakav dnevni obrazac lučenja kortizola smatra se pouzdanim pokazateljem aktivnosti HHN osi i fiziološke regulacije organizma (94, 95). Porast CAR-a ima ključnu ulogu u pripremi organizma za suočavanje s dnevnim izazovima i stresorima jer povećava dostupnost energije potrebne za optimalno funkcioniranje tijela i kognitivnih procesa (96).

Rana istraživanja ritma lučenja kortizola (cirkadijalni ritam) bila su usmjerena na dnevni prosjek kortizola, koji mjeri ukupno dnevno lučenje hormona u različitim fiziološkim stanjima (97). Krajem 1990-ih identificiran je CAR, što je omogućilo precizniju procjenu funkcionalnog stanja HHN osi, jer ovaj parametar specifično odražava njezinu aktivaciju tijekom jutarnjeg

buđenja. Danas se CAR smatra važnim pokazateljem adaptacijskog odgovora organizma. Niske vrijednosti CAR-a (negativan CAR) mogu ukazivati na disfunkciju HHN osi u određenim patološkim stanjima, što poboljšava razumijevanje uloge kortizola u regulaciji stresa i održavanju općeg zdravlja (96, 98).

U odnosu na CAR, dnevni nagib krivulje kortizola također je važan parametar koji odražava osjetljivost na emocionalni i psihosocijalni stres. Splanžteni dnevni profil sekrecije kortizola može biti fiziološki mehanizam putem kojeg kronični stres doprinosi nepovoljnim zdravstvenim ishodima, uključujući poremećaje raspoloženja, kronični umor i kardiovaskularne bolesti (99, 100).

Na osnovu znanstvenih dokaza možemo zaključiti da je razumijevanje dinamike cirkadijanog ritma lučenja kortizola od presudne važnosti za procjenu neuroendokrine regulacije stresa i njezine povezanosti sa zdravstvenim ishodima (101).

1.3.2.2. Slina kao uzorak za laboratorijsku analizu kortizola

Slina je bistra i bezbojna tekućina koja se sastoji pretežno od vode (90–99%), s dodatkom elektrolita i organskih spojeva poput aminokiselina, proteina i lipida. Fiziološki, slina je neutralna, bez mirisa i okusa, s pH vrijednošću između 6 i 9 (97). Luči se prvenstveno iz tri glavna para žlijezda slinovnica: parotidnih, submandibularnih i sublingvalnih žlijezda, dok manji dio dolazi iz brojnih malih žlijezda smještenih u sluznici usne šupljine, jezika, obraza i nepca. Svaka od ovih žlijezda proizvodi slinu specifičnog sastava i volumena, što zajedno doprinosi ukupnoj dnevnoj proizvodnji sline od 1,0 do 1,5 litara (102).

Nestimulirana miješana slina, koja se često koristi u dijagnostičke svrhe, predstavlja spoj sekreta svih žlijezda slinovnica uz dodatak drugih oralnih tekućina. Njezin sastav uključuje tekućinu iz gingiva, serumski transudat, epitelne stanice sluznice, krvne stanice, mikroorganizme te čestice hrane koje su prisutne na oralnoj sluznici. Ova kompleksna kombinacija komponenti odražava različita fiziološka i patološka stanja organizma, omogućujući preciznu procjenu sistemskih poremećaja. Osim toga, slina sadrži ključne molekule humoralnog i staničnog imuniteta, poput protutijela, proteina sustava komplementa i citokina, koji igraju važnu ulogu u obrani organizma (103, 104). Osim imunoloških komponenti, u slini su prisutne stanice koje omogućuju izolaciju deoksiribonukleinske kiseline, čineći je prikladnim materijalom za genetska istraživanja i dijagnostičke analize (104, 105).

Kortizol je u slini prisutan u slobodnoj, biološki aktivnoj formi. Njegov prijenos iz krvotoka u slinu odvija se pasivnom difuzijom kroz stanične membrane acinusnih i duktalnih stanica

žlijezda slinovnica, pri čemu nije podložan utjecaju brzine lučenja sline, budući da nije vezan za transportne proteine (106). Zbog ove stabilnosti, koncentracija kortizola u slini ostaje nepromijenjena uslijed fluktuacija u razinama transportnih proteina, što omogućuje pouzdano praćenje bazalnih razina hormona, dnevnih varijacija te odgovora na stimulacijske i supresijske testove. Nadalje, kortizol u slini nije pod utjecajem fizioloških i patoloških stanja koja mijenjaju koncentracije vezanog kortizola u serumu, kao što su primjena oralnih kontraceptiva, trudnoća ili bolesti jetre (107).

Neinvazivno prikupljanje uzoraka sline u fiziološkim uvjetima značajno je unaprijedilo istraživanja aktivnosti HHN osi, jer mjerenje kortizola u slini pruža točan prikaz funkcionalnosti HHN osi i predstavlja pouzdanu metodu za procjenu hormonskog statusa (108).

1.3.2.3. Glukoza

U stresnim situacijama dolazi do pojačanog lučenja hormona stresa, što uzrokuje porast razine glukoze u krvi (109). Ova reakcija osigurava tijelu dodatnu energiju potrebnu za suočavanje s izazovima, budući da je glukoza glavni izvor energije za metaboličke procese (110). U krvi osobe od 70 kg cirkulira oko 4 g glukoze. Ta se razina održava zahvaljujući glikogenima pohranjenim u jetri (oko 100 g) i mišićima (oko 400 g). Tijekom fizičke aktivnosti, oksidacija ugljikohidrata u mišićima može porasti i do deset puta, ali se glukoza u krvi stabilno održava (~4 g) čak i nakon sat vremena vježbanja, mobilizacijom glukoze iz glikogenskih rezervi (111). Glukoza ima ključnu ulogu kao prekursorska molekula u sintezi različitih ugljikohidratnih spojeva poput glikogena, riboze, deoksiriboze, galaktoze, te složenih molekula kao što su glikolipidi, glikoproteini i proteoglikani, koji su važni za strukturalne i funkcionalne procese u tijelu.

Regulacija glukoze ovisi o nekoliko ključnih fizioloških mehanizama, uključujući djelovanje hormona inzulina i glukagona, funkciju jetre u pohranjivanju i otpuštanju glukoze te integraciju signala iz središnjeg živčanog sustava i autonomne inervacije gušterače (110). Živčani sustav igra primarnu ulogu u regulaciji metabolizma glukoze putem simpatičke i parasimpatičke živčane regulacije gušterače, omogućujući autonomnu kontrolu lučenja hormona. Simpatička inervacija stimulira lučenje glukagona iz α -stanica, dok parasimpatička inervacija potiče oslobađanje inzulina iz β -stanica. Enzim glukokinaza omogućuje jetri da detektira povišenu razinu glukoze u krvi i poveća njezino iskorištavanje, posebno nakon obroka (112). Oslobođeni inzulin omogućuje ulazak glukoze u stanice, gdje se koristi za proizvodnju energije ili pohranjuje u obliku glikogena u jetri i mišićima. Suprotno tome, tijekom razdoblja posta,

glukagon potiče razgradnju pohranjenog glikogena u jetri (glikogenoliza) i sintezu nove glukoze iz ne-ugljikohidratnih izvora, poput aminokiselina i glicerola (glukoneogeneza). Ovi procesi povećavaju koncentraciju glukoze u krvi, osiguravajući stabilnu razinu glukoze koja je ključna za normalno funkcioniranje organizma, posebno mozga i drugih vitalnih organa (113).

Tijekom produljene hipoglikemije, koja traje satima ili danima, uočava se povećano lučenje hormona rasta i kortizola. Ovi hormoni djeluju tako da povećavaju mobilizaciju masnih kiselina iz masnog tkiva za energetske potrebe te smanjuju iskorištavanje glukoze u perifernim stanicama, čime se osigurava dovoljna razina glukoze u krvi za vitalne organe, poput mozga (113). Osim jetre, gušterače i živčanog sustava, važni organski sustavi uključeni u održavanje homeostaze glukoze su crijeva i masno tkivo. Crijeva sudjeluju u apsorpciji glukoze, dok masno tkivo, putem adipocita, igra ulogu u skladištenju energije i lučenju hormona leptina, koji utječe na metabolizam glukoze.

Glukagonu sličan peptid-1 i glukozno ovisan inzulotropni polipeptid, hormoni koji se izlučuju iz enteroendokrinih L-stanica i K-stanica kao odgovor na unos glukoze, fruktoze, aminokiselina i masnih kiselina iz hrane, potiču sekreciju inzulina kroz inkretinski učinak. Također utječu na apetit, proizvodnju glukoze, pražnjenje želuca i uklanjanje glukoze iz krvi, doprinoseći ukupnoj regulaciji metabolizma glukoze (114). Regulacija metabolizma glukoze temelji se na djelovanju inzulina u masnom i mišićnom tkivu, gdje putem transportera glukoze 4, koji je ovisan o inzulinu, olakšava unos glukoze u stanice. Selektivni poremećaj transportera glukoze 4 u mišićima dovodi do inzulinske rezistencije i intolerancije na glukozu (115).

Poznato je da adipokini i miokini iz masnog i mišićnog tkiva reguliraju lučenje inzulina. Leptin, ključni adipokin, djeluje na hipotalamus smanjujući unos hrane i regulirajući energetske homeostazu, čime posredno utječe na metabolizam glukoze i sekreciju inzulina.

Kako bi se glukoza mogla iskoristiti u većini stanica, mora biti prenesena kroz staničnu membranu u citoplazmu. Zbog svoje velike molekulske mase, glukoza ne može slobodno prolaziti kroz membranu, pa njezin prijenos osiguravaju specifični proteinski nosači putem procesa olakšane difuzije. Ovaj proces omogućuje kretanje glukoze niz koncentracijski gradijent, što znači da se glukoza kreće iz područja više koncentracije (izvanstanični prostor) prema području niže koncentracije (unutarstanični prostor) kako bi se postigla ravnoteža, dok se za prijenos glukoze protiv koncentracijskog gradijenta, iz područja niže prema višoj koncentraciji, koristi aktivni transport koji zahtijeva energiju. Taj proces uključuje zajednički

transport glukoze s natrijem, što je karakteristično za bubrežne tubule i gastrointestinalni trakt (110).

Kada glukoza uđe u stanicu, podliježe fosforilaciji u glukoza-6-fosfat, što kataliziraju glukokinaza u jetri i heksokinaza u većini drugih tkiva. Ovaj korak fosforilacije zadržava glukozu unutar stanice, jer fosforilirana forma ne može lako napustiti stanicu. Fosforilacija glukoze je uglavnom ireverzibilna, osim u stanicama jetre, epitelnim stanicama crijeva i epitelnim stanicama bubrežnih tubula, gdje prisutnost enzima glukoza-6-fosfataze omogućuje reverzibilnost ovog procesa. Nakon fosforilacije, glukoza se može odmah koristiti za proizvodnju energije putem glikolize, višestupanjskog procesa koji oslobađa adenzin trifosfat (engl. *adenosine triphosphate* (ATP)), što dovodi do neto dobitka od dvije molekule ATP-a iz jedne molekule glukoze (116). Učinkovitost stvaranja ATP-a iznosi oko 43%, dok se preostalih 57% energije gubi u obliku topline (116).

Tolerancija glukoze prati cirkadijalni ritam, s maksimalnom sposobnošću metaboliziranja glukoze ujutro, dok je poslijepodne i navečer smanjena. To je povezano s većom osjetljivošću β -stanica gušterače na stimulaciju ujutro i vrhuncem skladištenja glikogena u jetri navečer. Masno tkivo pokazuje najveću osjetljivost na inzulin poslijepodne. Ove dnevne varijacije u osjetljivosti na inzulin i iskorištavanju glukoze oblikuju dinamički ciklus metabolizma glukoze tijekom dana (117).

1.4. Kognitivni model anksioznosti i depresije

Kognitivni model razumijevanja stanja anksioznosti i depresije razvili su Clark i Beck. Osnova ovog modela leži u postojanju „mentalnog filtera“ pomoću kojeg osoba analizira događaje iz svoje okoline i procjenjuje njihov utjecaj na sebe, kao i to jesu li ti događaji ugodni ili neugodni, negativni ili pozitivni (118). Kognitivna teorija Becka (119, 120) bila je prva koja je sustavno iznijela pretpostavke o ulozi misli u razvoju depresije (121, 122). Poznata je kao hipoteza o kognitivnoj trijadi, koju su potvrdila brojna istraživanja (122). U izvorni kognitivni model integrirani su fiziološki aspekti koji ukazuju na to da negativne misli mogu utjecati na tjelesne procese (123). Istraživanja su pokazala da takve misli izazivaju promjene u funkciji mozga te mogu utjecati na lučenje hormona povezanih sa stresom, poput kortizola i serotonina. Ovaj model proširen je i na razumijevanje anksioznih poremećaja, uključujući načine na koje negativni misaoni obrasci doprinose održavanju simptoma anksioznosti (124).

Na kognitivnoj razini, anksioznost i depresija manifestiraju se kroz teškoće u procesima razmišljanja, kao što su kognitivne distorzije, smanjena sposobnost fokusiranja pažnje,

poteškoće u kontroliranju i suzbijanju misli te donošenje neadekvatnih odluka. Kognitivni čimbenici, poput uvjerenja, pohranjenih sjećanja, očekivanja i interpretacija, pritom igraju ključnu ulogu u razumijevanju razvoja i održavanja ovih poremećaja (125).

Maladaptivna anksioznost obično proizlazi iz netočne ili pretjerane procjene percipirane prijetnje u određenom kontekstu ili situaciji, pri čemu dolazi do aktivacije reakcije „bori se ili bježi“. Takva procjena rezultira osjećajem ugroženosti te percipiranom nesposobnošću da se adekvatno suoči s izazovom (125). S kognitivnog stajališta, anksioznost se objašnjava kroz tri ključne faze obrade informacija: inicijalnu detekciju prijetnje, procjenu percipirane opasnosti te aktivaciju automatskog odgovora. Ove faze obrade informacija odvijaju se automatski, brzo i refleksivno, bez uključivanja svjesne kontrole (126).

U prvoj fazi obrade informacija dolazi do automatske percepcije prijetnje, pri čemu se informacije procesiraju brzo i nesvjesno putem refleksivnih neuronskih mehanizama. Slijedi faza procjene, u kojoj se utvrđuju relevantnost i ozbiljnost prijetnje te njezino potencijalno značenje u kontekstu trenutne situacije. Ova procjena aktivira emocionalne, fiziološke i kognitivne reakcije koje prethode svjesnom doživljaju anksioznosti (126).

Aktivacija druge faze dovodi do sužavanja kognitivne obrade, što rezultira pojavom specifičnih kognitivnih pristranosti. Te pristranosti uključuju selektivnu pažnju usmjerenu na negativne aspekte situacije, sklonost crno-bijelom razmišljanju, generalizaciju prijetnji, precjenjivanje opasnosti, te minimiziranje ili ignoriranje pozitivnih informacija. Nadalje, osobe često pokazuju nisku toleranciju na neizvjesnost. Kao rezultat, razvija se negativan interpretativni stil razmišljanja, popraćen negativnim automatskim mislima (NAM) koje održavaju i pojačavaju osjećaj straha i bespomoćnosti. Ovi kognitivni procesi doprinose razvoju i održavanju anksioznih simptoma te mogu potaknuti pojavu depresivnih epizoda (126, 127).

U trećoj fazi obrade informacija povezanih s anksioznošću mogu se pojaviti tri moguća ishoda. Prvi ishod je pojačanje anksioznosti, koje se događa kada NAM i kognitivne distorzije narušavaju objektivnu procjenu situacije, što dovodi do povećanja emocionalne reakcije i intenzivnijeg doživljaja ugroženosti. Drugi ishod je smanjenje anksioznosti, do čega dolazi kada osoba uspješno reevaluira situaciju i razvije uravnoteženiju procjenu prijetnje, čime se smanjuje percipirana opasnost i povećava osjećaj samoučinkovitosti u suočavanju s prijetnjom. Treći ishod je održavanje stabilne razine anksioznosti, koje se javlja kod primjene neadaptivnih strategija suočavanja, poput izbjegavanja ili kognitivnog potiskivanja, koje privremeno

smanjuju intenzitet emocionalne reakcije, ali dugoročno ne mijenjaju percepciju prijetnje niti doprinose adaptivnom suočavanju (126).

1.5. Psihofiziološke reakcije na stres i poremećaji u regulaciji emocija tijekom ronjenja

Na psihološkoj razini, stresni čimbenici povezani s ronjenjem mogu dovesti do različitih emocionalnih reakcija (128), koje mogu narušiti sposobnost regulacije emocija. To uključuje poteškoće u pokretanju, suzbijanju ili prilagodbi unutarnjih emocionalnih stanja, kao i u kontroli misli povezanih s emocionalnim iskustvom, fiziološkim reakcijama i ponašanjem (129). Kognitivne strategije, poput katastrofiziranja, ruminacije i pretjerane brige, mogu postati maladaptivne, dodatno pojačavajući stresne reakcije, što može dovesti do simptoma anksioznosti i depresije te narušiti sposobnost osobe da se učinkovito nosi s izazovima. Kognitivni modeli anksioznosti i depresije (119, 123, 130, 131) ističu da su poteškoće u obradi informacija često povezane s prisutnošću NAM koje se pojavljuju bez svjesne kontrole. Takve su misli često usmjerene na percepciju prijetnji i opasnosti, što dovodi do iskrivljenih interpretacija situacija i održavanja emocionalnih poremećaja. U anksioznim stanjima, NAM su usmjerene na pretjeranu procjenu opasnosti i percipiranu nemogućnost suočavanja, dok su u depresivnim stanjima usmjerene na osjećaj beznađa i bespomoćnosti. To pojačava emocionalne reakcije i doprinosi začaranom krugu negativnih emocija i kognitivnih distorzija (132).

Ove NAM ne samo da ometaju sposobnost regulacije emocija, već mogu dovesti i do pretjerane aktivacije HHN osi, što rezultira povećanom sekrecijom kortizola, hormona stresa. Dugotrajna disregulacija HHN osi narušava ravnotežu neuroendokrinog sustava, povećavajući ukupnu razinu kortizola u organizmu. Takvo povećanje može uzrokovati pojačanu osjetljivost na stres, čime se dodatno održavaju i pogoršavaju simptomi anksioznosti i depresije (133).

Prethodna istraživanja nisu se bavila utjecajem NAM i negativnih emocionalnih stanja prije i tijekom ronjenja. U kontekstu ronjenja, NAM se mogu pojaviti kao odgovor na različite specifične stresore povezane s ovom aktivnošću, uključujući tehničke probleme s opremom, poteškoće s izjednačavanjem tlaka u ušima, mišićne grčeve, stezanje u prsima, hiperventilaciju, slučajno udisanje vode umjesto zraka, morsku bolest, kao i strah od nepoznatog podvodnog okruženja ili preopterećenost zadacima (134). One pritom izazivaju anksioznost, koja se može javiti i prije samog ronjenja te se dodatno intenzivirati tijekom urona. Anksioznost se na emocionalnoj razini očituje kroz osjećaje straha, bespomoćnosti i gubitka kontrole, dok se na fiziološkoj razini manifestira simptomima poput hiperventilacije, ubrzanog pulsa, palpitacija te osjećaja gušenja ili nedostatka zraka. Povećana razina hormona stresa može biti dodatno

potaknuta većim dubinama tijekom urona, što dovodi do povećane fiziološke napetosti i povećava rizik od disfunkcionalnih anksioznih reakcija (135–137). Stres i anksioznost povezani s ronjenjem mogu uzrokovati disfunkcionalne promjene u hormonalnom sustavu, potaknute HHN osi, što je često posljedica osjećaja nesigurnosti i percipirane nemogućnosti kontrole nad situacijom. To dodatno pojačava fiziološki odgovor organizma na stresne podražaje, čime se potenciraju i tjelesne i emocionalne reakcije (138, 139).

Iako je teško precizno utvrditi koliko stresne reakcije tijekom ronjenja proizlaze iz fizičkih uvjeta ronjenja, a koliko iz psihološke napetosti, znanstvena literatura sugerira da hormonski disbalans povezan s ronjenjem može biti uzrokovan kombiniranim djelovanjem oba čimbenika. Prema Beckovom modelu (123), početno bazalno stanje pojedinca i njegova individualna osjetljivost na stres određuju koje će neuralne mreže biti aktivirane tijekom stresnog događaja.

Uspješno suzbijanje reaktivnosti ili kontrola misli nakon aktivacije ovih mreža uvelike ovisi o bazalnom psihološkom stanju osobe, što izravno utječe na ukupnu razinu stresa i neuroendokrini odgovor organizma. Važno je naglasiti da su psihofiziološke promjene kod ronionca tijekom ronjenja rezultat interakcije individualnih karakteristika (npr. temperamenta, osjetljivosti na stres i prethodnog iskustva) i situacijskih čimbenika, poput kognitivne procjene situacije i sposobnosti regulacije emocija. Ova interakcija određuje intenzitet neuroendokrinih odgovora i razinu fiziološke reaktivnosti, oblikujući emocionalne i tjelesne reakcije tijekom ronjenja (135).

