

# Dinamika određenih metaboličkih i hormonskih parametara tijekom veslačkoga 6km testa izvedenog na ergometru

---

**Kuko, Mate**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2024**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:221:684780>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-29**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Kinesiology, University of Split](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



**Sveučilište u Splitu**  
**Kineziološki fakultet**  
**Sveučilišni diplomski studij kineziologije**

**Mate Kuko**

**Dinamika određenih metaboličkih i hormonskih  
parametara tijekom veslačkoga 6km testa  
izvedenog na ergometru**

**Diplomski rad**

Split, 2024.



SVEUČILIŠTE U SPLITU  
KINEZIOLOŠKI FAKULTET  
SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ KINEZIOLOGIJE

**Dinamika određenih metaboličkih i hormonskih  
parametara tijekom veslačkoga 6km testa  
izvedenog na ergometru**

(DIPLOMSKI RAD)

**Student:** Mate Kuko

**Mentor:** doc.dr.sc. Šime Veršić

Split, 2024.

<b>1. UVOD</b> .....	1
1.1. Veslanje.....	1
1.2. Pravila .....	2
1.3. Fiziološka analiza veslanja .....	2
1.4. Veslački ergometar kao dio treninga .....	3
1.5. Endokrini parametri .....	4
1.6. Metabolički parametri .....	4
<b>2. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA</b> .....	6
<b>3. PROBLEM ISTRAŽIVANJA</b> .....	10
<b>4. CILJ RADA</b> .....	10
<b>5. HIPOTEZA</b> .....	10
<b>6. METODE ISTRAŽIVANJA</b> .....	11
6.1. Uzorak ispitanika.....	11
6.2. Opis protokola i korištene varijable .....	11
6.3. Metode obrade podataka .....	13
<b>7. REZULTATI</b> .....	14
<b>8. RASPRAVA</b> .....	17
8.1. Biomarkeri stresa.....	17
8.2. Razine laktata u krvi.....	18
8.3. Ograničenja i napomene za buduća istraživanja .....	19
<b>9. ZAKLJUČAK</b> .....	21
<b>10. LITERATURA</b> .....	22

## SAŽETAK

Veslanje pripada skupini olimpijskih monostrukturnih cikličnih sportova. Karakterizira ga sukcesivno ponavljanje osnovne strukture kretanja, veslačkoga zaveslaja. Veslačke utrke predstavljaju izraziti fizički, ali i psihološki napor za svakoga natjecatelja. Cilj ovoga rada bio je utvrditi dinamiku hormonskog i metaboličkog odgovora tijela veslača na specifično opterećenje koje predstavlja veslačka utrka na 6 km, provedena na veslačkom ergometru. Ispitanici su bili juniorski i seniorski veslači HVK Gusar iz Splita (N=12) koji se aktivno natječu na klupskoj i međunarodnoj razini. Varijable su uključivale 3 ponovljena oralna uzorka hormona kortizola i enzima alfa amilaze određenih iz sline, kao i 3 ponovljena uzorka laktata određenih iz krvi. Uzorci svih varijabli uzeti su u 3 vremenske točke; po dolasku u klub, nakon protokola zagrijavanja za veslačku utrku, te nakon veslačke utrke na 6km. ANOVA test za ponavljajuća mjerenja korišten je kako bi se utvrdile potencijalne razlike u razinama proučavanih varijabli u različitim vremenskim točkama. Rezultati su pokazali različitu dinamiku hormonskih (kortizol i alfa amilaza) i metaboličkih (laktati) varijabli. Vrijednosti kortizola i alfa amilaze neznatno su se smanjile nakon drugog uzorkovanja u odnosu na početne vrijednosti, da bi obe varijable pokazale statistički značajno povećanje vrijednosti nakon završetka testa (kortizol– $p=0,001$ , partial eta squared= 0,55/alfa amilaza– $p=0,001$ , partial eta squared= 0,58) Razina laktata u krvi neznajno se povećala nakon protokola zagrijavanja, da bi pokazala statistički značajno povećanje vrijednosti nakon veslačke utrke ( $p=0,001$ , partial eta squared=0,96). Slična dinamika kortizola i alfa amilaze može se objasniti kroz njihovu funkciju koja je velikim dijelom vezana za odgovor na fizički ili psihološki stres. Protokol zagrijavanja sastojao se od 20 minuta veslanja na izrazito niskom intenzitetu uz svega nekoliko kratkih povećanja veslačkoga tempa. Ovakav aerobni podražaj vjerojatno je zbog svoga opuštajućega karaktera utjecao na statistički neznajno smanjenje vrijednosti ovih varijabli. Veslačka utrka koja je uslijedila, s druge strane, predstavlja visoki fizički stres za svakoga pojedinca, povećava udio anaerobnoga rada veslača i samim time donosi povećanje vrijednosti kataboličkih hormona i enzima. Ovo objašnjava statistički značajan skok vrijednosti kortizola i alfa amilaze nakon veslačke utrke. Dinamika vrijednosti laktata pokazala je blago povišenje nakon protokola zagrijavanja te veliki skok vrijednosti nakon veslačke utrke. Laktati su produkt anaerobnoga rada i svako povišenje intenziteta doprinosi njihovome nastanku. S obzirom da su veslači u klub stigli potpuno odmorni s niskim početnim vrijednostima laktata,

aerobni stimulus nije reducirao vrijednosti laktata u krvi, već je uslijedilo blago povećanje. Veslačka utrka i veći intenzitet rada te približavanje anaerobnome pragu izazvalo je statistički značajan skok vrijednosti laktata nakon veslačke utrke. Rezultati su pokazali kako visoko intenzivno veslanje izaziva povećanje koncentracije kortizola, alfa amilaze i laktata u tijelu. U veslačkome treningu ovo ne smije biti zanemareno kako bi pronašli pravi omjer između veslanja na visokome odnosno niskome intenzitetu, te istovremeno napredovali i smanjili rizik od pretreniranja. Buduća istraživanja trebala bi uključiti određene anaboličke parametre poput koncentracije testosterona u tijelu veslača, isto kao i određene kognitivne psihološke parametre poput anksioznosti i samopouzdanja kako bi se ispitalo njihov utjecaj na hormonski i metabolički status veslača.

