

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA ŠPORT
Kineziologija

VPLIV RAZLIČNIH FREKVENC OBRAČANJA MED JADRANJEM PROTI VETRU NA
NEKATERE FIZIOLOŠKE PARAMETRE IN POČUTJE JADRALCA

DIPLOMSKO DELO

MENTOR:

Prof. dr. Anton Ušaj

RECENZENT:

Doc. dr. Jernej Kapus

PODLOGAR

Avtor dela:

TIM

Ljubljana, 2015

Ključne besede: Jadranje, obračanje, utrujenost, napor, visenje

VPLIV RAZLIČNIH FREKVENC OBRAČANJA MED JADRANJEM PROTI VETRU NA NEKATERE FIZIOLOŠKE PARAMETRE IN POČUTJE JADRALCA

Tim Podlogar

IZVLEČEK

Cilji: Ker ni mogoče jadrati direktno proti vetru zaradi fizikalnih zakonitosti, mora jadralec med regato, če želi priti do zahtevane oznake, večkrat spremeniti smer (obrniti). V srednjem in močnem vetru je jadranje proti vetru zaradi kvaziizometričnega krčenja mišic zelo naporno. Jadralec navadno obrača skladno s svojimi taktičnimi in strateškimi odločitvami in se le malokrat ozira na občutek utrujenosti. Kako obrati vplivajo na jadralčev občutek utrujenosti, torej ali ga zmanjšujejo ali povečujejo, do sedaj ni bilo raziskano. V tem diplomskem delu smo skušali poiskati frekvenco obračanja, ki bi bila z vidika zmanjševanja utrujenosti najprimernejša in na podlagi katere bi jadralci lažje ohranjali nižji nivo utrujenosti.

Metode: Raziskave so potekale na dveh lokacijah. Na Malti je bil opravljen prvi del raziskave, kjer so bili pri štirih različnih protokolih obremenjevanja (obrati vsakih 30, 60, 150 in 300 sekund) na treh tekmovalcih merjeni vsebnost laktata v krvi (LA), frekvenca srca (FS) ter počutje merjencev s pomočjo Borgove skale. Zaradi nestabilnih vremenskih pogojev na Malti je bil nekaj tednov kasneje izveden še drugi del raziskave v Ljubljani, kjer so bila na simulatorju izvedena tovrstna testiranja, da se pridobi podatke v bolj nadzorovanih pogojih.

Rezultati: Dobljeni rezultati nakazujejo neskladnost med naporom, ki je vrednoten s FS, LA in občutki napora med različnimi frekvencami obračanja. Z zniževanjem frekvence obračanja (podaljševanjem intervala visenja) se znižuje opravljeno delo jadralca in FS, medtem ko se občutek napora povečuje. Vzrok za ta pojav je podaljševanje intervala dokaj izoliranih izometričnih krčenj in sovpadajočega intervala jakosti neprijetnih občutkov med tem krčenjem.

Sklep: Ker so tovrstni občutki očitno prevladujoč vir utrujenosti, lahko zaključimo, da je frekvenca obračanja 2/min (interval visenja 1/2 min) tista, pri kateri je občutek utrujenosti najmanjši, ne glede na frekvenco srca. Le-ta je sicer najvišja pri 140 utripih/min, vendar zopet ni tako visoka, da bi jo lahko povezovali z utrujenostjo. Ali je ta frekvenca obračanja tudi primerna za ohranjanje najvišje povprečne hitrosti jadrnice med regato, moramo še ugotoviti.