1.6. Utjecaj vrste ronjenja i ronilačkog iskustva na psihofiziološki odgovor na stres

Ronjenje se može provoditi u rekreativne ili profesionalne svrhe, uključujući vojne, znanstvene ili aktivnosti u području javne sigurnosti. Iako su rekreativni i profesionalni ronionci podložni istim fizikalnim zakonima te dijele ista fiziološka ograničenja zbog izloženosti hiperbaričnim uvjetima, razlikuju se u motivima, ciljevima i razinama prihvaćanja rizika. Također, postoje razlike u duljini i intenzitetu ronilačke obuke, fizičkoj spremnosti (140), te psihološkim karakteristikama koje mogu utjecati na percepciju stresa uzrokovanog situacijskim čimbenicima (npr. vodeno okruženje). Ove karakteristike uključuju sklonost anksioznosti, promjene raspoloženja i fiziološke reakcije, što može oblikovati individualne odgovore na ronilački stres.

U usporedbi s rekreativnim ronioncima, istraživanja pokazuju da vojni ronionci postižu niže rezultate na mjerama asertivnosti, ali više na mjerama superega, te pokazuju izraženiju praktičnu orijentaciju, oštromnost, sklonost timskom radu i jači osjećaj samosvijesti (141).

Prevalencija stanja raspoloženja i anksioznosti među vojnim ronionicima čini se sličnom razinama zabilježenim u općoj populaciji (141).

Studija St. Leger Dowse i suradnika (142) pokazala je da rekreativni ronionci imaju incidenciju depresije i anksioznosti usporedivu s nacionalnim prosjekom ili nešto nižu, iako su osjećaji anksioznosti i panike prije ili tijekom ronjenja zabilježeni kod velikog broja rekreativnih ronilaca. To je očekivano, s obzirom na to da se rekreativno ronjenje, koje se primarno provodi u svrhu sporta i rekreacije, oslanja na osobnu odgovornost ronioca te uključuje kraću obuku. Zbog toga svijest o rizicima te osobne karakteristike pojedinca ostaju ključni čimbenici u nastanku ronilačkih nesreća (143).

Trenutna saznanja iz svjetske literature detaljno opisuju utjecaj anksioznih crta ličnosti te njihovih emocionalnih i fizioloških korelata na ponašanje ronilaca. Crte anksioznosti prepoznate su kao pouzdan prediktor sklonosti doživljavanju panike tijekom ronjenja, posebice kod vojnih ronilaca (141, 144, 145), dok psihološki mehanizmi anksioznosti i panike nisu dovoljno istaknuti kod rekreativnih ronilaca (146).

Općenito, istraživanja pokazuju da vojni (144, 145, 147, 148) i rekreativni (149, 150) ronionci postižu niske rezultate na ljestvicama anksioznih kao crte ličnosti, dok početnici u SCUBA obuci bilježe samo umjereni porast anksioznosti prije ronjenja (151). Samo je nekoliko studija istraživalo anksioznost koju mogu potaknuti unutarnji čimbenici, poput NAM i emocija, ili vanjski (situacijski) čimbenici povezani s ronjenjem. U studiji Niewiedziała i suradnika (150) potvrđeno je da su ronionci tijekom boravka u hiperbaričnoj komori na dubini od 30 i 60 metara doživjeli nisku razinu anksioznosti, dok su neki ronionci pokazali visoku razinu anksioznosti kao stanje slično onome koje većina ljudi (152) doživi nakon dekompresije s dubine od 60 metara.

U studiji Bielec i suradnika (153) utvrđeno je da je 90% rekreativnih ronilaca pokazalo nisku ili umjerenu razinu anksioznosti kao crte ličnosti (ispitano tijekom sastanka u uredu), međutim gotovo polovica ispitanika doživjela je visoku razinu anksioznosti neposredno prije urona kada su primili lažne informacije o prisutnosti jakih morskih struja i mogućem pojavljivanju morskih pasa. Jedno od mogućih objašnjenja za ove rezultate može biti da je percepcija opasnosti povezana s uvjetima ronjenja, kao što sugerira Colvard (134), izazvala povećanu anksioznost, aktivirajući NAM i negativne emocije, neovisno o niskoj razini anksioznosti kao stabilnoj osobini ličnosti.

Nije pronađeno istraživanje koje uspoređuje razinu anksioznosti između vojnih i rekreativnih ronilaca u odnosu na njihovo ronilačko iskustvo (primjerice, ukupni ili godišnji broj urona te

godine bavljenja ronjenjem). Međutim, Biersner i Larocco (144) utvrdili su da vojni ronionci s manjim ronilačkim iskustvom postižu više rezultate na ljestvici stresa.

Prethodna istraživanja pokazuju da iskusniji sportaši prijavljuju niže razine intenziteta simptoma anksioznosti (154, 155), manji intenzitet zabrinutosti i pozitivnije interpretacije somatske anksioznosti (156) u usporedbi s manje iskusnim sportašima. Ovi rezultati mogu se pripisati upotrebi učinkovitijih mehanizama strategije suočavanja.

2. CILJEVI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA

Ovaj doktorski rad rezultat je dviju studija stoga su i ciljevi, odnosno hipoteze podijeljeni sukladno provedenim istraživanjima.

2.1. Ciljevi istraživanja

1. Studija I

- a) Odrediti psihometrijska svojstva dvaju novo sastavljenih upitnika (Ljestvica pozitivnih i negativnih emocija i Upitnik NAM prije ronjenja).
- b) Ispitati razlikuju li se iskusniji vojni ronionci od manje iskusnih rekreativnih ronilaca u kognitivnim (postotak negativnih misli prije ronjenja), emocionalnim (postotak negativnih emocija) i fiziološkim (oslobađanje kortizola) odgovorima na stres.
- c) Odrediti mogu li se varijacije u razinama kortizola na dan ronjenja pripisati psihološkim čimbenicima (NAM i negativne emocije), a ne vojnom ili rekreacijskom iskustvu ronjenja.
- d) Ispitati mogu li NAM prije ronjenja i negativne emocije kod vojnih/rekreativnih ronilaca promijeniti endogene razine hormona stresa (oslobađanje kortizola), razinu anksioznosti i razinu depresivnosti.

2. Studija II

- a) Odrediti parametre kardiovaskularnog stresa (arterijski tlak, srčana frekvencija) u bazalnim uvjetima, neposredno pred zaron i poslije zarona, te korelirati iste s psihološkim testovima utjecaja ronjenja na stres.
- b) Odrediti vrijednosti glukoze u krvi u bazalnim uvjetima, neposredno pred zaron i poslije zarona, te korelirati iste s psihološkim testovima utjecaja ronjenja na stres.

2.2. Hipoteze istraživanja

1. Studija I

- a) Vojni ronionci pokazivati će manje negativnih misli prije ronjenja, manje negativnih emocija, te lučiti manje kortizola. Nadalje, prisustvo NAM i negativnih emocija dovest će do povećanja koncentracije kortizola, te povećanja razine anksioznosti i depresivnosti.

2. Studija II

- a) Arterijski tlak, srčana frekvencija i razina glukoze u krvi bit će povišeni u vremenu neposredno pred zaron u usporedbi s bazalnim vrijednostima kao i onima nakon zarona. Nadalje, vrijednosti navedenih parametara bit će više povišeni u ronionca koji su izloženi većoj razini stresa.

3. ISPITANICI I POSTUPCI

3.1. Opis istraživanja

Ovo istraživanje obuhvaća dvije odvojene studije, od kojih je u svakoj ispitivan doprinos negativnih automatskih misli (NAM) i negativnih emocija koje su prethodile i pratile zaron, na psihofiziološki odgovor (stres) kod SCUBA ronilaca. U prvoj studiji, kao pokazatelj stresa mjerena je razina hormona kortizola, biokemijskog parametra koji je prikupljan u nekoliko vremenskih točaka prije i nakon ronjenja.

U drugoj studiji, kao mjereni pokazatelji stresa uzeti su profil glukoze, srčana frekvencija, te sistolički i dijastolički krvni tlak. Neposredno prije i nakon ronjenja svi su sudionici ispunjavali upitnike; Ljestvica depresivne anksioznosti i stresa (engl. *Depression Anxiety Stress Scales* (DASS)), Upitnik anksioznosti kao osobine ličnosti i anksioznosti kao stanja (engl. *State Trait Anxiety Inventory* (STAI)), Ljestvica pozitivnih i negativnih emocija, te Upitnik NAM prije ronjenja.

3.1.1. Ispitanici

3.1.1.1. Studija I

U studiju je uključeno 29 SCUBA ronilaca; sudionici su bili muškarci u dobi od 32 do 51 godine, s važećom dozvolom za ronjenje na zrak.

Ispitanici su u vrijeme provedbe istraživanja bili zdravi, nisu uzimali nikakve lijekove niti su imali teže povrede ili bolesti, prema anamnestičkim podacima. Uzimajući u obzir ograničen broj dostupnih profesionalnih vojnih ronilaca, u istraživanje smo uključili 14 vojnih ronilaca i 15 rekreativnih ronilaca. Sudionici ove grupe imali su najmanje 10 godina ronilačkog iskustva i minimalno 80 urona godišnje na dubini od 30 m. Završili su profesionalnu ronilačku edukaciju u trajanju od 100 sati teorijske nastave nakon koje je uslijedio intenzivni tečaj ronilačke prakse i kontinuirano stručno usavršavanje tijekom radnog vijeka. U skupini rekreativnih ronilaca polaznici su imali 4–10 godina ronilačkog iskustva, završili su tečaj ronjenja koji je uključivao 40 sati teorijske obuke i minimalno 20 urona na dubini od 30 m. Grupe se nisu razlikovale prema dobi ($U = -0,94$, $p > 0,05$), tjelesnoj težini (kg) ($U = 0,37$, $p > 0,05$), tjelesnoj visini (cm) ($U = -0,55$, $p > 0,05$) i indeks tjelesne mase (engl. *body mass indeks* (BMI)) ($U = -0,68$, $p > 0,05$).

Kriteriji isključenja bile su bolesti i psihofizička stanja za koja je poznato da utječu na HHN os, psihijatrijske smetnje i uzimanje lijekova koji mogu utjecati na fiziološko stanje.

Istraživanja su provedena od 1. do 30. listopada 2019. godine na otoku Lastovu, na otoku Hvaru, splitskom akvatoriju te na Zavodu za medicinsko laboratorijsku dijagnostiku Kliničkog bolničkog centra Split.

3.1.1.2. Studija II

U studiju je uključeno 52 rekreativna SCUBA ronioca. Ispitanici su bili muškarci i žene u dobi 22–65 godina s važećom dozvolom za ronjenje na zrak. Kriteriji isključenja bile su bolesti i psihofizička stanja za koja je poznato da utječu na HHN os, psihijatrijske smetnje i uzimanje lijekova koji mogu utjecati na fiziološko stanje.

Istraživanja su provedena od 1. lipnja do 30. listopada 2022. godine na otoku Hvaru u splitskom i zadarskom akvatoriju. U skupini rekreativnih ronilaca polaznici, završili su tečaj ronjenja koji je uključivao 40 sati teorijske obuke i minimalno 20 urona na dubini od 30 m.

3.1.2. Etičko odobrenje

Istraživanje kod obje studije odobrilo je Etičko povjerenstvo Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Splitu. Tijekom i nakon istraživanja štitila su se prava i osobni podaci ispitanika u skladu sa Zakonom o zaštiti prava pacijenata (NN169/04, 37/08) i Zakonom o zaštiti osobnih podataka (NN 103/03-106/12) te je istraživanje usklađeno s odredbama Kodeksa liječničke etike i deontologije (NN 55/08, 139/15) i pravilima Helsinške deklaracije (2013. godina). Svaki postupak, kao i mogući rizik, u potpunosti je objašnjen svim ispitanicima, kao i mogućnost da u svakom trenutku bez posljedica može prekinuti sudjelovanje u istraživanju. Ispitanici su prethodno pročitali i potpisali obrazac informiranog pristanka za sudjelovanje u istraživanju.

3.2. Metode

3.2.1. Studija I

3.2.1.1. Anamneza i antropometrija

Istraživanje je započeto prikupljanjem anamnestičkih podataka ispitanika. Upitnik općih podataka uključivao je podatke o dobi, tjelesnoj masi i visini, godinama ronilačkog iskustva, izloženosti izvanrednim stresorima u prethodnih sedam dana, podatke o satima sna noć prije ronjenja i vremenu buđenja na dan ronjenja. Također smo ispitali eventualno postojanje pratećih bolesti i uzimanje bilo kakvih lijekova. Svakom ispitaniku potvrđen je ronilački status. Na temelju dobivenih podataka BMI (indeks tjelesne mase) izračunat je kao omjer tjelesne mase u kilogramima i kvadrata visine izražene u metrima.

3.2.1.2. Uzorkovanje sline ili prikupljanje uzoraka sline

Protokol uzorkovanja sline osmišljen je tako da minimalno opterećuje ronioce, s ciljem da što manje remeti njihov uobičajeni dnevni ritam, te da uzorci budu prikupljeni u standardiziranim uvjetima ronjenja, sukladno protokolu. Uzorci sline prikupljeni su prema metodologiji nestimuliranog, pasivnog uzorkovanja ukupnog volumena sline, bez korištenja bilo kakvih stimulansa lučenja sline ili adsorpcijskih rolica. Prikupljanje uzoraka izvršeno je prema definiranom redoslijedu:

1. Prvi uzorak po buđenju.
2. Drugi uzorak 30 do 45 minuta nakon buđenja.
3. Treći uzorak neposredno prije zarona.
4. Četvrti uzorak neposredno nakon zarona.
5. Peti uzorak 60 minuta nakon zarona.

Minimalni volumen uzorka u svakoj polipropilenskoj tubici morao je iznositi najmanje 1 ml.

3.2.1.3. Psihologijski instrumenti u mjerenju anksioznosti

Psihologijski instrumenti za procjenu anksioznosti razvijeni su u svrhu objektivne procjene trenutnog psihičkog stanja, utvrđivanja prisutnosti simptoma, procjene njihovog stupnja izraženosti i praćenje tijeka liječenja. Kada su namijenjeni istraživačkim svrhama, koriste se u studijama koje mogu biti epidemiološke, terapijske ili dijagnostičke. Klinički instrumenti većinom su koncipirani u obliku ljestvice procjene ili samoocjenskog upitnika. Ljestvicama se mogu mjeriti intenzitet simptoma, dok se upitnicima na temelju samoprocjene otkriva prisutnost simptoma. Prilikom odabira kliničkih instrumenata potrebno je procijeniti pouzdanost i osjetljivost ljestvice, psihometrijska obilježja i vrijeme potrebno za primjenu na ispitanicima kao i vrijeme potrebno za obradu rezultata. U istraživanjima se upitnik može konstruirati po prvi puta, no učestalije se koriste već standardizirani upitnici čija su psihometrijska obilježja poznata. U situacijama kad se upitnici preuzimaju iz drugih jezičnih i kulturoloških područja potrebno ih je prevesti i validirati (jer se originalna validacija instrumenata obično provodi od strane autora). Svi psihologijski instrumenti, pa tako i upitnici, interpretiraju se na temelju postojećih priručnika u kojima je objašnjena njihova primjena, sustav bodovanja, granični rezultati, kao i ostale specifične informacije, uključujući definicije relevantnih pojmova. U većini upitnika procjenjuje se stanje odnosno ponašanje ispitanika tijekom nekog vremenskog razdoblja (157).

Do danas je razvijen i validiran velik broj ljestvica za procjenu psihičkih stanja, a najučestalije ljestvice kojima se procjenjuje stanje anksioznosti i depresivnosti su DASS i STAI (158–160).

Ljestvica DASS

Ljestvica DASS se koristila za ispitivanje razine depresivnosti, anksioznosti i simptoma stresa, neposredno prije i nakon ronjenja. Ona se zbog svoje jednostavnosti često primjenjuje u različitim istraživanjima na uzorcima odraslih ljudi koji su dio kliničke i nekliničke populacije (161). Sastoji od 42 čestice i tri podljestvice koje procjenjuju razinu depresivnosti (npr. „Mogu činiti se da uopće ne doživljavam nikakav pozitivan osjećaj“), anksioznosti (npr. „Brinem se zbog situacija u kojima bih mogao paničariti i napraviti budalu od sebe“) i stresa (npr. „Teško mi je opustiti se“). Odgovori su pod utjecajem situacijskih čimbenika i odražavaju trenutne okolnosti ispitanika. Ispitanici su odgovarali zaokruživanjem odgovarajućeg broja na ljestvici Likertovog tipa od četiri stupnja, od 0 („Uopće se ne odnosi na mene“) do 3 („U potpunosti se odnosi na mene“). Ukupni rezultat formiran je temeljem rezultata podljestvica.

U ovoj studiji korištena je validirana hrvatska ljestvica koja je potvrdila psihometrijska svojstva izvornog upitnika i odredila sljedeće interne koeficijente pouzdanosti: 0,85 za podljestvicu depresije, 0,83 za podljestvicu anksioznosti, a 0,87 za podljestvicu stresa (162).

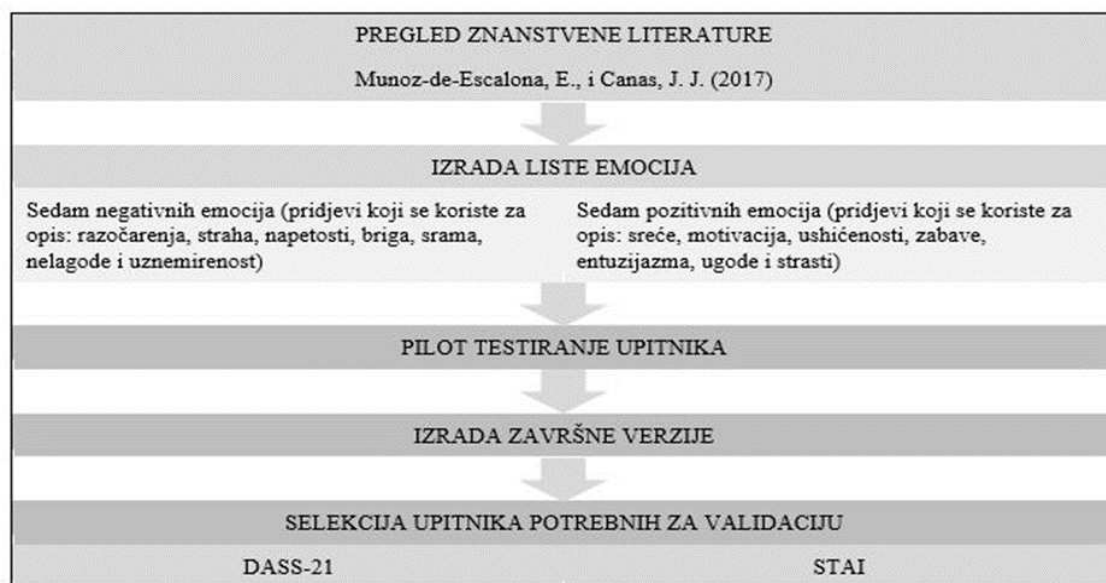
Upitnik STAI

Upitnik STAI (160) je često korištena mjera anksioznosti prema osobinama ličnosti i stanju anksioznosti kod odraslih osoba. Ljestvica anksioznosti kao osobine ličnosti procjenjuje stabilne individualne razlike u sklonosti anksioznim reakcijama, odnosno razlike među osobama u sklonosti da stresne situacije doživljavaju kao prijeteće i na njih reagiraju pojačanom razinom anksioznosti. Također se ovom ljestvicom mjeri anksioznost kao trenutno stanje koje osoba doživljava. Sastoji se od 20 pitanja za procjenu anksioznosti kao osobine ličnosti i 20 pitanja za procjenu anksioznosti kao stanja. Anksioznost kao osobina ličnosti uključuje stavke: „Napet sam; Zabrinut sam“ i „Osjećam se smireno; Osjećam se sigurno.“ Stavke kojima se procjenjuje anksioznost kao osobina ličnosti uključuju: „Previše brinem oko nečega što zapravo nije važno“ i „Zadovoljan sam; Ja sam stabilna osoba“. Sve stavke ocjenjuju se na ljestvici od četiri stupnja (od „Skoro nikad“ do „Skoro uvijek“). Viši rezultati ukazuju na veću razinu anksioznosti. Koeficijenti unutarnje konzistencije ljestvice kreću se u rasponu od 0,86 do 0,95; koeficijenti test-retest pouzdanosti kreću se od 0,65 do 0,75 tijekom dvomjesečnog intervala (160). U ovom istraživanju, test-retest koeficijenti pouzdanosti za ovu mjeru bili su u rasponu od 0,69 do 0,89 (163).

U ovoj studiji koriste se isključivo procjene stanja anksioznosti, koje mjere prolaznu reakciju anksioznosti povezanu s nepovoljnim situacijama u određenom trenutku.

Ljestvica pozitivnih i negativnih emocija

Za mjerenje emocija prije i nakon ronjenja konstruirana je ljestvica pozitivnih i negativnih emocija. Sastoji se od sedam pozitivnih (pridjevi koji se koriste za opisivanje sreće, motivacije, ekstaze, zabave, entuzijazma, zadovoljstva i strasti) i sedam negativnih (pridjevi koji se koriste za opisivanje sebe -razočaranje, strah, napetost, briga, sram, nelagoda i tjeskoba) emocija, koje mogu biti potaknute fiziološkim odgovorom na situacijski podražaj (164). Metodologija izrade korištene Ljestvice pozitivnih i negativnih emocija te Upitnika NAM prikazana je na **Slici 1**.