**Ključne riječi:** veslanje, ergometar, kortizol, alfa amilaza, laktati

## **ABSTRACT**

### **Dynamics of certain psychological and hormonal parameters during the rowing 6km test performed on an ergometer**

Rowing is an Olympic monostructural cyclic sport. The successive repetition of the basic movement structure, the rowing stroke characterizes it. Rowing races represent an extreme physical and psychological effort for each athlete. This study aimed to determine the dynamics of the hormonal and metabolic response of rowers to the specific load represented by a 6 km rowing race, conducted on a rowing ergometer. The subjects were junior and senior rowers from HVK Gusar in Split (N=12) who actively compete at club and international levels. Variables included 3 repeated oral samples of the hormone cortisol and the enzyme alpha-amylase determined in saliva and 3 repeated blood lactate samples. Samples of all variables were taken at 3 time points: upon arrival at the club, after the warm-up protocol for the rowing race, and after the 6 km rowing race. A repeated measures ANOVA test was used to determine potential differences in the levels of the studied variables at different time points. The results showed different dynamics of hormonal (cortisol and alpha-amylase) and metabolic (lactates) variables. Cortisol and alpha-amylase values slightly decreased after the second sampling compared to the initial values, and both variables showed a statistically significant increase in values after the test (cortisol– $p=0.001$ , partial eta squared=0.55/alpha-amylase– $p=0.001$ , partial eta squared=0.58). Blood lactate levels increased insignificantly after the warm-up protocol, but showed a statistically significant increase in values after the rowing race ( $p=0.001$ , partial eta squared=0.96). The similar dynamics of cortisol and alpha-amylase can be explained through their function, which is largely related to the response to physical or psychological stress. The warm-up protocol consisted of 20 minutes of rowing at a very low intensity with only a few short increases in rowing pace. This aerobic stimulus likely had a relaxing effect, causing a statistically insignificant decrease in these variables. The subsequent rowing race, on the other hand, represents high physical stress for each individual, increases the proportion of anaerobic work, and thus increases the values of catabolic hormones and enzymes. This explains the statistically significant increase in cortisol and alpha-amylase values after the rowing race. The dynamics of lactate values showed a slight increase after the warm-up protocol and a large increase in values after the rowing race. Lactates are a product of anaerobic work, and any increase in intensity contributes to their production. Since the rowers arrived at the club completely rested

with low initial lactate values, the aerobic stimulus did not reduce lactate values in the blood, but there was a slight increase. The rowing race and higher work intensity approaching the anaerobic threshold caused a statistically significant increase in lactate values after the rowing race. The results showed that high-intensity rowing causes an increase in the concentration of cortisol, alpha-amylase, and lactate in the body. In rowing training, this should not be neglected in order to find the right balance between high and low-intensity rowing, while simultaneously progressing and reducing the risk of overtraining. Future research should include certain anabolic parameters such as testosterone concentration in rowers' bodies, as well as certain cognitive psychological parameters such as anxiety and confidence, to examine their impact on the hormonal and metabolic status of rowers.

**Keywords:** rowing, ergometer, cortisol, alpha-amylase, lactates



# 1. UVOD

Vrhunski sport današnjice pred sportaše stavlja izuzetne zahtjeve i iziskuje maksimalnu posvećenost i disciplinu kao preduvjete postizanja uspjeha. Znanstvena istraživanja različitih sportskih parametara svakodnevno donose nove zaključke s ciljem unaprjeđenja načina treniranja, kvalitete sportske opreme, procesa oporavka i sl., a sve s ciljem postizanja sportskoga rezultata. Veslanje je sport koji zbog svoje cikličke strukture kretanja i progresivnog povećanja različitih fizioloških parametara tijekom utrke ima kvalitetnu podlogu za provođenje različitih istraživanja. Ovo istraživanje fokusira se na metaboličku i hormonsku pozadinu veslačke utrke, proučavajući dinamiku različitih biomarkera.

## 1.1. Veslanje

Veslanje je olimpijski sport od Olimpijskih igara u Parizu 1900. godine, a ženske se discipline prvi put pojavljuju tijekom Olimpijskih igara u Montrealu 1976. godine. Karakterizira ga monostrukturno i cikličko kretanje u vidu veslačkoga zaveslaja koji se sukcesivno ponavlja tijekom utrke, a uključuje ekipno i individualno natjecanje na vodenim površinama. Standardna dužina veslačke utrke iznosi 2000m i ne ovisi o disciplini u kojoj pojedinac nastupa. Osnovna podjela disciplina u veslanju ovisi o broju vesala koja veslač koristi za pokretanje čamca, što odvaja skul (dva vesla) i rimen (jedno veslo) veslanje. Daljna podjela disciplina ovisi o dobi, spolu i težini veslača te vrsti čamca u kojoj se pojedinac natječe. Natjecateljske dobne kategorije sastoje se od kadeta „B“ i „A“, juniora „B“ i „A“, seniora „U23“, seniora te veterana. U juniorskom i seniorskom uzrastu, postoji težinska podjela muških i ženskih disciplina. Kako bi seniorska muška posada osigurala nastup u posebnoj „lakoj“ težinskoj kategoriji, prosjek težine posade ne smije prelaziti 70kg, a maksimalna dozvoljena težina veslača iznosi 72 kg. Što se tiče ženskih posebnih težinskih kategorija, težinska granica za prosjek posade iznosi 57 kg, a pojedina veslačica ne smije imati više od 59 kg. Regatni čamci, odnosno čamci u kojima se može sudjelovati na natjecanjima u Hrvatskoj jesu samac (1x), dvojac na pariće (2x), dvojac bez kormilara (2-), dvojac s kormilarom (2+), četverac na pariće (4x), četverac bez kormilara (4-), četverac s kormilarom (4+) te osmerac (8+). Sve nabrojene vrste čamaca ne spadaju u čamce koji se mogu koristiti za discipline na Olimpijskim igrama.

Na Olimpijskim igrama 2020. godine u Tokiju natjecanja za muškarce su se odvijala u sljedećim disciplinama: samac (1x), dvojac na pariće (2x), dvojac bez kormilara (2-), četverac bez kormilara (4-), četverac na pariće (4x), osmerac (8+) te laki dvojac na pariće (2x). Žene su nastupale u disciplinama samac (1x), dvojac bez kormilara (2-), dvojac na pariće (2x), četverac bez kormilara (4-), četverac na pariće (4x), osmerac (8+) te laki dvojac na pariće (2x).

## 1.2. Pravila

Veslačka utrka za seniore i juniore iznosi 2000m, za kadete 1000m i za mlađe kadete 500m. Sve staze koje su rađene po standardu FISA-e, međunarodne veslačke organizacije, imaju odijeljene pruge plutačama od starta do cilja. Startna i ciljna zona sadržavaju 100m udaljenosti označene crvenim plutačama. Svako 250-500m postoje obalne oznake udaljenosti uz rub veslačke staze kako bi se natjecatelji mogli orijentirati. Veslačko natjecanje se može održavati na svakoj vodenoj površini duljoj od 2500 m. Veslačku utrku sudi najmanje četvero (4) sudaca: starter, glavni sudac, sudac u cilju i voditelj kontrolne komisije. Natjecanja su raspoređena tako da se prvo pristupa kvalifikacijama te na osnovu plasmana odnosno postignutog vremena prolazi u daljnju fazu natjecanja. Ovisno o broju prijavljenih natjecatelja sastavljaju se četvrtfinala, polufinala i finala. Razlikujemo finale A (od 1.-6. mjesta), B (od 7. do 12. mjesta), C (od 13. do 18. mjesta) te najčešće zaključno D finale (od 19. do 24. mjesta). Medalje osvajaju samo tri prvoplasirana natjecatelja u A finalu (FISA rule book, 2017).“ (Matijević, 2017, str. 5).