Keywords: sailing, tacking, fatigue, exertion, hiking

EFFECT OF DIFFERENT TACKING FREQUENCIES DURING UPWIND SAILING ON SOME PHYSIOLOGICAL PARAMETERS AND EXPERIENCE OF FATIGUE

Tim Podlogar

ABSTRACT

Goals: During upwind sailing in a race, sailor has to change direction (tack) from time to time in order to get to the required mark, as it is impossible to sail directly into the wind due to the laws of physics. In the moderate and strong winds, sailing is very demanding due to quasi-isometric contraction. Sailors usually tack according to their tactical and strategic decisions and are rarely tacking due to the experience of fatigue. How tacking influence the experience of fatigue, whether tacks prevent it or increase it, hasn't been researched before. In this work we have tried to find a tacking frequency that would be, from the anti-fatigue perspective the most appropriate and sailors would therefore more easily remain in a rested state.

Methods: Research has been conducted on two locations. The first part has been done in Malta, where 4 different exercise protocols (tacking every 30, 60, 150 and 300 s) have been performed on three elite sailors measuring blood lactate concentration (LA), heart rate (HR) and the experience of fatigue using Borg scale. Due to varying weather conditions in Malta, the second part of the research has been made in Ljubljana, where the same testing protocol was used on the sailing simulator in order to get data in controlled environment.

Results: Gathered results show inconsistency between the exertion measured with HR, LA and experience of fatigue during different tacking frequencies. Lower the tacking frequency (prolonging the hiking interval), the smaller the done work of the sailor and the HR, and the higher the experience of fatigue. The reason for this is the extension of interval of isolated quasi isometric contractions and coincided interval of unpleasant feelings during the contraction.

Conclusion: As these feelings are obviously predominant source of fatigue, we can conclude that the tacking frequency 2 tacks/min (interval of hiking 1/2 min) is the one where the experience of fatigue is the lowest, regardless of HR, which is the highest (140 beats/min), yet not that high that we could link it to the fatigue. Question whether this tacking frequency is also appropriate for maintaining a good average speed of the boat during the race remains and is to be researched in the future.

Zahvala

To diplomsko delo ne bi nastalo brez pomoči profesorja dr. Neila Spurwaya, ki me je vpeljal v jadralno znanost ter mi pomagal rešiti marsikatero vprašanje, ki sem ga imel med nastajanjem tega dela.

Profesorju dr. Antonu Ušaju se bi rad zahvalil za vso znanje, ki mi ga je predal med konzultacijami ter za vse nasvete in pripombe med nastajanjem zaključnega izdelka med prvostopenjskim študijem kineziologije.

Kazalo

Kazalo.....	5
1 Uvod.....	1
1.1 Jadranje	1
1.2 Jadrnica laser	1
1.3 Visenje.....	2
1.4 Obrati	3
1.5 Regate	3
1.6 Značilnosti jadrnja.....	3
1.6.1 Dosedanje raziskave	4
1.6.2 Razlaga obratov	6
1.7 Cilji in hipoteze.....	7
2 Metode dela	8
2.1 Raziskava na Malti	8
2.2 Raziskava v Ljubljani.....	8
3 Rezultati in razprava.....	10
4 Sklep	16
5 Viri	17
6 Priloge	19
6.1 Priloga 1 – Primer izjave testirancev	19
6.2 Priloga 2 – Uporabljena Borgova skala	20
6.3 Priloga 2 – Tabele rezultatov iz raziskave na Malti	21

1 Uvod

1.1 Jadranje

Ljudje se po vodi že stoletja poganjajo na veter, ki ga ujamejo v platna oziroma v jadra. Jadranje je že desetletja tekmovalni šport, nenazadnje je najstarejše neprekinjeno tekmovalno prav regata »America's cup«, za katerega se ekipe borijo že od davnega leta 1851. V programu olimpijskih iger pa je že vse od začetka modernih iger.

Tekmovalno jadranje se je skozi zgodovino močno spreminjalo. Še pred nekaj desetletji je bilo jadranje šport, v katerem so tekmovali kondicijsko nepripravljeni jadralci. Durnin in Passmore (1967) celo navajata, da je bilo jadranje zelo nenaporna aktivnost. Ishiko (1967) je ugotovil, da so japonski olimpijski kandidati v jadranju najslabše fizično pripravljene, celo slabše od strelcev. Danes je olimpijsko jadranje popolnoma drugačno. Jadranje iz leta v leto zaradi nenehnih tehnoloških izboljšav ter rednih sprememb tekmovalnih pravil, ki so posledica vedno večje želje po večji atraktivnosti, postaja zahtevnejša športna panoga.