Slika 1. Konstrukcija Ljestvice pozitivnih i negativnih emocija i Upitnika NAM prije ronjenja.

Sudionici su zamoljeni da procijene svoje trenutno emocionalno stanje neposredno prije i nakon ronjenja na ljestvici od 0% do 100%. Ukupan rezultat svakog ispitanika predstavlja prosječni postotak pozitivnih ili negativnih emocija, pri čemu je maksimalni rezultat u oba slučaja 100%. Prepoznat je dvofaktorski model za podljestvicu pozitivnih i negativnih emocija. Za podljestvicu pozitivnih emocija, prvi faktor (zadovoljstvo) objašnjava 48,84% varijance, a drugi faktor (uzbuđenje) objašnjava 18,46% varijance. Usporedno, prvi faktor (strah) objašnjava 73,67% varijance, a drugi faktor (anksioznost i stres) objašnjava 16,25% varijance za podljestvicu negativnih emocija.

Pokazana je dobra pouzdanost podljestvice pozitivnih emocija, s Cronbachovom alfa od 0,76, kao i pouzdanost podljestvice negativnih emocija s obzirom na Cronbachovu alfu od 0,79. Samo ukupni rezultati negativnih emocija korišteni su u analizi prema teoretskom pristupu

Davida A. Clarka i Aaron T. Becka (123), gdje NAM mogu izazvati negativne emocije koje dovode do povećanja anksioznosti i depresije.

Upitnik NAM prije ronjenja

Upitnik NAM prije ronjenja načinjen je za mjerenje frekvencije NAM prije ronjenja prema postupku prikazanom u **Slici 2**. Nakon pregleda znanstvene literature, upitnik je inicijalno uzimao u obzir Beckovu teoriju depresije, Beckov inventar depresije, te popise najčešćih stresora povezanih s ronjenjem (npr. opasni uvjeti ronjenja, mogući problemi s ronilačkom opremom i fizički/psihološki problemi), kako je predložio David F. Colvard (134).

Kreiran je veći broj čestica za procjenu individualnih misli prije ronjenja. Potom je provedeno pilot testiranje upitnika, koristeći mali podskup ciljanih ispitanika koji se sastojao od tri iskusna ronioca s stečenim, konstruktivnim iskustvom u ronjenju. Zamoljeni su da se prisjete vlastitih disforičnih iskustava prije ronjenja i da izvijeste o povezanim mislima, koje su dodane postojećim stavkama. Takav popis stavki zatim je usklađen u fokus grupi između psihologa i tri ronioca. Nakon toga procijenjena je facijalna valjanost čestica na tri razine: sadržajnoj (nedvojbena „pripadnost“ konstruktumu NAM-a prije ronjenja), mjernoj (je li to moguće i opravdano mjeriti samoprocjenom ronioca) i verbalnoj (korištenje vokabulara i, ako je potrebno, žargona koji koriste ronionci). Zatim su sve stavke dane na čitanje maloj skupini ronilaca u ronilačkom klubu od kojih je zatraženo da procijene samorazumljivost stavki, kao i njihovu primjenjivost u kontekstu ronjenja. Stavke koje je bilo koji ronilac ocijenio kao manje razumljive ponovno su razmotrene ili izostavljene. Na taj način kreiran je veći broj čestica koje su poslužile kao mogući izvor čestica iz kojeg se kasnije generirao novi upitnik. Na kraju je obavljen inicijalni probir i odabir čestica za izradu upitnika za provedbu istraživanja. Paralelno s procesom izrade stavki novog upitnika, izvršen je odabir instrumenata za validaciju objekta mjerenja: ljestvica depresije, anksioznosti i stresa – DASS-21 (165–167).

Na taj način dobivena je lista od 24 misli čiju je učestalost procjenjivalo 29 ronilaca koji su sudjelovali u ovom istraživanju. Ispitanici su morali označiti misli koje su se pojavile neposredno prije ronjenja. Način bodovanja bio je binarni: 0 („Nemam takvu misao“) i 1 („Misao je prisutna“). Ukupni rezultat izražava se kao zbroj pozitivnih odgovora, s mogućim rasponom rezultata od 0 do 24.

Kategorička analiza glavnih komponenti svih stavki otkrila je da se upitnik sastoji od tri prepoznata faktora, koje smo nazvali „Smrtni slučajevi ronjenja“, „Napadaj panike“ i „Nesigurnost“, a koji objašnjavaju ukupno 61,78% varijance. Dvije stavke su isključene iz

upitnika budući da su njihova faktorska opterećenja $<0,40$. Konačni upitnik sadrži 22 NAM. Utvrđeni su sljedeći koeficijenti unutarnje konzistencije: 0,91 za podljestvice smrtnih slučajeva ronjenja, 0,78 za podljestvice napadaja panike i 0,54 za podljestvice nesigurnosti.

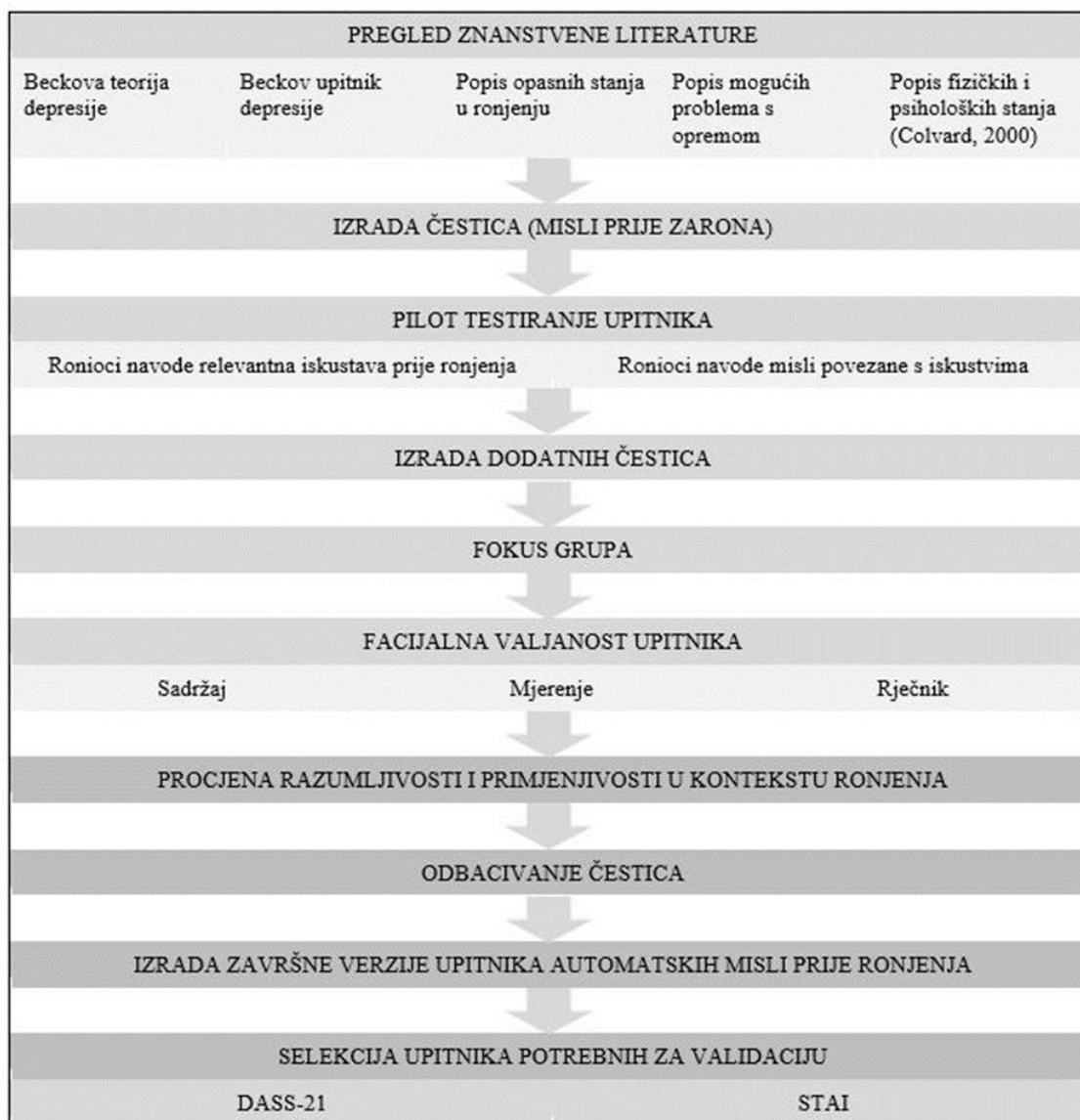
3.2.1.4. Protokol studije I

Ispitanici su savjetovani da prije davanja uzorka isperu usta vodom, da ne smiju jesti, piti (kava, sok, alkohol i drugo), pušiti, vježbati, prati zube i žvakati žvakaču gumu, te da izbjegavaju stresne situacije. Dan prije ronjenja, sudionici istraživanja dobili su informirani pristanak i vrećicu s kompletom za uzorkovanje sline. Komplet je uključivao pisane upute s detaljnim instrukcijama, pet označenih polipropilenskih epruveta (Nal von Minden, Moers, Njemačka), te tablicu za bilježenje vremena uzorkovanja na dan uzimanja uzoraka. Svaka vrećica i polipropilenske epruvete bile su označene jedinstvenim kodom, koji se sastojao od pet znakova, prva četiri znaka predstavljala su redni broj ispitanika, a slovo je označavalo redni broj uzorka sline. Prilikom podjele kompleta, istraživač je pojedinačno ili u manjim skupinama usmeno objasnio ronionicima protokol uzorkovanja, važnost pridržavanja uputa i preciznog bilježenja vremena uzimanja uzoraka. Savjetovano im je da uzorke sline pohrane u kućni hladnjak na temperaturi od $2-8^{\circ}\text{C}$ tijekom dana, te da ih sljedeći dan donesu na mjesto istraživanja. Uzorci su zatim prevezeni u transportnom medicinskom hladnjaku pod kontroliranim uvjetima do sabirnog mjesta, gdje su pohranjeni u medicinski zamrzivač na -20°C do dana analize.

Na dan ronjenja, svi su se sudionici probudili oko sedam sati ujutro i spavali su u prosjeku 7,9 sati. Također su izjavili da u prethodnih sedam dana nisu bili izloženi nikakvim izvanrednim stresnim iskustvima koja bi mogla utjecati na njihovo trenutno psihofiziološko stanje.

Ronionci su prikupljali uzorke sline po točno utvrđenom redosljedu. Neposredno prije i nakon ronjenja, svi su sudionici ispunjavali DASS-21, STAI, Ljestvicu pozitivnih i negativnih emocija i Upitnik NAM prije ronjenja. Nitko od ispitanika nije imao uvid u „tuđi“ upitnik.

Za potrebe ovog istraživanja ispitanici iz obje skupine ronili su na dubinama do 30 metara pri optimalnoj temperaturi mora od 15°C do 16°C . Zaroni su započinjali oko 10 sati ujutro kod obje skupne i trajali 50 min, po već unaprijed dogovorenom protokolu ronjenja. Prije, tijekom i nakon ronjenja nije bilo neočekivanih događaja koji bi mogli negativno utjecati na rezultate istraživanja.



Slika 2. Konstrukcija upitnika.

3.2.1.5. Mjerenje koncentracija kortizola

Analiza uzoraka sline prikupljenih u pet vremenskih točaka prema definiranom protokolu P1 (odmah nakon buđenja), P2 (30 do 45 minuta nakon buđenja), P3 (neposredno prije zarona), P4 (neposredno nakon zarona), P5 (60 minuta nakon zarona); provedena je imunološkom metodom. Analiza je izvedena pomoću imunokemijske metode na tvrdom nosaču, povezan s enzimom (engl. *enzyme-linked immunosorbent assay*) test kita (Cortisol kit, Roche Diagnostics, SAD) u skladu s preporukama proizvođača. Na dan testiranja, uzorci su, nakon odmrzavanja na sobnoj temperaturi, centrifugirani pri 1400 okretaja u trajanju od dvije minute u mikrocentrifugi NF 048. Za analizu je korišteno ukupno 200 µl supernatanta sline. Uzorke su analizirali dva nepristrana medicinsko-laboratorijska inženjera na temelju smjernica proizvođača i u skladu sa standardnim operativnim postupkom.

3.2.2. Studija II

3.2.2.1. Anamneza i antropometrija

Podaci su prikupljeni na identičan način kao u studiji I.

3.2.2.2. Mjerenje glukoze

Aparat Accu-Chek Performa koristio se za mjerenje koncentracije glukoze u krvi. Mjerenje je provedeno u skladu s Nacionalnim smjernicama za kapilarno uzorkovanje krvi, koje je izdalo Hrvatsko društvo za medicinsku biokemiju i laboratorijsku medicinu. Mjerenje je jednostavno, sigurno i pouzdano, a rezultati su dostupni unutar pet sekundi. Za točno mjerenje dovoljna je količina od samo 0,6 μ l krvi.

3.2.2.3. Mjerenje tlaka

Arterijski tlak (sistolička i dijastolička vrijednost), kao i srčana frekvencija mjerili su se uz pomoć digitalnog tlakomjera (Automatic Upper Arm Blood Pressure Monitor M6 Comfort (HEM-7360-E), Omron Healthcare Co., Japan).

3.2.2.4. Psiholgijski instrumenti u mjerenju anksioznosti

U studiji II su korišteni isti psihologijski instrumenti u mjerenju anksioznosti kao u studiji I.

3.2.2.5. Protokol studije II

Ispitanici su savjetovani da prije istraživanja ne smiju jesti, piti (kava, sok, alkohol i drugo), pušiti, vježbati, te izbjegavati stresne situacije. Dan prije ronjenja, sudionici u istraživanju dobili su informirani pristanak koji su morali potpisati. Istraživač je pojedinačno ili u malim skupinama usmeno objasnio ronionicima protokol istraživanja, važnost pridržavanja istog te preciznog bilježenja vremena uzorkovanja glukoze, mjerenja sistoličkog i dijastoličkog krvnog tlaka te srčane frekvencije. Na dan ronjenja, svi su se sudionici probudili oko sedam sati ujutro i spavali su u prosjeku 7,9 sati. Također su izjavili da u prethodnih sedam dana nisu bili izloženi nikakvim izvanrednim stresnim iskustvima koja bi mogla utjecati na njihovo trenutno psihofiziološko stanje.

Ronionicima je razina glukoze u kapilarnoj krvi mjerena tri puta prema točno utvrđenom redoslijedu, zajedno s mjerenjem sistoličkog i dijastoličkog tlaka te srčane frekvencije. Prvo mjerenje provedeno je sat vremena prije ronjenja, drugo neposredno prije zarona, a treće odmah nakon ronjenja. Neposredno prije i nakon ronjenja, svi sudionici su ispunili DASS-21, STAI,

Ljestvicu pozitivnih i negativnih emocija te Upitnik negativnih automatskih misli (NAM) prije ronjenja. Nitko od ispitanika nije imao uvid u upitnike drugih sudionika.

Za potrebe ovog istraživanja ispitanici su ronili na dubinama do 30 metara pri optimalnoj temperaturi mora od 15°C do 16°C. Zaroni su započinjali oko 10 sati ujutro i trajali 50 min, po već unaprijed dogovorenom protokolu ronjenja. Prije, tijekom i nakon ronjenja nije bilo neočekivanih događaja koji bi mogli negativno utjecati na rezultate istraživanja.

3.3. Statistički postupci

S obzirom na mali uzorak i nenormalnu distribuciju podataka, svi mjereni parametri prikazani su kao medijani i interkvartilni rasponi. Za utvrđivanje statistički značajne razlike ($p < 0,05$) između mjerenja u mirovanju i mjerenja nakon intervencije korišten je Wilcoxon signed rank test za neparametrijske uzorke. Povezanost između varijabli procijenjena je Spearmanovim testom korelacije. Statistička analiza svih podataka provedena je korištenjem softvera GraphPad Prism, inačica 7.0 (GraphPad Software, La Jolla, Kalifornija, SAD).

Podaci su pohranjeni, razvrstani i pripremljeni za analizu pomoću programskog paketa SPSS, inačica 25.0 (IBM Inc., Armonk, New York, SAD). Svi podaci su bili potpuni, to jest nismo imali nedostajućih podataka. Deskriptivni statistički postupci (srednje vrijednosti, standardne devijacije i postoci) korišteni su za opisivanje broja NAM i negativnih emocija.

Proveli smo analizu pouzdanosti za ispitivanje unutarnje konzistentnosti koristeći Cronbachov alfa koeficijent. Ako je ljestvica ocijenjena kao pouzdana, provedena je eksplanatorna faktorska analiza kako bi se utvrdila faktorska struktura. Izračunate su sume postotaka varijance i kumulativni postoci varijance. Nadalje, izračunata je Kaiser-Meyer-Olkinova mjera adekvatnosti uzorkovanja, kao i Bartlettov test sferičnosti. Provedena je Varimax rotacija kako bi se procijenila opterećenja faktorskih komponenti. Provedena je faktorska analiza pomoću Varimax rotacije kako bi se ispitali faktori dobiveni iz Ljestvice pozitivnih i negativnih emocija. Također, provedena je konfirmatorna faktorska analiza kako bi se procijenio stupanj preklapanja Ljestvice pozitivnih i negativnih emocija s identificiranim faktorima. Indeks preklapanja korišten je za analizu prilagodbe modela ispitivanjem odstupanja između podataka i hipotetičkog modela. Za Upitnik NAM misli, s obzirom da je uključivao samo pitanja s binarnim odgovorima, provedena je kategorijska analiza glavnih komponenti.

Konvergentna valjanost utvrđena je na temelju korelacije ispitivanih ljestvica s upitnicima koji se često koriste kao zlatni standard za negativne emocije kao što su depresija i anksioznost: STAI i DASS ljestvice.

Deskriptivne analize kao što su frekvencije, srednje vrijednosti i standardne devijacije izračunate su u skladu s potrebama analize podataka. Za utvrđivanje razlika korišten je Studentov t-test.

4. REZULTATI

4.1. Rezultati studije I

4.1.1. Faktorska struktura

Postojala je zadovoljavajuća primjerenost uzorkovanja podataka na podljestvice pozitivnih emocija i negativnih emocija s Kaiser-Meyer-Olkin statistikom od 0,77 i 0,83, što je omogućilo faktorsku analizu. Bartlettov test sferičnosti bio je značajan za podljestvicu pozitivnih emocija ($\chi^2(21) = 80,8$, $p < 0,001$) i podljestvicu negativnih emocija ($\chi^2(21) = 225,02$, $p < 0,001$). Utvrđena je dobra pouzdanost podljestvice pozitivnih emocija, s Cronbachovom alfa koeficijentom 0,76, kao i pouzdanost podljestvice negativnih emocija s obzirom na Cronbachovu alfu od 0,79 (**Tablica 1**).

Tablica 1. Mjere pouzdanosti Ljestvice pozitivnih i negativnih emocija

Pozitivne emocije	Čestična ukupna korelacija	Cronbachova alfa bez čestice	Negativne emocije	Čestična ukupna korelacija	Cronbachova alfa bez čestice
E1: sretan	0,70	0,73	E2: razočaran	0,83	0,76
E5: motiviran	0,50	0,74	E3: uplašen	0,88	0,75
E6: uzbuđen	0,45	0,74	E4: anksiozan	0,87	0,75
E7: oduševljen	0,70	0,73	E8: pod stresom	0,54	0,78
E9: entuzijastičan	0,72	0,70	E10: zabrinut	0,84	0,76
E12: strast	0,31	0,75	E11: posramljeno	0,82	0,79
E13: zadovoljan	0,83	0,71	E14: nelagodan	0,92	0,77
Zbrojni rezultat pozitivnih emocija	1,000	0,76	Zbrojni rezultat negativnih emocija	1,000	0,79

Kao što je prikazano u **Tablici 2**, korelacija podljestvice negativnih emocija sa STAI rezultatom ($r = 0,71$) i depresijom ($r = 0,75$), anksioznošću ($r = 0,86$) i podljestvicom stresa DASS ($r = 0,59$) pokazala je dobru valjanost. Nešto niži koeficijenti korelacije utvrđeni su za podljestvicu pozitivnih emocija s podljestvicom depresije ($r = -0,38$) i anksioznosti ($r = -0,40$) u DASS-u, kao i sa rezultatom STAI upitnika ($r = -0,38$). Što se tiče Upitnika NAM prije ronjenja, konvergentna valjanost bila je zadovoljavajuća s obzirom na pozitivnu korelaciju ukupnih rezultata gore spomenutog upitnika: s DASS podljestvicom depresije ($r = 0,71$), podljestvicom anksioznosti ($r = 0,63$) i podljestvicom stresa ($r = 0,62$), kao i sa STAI zbrojnim rezultatom ($r = 0,50$).