## 1.3. Fiziološka analiza veslanja

Duljina veslačke utrke standardizirana je na 2000 m, što je oko 250 zaveslaja, a utrka u prosjeku traje od 6 do 7 minuta. Svaki zaveslaj mora biti savršeno izveden s minimalnim odstupanjem u tehnici i snazi zaveslaja. To zahtijeva uključenost aerobnih i anaerobnih izvora energije, te visoku razinu fizičke i mentalne pripreme kako bi se izdržala bol, odgodio umor i osigurao što bolji plasman u utrci (Steinacker, 1993). Tijekom veslačke utrke, približno 77% ukupnog razvoja energije osigurava aerobni metabolizam, dok

preostalih 23% dolazi iz anaerobnih energetske izvora, pri čemu ključnu ulogu ima razgradnja mišićnog glikogena (Martin & Tomescu, 2017). Uspješnost u veslanju pokazuje usku povezanost s izlaznom snagom na anaerobnom (laktatnom) pragu. Iako se energetske putevi konstanto isprepleću, možemo reći kako je anaerobni metabolizam dominantan u početku utrke, kada veslači maksimalno startaju s ciljem zauzimanja vodećih pozicija. Nakon prvih 250m, odnosno osmine utrke, energija za mišićni rad dominantno se doprema aerobnim energetske putevima i veslači održavaju konstantan tempo i snagu zaveslaja. Iznimno, može doći do povećanja dopreme energije anaerobnim putevima uvjetovanih taktičkim povećanjima tempa i brzine veslanja ovisno o potezima ostalih posada, a s ciljem zadržavanja vodeće pozicije ili pokušaja njenoga preuzimanja. Završnicu veslačke utrke obilježava maksimalan mišićni rad i dominacija anaerobne proizvodnje energije, u kojoj veslači koriste sve preostale energetske rezerve kako bi obranili trenutnu ili napali bolju poziciju. Zbog specifičnih zahtjeva ovoga sporta, veslači su obično visoki i mišićavi, s izuzetno razvijenim krvožilnim i respiracijskim sustavima, visokim postotkom sporih mišićnih vlakana i niskim postotkom tjelesne masnoće (Mikulić, 2008). Veće tjelesne dimenzije omogućavaju duže zaveslaje i kvalitetnije poluge, kao i veće anaerobne kapacitete s obzirom da težina čamca i veslačke opreme ima konstantu vrijednost neovisno o antropološkim obilježljima pojedinca. Dugotrajno visoko intenzivno veslanje izaziva razne fiziološke reakcije. Pokreću se kardiorespiratorni, metabolički i endokrini odgovori tijela kako bi se omogućio nastavak aktivnosti. To dovodi do progresivnog uključivanja anaerobnih energetske putova, praćenog konačnim nakupljanjem laktata (Maciejewski, Bourdin, Féasson, Dubouchaud & Messonnier, 2020).

#### 1.4. Veslački ergometar kao dio treninga

Veslački ergometar je sprava koja simulira veslanje na vodenoj površini i uz to daje povratne informacije o svakome zaveslaju i treningu u cjelini. Zbog navedenoga, danas je neizostavan dio veslačkoga treninga jer omogućava detaljno planiranje i programiranje treninga, kao i provođenje različitih testova, što je od velike koristi trenerima i veslačima. Najčešća testiranja na veslačkome ergometru podrazumijevaju 2 testa unutar natjecateljske sezone. Test na 6 km u ranijem dijelu sezone kao provjera aerobnih

kapaciteta veslača, te sport specifični test na 2 km kao generalna provjera spremnosti veslača pred sam ulazak u natjecateljski dio sezone.

### 1.5. Endokrini parametri

Endokrini odgovor sportaša izravno je povezan sa stresom, koji može biti fizički ili psihološki, ovisno o različitim natjecateljskim uvjetima (S. Dickerson i sur., 2004). Budući da hormon kortizol i enzim alfa-amilaza reagiraju na oba oblika stresa, istovremena mjerenja mogu pomoći u procjeni specifičnih psiho-fizioloških zahtjeva sporta. Kortizol, poznat kao hormon stresa, odražava aktivaciju hipotalamusno-hipofizno-adrenokortikalne osi, koja je izravno povezana s fiziološkim odgovorom na stres (Stajer i sur., 2018). Zbog toga se kortizol često koristi kao biomarker fizičkog i mentalnog stresa kod sportaša (Moreira i sur., 2012).

Enzim alfa-amilaza, koji se prvenstveno nalazi u slini (ali i u krvi porijeklom iz gušterače), pomaže u razgradnji složenih ugljikohidrata u jednostavnije molekule poput maltoze. Tjelovježba može utjecati na stopu oslobađanja enzima alfa-amilaze (Kivlighan i sur., 2006), a pokazalo se da je ovaj učinak očitiji pri intenzitetima vježbanja iznad 70% VO<sub>2</sub> max (Koibuchi & Suzuki, 2014). Također, alfa-amilaza može odražavati aktivnost simpatičkog živčanog sustava jer je visoko povezana s razinama povećanja noradrenalina i na kraju odražava stanje uzbuđenja (Nater i sur., 2007).

### 1.6. Metabolički parametri

Krv predstavlja jednu od glavnih komponenti kardiovaskularnog sustava . Ljudsko tijelo sadrži otprilike 5 litara krvi koja se sastoji od krvne plazme i stanica. Stanični dio krvi naziva se hematokrit i sastoji se od crvenih krvnih stanica, bijelih krvnih stanica i trombocita, što čini otprilike 45% ukupnog volumena krvi (Porcari i sur., 2015, str. 180-181). Kapacitet prijenosa kisika crvenih krvnih stanica uvelike ovisi o hemoglobinu, specijaliziranom proteinu koji veže kisik na površini crvenih krvnih stanica (Emamian i sur., 2017). Veći intenziteti treninga utječu na razvoj anaerobne energije, što rezultira povećanjem otkucaja srca i većom cirkulacijom krvi, kao i nakupljanjem laktata. Laktat

je metabolički proizvod anaerobnog rada. Tijekom glikolize, mišićni glikogen pretvara se u piruvat, koji ulazi u mitohondrije kako bi nastavio aerobnu respiraciju ili se pretvara u laktat, ovisno o intenzitetu vježbanja i dostupnosti kisika (Stallknecht, Vissing & Galbo, 1998). Kako se intenzitet vježbanja povećava, a dostupnost kisika smanjuje, proizvodnja energije dominantno postaje anaerobna, što je praćeno većom proizvodnjom laktata (Maciejewski i sur., 2020). Mjerenje razine laktata kod sportaša može nam pružiti korisne informacije o individualnom naporu i metaboličkom statusu.

## 2. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA

Hill i suradnici (2014) proučavali su utjecaj intenziteta vježbanja na hormonski odgovor lučenja kortizola. Proučavali su vježbanja na intenzitetu 40%, 60% i 80% maksimalnog primitka kisika kako bi pokušali odrediti intenzitet vježbanja potreban za značajan katabolički odgovor. Dvanaest umjereno treniranih muškaraca izvodilo je 30 minuta vježbanja na intenzitetima od 40%, 60% i 80% njihovog VO<sub>2</sub>max, kao i 30-minutni interval odmora bez vježbanja, u odvojenim danima. Kontrolirani su čimbenici poput doba dana — srčani ritmovi, prethodna prehrana — obrasci aktivnosti, psihološki stres i razine treniranosti. Kortizol i ACTH procijenjeni su u krvi prikupljenoj neposredno prije (prije) i nakon (poslije) svake eksperimentalne sesije. Statistička analiza uključivala je analizu varijance ponovljenih mjerenja i Tukey post-hoc testiranje. Postotna promjena kortizola od prije do poslije uzorkovanja na svakome treningu bila je: kontrola odmora, 40%, 60% i 80% sesije (srednja vrijednost ± SD) = -6,6±3,5%, +5,7±11,0%, +39,9±11,8% i +83,1±18,5%, redom. Magnituda promjene pri intenzitetima od 60% i 80% bila je značajno veća nego u ostalim treninzima, kao i međusobno. Odgovori ACTH bili su slični, ali samo je vježbanje pri 80% izazvalo značajno ( $p < 0,05$ ) povećanje prije i poslije vježbanja. Izračunate promjene u volumenu plazme za kontrolu odmora, 40%, 60% i 80% sesije bile su: +2,2±3,0%, -9,9±5,0%, -15,6±3,5% i -17,2±3,3%. Nalazi o kortizolu podržavaju stav da vježbanje umjerenog do visokog intenziteta izaziva povećanje razina cirkulirajućeg kortizola. Pretpostavljaju da su ova povećanja rezultat kombinacije hemokoncentracije i stimulacije HPA osi (ACTH). Nasuprot tome, vježbanje niskog intenziteta (40%) ne rezultira značajnim povećanjem razina kortizola, ali, nakon korekcija za smanjenje volumena plazme i pregleda cirkadijanih čimbenika, vježbanje niskog intenziteta zapravo je rezultiralo smanjenjem razina cirkulirajućeg kortizola.