Jadranje je zaradi specifičnosti relativno slabo raziskano. Raziskovalci so največ pozornosti namenili olimpijskemu enosedu laser, kjer jadralec med jadranjem proti vetru zaseda zelo specifičen položaj. V angleškem jeziku je le-ta poznan pod izrazom "hiking", v slovenskem pa pod izrazom visenje (Slika 1).

1.2 Jadrnica laser

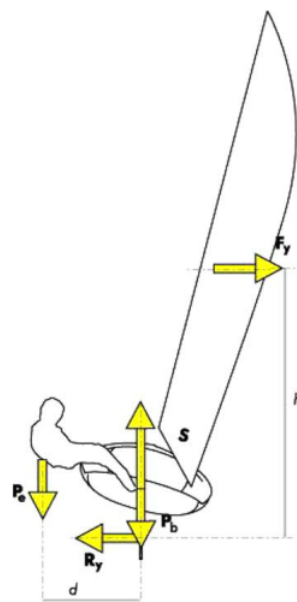
Laser je 4,23 m dolg enosed, ki sta ga leta 1969 skonstruirala Bruce Kirby in Ian Bruce z namenom izdelave jadrnice, ki se lahko prevaža na strehi vozila in je enostavna za upravljanje. Mednarodni olimpijski komite je ta jadrni razred prvič uvrstil na seznam moških olimpijskih jadrnih razredov za olimpijske igre leta 1996, ki so potekale v Atlanti. Leta 2008 je jadrni razred laser radial, ki ima le nekoliko manjše jadro od prvotnega laserja, postal tudi olimpijski jadrni razred za ženske. Do danes je bilo izdelanih več kot 200.000 jadrnic in razred velja za enega najpopularnejših jadrnih razredov na svetu. ("Laser (Dinghy)", 2014).



Slika 1. Jadrnica laser ("Hiking pants", 2015)

1.3 Visenje

Jadrnica ima na sredini po dolžini raztegnjen pas, pod katerega se lahko jadralec z zgornjim delom stopala zatakne ter s telesom "visi" čez rob jadrnice. Bolj kot je jadralec iztegnjen, večji je navor ter posledično napor (Slika 2 in Slika 3). Visenje omogočajo iztegovalke kolena (štiriglava stegenska mišica), upogibalke kolka ter trupa. Znanstveniki so največ pozornosti namenili štiriglavi stegenski mišici, ker je ta najbolj obremenjena. Visenje je v osnovi izometrično krčenje, zato so znanstveniki po besedah Spurwaya (2007) v osemdesetih ter sedemdesetih letih prejšnjega stoletja menili, da je visenje izključno izometrično krčenje.