Tablica 2. Konvergentna valjanost Upitnika NAM prije zarona i Ljestvice pozitivnih i negativnih emocija*

	Negativne emocije				Pozitivne emocije		
	NAM	Negativne emocije ukupni rezultat	Faktor 1: strah	Faktor 2: anksioznost i stres	Pozitivne emocije ukupni rezultat	Faktor 1: zadovoljstvo	Faktor 2: uzbuđenost
Ronilačke NAM	-	0,68†	0,50‡	0,47§	-0,06	-0,23	0,17
DASS depresija	0,71†	0,75†	0,64†	0,39§	-0,38§	-0,52‡	-0,02
DASS anksioznost	0,63†	0,86†	0,70†	0,49‡	-0,40§	-0,63†	0,08
DASS stres	0,62†	0,59†	0,36	0,50‡	-0,12	-0,32	0,16
STAI ukupni rezultat	0,50‡	0,71†	0,56‡	0,43§	-0,38§	-0,55‡	-0,01
Pozitivne emocije ukupni rezultat	-0,06	-0,39‡	-0,43‡	-0,06		0,74†	0,66†
Negativne emocije ukupni rezultat	0,68†	-	0,82†	0,58‡	-0,39§	-0,64†	0,09
Faktor 1: negativne emocije	0,50‡	0,82†	-	-	-0,43§	-0,64†	0,05
Faktor 2: negativne emocije	0,47‡	0,58‡	-	-	-0,06	-0,19	0,10
Faktor 1: pozitivne emocije	-0,23	-0,64†	-0,64†	-0,19	0,74†	-	-
Faktor 2: pozitivne emocije	0,17	0,09	0,05	0,10	0,66†	-	-

DASS – Ljestvica depresivne anksioznosti i stresa (engl. *Depression Anxiety Stress Scales*), NAM – negativne automatske misli, STAI – Upitnik anksioznosti kao osobine ličnosti i anksioznosti kao stanja (engl. *State Trait Anxiety Inventory*)

*Prikazani su koeficijenti korelacije između Upitnika NAM prije zarona i Ljestvice pozitivnih i negativnih emocija sa STAI i DASS rezultatima.

†p < 0,001.

‡p < 0,01.

§p < 0,05.

Dobiveni rezultati provedene faktorske analize ukazuju na dvofaktorsko rješenje za podljestvicu pozitivnih i negativnih emocija, kao što je prikazano u **Tablici 3**. Za podljestvicu pozitivnih emocija, prvi faktor objašnjava 48,84% varijance, a drugi faktor objašnjava 18,46% varijance. Za podljestvicu negativnih emocija prvi faktor objašnjava 73,67% varijance, a drugi faktor 16,25% varijance.

Tablica 3. Faktorska analiza Ljestvice pozitivnih i negativnih emocija

	Pozitivne emocije 2 – faktorsko rješenje		Negativne emocije 2 – faktorsko rješenje	
	Faktor 1: zadovoljstvo	Faktor 2: uzbuđenost	Faktor 1: strah	Faktor 2: anksioznost i stres
Početna Eigenvrijednost	3,42	1,29	5,16	1,14
% varijance	48,84	18,46	73,67	16,25
Kumulativni %	48,84	67,30	73,67	89,92
Opterećenje				
E1	0,83			
E2			0,95	
E3			0,81	
E4				0,80
E5	0,86			
E6		0,59		
E7	0,80			
E8				0,97
E9		0,70		
E10			0,92	
E11			0,94	
E12		0,82		
E13	0,83			
E14			0,90	

Kao što je prikazano u **Tablici 4**, nakon analize glavnih komponenti svih stavki Upitnika NAM prije ronjenja, utvrdili smo da se upitnik sastoji od tri prepoznata faktora, koji objašnjavaju ukupno 61,78% varijance. Nakon konfirmatorne faktorske analize, indeks preklapanja (engl. *comparative fit index* (CFI)) bio je prihvatljiv na 0,92. Uzimajući u obzir da se indeks preklapanja vrijednosti kreću od 0 do 1, pri čemu veće vrijednosti ukazuju na bolju prilagodbu, smatrali smo danu vrijednost od 0,92 prihvatljivim pokazateljem predloženog modela (166).

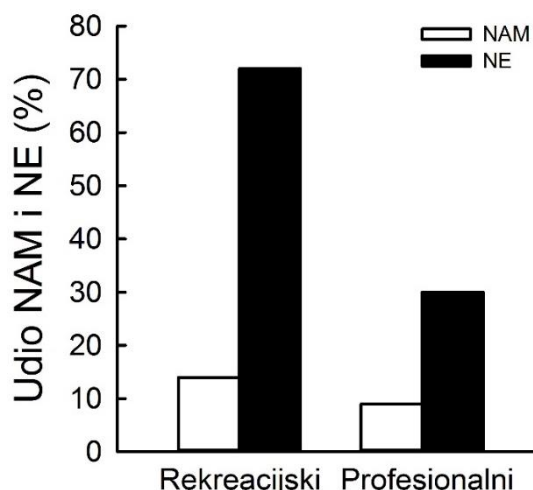
Tablica 4. Glavna analiza komponenti Upitnika NAM prije zarona*

Upitnik NAM prije zarona			
	Faktor 1: smrt pri ronjenju	Faktor 2: napad panike	Faktor 3: neizvjesnost
Cronbachova alfa	0,91	0,78	0,54
Ukupno (Eigen vrijednost)	7,57	3,95	2,07
% varijance	34,43	17,97	9,39
Opterećenje			
NAM1			0,37
NAM2			0,73
NAM3	0,80		
NAM4	0,80		
NAM5		-0,79	
NAM6			0,71
NAM7	0,81		
NAM8		-0,50	
NAM9	0,97		
NAM10		-0,79	
NAM11		-0,57	
NAM12			0,75
NAM13	0,44		
NAM14			-0,37
NAM16	0,61		
NAM17	0,80		
NAM18		-0,60	
NAM19		0,51	
NAM20	0,81		
NAM21	0,80		
NAM23	0,97		
NAM24			0,18

NAM – negativne automatske misli

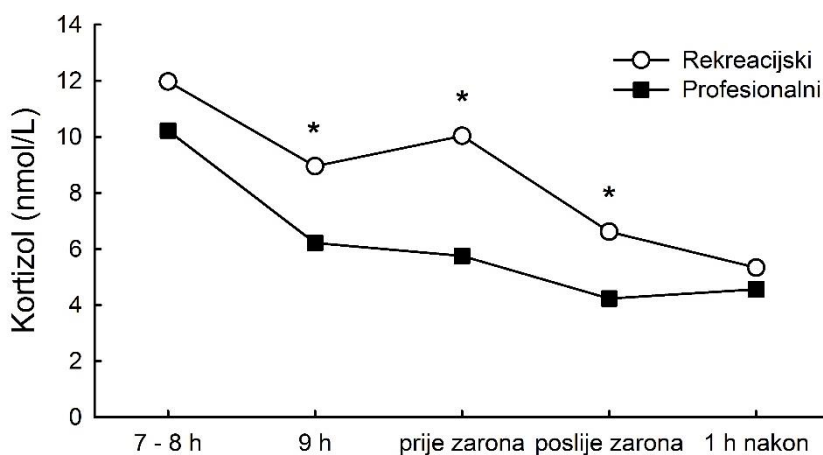
4.1.2. Razlike između vojnih i rekreacijskih ronilaca

Prosječni postotak NAM i negativnih emocija prije ronjenja kod rekreacijskih i vojnih ronilaca prikazan je na **Slici 3**. Nije utvrđena statistički značajna razlika u broju NAM između promatranih skupina ($t = 0,29$, $p > 0,05$).



Slika 3. Udio NAM i negativnih emocija u rekreacijskih i profesionalnih ronilaca.

Nisu utvrđene značajne razlike u negativnim emocijama prije ronjenja ($t = 1,08$, $p > 0,05$). Nadalje, kao što se može vidjeti na **Slici 4**, prosječne vrijednosti kortizola značajno su se smanjile na različitim dnevnim točkama mjerenja unutar obje skupine. Rekreacijski ronionci prijavili su značajno više razine kortizola izmjerene u 9 ujutro ($t = 2,22$, $p = 0,036$); neposredno prije ronjenja ($t = 2,72$, $p = 0,012$) i neposredno nakon ronjenja ($t = 2,17$, $p = 0,042$) u usporedbi s vojnim ronioncima, dok u ostalim mjernim točkama razlike između skupina nisu utvrđene.



Slika 4. Razlike u razinama kortizola unutar i između skupina rekreacijskih i profesionalnih ronilaca.

Univarijatna analiza razlika u razinama kortizola u svih pet vremenskih točaka procijenjenih u ovoj studiji ukazala je na značajan učinak promjena razine kortizola i za rekreacijske (Mauchly $W = 0,14$, $p = 0,004$; $F = 8,15$, $p = 0,001$) i za vojne ronionce (Mauchly $W = 0,12$, $p = 0,004$;

$F = 7,82$, $p = 0,003$) (**Tablica 5**). Usporedbe parova kod rekreacijskih ronilaca otkrile su značajne razlike između P1 i P2 ($p = 0,010$) kao i između P1 i P5 mjernih točaka ($p = 0,006$). Osim toga, razine kortizola u P2 značajno su se razlikovale od P5 ($p = 0,020$). S druge strane, kod vojnih ronilaca samo je vremenska točka P1 bila značajno različita od razine kortizola izmjerene na P4 ($p = 0,021$) i P5 ($p = 0,030$).

Tablica 5. Međuispitanički interakcijski učinak varijabilnosti vrijednosti kortizola tijekom dana na NAM, negativne emocije i pripadnost skupini

Varijabla	F	p
Varijabilnost vrijednosti kortizola tijekom dana zarona	8,08	<0,001
Varijabilnost vrijednosti kortizola tijekom dana zarona × negativne emocije	3,41	0,02
Varijabilnost vrijednosti kortizola tijekom dana zarona × NAM	1,12	0,35
Varijabilnost vrijednosti kortizola tijekom dana zarona × pripadnost skupini	0,79	0,50

NAM – negativne automatske misli

Međutim, kada su procijenjeni učinci interakcije ronilačke grupe i varijacije u razinama kortizola tijekom dana ronjenja, nisu zabilježeni značajni učinci interakcije (**Tablica 5**). Nadalje, s obzirom na to da postoji interakcija varijabilnosti razine kortizola tijekom dana ronjenja i razine negativnih emocija, može se pretpostaviti da varijabilnost kortizola tijekom dana ronjenja ovisi o negativnom emocionalnom stanju, a ne samo o ronilačkom iskustvu jer interakcija s pripadnošću ronilačkoj grupi nije utvrđena.

4.1.3. Uloga NAM, negativnih emocija i grupne pripadnosti u predviđanju anksioznosti i stresa, kao i razine kortizola prije ronjenja

Rezultati regresijske analize korištene za određivanje prediktora anksioznosti, depresije i stresa prije ronjenja mogu se vidjeti u **Tablici 6**. Kao prediktorske varijable korišteni su NAM, negativne emocije i grupna pripadnost, dok su mjere anksioznosti i stresa korištene kao zavisne varijable.

Tablica 6. NAM, negativne emocije i pripadnost skupine u predviđanju negativne afektivnosti i razina kortizola prije zarona

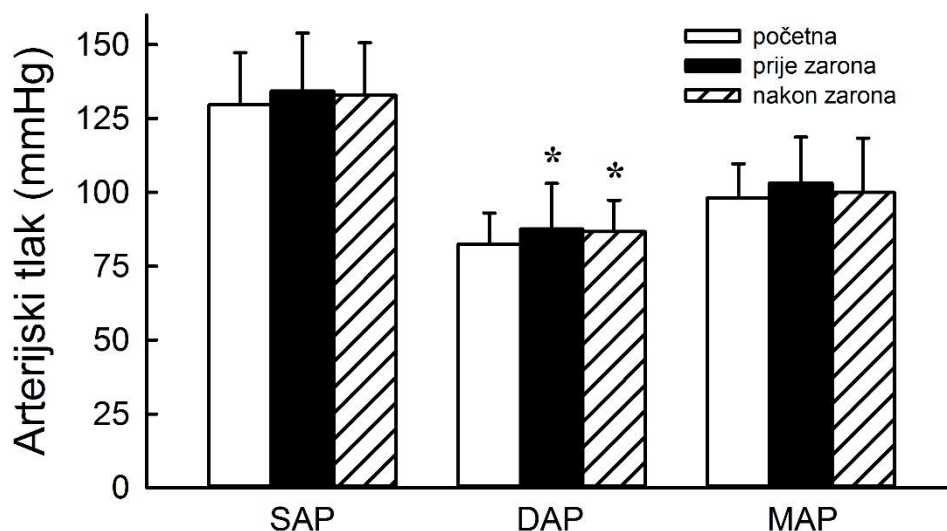
	DASS anksioznost			STAI anksioznost			Depresija			Kortizol (P4) nmol/L		
	β	t	p	β	t	p	β	t	p	β	t	p
Pripadnost skupini	-0,2 3	-2,3 7	0,03	-0,3 3	-2,5 5	0,02	-0,1 9	-1,5 9	0,12	-0,2 7	-1,6 4	0,11
NAM	0,08	0,60	0,55	-0,0 03	-0,0 2	0,98 4	0,35	2,19	0,04	0,00	0,02	0,99
Negativne emocije	0,75	5,91	<0,0 1	0,64 2	3,73	0,00 1	0,47	2,98	<0,0 1	0,46	2,07	0,05
R²	0,79			0,56			0,63			0,35		
SE	2,97			6,77			3,68			2,74		
F	30,68			13,06			16,75			4,42		
p	<0,001			<0,001			<0,001			<0,01		

DASS – Ljestvica depresivne anksioznosti i stresa (engl. *Depression Anxiety Stress Scales*), NAM – negativne automatske misli, STAI – Upitnik anksioznosti kao osobine ličnosti i anksioznosti kao stanja (engl. *State Trait Anxiety Inventory*), R² – koeficijent determiniranosti, SE – standardna pogreška (engl. *standard error*), β – standardizirani koeficijent korelacije

Regresijske analize su pokazale da pripadnost grupi, učestalosti NAM i negativne emocije zajedno objašnjavaju 79% ukupne varijacije anksioznosti mjerene DASS-om i 56% mjerene STAI-om, pri čemu su negativne emocije i pripadnost skupini rekreativnih ronilaca značajno utjecali na anksioznost (mjereno DASS i STAI) neposredno prije ronjenja ($p < 0,001$). Ovaj je model značajan, s $F = 30,68$, $p < 0,001$ (**Tablica 6**). Nadalje, pripadnost grupi, učestalosti NAM i negativne emocije zajedno objašnjavaju 63% ukupne varijacije simptoma depresije. Model je značajan, s $F = 4,42$, $p = 0,01$.

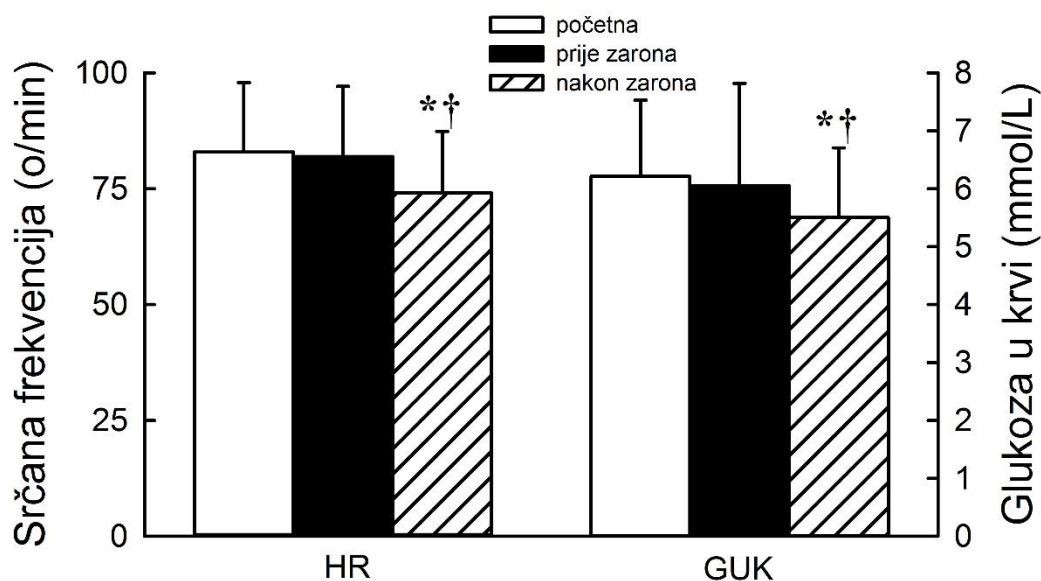
4.2. Rezultati studije II

Rezultati utjecaja ronjenja na kardiovaskularne varijable prikazani su na **Slici 5**. Na slici je prikazan porast dijastoličkog arterijskog tlaka prije i nakon zarona u usporedbi s početnom vrijednosti. Prosječni dijastolički tlak neposredno prije zarona je iznosio 87 (standardno odstupanje (engl. *standard deviation* (SD)) = 15,51), a nakon zarona 86,29 (SD = 10,63), što je statistički značajna razlika ($p = 0,002$) u usporedbi s vrijednostima prije zarona (aritmetička sredina (engl. *mean* (M)) = 81,53, SD = 9,87). Nije bilo statistički značajne promjene u vrijednostima sistoličkog tlaka u usporedbi s početnim vrijednostima iako je i tu vidljiv trend povišenju.



Slika 5. Vrijednosti sistoličkog, dijastoličkog i srednjeg arterijskog tlaka u bazalnim uvjetima te neposredno prije i neposredno nakon zarona. *Statistička razlika u odnosu na početnu vrijednost, $p < 0,05$. DAP – dijastolički arterijski tlak (engl. *diastolic arterial pressure*), MAP – srednji arterijski tlak (engl. *middle arterial pressure*), SAP – sistolički arterijski tlak (engl. *systolic arterial pressure*).

Srčana frekvencija i vrijednosti koncentracije glukoze u krvi u bazalnim uvjetima, kao i neposredno prije i nakon zarona prikazani su na **Slici 6**. Srčana frekvencija ($M = 73,98$, $SD = 13,68$) i koncentracija glukoze u krvi ($M = 5,45$, $SD = 1,22$) statistički su značajno niže ($p < 0,001$) u ronilaca nakon izrona u usporedbi s bazalnim vrijednostima srčane frekvencije ($M = 83,18$, $SD = 14,39$) i koncentracije glukoze u krvi ($M = 6,2$, $SD = 1,36$) kao i vrijednostima HR ($M = 82,02$, $SD = 15,13$) neposredno prije zarona i koncentracije glukoze u krvi ($M = 6,02$, $SD = 1,84$).



Slika 6. Srčana frekvencija (HR) i vrijednosti koncentracije glukoze u krvi bazalnim uvjetima te neposredno prije i neposredno nakon zarona. * označava statističku razliku u odnosu na

početnu vrijednost, † označava statističku razliku u odnosu na vrijednost prije zarona, $p < 0,05$. HR – srčana frekvencija (engl. *heart rate*), GUK – glukoza u krvi.

Tablica 7. Deskriptivna statistika osnovnih promatranih varijabli iz odabranog uzorka ($n = 46$)

	M (SD)	Minimum	Maksimum
Dob	41,6 (11,9)	22	65
Godine ronjenja	14,8 (10,0)	1	38
Sati ronjenja	81,5 (94,5)	3	300
Tjelesna težina (kg)	78,6 (14,9)	46	110
Tjelesna visina (cm)	176,2 (8,7)	160	191
BMI (kg/m²)	25,2 (3,8)	18	33,1

BMI – indeks tjelesne mase (eng. *body mass index*), M – aritmetička sredina (engl. *mean*), SD – standardno odstupanje (engl. *standard deviation*)

Promatrani ispitanici se aktivno bave ronjenjem te prosječno godišnje provedu 81,5 (SD = 94,5) sati ronjenja, u rasponu od ispitanika s najmanje iskustva (tri sata ronjenja) do ispitanika s godišnje 300 sati ronjenja. Antropometrijska mjerenja (tjelesna težina, tjelesna visina i BMI) pokazuju da ispitanici u prosjeku imaju BMI u vrijednosti od 25,2 kg/m² (SD = 3,8) što ukazuje da su ispitanici u prosjeku na granici normalne i prekomjerne tjelesne težine (**Tablica 7**).

Ispitanici muškog i ženskog spola ne razlikuju se značajno u godinama iskustva u ronjenju ($p = 0,137$) te aktivnom ronjenju prikazanim u satima ($p = 0,697$) (**Tablica 8**). Iako ispitanici muškog spola u prosjeku imaju veći broj godina ronjenja i manji broj sati koje prosječno godišnje rone u odnosu na ženske ispitanice, te razlike nisu statistički značajne. Ispitanici muškog spola su značajno stariji, imaju veću tjelesnu težinu i visinu te veći BMI u odnosu na ispitanike ženskog spola.

Tablica 8. Razlike u osnovnim promatranim varijablama između spolova*

	Žene	Muškarci	p*
Dob	34,8 (10,2)	44,3 (11,5)	0,013
Godine ronjenja	11,3 (9,7)	16,2 (9,9)	0,137
Sati ronjenja	90,2 (112,9)	78 (88,0)	0,697
Tjelesna težina (kg)	64 (11,2)	84,4 (12,0)	<0,001
Tjelesna visina (cm)	169,4 (7,8)	178,9 (7,6)	<0,001
BMI (kg/m²)	22,3 (3,0)	26,4 (3,4)	<0,001

BMI – indeks tjelesne mase (eng. *body mass index*)

*t-test za neovisne uzorke.