MacDonald i Wetherell (2019) proučavali su hormonski odgovor vrhunskih veslača tijekom natjecateljskog perioda, pokušavajući utvrditi percipiraju li oni natjecanja kao dugo iščekivane izazove. Vrhunski veslači (N = 8) procijenjeni su tijekom dva trenažna i dva natjecateljska vikenda. Svaka procjena uključivala je mjerenje samoprijavljenog natjecateljskog (kognitivnog i somatskog) stresa i dnevnog kortizola u slini tijekom 2 dana, predstavljajući dan pripreme prije trenažnoga ili natjecateljskog vikenda. Natjecateljski stres mjerio se svako jutro, a uzorci sline uzimali su se odmah nakon buđenja, 30 minuta nakon buđenja (CAR) i prije spavanja. Samoprijavljene razine

kognitivnog i somatskog stresa bile su značajno veće tijekom natjecateljske faze u usporedbi s trenažnom. Osim toga, razine kognitivnog stresa bile su veće na dan natjecanja u usporedbi s danom pripreme. Vrijednosti kortizola nakon buđenja bile su značajno smanjene tijekom natjecateljske faze u usporedbi s trenažnom, međutim, nije bilo razlika između dana pripreme i dana događaja. Smanjene razine kortizola nakon buđenja za vrijeme natjecateljskih vikenda objašnjene su kao maladaptacija koja dovodi do neadekvatnog fiziološkog odgovora u trenucima kada je potrebna maksimalna funkcionalnost sportaša.

Koibuchi i Suzuki (2014) napravili su pregled velikog broja istraživanja engleske i japanske literature o enzimu  $\alpha$ -amilaze i njenoj važnosti tijekom fizičke aktivnosti. Pretraživanjem baza podataka PubMed i CiNii identificirana su 54 članka, od kojih je odabrano 15 originalnih članaka. Nalazi opisani u ovim publikacijama pokazali su da vježbanje dosljedno povećava srednje aktivnosti i koncentracije salivarne  $\alpha$ -amilaze, osobito pri intenzitetu  $>70\%$   $VO_2\max$  kod zdravih mladih osoba. Dakle, ove studije su potvrdile da se razine salivarne  $\alpha$ -amilaze značajno povećavaju kao odgovor na fizički stres. Stoga razine  $\alpha$ -amilaze iz sline mogu poslužiti kao učinkovit pokazatelj u neinvazivnoj procjeni fizičkog stresa.

Kivlighan i Granger (2006) ispitivali su individualne razlike u odgovoru salivarne  $\alpha$ -amilaze na natjecanje u odnosu na spol, prethodno iskustvo, ponašanje, stavove i performanse. Ispitanici su bili 42 člana sveučilišnog veslačkog tima (21 žena). Uzorci sline prikupljeni su prije, 20 i 40 minuta poslije natjecanja na ergometru, te u isto vrijeme u danima bez natjecanja radi usporedbe. Analizirani su salivarni biomarkeri simpatičkog živčanog sustava ( $\alpha$ -amilaza) i aktivnost hipotalamo-hipofizno-adrenalne osi (kortizol). Ponašajne procjene uključivale su samoprocjene dominacije, natjecateljskog duha, povezivanja s timom, strateškog razmišljanja vezanog za natjecanje i performanse. U prosjeku, salivarna  $\alpha$ -amilaza povećala se za 156% kao odgovor na natjecanje. Za usporedbu, kortizol se povećao za 87% u istom vremenskom razdoblju. Salivarna  $\alpha$ -amilaza bila je viša tijekom natjecanja kod iskusnijih sportaša nego kod početnika, te je bila pozitivno povezana s performansama i interesom za povezivanje s timom. Regresijska analiza pokazala je da reaktivnost  $\alpha$ -amilaze objašnjava individualne razlike u dominaciji i timskom povezivanju iznad i izvan onoga što je povezano s reaktivnošću kortizola, te da je zajednička inaktivacija reaktivnosti  $\alpha$ -amilaze i kortizola na natjecanje (niska-niska) bila povezana s visokom percipiranom dominacijom. Nalazi su pokazali da

individualne promjene u razinama  $\alpha$ -amilaze mogu biti pod utjecajem niza čimbenika koji uključuju kontekstualne, ponašajne i psihološke čimbenike i procese.

Messonier, Freund, Bourdin, Belli i Lacour (1997) istraživali su odnose između relativne izvedbe 12 veslača na ergometru i njihovih individualnih sposobnosti uklanjanja laktata i metaboličkih produkata. Proučavane su varijable uključivale maksimalni primitak kisika dobiven inkrementnim protokolom, test maksimalnoga napora duljine 2,5km, te 6-minutni test izveden na intenzitetu od 90%  $VO_2MAX$  nakon kojega su se proučavale individualne sposobnosti uklanjanja laktata. Rezultati su sugerirali da je bolja izvedba na veslačkom ergometru povezana s poboljšanim sposobnostima razmjene i uklanjanja laktata. Nadalje, sposobnost veslanja pri visokim relativnim intenzitetom pokazala je korelaciju s povećanom sposobnošću uklanjanja laktata.

Mikulić (2009) ispitivao je antropometrijske i metaboličke čimbenike tijekom 6000m veslanja na ergometru. Sudjelovalo je 25 međunarodno uspješnih muških veslača teške kategorije (srednja vrijednost  $\pm$  SD: dob  $22,2 \pm 4,8$  godina, veslačko iskustvo  $8,8 \pm 4,6$  godina, visina  $1,91 \pm 0,05$  m, tjelesna masa  $91,7 \pm 5,9$  kg, maksimalni unos kisika  $5,53 \pm 0,30$  L $\cdot$ min $^{-1}$ ). Veslači su odradili progresivni maksimalni test opterećenja na veslačkom ergometru i unutar dva tjedna od ovog testa, odraden je veslački test maksimalnog opterećenja na udaljenosti od 6000m na veslačkom ergometru. (srednja vrijednost  $\pm$  SD:  $1195,4 \pm 36,1$  sekundi). Rezultati su pokazali visoke korelacije postotka nemasne mase i snage na ventilacijskome pragu sa izvedbom na veslačkome testu. Dodatna regresijska analiza istaknula je kako je izvedba na veslačkome 6.000 m testu uglavnom određena snagom na drugome ventilacijskom pragu (58,7% objašnjene varijance).