A kasneje se je to izkazalo za neresnično. Eden prvih, ki je podrobneje preučil gibanje jadrancev, je bil Blackburn (1994), ki je ugotovil, da je jadranje vse prej kot le izometrično krčenje. Raziskave kažejo, da je izometrično krčenje izredno utrudljivo (Place, Bruton in Westerblad, 2009). Če krčenje preseže 20 % maksimalnega, se bo utrujenost zaradi ishemije zelo hitro razvila (Sjogaard, 1988). Vogiatzis (1995) je s pomočjo iEMG-analize ugotovil, da so iztegovalke kolena med jadranjem aktivirane v povprečju okoli 30-odstotno, medtem ko so upogibalke kolka in gležnja aktivirane približno 15-odstotno. Iz obremenjenosti stegenskih mišic in podatkov Sjogaardove (1988) bi pričakovali, da bi utrujenost nastopila zelo kmalu, po le nekaj minutah. A. Milton in E. Robertson (neobjavljeno, v Spurway, 2007) sta izvedla vzdržljivostno testiranje iztegovalk kolena v pogojih jadranja (kot v kolenskem sklepu, podobne stične točke merjenja in podlage kot na jadrnici) na norveških jadrnicah. Pri 30 % MVC (maksimalnem hotenem krčenju) so v povprečju zdržali nekoliko manj kot tri minute. Glede na to, da posamezna stranica proti vetru traja veliko dlje, navadno okoli 20 minut, lahko vidimo, da je z dosedanjimi raziskavami o izometričnih kontrakcijah nekaj narobe (kar je malo verjetno) ali pa jadranje ne zahteva popolnega izometričnega krčenja. Ker jakost vetra ni vedno konstantna, se mora jadralec poleg premikanja naprej in nazaj v smeri gibanja jadrnice (v čelni ravnini) premikati tudi pravokotno na smer plovbe. Tako v bočni ravnini z visenjem uravnava navor, ki ga ustvarja, glede na smer plovbe, pravokotna komponenta sile vetra (F_y , Slika 2). V prednji roki jadralec drži napenjalno vrv glavnega jadra (škoto), katere dolžino prilagaja želeni smeri jadriranja ter jakosti vetra; v zadnji roki pa drži podaljšek krmila, s katerim krmari jadrnico. Vse te aktivnosti so v precejšnji meri dinamične, zato jadralec ni ves čas pri miru, torej mišice niso ves čas krčene izometrično, kar naredi jadranje dinamično. Zato se mora gibanje raziskovati iz tega zornega kota. Spurway (1999) je tako sprva krčenje poimenoval psevdioizometrično. Dr. Stephen Legg je zanj skoval izraz kvaziizometrično, ki je za delo stegenskih in trebušnih mišic med jadranjem še danes v uporabi.

Slika 2. Prikaz zunanjih sil, ki delujejo na športno jadrnico med jadranjem proti vetru (Castagna in Brisswalter, 2006)

1.4 Obrati

Ker jadralec ne more jadrati direktno proti vetru, mora večkrat spremeniti smer. Edini način, kako razmeroma hitro napredovati v smeri, od koder piha, je vijuganje (cikcakanje) (Herreshoff, 2002). Temu v angleškem jeziku pravijo "tacking", v slovenščini pa obračanje oziroma prečenje v veter. Jadrnica lahko jadra le 45° stran od vetra v vsako stran (Slika 4), zato mora krmar jadrnico obrniti na drugo stran. Temu se reče tudi sprememba uzd.