Razina anksioznosti (30 (SD = 2,95) prema 22,1 (SD = 2,87); $p < 0,001$) i razina stresa (74,2 (SD = 5,53) prema 52,6 (SD = 4,89); $p < 0,001$) statistički značajno su se smanjile nakon zarona. U **Tablici 9** prikazane su vrijednosti koje ukazuju na to da procjena pozitivnih emocija nije bila značajno različita u ispitanika prije i nakon ronjenja, ali se procjena negativnih emocija značajno smanjila ($p < 0,001$).

Tablica 9. Razlike u rezultatima na ljestvicama pozitivnih i negativnih emocija te na DASS ljestvici prije i nakon ronjenja

	Prije ronjenja	Poslije ronjenja	p*
Pozitivne emocije	470,6 (142,34)	448,2 (160,81)	0,143
Negativne emocije	18,4 (29,07)	0,78 (2,8)	<0,001
Depresivnost na DASS ljestvici	27,2 (3,49)	21,4 (3,59)	0,108
Anksioznost na DASS ljestvici	30 (2,95)	22,1 (2,87)	<0,001
Stres na DASS ljestvici	74,2 (5,53)	52,6 (4,89)	<0,001

DASS – Ljestvica depresivne anksioznosti i stresa (engl. *Depression Anxiety Stress Scales*)

*t-test za uparene uzorke.

U ispitanom uzorku primijećene su razlike u prosječnim vrijednostima dijastoličkog krvnog tlaka, razine glukoze u krvi i broja srčanih otkucaja u mirovanju te prije i nakon ronjenja. Jedino varijabla SIS nije se značajno promijenila ($p = 0,131$). Usporedbom vrijednosti mjerenih parametara u različitim vremenskim točkama, iz **Tablice 10** vidljivo je da je razina dijastoličkog krvnog tlaka značajno porasla prije i nakon ronjenja u odnosu na stanje mirovanja. Broj srčanih otkucaja i razina glukoze u krvi značajno niža nakon ronjenja u odnosu na stanje mirovanja ili stanje prije samog zarona.

Tablica 10. Razlike u izmjerenom krvnom tlaku, glukozi i srčanoj frekvenciji ispitanika u mirovanju te prije i nakon ronjenja

	Vrijeme mjerenja	M (SD)	F	p*
Sistolički krvni tlak (mmHg)	U mirovanju	128,49 (16,22)	2,081	0,131
	Prije zarona	132,84 (19,08)		
	Nakon izrona	132,2 (18,2)		
Dijastolički krvni tlak (mmHg)	U mirovanju	81,53 (9,87)†	6,958	0,002
	Prije zarona	87 (15,51)		
	Nakon izrona	86,29 (10,63)		
Srčana frekvencija	U mirovanju	83,18 (14,39)†	12,026	<0,001
	Prije zarona	82,02 (15,13)†		
	Nakon izrona	73,98 (13,68)		
Glukoza u krvi (mmol/L)	U mirovanju	6,2 (1,36)†	13,198	<0,001
	Prije zarona	6,02 (1,84)†		
	Nakon izrona	5,45 (1,22)		

M – aritmetička sredina (engl. *mean*), SD – standardno odstupanje (engl. *standard deviation*)

*ANOVA test.

†*Post-hoc* vrijednosti usporedbi prema izmjerenoj vrijednosti nakon ronjenja značajne uz Holm korekciju <0,05.

U narednim tablicama se analiziraju razlike u prosječnim vrijednostima fizioloških parametara (sistolički tlak, dijastolički tlak, srčana frekvencija, razina glukoze) u mirovanju, prije ronjenja

i nakon ronjenja za skupine ispitanika koji imaju manje od tri zabilježene NAM te za grupu koja tri ili više zabilježenih NAM.

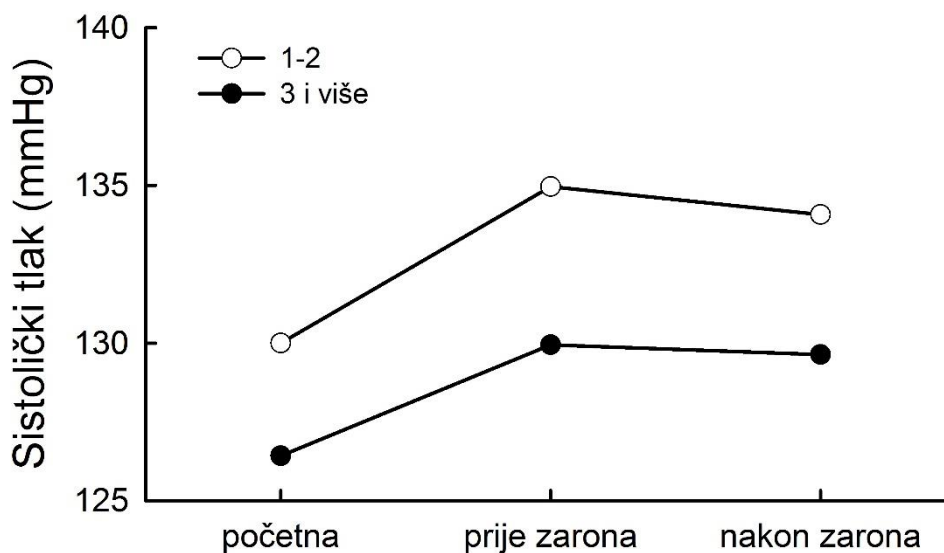
U **Tablici 11** je prikazano testiranje razlika u prosječnim vrijednostima sistoličkog krvnog tlaka između grupa ispitanika s više i manje od 3 NAM u stanju mirovanja te prije i nakon ronjenja.

Tablica 11. Razlike u izmjerenom sistoličkom krvnom tlaku ispitanika s više i manje od 3 NAM u mirovanje te prije i nakon ronjenja

Sistolički krvni tlak	NAM3	n	M (SD)	F	p
U mirovanju	Manje od 3	26	130 (14,263)	0,047	0,954
	3 ANM i više	19	126,421 (18,789)	-	-
Prije ronjenja	Manje od 3	26	134,962 (18,072)	-	-
	3 ANM i više	19	129,947 (20,517)	-	-
Nakon ronjenja	Manje od 3	26	134,077 (18,77)	-	-
	3 ANM i više	19	129,632 (17,547)	-	-

M – aritmetička sredina (engl. *mean*), NAM – negativne automatske misli, SD – standardno odstupanje (engl. *standard deviation*).

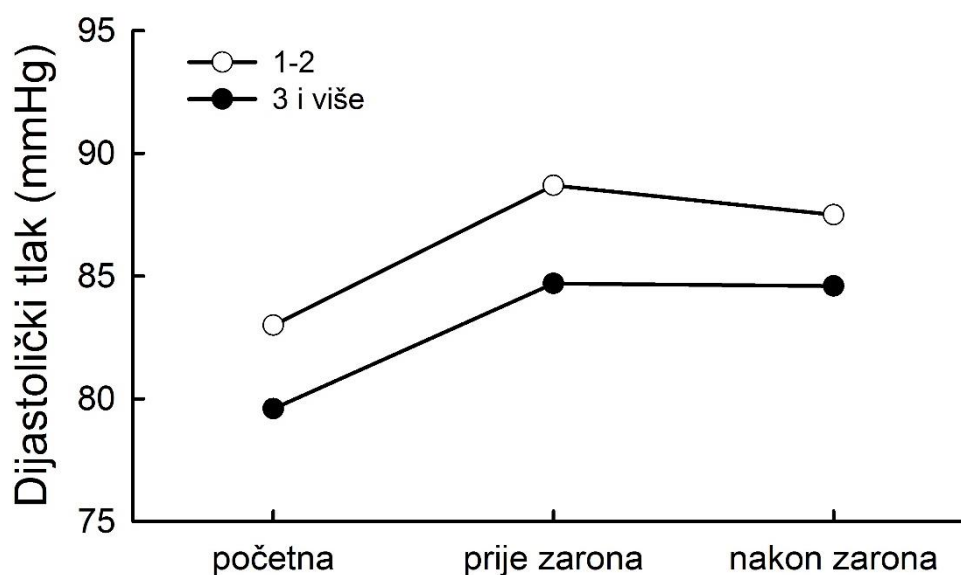
Nije zabilježen značajan učinak interakcije učestalosti NAM u promjenama sistoličkog krvnog tlaka u različitim točkama mjerenja ($p = 0,954$). Navedeni zaključci su opisani i prikazom u **Slici 7**, kojom su prikazana kretanja prosječnih vrijednosti sistoličkog tlaka u tri točke mjerenja, za ispitanike s do 3 te za ispitanike s 3 ili više NAM.



Slika 7. Kretanje prosječnih vrijednosti sistoličkog tlaka u mirovanju, prije i nakon ronjenja za skupine s manje i više od 3 NAM.

Također, nije zabilježen značajan učinak interakcije učestalosti NAM u promjenama sistoličkog krvnog tlaka u različitim točkama mjerenja ($p = 0,941$), a rezultati prikazani u **Slici 8** također ukazuju na stabilnost promjene u različitim točkama, neovisno o broju NAM.

Paralelna kretanja linija prosječnih vrijednosti dijastoličkog tlaka između dviju skupina također potvrđuju da ne postoji interaktivni učinak između faktora NAM i ronjenja na vrijednosti dijastoličkog tlaka.



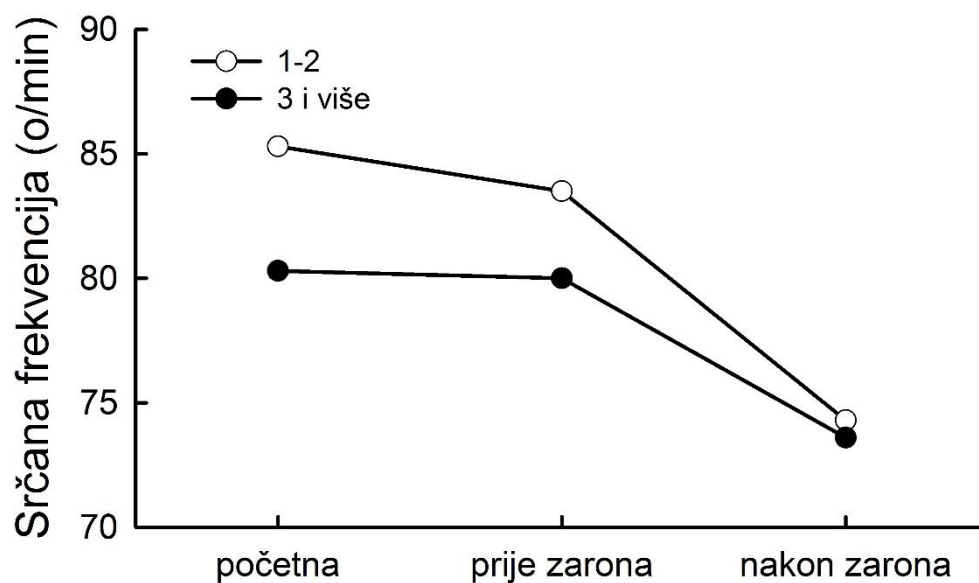
Slika 8. Kretanje prosječnih vrijednosti dijastoličkog tlaka u mirovanju, prije i nakon ronjenja za skupine s manje i više od 3 NAM.

Tablica 12 i **Slika 9** prikazuju i kretanja prosječnih vrijednosti srčane frekvencije (broj otkucaja u minuti) između skupina ispitanika s više i manje od 3 NAM u stanju mirovanja te prije i nakon ronjenja. Premda se u prosječnim vrijednostima prikazanim u **Slici 9** uočava da je broj otkucaja nešto niži kod ispitanika s 3 i više NAM-a u stanju mirovanja i prije ronjenja, dok se nakon ronjenja navedena razlika u puls u značajno smanjuje između dviju skupina ispitanika, nije zabilježen značajan učinak interakcije NAM i točke mjerenja za promjenu srčane frekvencije ($p = 0,583$) (**Tablica 12**).

Tablica 12. Razlike u izmjerenoj srčanoj frekvenciji ispitanika s više i manje od 3 NAM u mirovanje te prije i nakon ronjenja

HR	NAM	n	M (SD)	F	p
U mirovanju	Manje od 3	26	85,3 (12,0)	0,543	0,583
	3 ANM i više	19	80,3 (17,0)		
Prije ronjenja	Manje od 3	26	83,5 (15,3)		
	3 ANM i više	19	80,0 (15,1)		
Poslije ronjenja	Manje od 3	26	74,3 (14,5)		
	3 ANM i više	19	73,6 (12,8)		

M – aritmetička sredina (engl. *mean*), NAM – negativne automatske misli, SD – standardno odstupanje (engl. *standard deviation*).



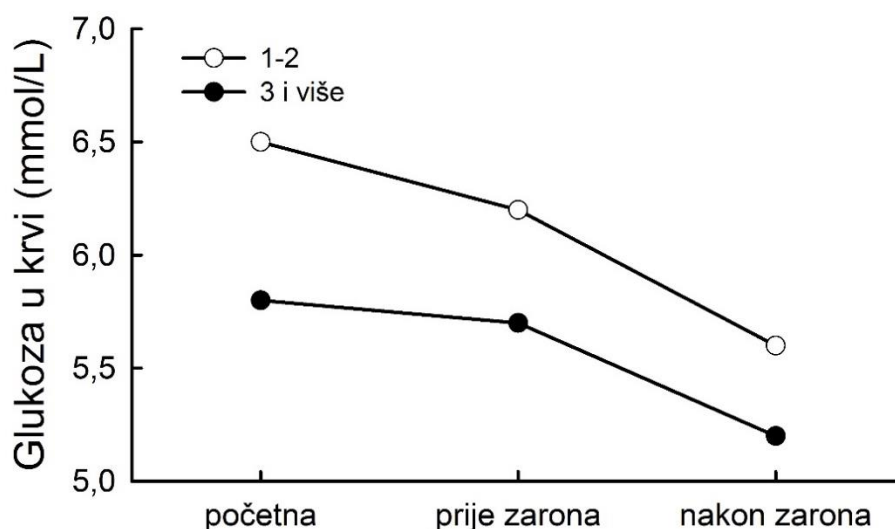
Slika 9. Kretanje prosječnih vrijednosti srčane frekvencije u mirovanju, prije i nakon ronjenja za skupine s manje i više od 3 NAM.

Izmjerene razine glukoze u krvi su u svim mjerenjima nešto niže kod ispitanika s 3 i više NAM te su vrijednosti nakon ronjenja niže nego prije ronjenja. Stabilnost navedenih razlika u svim mjerenjima ukazuje da ne postoji značajna interakcija između NAM i točke mjerenja u odnosu na razinu glukoze ($p = 0,635$; **Tablica 13** i **Slika 10**).

Tablica 13. Razlike u izmjerenoj razini glukoze kod ispitanika s više i manje od 3 NAM u mirovanje te prije i nakon ronjenja

HR	NAM 3	n	M (SD)	F	p
U mirovanju	0,0	26	6,5 (1,7)	0,457	0,635
	1,0	19	5,8 (0,7)	-	-
Prije ronjenja	0,0	26	6,2 (2,3)	-	-
	1,0	19	5,7 (0,8)	-	-
Poslije ronjenja	0,0	26	5,6 (1,5)	-	-
	1,0	19	5,2 (0,6)	-	-

M – aritmetička sredina (engl. *mean*), NAM – negativne automatske misli, SD – standardno odstupanje (engl. *standard deviation*).



Slika 10. Kretanje prosječnih vrijednosti glukoze u mirovanju, prije i nakon ronjenja za skupine s manje i više od 3 NAM.

Razlike u prosječnim vrijednostima fizioloških parametara za skupinu ispitanika s manje od tri zabilježene NAM te za skupinu koja je imala tri ili više zabilježenih misli. S obzirom na to da se analiziraju razlike između dvije nezavisne grupe ispitanika, korišten je Studentov t-test za nezavisne uzorke .

Nije zabilježena značajna razlika u promatranim fiziološkim parametrima između skupina prikazanih u **Tablici 14**, neovisno o točki mjerenja u kojoj je usporedba provedena.

Tablica 14. Razlike u izmjerenoj razini fizioloških parametara kod ispitanika s više i manje od 3 NAM za svako pojedinačno mjerenje

		NAM < 3	NAM ≥ 3	p
Početne vrijednosti	SIS1	130 (14,3)	126,4 (18,8)	0,471
	DIA1	83 (9,8)	79,6 (9,9)	0,261
	FREKF_1	85,3 (12)	80,3 (17,0)	0,259
	GLUK1	6,5 (1,7)	5,8 (0,7)	0,116
Prije ronjenja	SIS2	135 (18,1)	129,9 (20,5)	0,39
	DIA2	88,7 (13,3)	84,7 (18,2)	0,398
	FREKF_2	83,5 (15,3)	80 (15,1)	0,45
	GLUK2	6,2 (2,3)	5,7 (0,8)	0,4
Poslije ronjenja	SIS3	134,1 (18,8)	129,6 (17,5)	0,425
	DIA3	87,5 (10,4)	84,6 (11,0)	0,377
	FREKF_3	74,3 (14,5)	73,6 (12,8)	0,869
	GLUK_3	5,6 (1,5)	5,2 (0,6)	0,34

NAM – negativne automatske misli

*Studentov t-test za nezavisne uzorke.

5. RASPRAVA

5.1. Studija I

U ovom doktorskom radu provedena su dva odvojena istraživanja čiji će rezultati biti interpretirani zasebno.

Glavni ciljevi prve studije bili su ispitati utjecaj NAM i negativnih emocija na psihološku i fiziološku komponentu stresnog odgovora kod iskusnijih vojnih ronilaca i manje iskusnih rekreacijskih ronilaca. Također je ispitano mogu li se dnevne varijacije u razinama kortizola na dan ronjenja pripisati psihološkim čimbenicima kao što su NAM i negativne emocije, a ne vojnom ili rekreacijskom iskustvu ronjenja.

Psihometrijska svojstva oba upitnika kreiranih za svrhu ovog istraživanja (Ljestvica pozitivnih i negativnih emocija i Upitnik NAM prije ronjenja) validirani su testiranjem konstruktne valjanosti, a pouzdanost je testirana pomoću Cronbachovog alfa koeficijenta. Rezultati faktorske analize i analize glavnih komponenti pokazuju prihvatljivu valjanost i unutarnju konzistentnost (pouzdanost), uključujući prihvatljivo uklapanje modela, što ukazuje da se oba instrumenta mogu preporučiti u budućim empirijskim istraživanjima. Konvergentna valjanost potvrđena je visokim koeficijentima korelacije negativnih emocija i NAM sa ljestvicama anksioznosti i depresije.

Rezultati ovog istraživanja pokazuju da su NAM i negativne emocije ronilaca snažnije povezane s kliničkim mjerama stresa, anksioznosti i depresije u odnosu na pozitivne emocije. Ovi nalazi u skladu su s literaturom koja sugerira da su negativne misli i emocije često snažniji prediktori psiholoških problema poput stresa, anksioznosti i depresije (132, 168). Negativne emocije, posebno automatske misli o neuspjehu ili opasnosti, mogu imati veći utjecaj na subjektivno iskustvo stresa i psihofiziološke reakcije.

Za Upitnik NAM prije ronjenja faktorska analiza ekstrahirala je tri faktora nazvanih „Misli o smrti“, „Napad panike“ i „Neizvjesnost“, dok su za Ljestvicu pozitivnih i negativnih emocija ekstrahirani faktori nazvani „Zadovoljstvo“ i „Uzbuđenje“ (pozitivne emocije) te „Strah“ i „Anksioznost i stres“ za negativne emocije. Navedeni faktori objašnjavaju značajnu proporciju ukupne varijance.

Rezultati ove studije ukazuju na to da nije bilo značajnih razlika u negativnim emocijama i NAM između vojnih i rekreacijskih ronilaca. Ovi nalazi su u suprotnosti s nekim prethodnim istraživanjima koja su pokazala da profesionalni ronilci, zbog dugotrajnijeg izlaganja stresu, mogu razviti specifične mehanizme suočavanja koji smanjuju razinu negativnih emocija u stresnim situacijama (144). Osim toga, prethodna istraživanja pokazuju da su iskusniji sportaši

izvijestili o nižim razinama intenziteta prijavljenih simptoma anksioznosti (154, 155), nižem intenzitetu zabrinutosti te distorziranim interpretacijama somatske anksioznosti (156) u usporedbi s manje iskusnim sportašima, što se pripisuje korištenju prikladnijih mehanizama suočavanja. Međutim, povišena razina kortizola kod rekreativnih ronilaca neposredno prije i nakon ronjenja mogla bi se povezati s manjim iskustvom, što ukazuje na potrebu za dodatnim istraživanjima kako bi se bolje razumjele razlike među ovim grupama ispitanika i utjecaja prakse na njihove fiziološke i psihološke odgovore.

Rezultati provedene univarijantne analize u skupini rekreativnih ronilaca pokazuju značajne razlike u razinama kortizola između P1 i P2, P1 i P5 te P2 i P5, što ukazuje na to da se razine kortizola bitno mijenjaju tijekom mjerenih intervala. Kod profesionalnih ronilaca samo se P1 značajno razlikuje od P4 i P5, što znači da je kod njih promjena razina kortizola manje izražena nego kod rekreativnih ronilaca. Ova studija otkriva značajne razlike u razinama kortizola između rekreativnih i vojnih ronilaca, što upućuje na različite reakcije na stres.