Yektayar i suradnici (2014) istraživali su učinak ritmičkog aerobnog treninga na profil raspoloženja i salivarnu alfa-amilazu kod muških i ženskih studenata. Odabrano je 80 studenata koji se ne bave sportom (40 djevojaka, dob:  $21 \pm 2$ , težina:  $58 \pm 8$ , visina:  $163 \pm 5$  i 40 mladića, dob:  $21 \pm 2$ , težina:  $68 \pm 10$ , visina:  $176 \pm 5$ ) koji su fizički u izvrsnom zdravlju i nisu imali povijest bolesti ili uzimanja lijekova, osobito steroida. Na temelju rezultata prethodnog testiranja temperamenta, nasumično su podijeljeni u dvije grupe: kontrolnu (20 djevojaka i 20 mladića) i trenažnu skupinu (20 djevojaka i 20 mladića). Trening grupa je izvodila ritmičke aerobne vježbe 10 tjedana; svaki trening trajao je 60 minuta uključujući 10 minuta zagrijavanja s osnovnim aerobnim pokretima, 40 minuta kao glavni dio (koji je započeo s intenzitetom od 140 otkucaja u minuti i dosegao do 160



otkucaja u minuti tijekom završnih treninga), te 10 minuta niskointenzivnih pokreta i istezanja čime su treninzi završavali. Kontrolna grupa nije sudjelovala u nikakvim programima treninga tijekom studije. Rezultati su pokazali da su nakon 10 tjedana treninga raspoloženja i djevojaka i mladića značajno poboljšana (djevojke,  $p = 0,007$ ,  $F = 62,50$ ,  $df = 19, 1$ ; mladići,  $p = 0,008$ ,  $F = 62,50$ ,  $df = 19, 1$ ). Također, nakon 10 tjedana ritmičkog aerobnog vježbanja količina salivarne alfa-amilaze je smanjena (djevojke,  $p = 0,021$ ,  $F = 65,37$ ,  $df = 19, 1$ ; mladići,  $p = 0,019$ ,  $F = 61,89$ ,  $df = 19, 1$ ). Stoga su zbog specifičnosti ritmičkog aerobnog vježbanja preporučili njegovo uključivanje u zdravstveni program ljudi.

### **3. PROBLEM ISTRAŽIVANJA**

Većina postojećih istraživanja u veslanju fokusirala se na distancu od 2000m, koja odgovara natjecateljskoj udaljenosti. Međutim, test veslanja na 6000m izraziti je prediktor specifičnih aerobnih veslačkih kapaciteta i često se koristi u ranom dijelu sezone. Također, prema našim saznanjima, ne postoji mnogo studija koje simultano istražuju dinamiku kortizola i  $\alpha$ -amilaze tijekom veslačke utrke. Ovaj rad istražuje dinamiku obe varijable kao prikaz hormonskoga odgovora, uz varijablu nakupljenih laktata koji predstavljaju metabolički odgovor na opterećenje.

### **4. CILJ RADA**

Cilj je ovoga rada utvrditi dinamiku hormonskog i metaboličkog odgovora veslača tijekom 6km testa izvedenoga na ergometru u različitim vremenskim točkama (početne vrijednosti, vrijednosti nakon zagrijavanja, vrijednosti nakon utrke).

### **5. HIPOTEZA**

Sukladno ciljevima istraživanja, postavljena je sljedeća hipoteza:

H<sub>1</sub> - Postoje statistički značajne razlike u vrijednostima ispitanih varijabli u različitim vremenskim točkama na proučavanom uzorku ispitanika.

## 6. METODE ISTRAŽIVANJA

### 6.1. Uzorak ispitanika

U ovome istraživanju sudjelovalo je 11 muških veslača iz HVK Gusar Split (prosječna dob  $17,2 \pm 2,31$  godina). Svi sudionici redovni su natjecatelji na klupskoj i međunarodnoj razini, sa minimalno 12 sati treninga tjedno. Tjedni program treninga uglavnom je uključivao veslačke treninge na vodi ili ergometru, uz dodatni trening jakosti u teretani kako bi se postigle željene neuromuskularne adaptacije. Istraživanje je provedeno tijekom početnoga dijela sezone u sklopu fizičkog testiranja veslača, pri čemu je izveden test na 6 km na veslačkom ergometru. To je izazvalo visoku razinu motivacije među veslačima jer su bili svjesni činjenice kako postignuti rezultati mogu odlučivati o selekciji ekipa u nadolazećoj sezoni. Sudjelovanje u ovome istraživanju bilo je dobrovoljno. Svi veslači su bili informirani o ciljevima istraživanja i potpisali su obrazac pristanka prije početka. Istraživanje je odobrio etički odbor Sveučilišta u Splitu, Kineziološki fakultet (Odobrenje br: 2181205-02-05-23-002).

### 6.2. Opis protokola i korištene varijable

Osim antropometrijskih mjerenja (visina, tjelesna masa, tjelesni sastav), varijable u ovoj studiji uključivale su rezultate testa na 6 km u vidu prosječne brzine na 500 m, mjerenja srčane frekvencije te biomarkere u krvi (laktati) i slini (kortizol, alfa-amilaza). Svi ispitanici odradili su test koristeći Concept 2 veslačke ergometre s faktorom otpora postavljenim na 120. Smatra se kako su biomarkeri hormonskog statusa uzeti iz sline neinvazivni i da pružaju objektivnu, brzu i pouzdanu procjenu aktivnosti endokrinog sustava kod sportaša (Bruzda-Zwiech i sur., 2017; Serpell i sur., 2018). U ovome istraživanju, uzorci sline i krvi uzeti su prije testiranja, nakon postupka zagrijavanja i nakon testiranja. Svi sudionici su bili upoznati sa zahtjevima istraživanja i dobili su određene smjernice u vezi njihovog ponašanja prije istraživanja. Postupak zagrijavanja bio je standardiziran. Uključivao je 20 minuta aerobnog, kontinuiranog veslanja s maksimalnim dozvoljenim tempom od 20 zaveslaja u minuti, uključujući 3 ubrzanja (12., 14. i 16. minuta) koja su se sastojala samo od 10 zaveslaja. Veslači su se odmarali 48 sati

nakon prethodnoga treninga. Nakon noćnog posta i izbjegavanja konzumiranja glavnog obroka 60 minuta prije uzimanja uzorka, veslači su temeljito isprali usta vodom 10 minuta prije svakog uzorkovanja. U tom razdoblju sportašima nije bilo dopušteno konzumirati tekućinu kako bi se standardizirao postupak uzimanja uzoraka (Nater i sur., 2007). Nakon uzimanja uzoraka, ispitanicima je bilo dopušteno piti po volji. Koristili su se SalivaBio Oral Swabs (Salimetrics LLC, State College, PA, SAD), stavljajući ih ispod jezika na dno usne šupljine u trajanju od 2 minute. Nakon prikupljanja, štapići su stavljeni u spremnike i odmah su stavljeni na hlađenje. Unutar 2 sata nakon uzimanja uzoraka, uzorci su bili zamrznuti na temperaturi ispod  $-20^{\circ}\text{C}$  do centrifugiranja. Na dan analize, uzorci su potpuno odmrznuti i centrifugirani pri  $1500 \times g$  (3000 rpm) tijekom 15 minuta. Nakon centrifugiranja, provedeni su testovi. Kortizol u slini analiziran je komercijalno dostupnim enzimskim imunološkim testom (ELISA) nabavljenim od Salimetrics LLC (State College, PA, SAD) na čitaču mikrotitarskih ploča (Infinite 200PRO, Tecan, Mannendorf, Švicarska). Standardne krivulje su konstruirane prema uputama proizvođača i komercijalno dostupnim standardima, a za sve testove korišteni su uzorci za kontrolu kvalitete. Uzorci za alfa-amilazu analizirani su koristeći kinetički enzimski testni paket (Salimetrics LLC, State College, PA, SAD). Izmjerene koncentracije korigirane su za brzinu protoka sline kako bi se minimizirao utjecaj dehidracije (Nater i sur., 2007). Kapilarni uzorci krvi uzeti su iz jagodica prstiju u tri vremenske točke (osnovna vrijednost, nakon zagrijavanja i nakon utrke) i mjereni s laktatnim aparatom (Biosen C-Line; EKF Diagnostics GmbH, Barleben, Njemačka).