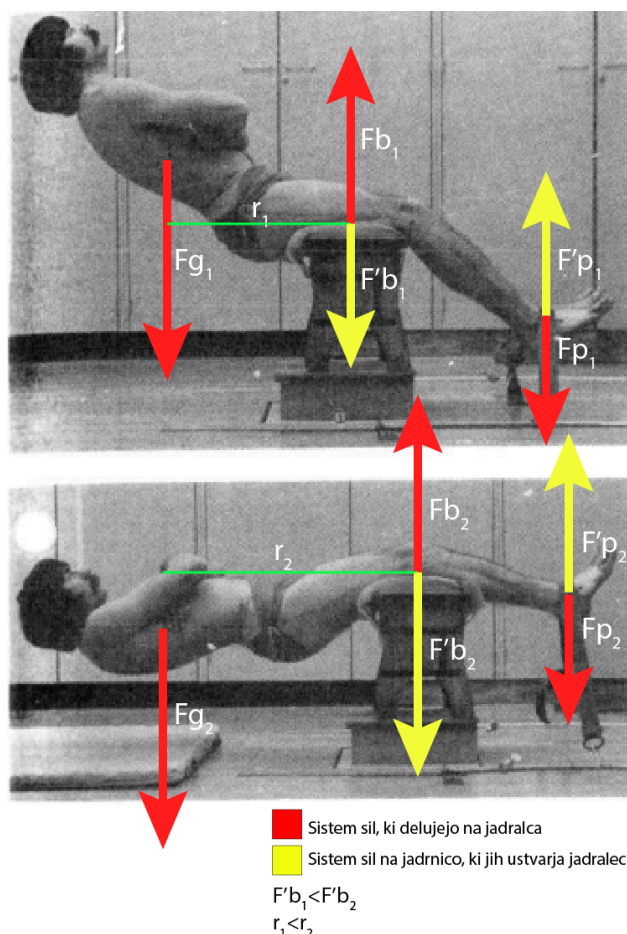
1.5 Regate

Jadrarno tekmovanje (regata) ima več tekmovalnih dni. Regate na najvišji ravni regate trajajo od 5 do 7 dni. V vsakem dnevu jadranci navadno izpeljejo 2–3 plove v danih vremenskih pogojih. Posamezen plov v olimpijskem razredu laser je navadno sestavljen iz treh stranic proti vetru, od česar sta dve daljši, ena pa je krajša. Na prvokategornih regatah in svetovnih prvenstvih navadno prvi dve skupaj trajata od 30 do 40 minut, tretja pa le okoli 5 minut.

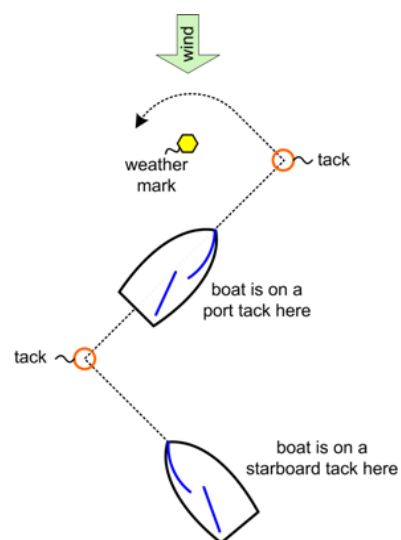
Med stranicami proti vetru se razporedijo ostale stranice, jadranje z vetrom ter bočno z vetrom. Prikaza dveh različnih regatnega polja sta vidna na sliki 5.

1.6 Značilnosti jadrnanja

Fiziološke zahteve med jadrnanjem so odvisne predvsem od jakosti vetra, velikosti ter tipa valov. Jadrnanje v šibkem vetru v skladu s tekmovalnimi pravili ne povzroča velikega fizičnega stresa na telo, kar sem ugotovil v svoji jadrlni karieri in na podlagi pogovorov z jadranci. Najbrž zato jadrnanje v šibkem vetru iz fizioloških zahtev ni bilo nikdar raziskano. Prav tako obstaja sicer nenapisano pravilo, ki pravi, da se v vetru, ki ne presega petih vozlov, plovi ne izpeljejo, saj niso regularni. Primerno težki jadranci začno popolnoma viseti šele pri vsaj 12 vozlih vetra, zato so se raziskave, ki so bile opravljene, osredotočile na takšne pogoje.



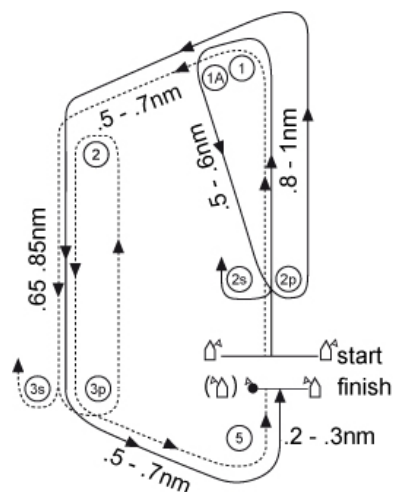
Slika 3. Shematski prikaz delovanja sil med visenjem v dveh različnih visenja. Rdeče silnice predstavljajo sistem sil, ki deluje na jadralca, rumene pa sistem sil na jadrnico, ki jih ustvarja jadralec z mišičnim delom. Prirejeno po Putnam (1979)