Konkretno, kod rekreativnih ronilaca primijećena je veća varijabilnost razina kortizola, što ukazuje na veću podložnost stresu i anksioznosti u različitim fazama ronjenja. Ovi nalazi su u skladu s prethodnim studijama koje pokazuju da manja ranjivost na stres kod vojnih ronilaca, uočena tijekom ronjenja, može biti rezultat niže razine anksioznosti i vanjskih čimbenika, kao što su veće ronilačko iskustvo i duža edukacija. Ti čimbenici zajedno pridonose učinkovitijoj kontroli stresa tijekom ronjenja (144, 169). Dodatno, vojni ronionci su obično vrlo sportski nastrojeni i imaju visoku razinu kondicije (140). Stoga se ne može isključiti da su promatrane razlike u fiziološkom odgovoru na stres (uključujući razinu kortizola) između ronilačkih skupina uzrokovane vjerojatno različitim psihofizičkim sposobnostima tih skupina. Ovaj nalaz može pridonijeti boljem razumijevanju načina na koji iskustvo i specifična obuka profesionalnih ronilaca umanjuju biološke reakcije na stres.

Nalazi ovog istraživanja ukazuju da varijabilna razina kortizola tijekom dana ronjenja značajno utječe na negativne emocije, ali nema značajnog interakcijskog utjecaja na NAM ili grupnu pripadnost. Ovo sugerira da promjene u razinama kortizola tijekom ronjenja više ovise o emocionalnom stanju ronilaca nego o njihovoj grupnoj pripadnosti (rekreativni ili profesionalni ronionci) ili obrascima negativnih misli. Nalazi ove studije istaknuli su povezanost negativnih emocija s većom emocionalnom disregulacijom, odnosno s izraženijim simptomima anksioznosti i depresije, kao i s povećanim lučenjem kortizola neposredno prije ronjenja. Ovi su rezultati u skladu s teorijskim pristupima koji naglašavaju važnost kognitivnih i emocionalnih čimbenika za emocionalnu regulaciju u aktivnostima koje se percipiraju kao

prijeteće (129, 130). U kontekstu ronjenja, negativne emocionalne reakcije na percipirani rizik kod SCUBA ronjenja mogu poslužiti kao faktori rizika za sigurnost ronilaca.

Slično tome, regresijski model također ukazuje na važnost negativnih emocija kao značajnog prediktora anksioznosti i depresije, koje utječu na varijacije razina kortizola, anksioznost i depresiju prije ronjenja, dok negativna afektivnost (NAM) i pripadnost grupi imaju manji ili ograničen utjecaj. Ovi nalazi ukazuju na to da je emocionalno stanje ronilaca važniji faktor u regulaciji stresa i hormonalnih reakcija nego njihovo ronilačko iskustvo. Također, emocionalno stanje izravno utječe na fiziološki odgovor na stres, što predstavlja važan uvid za razvoj tehnika upravljanja stresom, poput mentalnog treninga i emocionalne regulacije, koje mogu smanjiti rizik od stresa i fizioloških komplikacija pod vodom. Regulacija stresa tehnikama disanja, mentalne vizualizacije i emocionalnog upravljanja može poboljšati sigurnost i performanse tijekom ronjenja. Ove metode pomažu u smanjenju razine stresa i anksioznosti, što pozitivno utječe na ronilačke sposobnosti i opću sigurnost pod vodom. Ranija istraživanja na sportašima potvrđuju ovu tvrdnju. Studija koju su proveli Beneton i suradnici (170) pokazala je da primjena tehnika kontrole disanja i mentalnih metoda može značajno smanjiti razinu stresa kod ronilaca te unaprijediti njihove performanse i sigurnost u zahtjevnim uvjetima.

Ova studija također doprinosi razumijevanju načina na koji kortizol, kao marker stresa, reagira u različitim fazama ronjenja i kod različitih skupina ronilaca. Razlike u promjenama razina kortizola mogu pomoći u predviđanju stresnih reakcija te u identifikaciji ronilaca koji su podložniji stresu u ronilačkom okruženju. Nalazi također naglašavaju da je razina kortizola pod utjecajem emocionalnih faktora, a ne samo fizičke pripreme ili iskustva, što dodaje novu dimenziju u razumijevanju stresnih reakcija kod ronilaca.

Rezultati ove studije imaju i praktične implikacije za selekciju i obuku profesionalnih ronilaca. Kod profesionalnih ronilaca, stabilnije razine kortizola ukazuju na bolju prilagodbu na stresne situacije. Ovo može poslužiti kao osnova za dizajn programa obuke profesionalnih ronilaca kako bi se postigla optimalna emocionalna i fiziološka otpornost na stres. Odabir vojnih ronilaca može uključivati procjenu sposobnosti regulacije stresa kroz emocionalne i fiziološke markere, čime bi se osigurala bolja priprema za zahtjevne uvjete ronjenja.

Ograničenja ove studije i mogući izvori pristranosti mogu se analizirati kroz nekoliko aspekata, uključujući metodološka i praktična ograničenja. Iako studija pruža važne uvide u psihofiziološke reakcije rekreativnih i profesionalnih ronilaca, suočena je s nekoliko ograničenja, kao što su mala veličina uzorka, pristranost u odabiru ispitanika, nemogućnost

određivanja uzročnosti varijacija kortizola te izostanak drugih psiholoških mjera poput osobina ličnosti i trenutnih raspoloženja. Ovi čimbenici sugeriraju potreban oprez pri interpretaciji rezultata te potiču buduća istraživanja koja bi trebala uključiti veće uzorke, kontrolne grupe i longitudinalni pristup kako bi se preciznije odredili psihofiziološki mehanizmi stresa kod ronilaca.

5.2. Studija II

U drugoj studiji koja je dio ovog doktorskog rada, glavni ciljevi uključivali su određivanje parametara kardiovaskularnog stresa (arterijski tlak, srčana frekvencija) u bazalnim uvjetima, neposredno prije zarona i nakon zarona te njihovo koreliranje s psihološkim testovima utjecaja ronjenja na stres. Istraživanje je također bilo usmjereno na određivanje vrijednosti glukoze u krvi u bazalnim uvjetima, neposredno prije zarona i nakon zarona te njihovo koreliranje s upitnicima automatskih misli i negativnih emocija.

5.2.1. Razlike u parametrima kardiovaskularnog stresa prije i nakon zarona

Nalazi ovog istraživanja pokazuju značajan porast dijastoličkog arterijskog tlaka tijekom ronjenja u odnosu na vrijednosti u mirovanju, što ukazuje na fiziološki odgovor tijela na stres ili promjene hidrostatskog tlaka. Ovi rezultati u skladu su s ranijim istraživanjima koja su zabilježila porast dijastoličkog arterijskog tlaka tijekom ronjenja, što se pripisuje kombinaciji reakcije na stres i prilagodbe tijela na povećan tlak u vodi. Iako nije zabilježena značajna promjena u sistoličkom arterijskom tlaku, primijećen je trend povećanja, što je istovjetno rezultatima istraživanja koja su također ukazala na blagi porast sistoličkog arterijskog tlaka tijekom fizičkih aktivnosti pod vodom (10, 11).

S druge strane, zabilježeno je značajno smanjenje srčane frekvencije i koncentracije glukoze u krvi nakon ronjenja u usporedbi s bazalnim vrijednostima, ukazujući na fiziološke prilagodbe organizma uvjetima ronjenja. Tijekom ronjenja, povećani hidrostatski tlak i stres mogu potaknuti veću potrošnju glukoze kao glavnog izvora energije za metaboličke procese (110).

Iako se tijekom fizičke aktivnosti može značajno povećati oksidacija ugljikohidrata u mišićima, koncentracija glukoze u krvi ostaje stabilna zahvaljujući mobilizaciji glukoze iz glikogenskih rezervi u jetri i mišićima (111). Nakon ronjenja, smanjenje srčane frekvencije sugerira ponovno uspostavljanje homeostaze, dok niža koncentracija glukoze ukazuje na smanjene metaboličke potrebe organizma. Ove promjene odražavaju adaptivnu sposobnost tijela da regulira energetska ravnotežu u post-ronilačkom stanju.

5.2.2. Psihološke promjene kod ronilaca prije i nakon zarona

Psihološke promjene kod ronilaca prije i nakon zarona ukazuju na znatno smanjenje razine stresa i anksioznosti nakon ronjenja. To sugerira da ronjenje može imati terapijski učinak u smanjenju psihološkog stresa i anksioznosti. Međutim, nije utvrđena statistički značajna promjena u pozitivnim emocijama, dok su negativne emocije značajno opale nakon ronjenja. Prema Benetonu i sur. (170), način disanja, zajedno s jedinstvenom stimulacijom osjetilnih receptora, doprinosi poboljšanju tjelesne percepcije i osjećaja unutarnjeg kretanja, što su karakteristike prisutne i kod meditativnih tehnika.

5.2.3. Povezanost NAM s fiziološkim promjenama nakon zarona

Da bismo odgovorili na drugi istraživački cilj, u ovom istraživanju smo ispitali povezanost NAM s fiziološkim promjenama. Nije pronađena značajna interakcija između broja NAM (<3 ili >3 NAM) i promjena u sistoličkom tlaku, dijastoličkom tlaku, srčanoj frekvenciji ili razini glukoze u krvi u različitim točkama mjerenja, što sugerira da NAM ne utječu značajno na fiziološki odgovor organizma tijekom ronjenja. S obzirom da NAM nisu ranije istraživane i uspoređivane s fiziološkim parametrima u kontekstu ronilačkih aktivnosti, nema istraživanja s kojima bismo mogli usporediti ovaj nalaz.

Nadalje, u ovom istraživanju je također ispitivana povezanost spola s promjenama u fiziološkim i psihološkim parametrima tijekom ronjenja. Muškarci i žene nisu pokazali značajne razlike u godinama ronjenja i broju sati provedenih u ronjenju, a muškarci su u prosjeku imali viši BMI, težinu i visinu. Međutim, ove razlike nisu bile povezane s promjenama u fiziološkim ili psihološkim parametrima. Temeljem opisanih rezultata u ovom poglavlju može se uočiti kako ronjenje značajno smanjuje razinu stresa, anksioznosti i negativnih emocija te ima fiziološke učinke poput smanjenja srčane frekvencije i razine glukoze u krvi. Automatske negativne misli ne pokazuju značajan utjecaj na ove promjene, a spolne razlike u antropometrijskim mjerama nisu povezane s fiziološkim ili psihološkim odgovorima na ronjenje.

Rezultati ove studije pružaju uvid u to kako fiziološki pokazatelji, kardiovaskularnog stresa (arterijski tlak, srčana frekvencija), reagiraju u različitim fazama ronjenja (u mirovanju, prije zarona i poslije zarona) u odnosu na učestalost NAM. Studija pokazuje da broj NAM nema značajan utjecaj na te parametre, što sugerira da kratkotrajni psihološki stres povezan s ronjenjem ne uzrokuje mjerljive promjene u kardiovaskularnom sustavu. Studija također pokazuje da psihološki stres izazvan ronjenjem nema značajan utjecaj na razine glukoze u krvi, čime doprinosi razumijevanju povezanosti između emocionalnog stanja (učestalost NAM) i

metabolizma glukoze tijekom stresnih situacija. Drugim riječima, istraživanje naglašava stabilnost kardiovaskularnih i metaboličkih parametara bez obzira na psihološki stres (izražen kroz broj NAM), što može imati implikacije na pristupe u procjeni stresa kod ronioca i drugih sportaša u ekstremnim uvjetima. Ovi rezultati otvaraju prostor za buduće studije o utjecaju dugotrajnog ili intenzivnijeg stresa na fiziološke parametre, s posebnim fokusom na različite vrste stresora ili populacije, što može unaprijediti metode upravljanja stresom i zdravstvenom prevencijom u sportovima poput ronjenja.

Pregledom dostupne literature nisu pronađena istraživanja o povezanosti broja NAM s ispitivanim fiziološkim parametrima tijekom ronjenja, što predstavlja originalni doprinos ovog istraživanja. Iako takva povezanost nije utvrđena, to ne isključuje mogućnost da psihološki čimbenici igraju ulogu u promjeni fizioloških parametara tijekom ronjenja. Dobiveni rezultati mogu biti posljedica metodoloških ograničenja ovog istraživanja (npr. veličine uzorka i dostupnosti ispitanika), što otvara prostor za buduća istraživanja u području psihofiziologije ronjenja.

Sukladno tome ova studija ima nekoliko ograničenja. Prvo, relativno mali broj ispitanika (26 s manje od 3 NAM i 19 s 3 ili više) ograničava statističku moć i mogućnost generalizacije rezultata na širu populaciju. Drugo, mjerenja su provedena u samo tri vremenske točke (u mirovanju, prije zarona i nakon zarona), što ne daje uvid u dugoročne fiziološke i psihološke učinke ronjenja niti u varijabilnost parametara tijekom duljih perioda stresa. Treće, fokus na NAM može biti nedovoljan za obuhvatan prikaz psihološkog stresa. Druge psihološke varijable (npr. anksioznost, razina motivacije, subjektivni doživljaj stresa) nisu uzete u obzir, a mogle bi imati važan utjecaj na fiziološke odgovore. Četvrto, studija ne uključuje kontrolnu skupinu koja nije izložena ronjenju, što otežava preciznu procjenu specifičnog utjecaja ronjenja u usporedbi s drugim potencijalnim stresorima. Konačno, studija se fokusira na kratkoročne fiziološke promjene prije i nakon ronjenja, bez uvida u eventualne dugoročne posljedice na zdravlje ili reakcije na ponovljene stresne situacije. Ova ograničenja sugeriraju potrebu za opreznom interpretacijom rezultata te ukazuju na mogućnosti za unapređenje budućih istraživanja.

6. ZAKLJUČAK

6.1. Studija I

Rezultati validacije dvaju upitnika – Ljestvice pozitivnih i negativnih emocija te Upitnika NAM prije ronjenja – pokazali su da su oba alata pouzdana i valjana za primjenu u istraživanjima psiholoških odgovora na stres kod ronilaca. Ljestvica pozitivnih i negativnih emocija, s dobrom pouzdanošću (Cronbachova alfa za pozitivne emocije 0,76 i za negativne emocije 0,79), te dvofaktorskom strukturuom, omogućava učinkovito mjerenje emocionalnih stanja prije ronjenja. Upitnik NAM prije ronjenja također je pokazao dobru valjanost, s tri prepoznata faktora („Strah od smrti“, „Napad panike“, „Neizvjesnost“), koji objašnjavaju značajan postotak varijance (61,78%). Ovi rezultati ukazuju na primjenjivost obaju upitnika u istraživanjima psiholoških reakcija, poput stresa kod ronilaca, što je korisno za razumijevanje emocionalnih i kognitivnih aspekata ronjenja u različitim uvjetima i populacijama.

U ovom istraživanju nisu utvrđene značajne razlike u kognitivnim (NAM) i emocionalnim (negativne emocije) odgovorima na stres između vojnih i rekreativnih ronilaca. Međutim, rekreativni ronionci pokazali su značajno veće razine kortizola u nekoliko točaka mjerenja tijekom dana ronjenja, što ukazuje na veći fiziološki stres u usporedbi s vojnim ronioncima.

Varijacije u razinama kortizola tijekom dana zarona povezane su s psihološkim čimbenicima (negativne emocije), a ne s pripadnošću grupi profesionalnih ili rekreativnih ronilaca. Ovo sugerira da su negativne emocije važniji čimbenik u varijabilnosti razine kortizola nego samo ronilačko iskustvo. Prisutnost negativnih emocija za vrijeme prije zarona značajno utječu na povišenje razina kortizola, anksioznosti i depresivnosti kod ronilaca, što ukazuje na njihovu ulogu u povećanju psihološkog i fiziološkog stresa prije ronjenja.

6.2. Studija 2

Rezultati su pokazali da nema značajnih razlika u sistoličkom i dijastoličkom arterijskom tlaku te srčanoj frekvenciji između grupa ispitanika s manje i više od 3 NAM u bazalnim uvjetima, prije zarona i nakon zarona. Nisu utvrđene značajne promjene u kardiovaskularnim parametrima koje bi se mogle povezati s psihološkim stresom izazvanim ronjenjem, neovisno o broju NAM.

Iako su razine glukoze nešto niže kod ispitanika s više od 3 NAM, promjene nisu statistički značajne ni u jednom trenutku mjerenja (bazalni uvjeti, prije i nakon ronjenja). Razina glukoze u krvi se ne mijenja značajno u odnosu na broj NAM, što ukazuje da psihološki stres uzrokovan ronjenjem ne utječe značajno na metabolizam glukoze.

7. LITERATURA

1. Soldo A, Valic Z, Glavičić I, Jurman B, Drviš I. Ronjenje (Diving). Soldo A, Glavičić I, Miro Kolman, urednici. Split i Samobor, Hrvatska: Sveučilište u Splitu i Hrvatska olimpijska akademija; 2013.
2. Edmonds C, McKenzie B, Thomas R, Pennefather J. Diving Medicine for Scuba Divers, 5th Edition. Manly, Australija: Carl Edmonds; 2013.
3. Gošović S. Ronjenje u sigurnosti: podvodna medicina i osnove tehnike ronjenja. Zagreb, Hrvatska: Jumena; 1990.
4. Matijaš M. Autonomno ronjenje na zrak i nitrox. Split, Hrvatska: Ronilački klub Nautilus Split i Udruga veterana hrvatske ratne mornarice; 2020.
5. Lynch PR. Historical and basic perspectives of SCUBA diving. *Medicine and science in sports and exercise*. 1996;28:570–2.
6. Raymond KA, Cooper JS. *Scuba Diving Physiology*. Treasure Island, Florida, SAD: StatPearls Publishing; 2023.
7. Ministarstvo mora prirode i okoliša. Nacrt prijedloga zakona o ronjenju. Zagreb, Hrvatska: Narodne novine; 2009.
8. Wikipedia. Body surface area. 2023 [citirano 23. travnja 2023. godine]. Dostupno: https://en.wikipedia.org/wiki/Body_surface_area.
9. Blake DF, Crowe M, Mitchell SJ, Aitken P, Pollock NW. Vibration and bubbles: a systematic review of the effects of helicopter retrieval on injured divers. *Diving Hyperb Med*. 2018;48:235–40.
10. Arborelius M, Jr., Ballidin UI, Lilja B, Lundgren CE. Hemodynamic changes in man during immersion with the head above water. *Aerosp Med*. 1972;43:592–8.
11. Pendergast DR, Lundgren CE. The underwater environment: cardiopulmonary, thermal, and energetic demands. *J Appl Physiol* (1985). 2009;106:276–83.
12. Gauer OH. Neurohormonal control of plasma volume. In: Guyton AC, Cowley AW, editors. *Cardiovascular Physiology II*. Baltimore, SAD: University Park Press; 1976. str. 145–90.
13. Johansen LB, Jensen TU, Pump B, Norsk P. Contribution of abdomen and legs to central blood volume expansion in humans during immersion. *J Appl Physiol* (1985). 1997;83:695–9.

14. Johansen LB, Bie P, Warberg J, Christensen NJ, Norsk P. Role of hemodilution on renal responses to water immersion in humans. *Am J Physiol*. 1995;269:R1068–76.
15. Krasney JA. Head-Out Water Immersion: Animal Studies. U: Fregly MJ, Blatteis CM, urednici. *Handbook of Physiology, Environmental Physiology*. Oxford, UK: Oxford University Press; 1996. str. 855–87.
16. Miki K, Hajduczuk G, Hong SK, Krasney JA. Plasma volume changes during head-out water immersion in conscious dogs. *Am J Physiol*. 1986;251:R582–90.
17. Johansen LB, Foldager N, Stadeager C, i sur. Plasma volume, fluid shifts, and renal responses in humans during 12 h of head-out water immersion. *J Appl Physiol* (1985). 1992;73:539–44.
18. Christie JL, Sheldahl LM, Tristani FE, i sur. Cardiovascular regulation during head-out water immersion exercise. *J Appl Physiol* (1985). 1990;69:657–64.
19. Hajduczuk G, Miki K, Claybaugh JR, Hong SK, Krasney JA. Regional circulatory responses to head-out water immersion in conscious dogs. *Am J Physiol*. 1987;253:R254–63.
20. Balldin UI, Lundgren CE, Lundvall J, Mellander S. Changes in the elimination of 133 xenon from the anterior tibial muscle in man induced by immersion in water and by shifts in body position. *Aerosp Med*. 1971;42:489–93.
21. Watenpaugh DE, Pump B, Bie P, Norsk P. Does gender influence human cardiovascular and renal responses to water immersion? *J Appl Physiol* (1985). 2000;89:621–8.
22. Pendergast DR, Fisher NM, Calkins E. Cardiovascular, neuromuscular, and metabolic alterations with age leading to frailty. *J Gerontol*. 1993;48 Spec No:61–7.
23. Epstein M. Renal effects of head-out water immersion in man: implications for an understanding of volume homeostasis. *Physiol Rev*. 1978;58:529–81.
24. Epstein M. Renal effects of head-out water immersion in humans: a 15-year update. *Physiol Rev*. 1992;72:563–621.
25. Norsk P, Epstein M. Effects of water immersion on arginine vasopressin release in humans. *J Appl Physiol* (1985). 1988;64:1–10.
26. Epstein M, Johnson G, DeNunzio AG. Effects of water immersion on plasma catecholamines in normal humans. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*. 1983;54:244–8.