Slika 1. Uzimanje uzorka krvi iz jagodice prsta



Slika 2. Uzimanje uzorka sline iz usne šupljine

### 6.3. Metode obrade podataka

Normalitet podataka procijenjen je korištenjem Kolmogorov-Smirnov testa. Homoskedastičnost je evaluirana korištenjem Leveneova testa. Razlike među mjerenjima krvnih i salivarnih biomarkera utvrđene su analizom varijance za ponovljena mjerenja (ANOVA), nakon čega su provedeni Bonferroni post hoc testovi za individualne usporedbe. Sve statističke analize provedene su koristeći program Statistica v.14.0.1.25 (TIBCO Software Inc, SAD). Razina značajnosti postavljena je na  $p < 0,05$ .

## 7. REZULTATI

Rezultati deskriptivne statistike pokazali su središnje vrijednosti i standardne devijacije proučavanih varijabli koje su vidljive u priloženoj tablici. Korištenjem Kolmogorov-Smirnovljevog testa utvrđeno je kako su sve varijable normalno distribuirane. Tablica 1. Deskriptivna statistika analiziranih varijabli

Variable	Mean	SD	K-S (p)
BH (cm)	185.10	3.07	p > .20
BM (kg)	85.65	9.10	p > .20
BF%	17.47	3.92	p > .20
MM (kg)	39.33	2.24	p > .20
MM%	46.16	2.77	p > .20
6km (s)	1302.94	44.60	p > .20
LA 1 (mmol/L)	1.48	0.29	p > .20
LA 2 (mmol/L)	2.10	0.60	p > .20
LA 3 (mmol/L)	11.81	2.38	p > .20
AA 1 (U/ml)	271.89	206.29	p > .20
AA2 (U/ml)	233.54	136.42	p > .20
AA3 (U/ml)	581.99	395.28	p > .20
COR 1 (µg/ml)	0.68	0.25	p > .20
COR 2 (µg/ml)	0.51	0.24	p > .20
COR 3 (µg/ml)	0.94	0.41	p > .20
HR BAS (beats/min)	115	12.81	p > .20
HR AVE (beats/min)	186.42	9.05	p > .20
HR MAX (beats/min)	201.33	6.76	p > .20

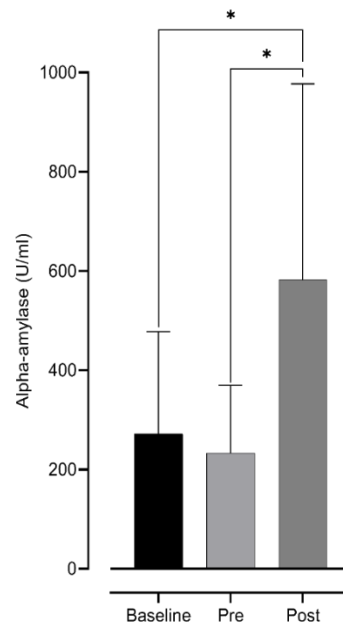
BH = tjelesna visina, BM – tjelesna masa, BF% = postotak tjelesne masti, MM = mišićna masa, MM% = postotak mišićne mase, 6km = rezultat testa na 6km, LA1 = početni uzorak laktata, LA2 = drugi uzorak laktata, LA3 = treći uzorak laktata, AA1 = početni uzorak alfa amilaze, AA2 = drugi uzorak alfa amilaze, AA3 = treći uzorak alfa amilaze, COR1 = početni uzorak kortizola, COR2 = drugi uzorak kortizola, COR3 = treći uzorak kortizola, HR BAS = početna srčana frekvencija, HR AVE = prosječna srčana frekvencija, HR MAX = maksimalna srčana frekvencija

Analiza varijance za ponovljena mjerenja pokazala je kako postoji statistički značajno povećanje razina alfa amilaze, kortizola i laktata nakon utrke u odnosu na vrijednosti

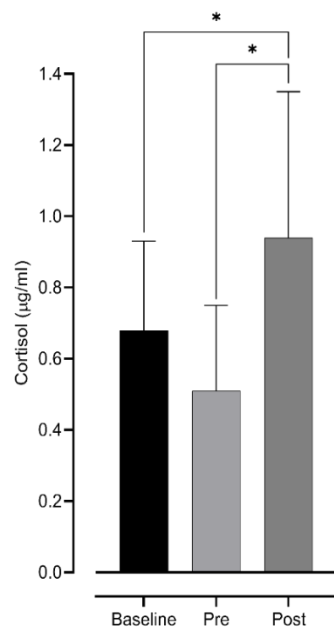
izmjerene nakon zagrijavanja. S druge strane, sve varijable doživjele su blago, ali statistički neznačajno smanjenje vrijednosti nakon zagrijavanja u odnosu na početne vrijednosti izmjerene pri dolasku u klub.

Tablica 2. ANOVA test za ponovljena mjerenja

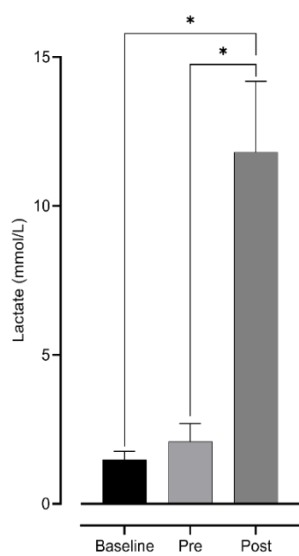
	F	p	( $\eta^2$ )
AA	10.92	0.001	0.55
<i>COR</i>	<i>12.58</i>	<i>0.001</i>	<i>0.58</i>
LA	195.25	0.001	0.96



Graf 1. Razlike u razinama alfa amilaze



Graf 2. Razlike u razinama kortizola



Graf 3. Razlike u razinama laktata



## 8. RASPRAVA

Rezultati studije su pokazali različite dinamičke odgovore mjerenih varijabli na postupak testiranja. Dinamički odgovori hormona kortizola i enzima alfa-amilaze bili su slični, obe varijable pokazale su smanjene vrijednosti nakon protokola zagrijavanja u odnosu na početno uzorkovanje. Veslačka utrka izazvala je značajno povećanje vrijednosti za obe varijable, u odnosu na vrijednosti izmjerene neposredno nakon pripremnog protokola. S druge strane, razine laktata u krvi su postupno rasle sa svakim uzorkovanjem kroz sve 3 vremenske točke. Razlikujući različite fiziološke pozadine korištenih varijabli, možemo reći da je specifična utrka na veslačkom ergometru od 6 km izazvala različite hormonalne i metaboličke odgovore.