Slika 4. Teorija obratov proti vetru. ("Sailing Basics", 2015)

1.6.1 Dosedanje raziskave

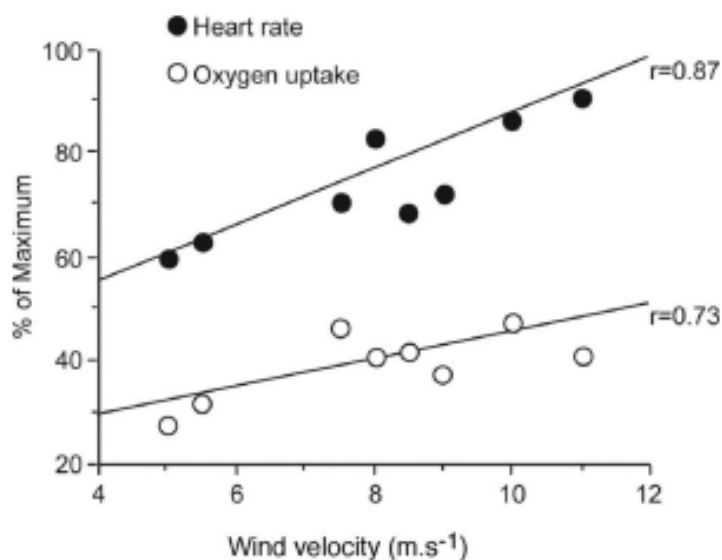
Prvi parameter, ki so ga uspeli na morju izmeriti, je bil frekvenca srca, ki je z vrednostmi v območju med 155 in 165 in z vrhom do 185 utripov na minuto (Vogiatzis, Spurway, Wilson in Boreham, 1995) primerljiva z vrednostmi, ki jih dosežejo maratonce. To kaže na to, da jadralčevo gibanje povzroča velik fiziološki stres na telo. Ključno pri merjenju napora je privzem kisika, kar je na morju prvi uspel izmeriti Vogiatzis (1995), ki je med jadranjem meril različne fiziološke parametre. Po deset-minutnem jadrnanju proti vetru, ki je pihal z jakostjo v razponu med 16 in 22 vozli, torej močnemu vetru, so bile povprečne izmerjene vrednosti naslednje: frekvenca srca – 155 utripov/minuto in poraba kisika 1,63 l/min oziroma 22 ml/kg min, če vrednost standardiziramo glede na telesno maso.



Slika 5. Diagram regatnega polja (osebni arhiv)

Slika 6 prikazuje spreminjanje frekvenca srca in privzem kisika med jadranjem proti vetru pri različnih jakostih vetra. Frekvenca srca in privzem kisika se s povečevanjem hitrosti vetra ne povečujeta sorazmerno, kar lahko sicer opazimo pri dinamični mišični aktivnosti, kot je na primer kolesarjenje. Med jadranjem frekvenca srca narašča veliko hitreje kot privzem kisika. Na koncu je v primerjavi s kolesarjenjem poraba kisika med jadranjem dvakrat manjša, kot bi jo imel kolesar pri enaki frekvenci srca (Spurway, 2007). Zanimiv je tudi odziv krvnega tlaka, ki se med jadranjem močno poveča, kar je v svoji študiji, kjer je simuliral jadrnanje v laboratoriju, ugotovil Blackburn (1994). Sistolični krvni tlak se je močno povešal in variiral med 150 in 172 mmHg, medtem ko se je diastolični krvni tlak zvišal na vrednosti od 92 do 100 mmHg.