27. Pendergast DR, de Bold AJ, Pazik M, Hong SK. Effect of Head-Out Immersion on Plasma Atrial Natriuretic Factor in Man. *Proc Soc Exp Biol Med*. 1987;184:429–35.
28. Goetz KL, Wang BC, Geer PG, Leadley RJ, Jr., Reinhardt HW. Atrial stretch increases sodium excretion independently of release of atrial peptides. *Am J Physiol*. 1986;250:R946–50.
29. Sondeen JL, Hong SK, Claybaugh JR, Krasney JA. Effect of hydration state on renal responses to head-out water immersion in conscious dogs. *Undersea Biomed Res*. 1990;17:395–411.
30. DiBona GF, Kopp UC. Neural control of renal function. *Physiol Rev*. 1997;77:75–197.
31. Arieli R, Arieli Y, Daskalovic Y, Eynan M, Abramovich A. CNS oxygen toxicity in closed-circuit diving: signs and symptoms before loss of consciousness. *Aviat Space Environ Med*. 2006;77:1153–7.
32. Bhandari V. The role of nitric oxide in hyperoxia-induced injury to the developing lung. *Front Biosci*. 2003;8:e361–9.
33. Crapo JD, Chang L-Y, Slot JW. Hyperoxia: Lung Injury and the Localization of Antioxidant Defenses. U: Dejours P, urednik. *Adaptations to Extreme Environments: 8th Conference of the European Society for Comparative Physiology and Biochemistry (ESCP), Strasbourg, August/September 1986. Strasbourg, Francuska: S. Karger AG; 1987. str. 163–76.*
34. Dean JB, Mulkey DK, Henderson RA, 3rd, Potter SJ, Putnam RW. Hyperoxia, reactive oxygen species, and hyperventilation: oxygen sensitivity of brain stem neurons. *J Appl Physiol*. (1985) 2004;96:784–91.
35. Bonde-Petersen F, Schultz-Pedersen L, Dragsted N. Peripheral and central blood flow in man during cold, thermoneutral, and hot water immersion. *Aviat Space Environ Med*. 1992;63:346–50.
36. Hlastala MP, Berger AJ. *Physiology of respiration*. Oxford, UK: Oxford University Press; 2001.
37. Warkander DE, Norfleet WT, Nagasawa GK, Lundgren CE. Physiologically and subjectively acceptable breathing resistance in divers' breathing gear. *Undersea Biomed Res*. 1992;19:427–45.

38. Camporesi E, Bosco G. Ventilation, Gas Exchange and Exercise Under Pressure. U: Brubakk A, Neuman T, urednici. Bennett and Elliott's Physiology and Medicine of Diving. Edinburgh, UK: Saunders; 2003.
39. Leddy JJ, Limprasertkul A, Patel S, i sur. Isocapnic hyperpnea training improves performance in competitive male runners. *Eur J Appl Physiol.* 2007;99:665–76.
40. Pendergast DR, Lindholm P, Wylegala J, Warkander D, Lundgren CE. Effects of respiratory muscle training on respiratory CO₂ sensitivity in SCUBA divers. *Undersea Hyperb Med.* 2006;33:447–53.
41. Wylegala JA, Pendergast DR, Gosselin LE, Warkander DE, Lundgren CE. Respiratory muscle training improves swimming endurance in divers. *Eur J Appl Physiol.* 2007;99:393–404.
42. Brubakk AO, Neuman TS, editors. Bennett and Elliott's physiology and medicine of diving, 5th edition. Edinburgh, UK: Saunders; 2003.
43. Curry TB, Lundgren CE. Negative pressure breathing enhances nitrogen elimination. *Aviat Space Environ Med.* 2003;74:1034–9.
44. Dujic Z, Duplancic D, Marinovic-Terzic I, i sur. Aerobic exercise before diving reduces venous gas bubble formation in humans. *J Physiol.* 2004;555:637–42.
45. Pendergast DR, Krasney JA, DeRoberts D. Effects of immersion in cool water on lung-exhaled nitric oxide at rest and during exercise. *Respir Physiol.* 1999;115:73–81.
46. Iwamoto J, Pendergast DR, Suzuki H, Krasney JA. Effect of graded exercise on nitric oxide in expired air in humans. *Respir Physiol.* 1994;97:333–45.
47. Balldin UI, Lundgren CE. Effects of immersion with the head above water on tissue nitrogen elimination in man. *Aerosp Med.* 1972;43:1101–8.
48. Pendergast DR. The effect of body cooling on oxygen transport during exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 1988;20:S171–6.
49. Gerth WA, Ruterbusch VL, Long ET. The influence of thermal exposure on diver susceptibility to decompression sickness. Florida, SAD: Navy Experimental Diving Unit; 2007.
50. Srámek P, Simecková M, Janský L, Savlíková J, Vybíral S. Human physiological responses to immersion into water of different temperatures. *Eur J Appl Physiol.* 2000;81:436–42.

51. O'Brien C, Young AJ, Lee DT, Shitzer A, Sawka MN, Pandolf KB. Role of core temperature as a stimulus for cold acclimation during repeated immersion in 20 degrees C water. *J Appl Physiol* (1985). 2000;89:242–50.
52. Simon E. Nitric oxide as a peripheral and central mediator in temperature regulation. *Amino Acids*. 1998;14:87–93.
53. Park YS, Claybaugh JR, Shiraki K, Mohri M. Renal function in hyperbaric environment. *Appl Human Sci*. 1998;17:1–8.
54. Leblanc J. Factors affecting cold acclimation and thermogenesis in man. *Med Sci Sports Exerc*. 1988;20:S193–6.
55. Bardy E, Mollendorf J, Pendergast D. A comparison of the thermal resistance of a foam neoprene wetsuit to a wetsuit fabricated from aerogel-syntactic foam hybrid insulation. *Journal of Physics D: Applied Physics*. 2006;39:4068.
56. Davis FM, Baddeley AD, Hancock TR. Diver performance: the effect of cold. *Undersea Biomed Res*. 1975;2:195–213.
57. Tikuisis P, Jacobs I, Moroz D, Vallerand AL, Martineau L. Comparison of thermoregulatory responses between men and women immersed in cold water. *J Appl Physiol* (1985). 2000;89:1403–11.
58. Chrousos GP. Stress and disorders of the stress system. *Nat Rev Endocrinol*. 2009;5:374–81.
59. Herman JP, Nawreen N, Smail MA, Cotella EM. Brain mechanisms of HPA axis regulation: neurocircuitry and feedback in context Richard Kvetnansky lecture. *Stress*. 2020;23:617–32.
60. Hudek-Knežević J, Kardum I. *Stres i tjelesno zdravlje*. Zagreb, Hrvatska: Naklada Slap; 2006.
61. Lu S, Wei F, Li G. The evolution of the concept of stress and the framework of the stress system. *Cell Stress*. 2021;5:76–85.
62. Elliott GR, Eisdorfer C. *Stress and human health: analysis and implications of research: a study*. London, UK: Springer Publishing Company; 1982.
63. McEwen BS. Protective and damaging effects of stress mediators. *N Engl J Med*. 1998;338:171–9.

64. Šagud M, Jakšić N, Vuksan-Ćusa B, i sur. Cardiovascular Disease Risk Factors in Patients with Posttraumatic Stress Disorder (PTSD): A Narrative Review. *Psychiatr Danub.* 2017;29:421–30.
65. Sorrells SF, Sapolsky RM. An inflammatory review of glucocorticoid actions in the CNS. *Brain Behav Immun.* 2007;21:259–72.
66. Juszczak GR, Stankiewicz AM. Glucocorticoids, genes and brain function. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry.* 2018;82:136–68.
67. Marčinko D, Aurer Z, Bajs Janović M, i sur. Stres u kliničkoj medicini – biologijski, psihodinamski i socijalni faktori Zagreb, Hrvatska: Sveučilište u Zagrebu, Medicinski fakultet; 2021.
68. Šagud M, Šimić G. Uloga amigdala u poremećajima ponašanja i emocionalnog doživljavanja. U: Šimić G, urednik. *Uvod u neuroznanost emocija i osjećaja.* Zagreb, Hrvatska: Ljevak; 2020.
69. de Andrade JS, Céspedes IC, Abrão RO, i sur. Effects of acute restraint and unpredictable chronic mild stress on brain corticotrophin releasing factor mRNA in the elevated T-maze. *Behav Brain Res.* 2018;337:139–50.
70. Salomon RE, Tan KR, Vaughan A, Adynski H, Muscatell KA. Minimally-invasive methods for examining biological changes in response to chronic stress: A scoping review. *Int J Nurs Stud.* 2020;103:103419.
71. Khoury JE, Bosquet Enlow M, Plamondon A, Lyons-Ruth K. The association between adversity and hair cortisol levels in humans: A meta-analysis. *Psychoneuroendocrinology.* 2019;103:104–17.
72. Joseph NT, Jiang Y, Zilioli S. Momentary emotions and salivary cortisol: A systematic review and meta-analysis of ecological momentary assessment studies. *Neurosci Biobehav Rev.* 2021;125:365–79.
73. Stroud LR, Salovey P, Epel ES. Sex differences in stress responses: social rejection versus achievement stress. *Biol Psychiatry.* 2002;52:318–27.
74. Ross JA, Van Bockstaele EJ. The Locus Coeruleus- Norepinephrine System in Stress and Arousal: Unraveling Historical, Current, and Future Perspectives. *Front Psychiatry.* 2020;11:601519.

75. Limanaqi F, Busceti CL, Biagioni F, Fornai F, Puglisi-Allegra S. Autophagy-Based Hypothesis on the Role of Brain Catecholamine Response During Stress. *Front Psychiatry*. 2020;11:569248.
76. Borodovitsyna O, Flamini MD, Chandler DJ. Acute Stress Persistently Alters Locus Coeruleus Function and Anxiety-like Behavior in Adolescent Rats. *Neuroscience*. 2018;373:7–19.
77. Arnsten AFT, Shanafelt T. Physician Distress and Burnout: The Neurobiological Perspective. *Mayo Clin Proc*. 2021;96:763–9.
78. Kolacz J, Kovacic KK, Porges SW. Traumatic stress and the autonomic brain-gut connection in development: Polyvagal Theory as an integrative framework for psychosocial and gastrointestinal pathology. *Dev Psychobiol*. 2019;61:796–809.
79. Pozzato I, Tran Y, Gopinath B, Thuraisingham RA, Cameron ID, Craig A. The role of stress reactivity and pre-injury psychosocial vulnerability to psychological and physical health immediately after traumatic injury. *Psychoneuroendocrinology*. 2021;127:105190.
80. Porges SW. The polyvagal theory: phylogenetic substrates of a social nervous system. *Int J Psychophysiol*. 2001;42:123–46.
81. Nikolac Perkovic M, Sagud M, Tudor L, Konjevod M, Svob Strac D, Pivac N. A Load to Find Clinically Useful Biomarkers for Depression. *Adv Exp Med Biol*. 2021;1305:175–202.
82. Khan SR, van der Burgh AC, Peeters RP, van Hagen PM, Dalm V, Chaker L. Determinants of Serum Immunoglobulin Levels: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Immunol*. 2021;12:664526.
83. Woody A, Figueroa WS, Benencia F, Zoccola PM. Stress-Induced Parasympathetic Control and Its Association With Inflammatory Reactivity. *Psychosom Med*. 2017;79:306–10.
84. Langgartner D, Lowry CA, Reber SO. Old Friends, immunoregulation, and stress resilience. *Pflugers Arch*. 2019;471:237–69.
85. Tsigos C, Kyrou I, Kassi E, Chrousos GP. *Stress: Endocrine Physiology and Pathophysiology*. U: Feingold KR, Anawalt B, Blackman MR, i sur., urednici. Endotext. South Dartmouth, MA, SAD: MDText.com, Inc.; 2000.
86. Yaribeygi H, Panahi Y, Sahraei H, Johnston TP, Sahebkar A. The impact of stress on body function: A review. *Excli J*. 2017;16:1057–72.

87. Keenan DM, Roelfsema F, Veldhuis JD. Endogenous ACTH concentration-dependent drive of pulsatile cortisol secretion in the human. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2004;287:E652–61.
88. Ramamoorthy S, Cidlowski JA. Corticosteroids: Mechanisms of Action in Health and Disease. *Rheum Dis Clin North Am.* 2016;42:15–31, vii.
89. Stewart PM, Krozowski ZS. 11 beta-Hydroxysteroid dehydrogenase. *Vitam Horm.* 1999;57:249–324.
90. Walker JJ, Terry JR, Lightman SL. Origin of ultradian pulsatility in the hypothalamic-pituitary-adrenal axis. *Proc Biol Sci.* 2010;277:1627–33.
91. Qian X, Droste SK, Lightman SL, Reul JM, Linthorst AC. Circadian and ultradian rhythms of free glucocorticoid hormone are highly synchronized between the blood, the subcutaneous tissue, and the brain. *Endocrinology.* 2012;153:4346–53.
92. Gunnar MR, Donzella B. Social regulation of the cortisol levels in early human development. *Psychoneuroendocrinology.* 2002;27:199–220.
93. Ivars K, Nelson N, Theodorsson A, Theodorsson E, Ström JO, Mörelius E. Development of Salivary Cortisol Circadian Rhythm and Reference Intervals in Full-Term Infants. *PLoS One*– 2015;10:e0129502.
94. Adam EK, Kumari M. Assessing salivary cortisol in large-scale, epidemiological research. *Psychoneuroendocrinology.* 2009;34:1423–36.
95. Pruessner JC, Wolf OT, Hellhammer DH, et al. Free cortisol levels after awakening: a reliable biological marker for the assessment of adrenocortical activity. *Life Sci.* 1997;61:2539–49.
96. Fries E, Dettenborn L, Kirschbaum C. The cortisol awakening response (CAR): facts and future directions. *Int J Psychophysiol.* 2009;72:67–73.
97. Veerman EC, van den Keybus PA, Vissink A, Nieuw Amerongen AV. Human glandular salivas: their separate collection and analysis. *Eur J Oral Sci.* 1996;104:346–52.
98. Clow A, Hucklebridge F, Stalder T, Evans P, Thorn L. The cortisol awakening response: more than a measure of HPA axis function. *Neurosci Biobehav Rev.* 2010;35:97–103.

99. Adam EK. Transactions among adolescent trait and state emotion and diurnal and momentary cortisol activity in naturalistic settings. *Psychoneuroendocrinology*. 2006;31:664–79.
100. Sephton S, Spiegel D. Circadian disruption in cancer: a neuroendocrine-immune pathway from stress to disease? *Brain Behav Immun*. 2003;17:321–8.
101. Bass J, Lazar MA. Circadian time signatures of fitness and disease. *Science*. 2016;354:994–9.
102. Varga G. Physiology of the salivary glands. *Surgery – Oxford International Edition*. 2012;30:578–83.
103. Miller CS, Foley JD, Bailey AL, et al. Current developments in salivary diagnostics. *Biomark Med*. 2010;4:171–89.
104. Nemoda Z, Horvat-Gordon M, Fortunato CK, Beltzer EK, Scholl JL, Granger DA. Assessing genetic polymorphisms using DNA extracted from cells present in saliva samples. *BMC Med Res Methodol*. 2011;11:170.
105. Aps JK, Martens LC. Review: The physiology of saliva and transfer of drugs into saliva. *Forensic Sci Int*. 2005;150:119–31.
106. Vining RF, McGinley RA, Maksvytis JJ, Ho KY. Salivary cortisol: a better measure of adrenal cortical function than serum cortisol. *Ann Clin Biochem*. 1983;20 (Pt 6):329–35.
107. Kirschbaum C, Hellhammer DH. Salivary cortisol. In: Fink G, editor. *Encyclopedia of Stress*. Cambridge, NY, SAD: Academic Press; 2000. p. 379–83.
108. Kirschbaum C, Hellhammer DH. Salivary cortisol in psychoneuroendocrine research: recent developments and applications. *Psychoneuroendocrinology*. 1994;19:313–33.
109. Sharma K, Akre S, Chakole S, Wanjari MB. Stress-Induced Diabetes: A Review. *Cureus*. 2022;14:e29142.
110. Nakrani MN, Wineland RH, Anjum F. *Physiology, Glucose Metabolism*. StatPearls. Treasure Island, FL, SAD: StatPearls Publishing; 2024.
111. Wasserman DH. Four grams of glucose. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2009;296:E11–21.
112. Han HS, Kang G, Kim JS, Choi BH, Koo SH. Regulation of glucose metabolism from a liver-centric perspective. *Exp Mol Med*. 2016;48:e218.

113. Chen Y, Zhao X, Wu H. Metabolic Stress and Cardiovascular Disease in Diabetes Mellitus: The Role of Protein O-GlcNAc Modification. *Arterioscler Thromb Vasc Biol.* 2019;39:1911–24.
114. Röder PV, Wu B, Liu Y, Han W. Pancreatic regulation of glucose homeostasis. *Exp Mol Med.* 2016;48:e219.
115. Kohn AD, Summers SA, Birnbaum MJ, Roth RA. Expression of a constitutively active Akt Ser/Thr kinase in 3T3-L1 adipocytes stimulates glucose uptake and glucose transporter 4 translocation. *J Biol Chem.* 1996;271:31372–8.
116. Tozzi M, Hansen JB, Novak I. Pannexin-1 mediated ATP release in adipocytes is sensitive to glucose and insulin and modulates lipolysis and macrophage migration. *Acta Physiol (Oxf).* 2020;228:e13360.
117. Poggiogalle E, Jamshed H, Peterson CM. Circadian regulation of glucose, lipid, and energy metabolism in humans. *Metabolism.* 2018;84:11–27.
118. Biro M. Kognitivna psihoterapija. U: Anić N, urednik. *Praktikum iz kognitivne i bihevioralne terapije III.* Zagreb, Hrvatska: Društvo psihologa Hrvatske; 1998.
119. Beck A, Rush A, Shaw B, Emery G. *Cognitive therapy of depression.* New York, NY, SAD: Guilford Press; 1979.
120. Beck AT. *The development of depression: A cognitive model. The psychology of depression: Contemporary theory and research.* Oxford, UK: John Wiley & Sons; 1974. str. xvii, 318–xvii.
121. Kendall PC, Howard BL, Hays RC. Self-referent speech and psychopathology: The balance of positive and negative thinking. *Cognitive Therapy and Research.* 1989;13:583–98.
122. Haaga DA, Dyck MJ, Ernst D. Empirical status of cognitive theory of depression. *Psychol Bull.* 1991;110:215–36.
123. Clark DA, Beck AT. *Cognitive Therapy of Anxiety Disorders: Science and practice.* New York, NY, SAD: Guilford Press; 2010. str. ix, 628–ix.
124. Wells A. A cognitive model of generalized anxiety disorder. *Behav Modif.* 1999;23:526–55.
125. Clark DA, Beck AT. Cognitive theory and therapy of anxiety and depression: convergence with neurobiological findings. *Trends Cogn Sci.* 2010;14:418–24.

126. Beck AT, Clark DA. An information processing model of anxiety: automatic and strategic processes. *Behav Res Ther.* 1997;35:49–58.
127. Beck AT. A 60-Year Evolution of Cognitive Theory and Therapy. *Perspect Psychol Sci.* 2019;14:16–20.
128. Bonnet A, Fernandez L, Piolat A, Pedinielli J-L. Changes in Emotional States Before and After Risk Taking in Scuba Diving. *Journal of Clinical Sport Psychology.* 2008;2:25–40.
129. Siegler RS, DeLoache JS, Eisenberg N. *How Children Develop.* New York, NY, SAD: Worth Publishing Ltd; 2006.
130. Beck AT. *Cognitive Therapy and the Emotional Disorders.* London, UK: Penguin; 1991.
131. Clark DM. A cognitive approach to panic. *Behav Res Ther.* 1986;24:461–70.
132. Beck AT. *Cognitive therapy and the emotional disorders.* Oxford, UK: International Universities Press; 1976.
133. Compare A, Zarbo C, Shonin E, Van Gordon W, Marconi C. Emotional Regulation and Depression: A Potential Mediator between Heart and Mind. *Cardiovasc Psychiatry Neurol.* 2014;2014:324374.
134. Colvard DF. *Fathoms of fear: A case study of panic in a recreational scuba diver.* Durham, NC, SAD: DAN World; 2000.
135. Anegg U, Dietmaier G, Maier A, i sur. Stress-induced hormonal and mood responses in scuba divers: a field study. *Life Sci.* 2002;70:2721–34.
136. Marlinge M, Coulange M, Fitzpatrick RC, i sur. Physiological stress markers during breath-hold diving and SCUBA diving. *Physiol Rep.* 2019;7:e14033.
137. Zarezadeh R, Azarbayjani MA. The effect of air scuba dives up to a depth of 30 metres on serum cortisol in male divers. *Diving Hyperb Med.* 2014;44:158–60.
138. Biersner RJ, McHugh WB, Rahe RH. Biochemical variability in a team sports situation. *J Human Stress.* 1981;7:12–7.
139. Dickerson SS, Kemeny ME. Acute stressors and cortisol responses: a theoretical integration and synthesis of laboratory research. *Psychol Bull.* 2004;130:355–91.
140. Blumberg MA. *Human factors in diving [disertacija].* Monterey, Kalifornija, SAD: Naval Postgraduate School; 1995.