### 8.1. Biomarkeri stresa

S obzirom da je standardizirani protokol zagrijavanja uključivao 20 minuta niskointenzivnog slobodnog veslanja, pad razina kortizola i alfa-amilaze nakon protokola zagrijavanja možemo pripisati učincima niskointenzivnog aerobnog podražaja. Hill i sur. (2014) pokazali su kako lučenje kortizola varira između intenziteta vježbanja, odnosno raste s visokim i umjerenim intenzitetom vježbanja (60% VO<sub>2</sub> max i više) i smanjuje s niskim intenzitetom vježbanja (40% VO<sub>2</sub> max). Nadalje, veslački zaveslaj zahtjeva ritmične cikličke pokrete kako bi se održavao određeni broj zaveslaja u minuti, a utvrđeno je da ritmičko aerobno vježbanje može uzrokovati smanjenje razina alfa-amilaze tijekom vremena (Yektayar i sur., 2014). Uzimajući u obzir činjenicu da više razine alfa-amilaze ukazuju na aktivaciju simpatičkog živčanog sustava i inhibiciju parasimpatičkog, možemo pretpostaviti kako je niskointenzivni kontinuirani postupak zagrijavanja rezultirao parasimpatičkom aktivnošću, smanjujući stres sportaša i razina alfa-amilaze (Rohleder, Nater, Wolf, Ehlert i Kirschbaum, 2004). Hormonalni odgovor nakon utrke u skladu je s ovim objašnjenjem jer su razine kortizola i alfa-amilaze bile pod utjecajem dugotrajnog visokointenzivnog veslanja, što je rezultiralo simpatičkom aktivacijom i porastom njihovih vrijednosti (Rohleder i sur., 2004). Prethodna istraživanja pokazala su da niskointenzivno vježbanje ne dovodi do povećanja razine kortizola kod umjereno treniranih muškaraca, dok umjereno do visokointenzivni naponi rezultiraju povećanim

lučenjem kortizola (Hill i sur., 2008). Koibuchi i Suzuki (2014) otkrili su da povećani metabolizam ugljikohidrata izazvan visokim energetske zahtjevima rezultira većom stopom oslobađanja alfa-amilaze. Veslanje na 6 km predstavlja visoki submaksimalni fizički napor, zbog čega su obje varijable doživjele značajan porast nakon utrke. Ovo otkriće u skladu je sa Kallen i sur. (2017), koji su također istaknuli više razine kortizola nakon utrke kod natjecateljskih veslača u usporedbi s početnim razinama. Njihovo istraživanje uključivalo je 16 natjecateljskih veslača lake (n=8) i teške kategorije (n=8) koji su se utrkiivali na 2000m u veslačkim čamcima. Iako je naša studija uključivala utрку na ergometru u zatvorenom prostoru na 6000m s naglašenijom aerobnom komponentom i trajanjem, rezultati obje studije sugeriraju da razine kortizola rastu nakon visokointenzivnog veslačkog podražaja. Slična dinamika kortizola zabilježena je i u drugim sportovima s različitim fizičkim zahtjevima, s porastom razina kortizola prije utakmice u odnosu na razine poslije utakmice u nogometu (porast od 85%), košarci (61%) i ragbiju (71%) (Arruda i sur., 2014; Slimani i sur., 2018; Souglis i sur., 2015).

## 8.2. Razine laktata u krvi

S druge strane, metabolički odgovor u vidu akumulacije laktata u krvi postupno je rastao tijekom postupka testiranja. Proizvodnja laktata rezultat je progresivnog anaerobnog rada koji je bio minimalan na početku, nešto viši tijekom postupka zagrijavanja i znatno viši tijekom utrke (Maciejewski i sur., 2020). Prvo povećanje razina laktata rezultat je postupka zagrijavanja, iako su prethodna istraživanja pokazala da izvođenje niskointenzivnog vježbanja nakon visokointenzivnih anaerobnih napora može ubrzati smanjenje razina laktata u krvi (Nordheimss & Vøllestad, 1990). Unatoč niskom intenzitetu, zagrijavanja je iniciralo veću aktivaciju mišića i blagi anaerobni energetske razvoj određenih mišićnih skupina, što je dovelo do blagog povećanja razina laktata. Budući da su se sportaši pridržavali specifičnih smjernica pripreme i stigli u klub dobro odmorni, početne razine laktata nisu bile dovoljno visoke da bi niskointenzivnog zagrijavanje iniciralo njihovo smanjenje. Također, protokol zagrijavanja uključivao je nekoliko kratkih visokointenzivnih intervala koji su se sastojali od najviše 10 zaveslaja, što može biti razlog blagog povećanja razina laktata. Skok razine laktata nakon utrke može se objasniti većim intenzitetom veslanja. Proizvodnja laktata rezultat je progresivnog anaerobnog energetske udjela, a utvrđeno je da anaerobni glikolitički

putevi imaju najvažniju ulogu pri početku i kraju utrke, dok u ostatku dominira aerobna glikoliza (Treff, Winkert i Steinacker, 2021). Tijekom utrke na veslačkom ergometru od 6 km, sportaši su održavali visoki intenzitet veslanja kroz cijelu utrku, praćen završnim sprintom kako bi postigli najbolje moguće vrijeme utrke. To je utjecalo na veću akumulaciju laktata, što objašnjava njihov značajan porast nakon utrke. Ovi su zaključci u skladu sa istraživanjem iz 2009. koju su proveli Mello, Bertuzzi, Grangeiro & Franchini, tvrdeći kako nema značajne razlike u maksimalnim razinama laktata između veslačkih utrka na vodi i veslačkom ergometru, s prosječnom akumulacijom laktata nakon utrke višom od 10 mmol L<sup>-1</sup> pri udaljenosti od 2000 m. Iako istraživanja uključuju različite duljine utrka, u oba slučaja zabilježena su značajna povećanja razina laktata poslije utrke uzrokovana anaerobnim energetske razvojem na početku i kraju utrke (Treff i sur., 2021).

### 8.3. Ograničenja i napomene za buduća istraživanja

Ograničenja ovog istraživanja proizlaze iz činjenice da nismo prikupili podatke o anaboličkom odgovoru sportaša u vidu mjerenja testosterona iz sline kao što smo to učinili s kortizolom i alfa-amilazom. Također, nismo uključili nikakve podatke o psihološkim odgovorima sportaša mjerenjem njihovog stanja anksioznosti ili samopouzdanja prije utrke kao mogući utjecaj na razine biomarkera. Također, nedostaju početne vrijednosti proučavanih biomarkera tijekom dana bez treninga, iako smo mjerili početne salivarne i krvne vrijednosti biomarkera neposredno prije početka istraživanja.

Visok natjecateljski status i iskustvo sportaša, istovremena procjena tri različita biomarkera i mjerenja provedena u tri vremenske točke (početna, nakon zagrijavanja, nakon utrke) glavne su prednosti ovoga istraživanja. Nadalje, istraživanje je integrirano u redovan postupak testiranja tijekom ranijeg dijela sezone, što je izazvalo visoku motivaciju sportaša jer su njihovi rezultati direktno utjecali na selekciju posada u nadolazećoj sezoni. Glavna prednost ovoga rada je proučavanje veslačke utrke na udaljenosti od 6km, za razliku od većinu istraživanja koja su se fokusirala na utrku od 2km. Također, postoji malo istraživanja koja uključuju istodobno mjerenje kortizola i alfa-amilaze iz sline. Ovo istraživanje ispitalo je spomenute biomarkere tijekom utrke od

6 km s naglašenom aerobnom komponentom, što nam je omogućilo donošenje zaključaka o hormonalnim i metaboličkim odgovorima na specifične zahtjeve ove veslačke utrke koja se uglavnom koristi tijekom ranijeg dijela sezone.