Preglednica 1 pokaže vrednosti srčnega utripa ter privzema kisika v treh opravljenih raziskavah. Blackburnovi podatki (1994), pridobljeni v laboratoriju, kažejo na to, da so vrednosti v laboratoriju nekoliko nižje kot med resničnim jadrnanjem, kar je najbrž posledica nekoliko drugačnega gibanja jadralcev. Celotna slika je vseeno precej jasna,



frekvenca srca je močno povečana, medtem ko je privzem kisika le nekoliko višji.

Slika 6. Vpliv hitrosti vetra na srčni utrip in privzem kisika med škotskimi jadralci v razredu laser med trening regatami. (Vogiatzis, Spurway, Wilson in Boreham, 1995)

Preglednica 1

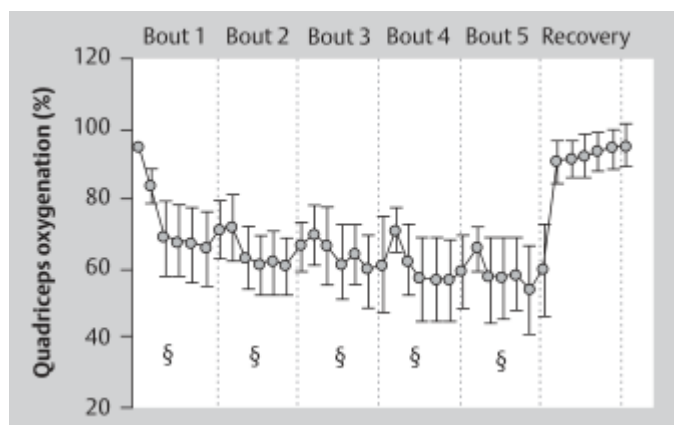
Povprečje srčnega utripa in relativni privzem kisika ($VO_2/kg \text{ min}$) med jadranjem proti vetru, izražene kot odstotek najvišje izmerjene vrednosti na jadralnem ergometru ali v naravnem okolju na morju za nacionalne in/ali mednarodne jadralce (Spurway, 2007)

Avtor raziskave	% najvišjega srčnega utripa	% največje porabe kisika
Blackburn (ergometer)	62	25
De Vito (morje)	78	44
Vogiatzis (morje)	79	42

Fiziološki znaki so po mnenju Spurwaya (2007) jasni – frekvenca srca je višja, kot bi bila potrebna za dobavo privzetega kisika, krvni tlak (predvsem diastolični) in ventilacija sta močno povečana. Vsi ti podatki po njegovem kažejo, da je dominantno izometrično krčenje, o čemer lahko sklepamo iz povišanega srčnega utripa, ki je ob povečanih znotrajmišičnih tlakih potreben za nemoteno dobavo kisika mišičnim celicam ter posledično povišanega krvnega tlaka. Višja ventilacija od pričakovane je najbrž posledica nakopičenih metabolitov v mišicah.

Dosedanje raziskave izometričnega krčenja v stegenskih mišicah (Vogiatzis, Tzineris, Athanasopoulos, Georgiadou in Geladas, 2008) jasno kažejo, da se med izometričnim krčenjem, ki je intenzivnejše od 15 do 20 % največjega krčenja, pretok krvi v mišicah nekajkrat poveča, kar pa še vedno ni dovolj za zadostitev vseh metaboličnih zahtev. To posledično vodi v zmanjšano saturacijo kisika v krvi (Vogiatzis et al., 2008). Zanimivo je, da vrednosti vsebnosti laktata v krvi v raziskavah niso bile višje od 3 mmol/l (Blackburn, 1994; Vogiatzis, Spurway Jennett, Wilson in Sinclair 1996), kar se nekako ne ujema z zgornjimi ugotovitvami o velikosti anaerobnega deleža. Eno izmed razlag o nizki vsebnosti laktata v krvi ponudijo Vogiatzis in drugi (2008), ki predpostavljajo, da gibi trupa kot posledica prilagajanja jadralca na jadralske pogoje, povzročijo delno mišično relaksacijo. Prav tako bi po njihovem mnenju podobno vlogo lahko odigrali tudi obrati, ki pa do sedaj še niso bili raziskani.