141. van Wijk CH. Levels of anxiety and hostility in South African Navy divers. *Undersea Hyperb Med.* 2002;29:271–8.
142. St Leger Dowse M, Whalley B, Waterman MK, Conway RM, Smerdon GR. Diving and mental health: the potential benefits and risks from a survey of recreational scuba divers. *Diving Hyperb Med.* 2019;49:291–7.
143. Lucrezi S, Egi SM, Pieri M, i sur. Safety Priorities and Underestimations in Recreational Scuba Diving Operations: A European Study Supporting the Implementation of New Risk Management Programmes. *Front Psychol.* 2018;9:383.
144. Biersner RJ, Larocco JM. Personality and demographic variables related to individual responsiveness to diving stress. *Undersea Biomed Res.* 1987;14:67–73.
145. Van Wijk CH. Personality profiles of divers: integrating results across studies. *Int Marit Health.* 2018;69:297–303.
146. Walton L. The panic triangle: onset of panic in scuba divers. *Undersea Hyperb Med.* 2018;45:505–9.
147. Morgan WP. Anxiety and panic in recreational scuba divers. *Sports Med.* 1995;20:398–421.
148. Van Wijk CH. The use of Spielberger’s State-Trait Personality Inventory (trait anxiety subscale) with naval subaquatic specialists. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health.* 2014;27:959–66.
149. Heyman SR, Rose KG. Psychological variables affecting SCUBA performance. *Psychology of motor behavior and sport.* 1979(1980):180–8.
150. Niewiedział D, Miłkowska M, Siermontowski P, i sur. The problem of experiencing anxiety among divers. Experiment in hyperbaric exposure conditions. *J Polish Hyperbaric. Research* 2019;66:47–59.
151. Griffiths TJ, Steel DH, Vaccaro P. Anxiety Levels of Beginning Scuba Students. *Percept Mot Skills.* 1978;47:312–4.
152. Colodro Plaza J, Garcés de los Fayos Ruiz EJ, López García JJ, Colodro Conde L. Prediction of human adaptation and performance in underwater environments. *Psicothema.* 2014;26:336–42.

153. Bielec G, Błaszowska J, Waade B. The phenomenon of anxiety in scuba divers. *Polish Hyperbaric Medicine and Technology*. 2006;4:15–20.
154. Hammermeister J, Burton D. Anxiety and the Ironman: Investigating the Antecedents and Consequences of Endurance Athletes' State Anxiety. *The Sport Psychologist*. 1995;9:29–40.
155. Mellalieu SD, Hanton S, O'Brien M. Intensity and direction of competitive anxiety as a function of sport type and experience. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2004;14:326–34.
156. Hanton S, Neil R, Mellalieu SD, Fletcher D. Competitive experience and performance status: An investigation into multidimensional anxiety and coping. *European Journal of Sport Science* 2008;8:143–52.
157. Bajsić Janović M, Štrkalj-Ivezić S, Bajsić M. Instrumenti u procjeni anksioznosti i anksioznih poremećaja. *Medix (Zagreb)* 2007;13:75–8.
158. Beck AT, Epstein N, Brown G, Steer RA. An inventory for measuring clinical anxiety: psychometric properties. *J Consult Clin Psychol*. 1988;56:893–7.
159. Upton J. Beck Depression Inventory (BDI). U: Gellman MD, Turner JR, urednici. *Encyclopedia of Behavioral Medicine*. New York, NY, SAD: Springer New York; 2013. str. 178–9.
160. Spielberger C, Gorsuch R, Lushene R, Vagg PR, Jacobs G. *Manual for the State-Trait Anxiety Inventory (Form Y1 – Y2)*. n.p.: n.p.; 1983.
161. Henry JD, Crawford JR. The short-form version of the Depression Anxiety Stress Scales (DASS-21): construct validity and normative data in a large non-clinical sample. *Br J Clin Psychol*. 2005;44:227–39.
162. Lovibond S, Lovibond P. DASS 21-CRO [citirano 25. travnja 2023. godine]. 1995. Dostupno: <https://www2.psy.unsw.edu.au/groups/dass/Croatian/Bakich%20DASS21/DASS%2021-Croatian.pdf>.
163. Spitzer RL, Kroenke K, Williams JB, Löwe B. A brief measure for assessing generalized anxiety disorder: the GAD-7. *Arch Intern Med*. 2006;166:1092–7.

164. Evelyn Munoz-De-Escalon, J C. Online Measuring of Available Resources. H-Workload 2017: The first international symposium on human mental workload; 28–30. lipnja 2017. godine; Dublin, Irska.
165. Lovibond PF, Lovibond SH. The structure of negative emotional states: comparison of the Depression Anxiety Stress Scales (DASS) with the Beck Depression and Anxiety Inventories. *Behav Res Ther.* 1995;33:335–43.
166. Bentler PM. Comparative fit indexes in structural models. *Psychol Bull.* 1990;107:238–46.
167. Spielberger CD, Gonzalez-Reigosa F, Martinez-Urrutia A, Natalicio LFS, Natalicio DS. The State-Trait Anxiety Inventory. *Revista Interamericana de Psicología/Interamerican Journal of Psychology.* 1971;5.
168. Ingram RE, Luxton DD. Vulnerability-Stress Models. *Development of psychopathology: A vulnerability-stress perspective.* Thousand Oaks, CA, SAD: Sage Publications, Inc; 2005. str. 32–46.
169. Revelli L, Addolorato G, D'Amore A, i sur. Neuroendocrine and psychological assessment in a guinness 10 days scuba dive. *Int J Sports Med.* 2007;28:848–52.
170. Beneton F, Michoud G, Coulange M, i sur. Recreational Diving Practice for Stress Management: An Exploratory Trial. *Front Psychol.* 2017;8:2193.

8. SAŽETAK

Uvod: Ronjenje uz autonomni aparat za podvodno disanje (engl. *self-contained underwater breathing apparatus* (SCUBA)) predstavlja izazov za psihofiziološku prilagodbu zbog visokih tlakova, promjena temperature, povećanog gubitka topline, smanjene vidljivosti i učinaka disanja plinova pod tlakom, što narušava fiziološku homeostazu organizma. Ovi uvjeti, zajedno s psihološkim stresorima kao što su anksioznost i senzorna disintegracija, mogu uzrokovati disregulaciju emocija i fizioloških reakcija. Neprilagođene kognitivne strategije, uključujući katastrofiziranje i zabrinutost, dodatno povećavaju stres i rizik od razvoja anksioznosti i depresije, pritom narušavajući emocionalnu regulaciju. Aktivacija negativnih automatskih misli (NAM) pokreće neurobiološke mehanizme stresa, uključujući povećanu aktivnost HHN osi i promjene cirkadijskog ritma lučenja kortizola, što može narušiti homeostazu, dovesti do promjena u glikemijskom profilu, varijabilnosti krvnog tlaka te oscilacija u srčanoj frekvenciji, povećavajući rizik od psihofizioloških disfunkcija tijekom i nakon ronjenja.

Metode: Istraživanje je obuhvatilo dvije studije s ukupno 81 roniocem, uključujući 14 vojnih ronilaca. Sudionici su prije i nakon ronjenja ispunili validirane upitnike: Ljestvica depresivne anksioznosti i stresa (engl. *Depression Anxiety Stress Scales* (DASS)), Upitnik anksioznosti kao osobine ličnosti i anksioznosti kao stanja (engl. *State Trait Anxiety Inventory* (STAI)). Prvo istraživanje validiralo je pouzdanost i valjanost novo kreiranih upitnika (Ljestvica pozitivnih i negativnih emocija i Upitnik NAM prije ronjenja) te ispitalo razlike u negativnim mislima, emocijama i razinama kortizola između vojnih i rekreativnih ronilaca. Istražena je povezanost kortizola s negativnim mislima i emocijama te njihov utjecaj na razine kortizola, anksioznosti i depresivnosti prije i nakon ronjenja. Drugo istraživanje analiziralo je kardiovaskularni stres (arterijski tlak, srčana frekvencija) i promjene razine glukoze prije i nakon ronjenja u odnosu na psihološke pokazatelje stresa kod ronilaca.

Rezultati: Negativne emocije značajno su utjecale na psihofiziološke odgovore tijekom ronjenja, dok su NAM imale ograničen učinak na fiziološke promjene, što sugerira da emocije imaju jači utjecaj na reakcije tijela od kognitivnih procesa povezanih s prijetnjom ili neuspjehom. Profesionalni ronjaci zadržali su stabilnije razine kortizola u odnosu na rekreativne, što ukazuje na bolju prilagodbu stresnim uvjetima. Porast dijastoličkog arterijskog tlaka, uz stabilnost sistoličkog, potvrđuje otpornost kardiovaskularnog sustava na promjene hidrostatskog pritiska. Smanjenje srčane frekvencije i razine glukoze nakon ronjenja ukazuje na učinkovitu fiziološku adaptaciju organizma i smanjenje metaboličkih potreba. Psihološki učinci uključuju smanjenje stresa i anksioznosti te pad negativnih emocija, neovisno o NAM, sugerirajući pozitivan učinak ronjenja. NAM nisu značajno utjecale na fiziološke parametre,

potvrđujući stabilnost odgovora organizma. Validacija upitnika potvrdila je njihovu pouzdanost i primjenjivost za praćenje psihofizioloških promjena kod ronilaca, čineći ih korisnim alatima za buduća istraživanja i procjenu stresnih reakcija.

Zaključak: Emocionalna regulacija ključna je za upravljanje psihofiziološkim odgovorima tijekom ronjenja, pri čemu negativne emocije snažnije utječu na fiziološke reakcije od NAM. Profesionalni ronionci, s boljom prilagodbom i stabilnijim razinama kortizola, pokazuju veću otpornost na stresne uvjete u usporedbi s rekreativnim ronionicima, naglašavajući važnost iskustva i obuke. Smanjenje stresa, anksioznosti i negativnih emocija nakon ronjenja ukazuje na terapijski potencijal ove aktivnosti u poboljšanju emocionalne dobrobiti, neovisno o prisutnosti NAM. Validirani upitnici pokazali su visoku pouzdanost i primjenjivost za istraživanje psihofizioloških odgovora na stres kod ronilaca. Stabilnost fizioloških reakcija, unatoč negativnim mislima, naglašava potrebu za daljnjim istraživanjima o mehanizmima prilagodbe te razvoju strategija za smanjenje negativnih emocija i poboljšanje prilagodbe ronioaca.

9. SUMMARY

Title: Psychophysiological stress response in divers with autonomous diving equipment

Introduction: Diving with a self-contained underwater breathing apparatus (SCUBA) poses challenges in terms of psychophysiological adaptation due to high pressures, temperature changes, increased heat loss, reduced visibility, and the effects of breathing gases under pressure, all of which disrupt physiological homeostasis. These conditions, combined with psychological stressors such as anxiety and sensory disintegration, can lead to the dysregulation of emotions and physiological reactions. Inadequate cognitive strategies, including catastrophizing and worry, further increase stress and the risk of developing anxiety and depression, impairing emotional regulation. The activation of negative automatic thoughts (NAT) triggers neurobiological stress mechanisms, such as the increased activity of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis and changes in the circadian rhythm of cortisol secretion, which can consequently further disrupt homeostasis, lead to changes in glycemic profiles, blood pressure variability, and oscillations in heart rate, increasing the risk of psychophysiological dysfunction during and after diving.

Methods: We conducted two studies on a sample of 81 divers, including 14 military and 67 recreational divers. The participants completed validated questionnaires before and after diving: the Depression Anxiety Stress Scales (DASS) and the State Trait Anxiety Inventory (STAI). The first study validated the reliability and validity of newly created questionnaires (Positive and Negative Emotion Scale and Pre-diving NAT Questionnaire) and examined differences in negative thoughts, emotions, and cortisol levels between military and recreational divers. It also explored the relationship between cortisol and negative thoughts and emotions, as well as their impact on levels of cortisol, anxiety, and depression before and after diving. The second study analyzed cardiovascular stress (blood pressure, heart rate) and changes in glucose levels before and after diving in relation to psychological stress indicators among divers.

Results: Negative emotions significantly influenced psychophysiological responses during diving. Meanwhile, NAT had a limited effect on physiological changes, suggesting that emotions have a stronger impact on bodily reactions than cognitive processes related to threat or failure. Professional divers maintained more stable cortisol levels compared to recreational divers, indicating better adaptation to stressful conditions. Increases in diastolic blood pressure, along with stable systolic pressure, confirmed the cardiovascular system's resilience to changes in hydrostatic pressure, while decreases in heart rate and glucose levels after diving indicated the body's effective physiological adaptation and reduced metabolic needs. Psychological effects include reduced stress and anxiety, as well as a decrease in negative emotions, regardless

of NAT, suggesting a positive effect of diving. Furthermore, NAT did not significantly affect physiological parameters, confirming the stability of the body's responses. The validation of the questionnaires confirmed their reliability and applicability for monitoring psychophysiological changes in divers, making them useful tools for future research and assessment of stress responses.

Conclusions: Emotional regulation is key to managing psychophysiological responses during diving, with negative emotions having a stronger influence on physiological reactions than NAT. The professional divers in our study, who were generally better adapted and had more stable cortisol levels, showed greater resilience to stressful conditions compared to recreational divers, highlighting the importance of experience and training. The reductions in stress, anxiety, and negative emotions after diving indicate its therapeutic potential in improving emotional well-being, regardless of the presence of NAT. The validated questionnaires demonstrated high reliability and applicability for studying psychophysiological responses to stress in divers. The stability of physiological reactions, despite negative thoughts, emphasizes the need for further research on adaptation mechanisms and the development of strategies to reduce negative emotions and help divers adapt more easily.

10. ŽIVOTOPIS

OSOBNI PODATCI

Ime i prezime: Mirela Radman-Livaja

Datum i mjesto rođenja: 11. ožujka 1978. godine, Split

OBRAZOVANJE

1992. do 1996. Zdravstveno-laboratorijski tehničar, Zdravstvena škola Split, Split, Hrvatska

1996. do 1999. Medicinsko laboratorijski – inženjer, Medicinski fakultet, Sveučilište u Rijeci, Rijeka, Hrvatska

2000. do 2001. Predavač stručnih predmeta, Fakultet prirodoslovno-matematičkih znanosti i odgojnih područja, Sveučilište u Splitu, Split, Hrvatska

2003. do 2005. prvostupnik medicinsko lab. dijagnostike, Zdravstveno veleučilište Zagreb, Zagreb, Hrvatska

2005. do 2006. Magistar medicinsko laboratorijske dijagnostike, Visoka zdravstvena škola, Univerzitet u Sarajevu, Bosna i Hercegovina

2008. do 2008. Računarni operater, Centar za obrazovanje odraslih „Trstenik“, Split, Hrvatska

2009. do 2011. univ.mag. med, Poslijediplomski specijalistički studij – Klinička epidemiologija, Medicinski fakultet, Sveučilište u Splitu, Split, Hrvatska

2011. do 2013. Doktorski studij: Medicina utemeljena na dokazima, Medicinski fakultet, Sveučilište u Splitu, Split, Hrvatska

2021. Ronilac ***, *Confédération Mondiale des Activités Subaquatiques*, Hrvatski ronilački savez, Zagreb, Hrvatska Hrvatski ronilački savez,

RADNO ISKUSTVO

2000. do 2001. Pripravnički staž za medicinsko laboratorijskog inženjera, Klinički Bolnički Centar Split, Split, Hrvatska

2002. do 2008. Nastavni zavod za javno zdravstvo Splitsko-dalmatinske županije, Split, Hrvatska

2008. do danas. Klinički bolnički centar Split, Zavod za transfuzijsku medicinu, Split, Hrvatska

NASTAVNA AKTIVNOST

1998. do 1999. Demonstrator, Katedra za kemiju i biokemiju, Medicinski fakultet Rijeka, Sveučilište u Rijeci, Hrvatska

2002. do 2009. Predavač stručnih predmeta, Zdravstvena škola i Prirodoslovna Tehnička škola Split, Split, Hrvatska

2011. do danas, Kordinator mentora/stručni suradnik, Sveučilišni odjel zdravstvenih studija, Split, Hrvatska

2012. do 2024. Predavač, Sveučilišni odjel zdravstvenih studija, Sveučilište u Splitu, Split, Hrvatska

2024. Viši predavač, Sveučilišni odjel zdravstvenih studija, smjer Medicinsko laboratorijska-dijagnostika, Sveučilište u Splitu, Split, Hrvatska

KONGRESI, SEMINARI I RADIONICE

Hrvatski kongres laboratorijske dijagnostike s međunarodnim sudjelovanjem „Prijetee infektivne bolesti – uloga laboratorijske dijagnostike, 5. do 7. svibnja 2006; Tuheljske Toplice, Hrvatska

Simpozij s međunarodnim sudjelovanjem „Uloga laboratorijske dijagnostike u prevenciji, otkrivanju i liječenju malignih bolesti“, 4. do 6. svibnja 2007. godine, Osijek, Hrvatska

Peti transfuzijski dani simpozij međunarodnim sudjelovanjem, 15. do 17. listopada 2009. godine, Sv. Martin na Muri, Hrvatska

„Rad u sterilnim čistim prostorijama“, 17. lipnja 2010. godine, Klinički bolnički centar Split, Split, Hrvatska

„Aseptička priprava u visokospecijaliziranim čistim prostorima unutar bolnica“, 3. veljače 2011. godine, Klinička bolnica Sestre milosrdnice, Zagreb, Hrvatska

Projekt „Izrada standarda zanimanja/kvalifikacija uz unaprjeđenje zdravstvenih studijskih programa“, 2015. do 2016. Sveučilišni odjel zdravstvenih studija, Sveučilište u Splitu, Split, Hrvatska

4. Hrvatski kongres laboratorijske dijagnostike s međunarodnim sudjelovanjem, 7. do 9. lipnja 2018. godine, Zagreb, Hrvatska

Seminar „ Interni auditi – Što su i kako ih provodimo“, CROLAB, 27. studeni 2019. godine, Split, Hrvatska

Stručno usavršavanje na tečaju III. kategorije na temu „Komunikacijske i pedagoške vještine za kliničke mentore“, Odjel za zdravstvene studije Sveučilišta u Splitu, Split, Hrvatska

Poslijediplomski program stalnog medicinskog usavršavanja I. kategorije mentorstvo u zdravstvu, Sveučilišni odjel zdravstvenih studija Sveučilišta u Splitu i Filozofski fakultet Sveučilišta u Splitu, 4. do 6. svibnja 2023. godine, Split, Hrvatska

Prvi međunarodni Simpozij ”Znanost za bolju dijagnostiku: Novi koraci u laboratorijskoj medicini”, 7. rujna 2024. godine, KB ”Sveti Duh”, Zagreb, Hrvatska

PUBLIKACIJE

Ančić M. Sustav upravljanja kvalitetom u zdravstvu. Hrvatski časopis za javno zdravstvo. 2013;9(33):232–243.

Zec M, Maravić B, Radman M, Kovačić V, Metode otkrivanja antitijela na HLA Antigene kod bolesnika koji čekaju bubrežnu transplataciju te kombiniranu transplataciju gušterača-bubreg. Acta medica Croatica. 2014;68:4–5.

Meštrović Z, Roje D, Vulić M, Zec M. Calculation of optimal gestation weight gain in pre-pregnancy underweight women due to body mass index change in relation to mother's height. Arch Gynecol Obstet. 2017 Jan;295(1):81–86.

Zec M, Roje D, Matovinović M, i sur. Vitamin B12 Supplementation in Addition to Folic Acid and Iron Improves Hematological and Biochemical Markers in Pregnancy: A Randomized Controlled Trial. J Med Food. 2020 Oct;23(10):1054–1059.

Zubac D, Obad A, Bošnjak A, Zec M, Ivančev V, Valić Z. Spleen emptying does not correlate with faster oxygen kinetics during a step-transition supine cycling. Appl Physiol Nutr Metab. 2021 Nov;46(11):1425–1429.

Zubac D, Obad A, Šupe-Domić D, i sur. No differences in splenic emptying during on-transient supine cycling between aerobically trained and untrained participants. Eur J Appl Physiol. 2022 Apr;122(4):903–917.

Zubac D, Obad A, Šupe-Domić D, i sur. Larger splenic emptying correlate with slower EPOC kinetics in healthy men and women during supine cycling. Eur J Appl Physiol. 2023 Oct;123(10):2271–2281.

Dilberović A, Stanić A, Zec M. Dijagnostički značaj humanog korionskog gonadotropina kao tumorskog markera. Hrvatski časopis zdravstvenih znanosti. 2023;2(3):136–141.

Zec M. Skripta za kolegij „Osnove transfuzijske medicine i transplatacije“, 1 izdanje, 2023.

Zec M, Antičević V, Lušić Kalcina, L, Valić Z, Božić J. Psychophysiological stress response in SCUBA divers: The contribution of negative automatic thoughts and negative emotions. Curr Psychol. 2023;42,16751–16765.

MATERINSKI JEZIK

Hrvatski jezik

OSTALI JEZICI

Engleski jezik