## 9. ZAKLJUČAK

Postupak testiranja sastojao se od specifičnog protokola zagrijavanja, nakon čega je slijedila utrka na veslačkom ergometru dužine 6 km, što je izazvalo različite hormonalne i metaboličke odgovore kod sportaša. Uzorci kortizola i alfa-amilaze iz sline, kao i mliječne kiseline iz krvi, prikupljeni su u 3 vremenske točke (početno stanje, nakon zagrijavanja i nakon utrke). Protokol zagrijavanja niskog intenziteta utjecao je na blagi pad razine kortizola i alfa-amilaze uz blage poraste razine laktata u krvi. Veslačka utrka na ergometru dužine 6 km izazvala je metaboličke i hormonalne reakcije kod sportaša te je rezultirala značajnim porastom svih varijabli nakon utrke. Praćenje metaboličkih i hormonalnih reakcija može se koristiti kako bi se odredili individualni naponi i stres koje sportaši podnose, optimiziralo opterećenje treninga i pravovremeno poduzelo odgovarajuće psihološke intervencije. To može pomoći trenerima u kontroli trenažnoga procesa izbjegavajući negativne učinke teških treninga. Nadalje, rezultati sugeriraju kako veslanje niskoga intenziteta može biti potencijalni alat za smanjenje akutnog stresa. U daljnjim istraživanjima, korisno bi bilo analizirati razine testosterona kako bi se procijenila anabolička komponenta hormonalnog odgovora, kao i uključiti određene psihološke varijable za bolje razumijevanje individualnog odgovora na stres.

## 10. LITERATURA

Porcari, J., Bryant, C., & Comana, F. (2015). *Exercise physiology*. Quincy McDonald.

Martin, S. A., & Tomescu, V. (2017). Energy systems efficiency influences the results of 2,000 m race simulation among elite rowers. *Clujul medical (1957)*, 90(1), 60–65. <https://doi.org/10.15386/cjmed-675>

Mikulić, P. (2008). Anthropometric and physiological profiles of rowers of varying ages and ranks. *Kinesiology*, 40(1.), 80-88.

de Campos Mello, F., de Moraes Bertuzzi, R. C., Grangeiro, P. M., & Franchini, E. (2009). Energy systems contributions in 2,000 m race simulation: a comparison among rowing ergometers and water. *European journal of applied physiology*, 107, 615-619.

Maciejewski, H., Bourdin, M., Féasson, L., Dubouchaud, H., & Messonnier, L. A. (2020). Non-oxidative energy supply correlates with lactate transport and removal in trained rowers. *International journal of sports medicine*, 41(13), 936-943.

DeNeen, W. P., & Jones, A. B. (2017). Cortisol and Alpha-amylase changes during an Ultra-Running Event. *International journal of exercise science*, 10(4), 531.

MacDonald, D., & Wetherell, M. A. (2019). Competition stress leads to a blunting of the cortisol awakening response in elite rowers. *Frontiers in psychology*, 10, 456875.

Purge, P., Jürimäe, J., & Jürimäe, T. (2006). Hormonal and psychological adaptation in elite male rowers during prolonged training. *Journal of sports sciences*, 24(10), 1075-1082.

Steinacker, J. M. (1993). Physiological aspects of training in rowing. *International journal of sports medicine*, 14, S3-S3.

Stallknecht, B., Vissing, J., & Galbo, H. (1998). Lactate production and clearance in exercise. Effects of training. A mini-review. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 8(3), 127-131.

Emamian, M., Hasanian, S. M., Tayefi, M., Bijari, M., Movahedian far, F., Shafiee, M., ... & Ghayour-Mobarhan, M. (2017). Association of hematocrit with blood pressure and hypertension. *Journal of Clinical Laboratory Analysis*, 31(6), e22124.

Held, S., Rappelt, L., Brockherde, J., & Donath, L. (2024). Reliability of the Maximal Lactate Accumulation Rate in Rowers. *International Journal of Sports Medicine*, 45(03), 238-244.

Hill, E. E., Zack, E., Battaglini, C., Viru, M., Viru, A., & Hackney, A. C. (2008). Exercise and circulating cortisol levels: the intensity threshold effect. *Journal of endocrinological investigation*, 31, 587-591.

Yektayar, M., Saham, M., Ahmadi, S., Khodamoradpoor, M., Appl, A., & Res, S. (2012). Effect of Rhythmic Aerobic Training on Mood Status Profile and Salivary Alpha Amylase in Non-athlete Students. *Archives of Applied Science Research*, 4(5), 2184-2190.

Rohleder, N., Nater, U. M., Wolf, J. M., Ehlert, U., & Kirschbaum, C. (2004). Psychosocial stress-induced activation of salivary alpha-amylase: an indicator of sympathetic activity?. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1032(1), 258-263.

- Hermansen, L. (1971). Lactate production during exercise. In *Muscle Metabolism During Exercise: Proceedings of a Karolinska Institutet Symposium held in Stockholm, Sweden, September 6–9, 1970 Honorary guest: E Hohwü Christensen* (pp. 401-407). Boston, MA: Springer US.
- Nordheim, K., & Vøllestad, N. K. (1990). Glycogen and lactate metabolism during low-intensity exercise in man. *Acta Physiologica Scandinavica*, *139*(3), 475-484.
- Hill, E. E., Zack, E., Battaglini, C., Viru, M., Viru, A., & Hackney, A. C. (2008). Exercise and circulating cortisol levels: the intensity threshold effect. *Journal of endocrinological investigation*, *31*, 587-591.
- Treff, G., Winkert, K., & Steinacker, J. M. (2021). Olympic rowing–maximum capacity over 2000 meters. *Dtsch. Z. Sportmed*, *72*, 203-211.
- de Campos Mello, F., de Moraes Bertuzzi, R. C., Grangeiro, P. M., & Franchini, E. (2009). Energy systems contributions in 2,000 m race simulation: a comparison among rowing ergometers and water. *European journal of applied physiology*, *107*, 615-619.
- Purge, P., Jürimäe, J., & Jürimäe, T. (2006). Hormonal and psychological adaptation in elite male rowers during prolonged training. *Journal of sports sciences*, *24*(10), 1075-1082.
- Kallen, V. L., Stubbe, J. H., Zwolle, H. J., & Valk, P. (2017). Capturing effort and recovery: reactive and recuperative cortisol responses to competition in well-trained rowers. *BMJ open sport & exercise medicine*, *3*(1), e000235.



Mikulic, P. (2009). Anthropometric and metabolic determinants of 6,000-m rowing ergometer performance in internationally competitive rowers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(6), 1851-1857.

Kivlighan, K. T., & Granger, D. A. (2006). Salivary  $\alpha$ -amylase response to competition: Relation to gender, previous experience, and attitudes. *Psychoneuroendocrinology*, 31(6), 703-714.

Matijević, D. (2020.). Predikcija veslačke uspješnosti temeljem testa vršnog izlaza snage na veslačkom ergometru (diplomski rad). Kineziološki fakultet, Zagreb.