Vogiatzis in drugi (2008) so v svoji študiji kot prvi laboratorijsko preučili oksigenacijo stegenskih mišic s pomočjo bližnjega infrardečega spektrometra. Ugotovili so, da je oksigenacija tkiv značilno zmanjšana, posamezni pet-sekundni odmori, ki so predstavljali obrate (prikazano na sliki 7), pa niso povzročili značilne spremembe v oksigenaciji. Zaključili so z ugotovitvijo, da je sicer značilno znižanje relativne saturacije krvi s kisikom v tkivih štiriglave stegenske mišice, ki ni nikoli večje od 50 % glede na vrednosti v mirovanju, premajhno, da bi prišlo do kisikovega dolga in posledično povečevanja aktivnosti



Slika 7. Oksigenacija mišice kvadriceps. Prikazane so srednje vrednosti v 5 180s intervalih simuliranega visenja in 5 sekundah odmora (Vogiatzis in drugi, 2008)

laktatnih procesov in kopičenja laktata v krvi.

Raziskovalci so do sedaj opravili veliko raziskav na področju visenja in dognali večino karakteristik tega posebnega gibanja s pomočjo več možnih tehnologij in tehnik. Nihče pa se še ni lotil raziskovanja obratov kot gibanja. V laboratoriju je zaradi specifičnosti gibanja obrat zelo težko analizirati, na morju pa je to še zahtevnejše. To je nabrž razlog, da se še nihče ni posvetil obratom. Dosedanje raziskave v laboratoriju so bodisi obrate simulirale bodisi so jih razumeli kot nekajsekundni interval počitka. Razlikovali so se tudi intervali med posameznimi obrati, kar otežuje analizo obratov iz dosedanjih raziskav.

1.6.2 Razlaga obratov

Obrati so v primerjavi z visenjem aktivno gibanje jadrca z enega roba jadrnice na drugega (Slika 8). Po pogovoru z jadranci in iz lastnih nekajletnih izkušenj jadrnanja obrat po močnem vetru (več kot 12 vozlov) traja okoli 3 sekunde, kar kaže na zelo dinamično naravo gibanja. Jadranci jih v posamezni stranici proti vetru naredijo v povprečju od 4 do 6, kar v 20-minutnem jadrnanju proti vetru pomeni obrat vsakih 3,5–5 minut. Jadranci obračajo skladno s spremembami v smeri vetra ter z njihovimi strateškimi in s taktičnimi odločitvami in se ne ozirajo na utrujenost oziroma na to, kaj bi bilo zanje boljše in kaj ne iz fiziološkega stališča.

Namen tega diplomskega dela je predstaviti nekaj izhodišč o fiziologiji obratov, in sicer kaj le-ti pomenijo jadralcu. Na podlagi podatkov, dobljenih na morju in v laboratoriju, bomo poskušali ugotoviti, kaj fiziološko obrati povzročijo, ter predlagali nadaljne raziskovalne metode, če bodo le-te potrebne. Za raziskovanje obračanja smo se odločili, saj bi znanje o obratih lahko dopolnilo sliko o fiziologiji jadrnanja. Pridobljeni podatki bi lahko pomagali jadralcem pri iskanju strategije, ki bi njihovo jadrnanje naredila najučinkovitejše.



Slika 8. Kinogram obrata v šibkem vetru (Bourdow, 2006)

Po pogovoru z vrhunskimi jadranci smo ugotovili, da imajo različno mnenje o tem ali obrati prispevajo k utrujenosti ali jo zmanjšujejo. Kot je že bilo napisano, je visenje kvazi-izometrično krčenje, ki hitro povzroča utrujenost. Če bi bili obrati čas sprostitve mišic, bi s tem izboljšali prekrvavitev in utrujenost bi lahko bila manjša, kar bi lahko nakazovalo na to, da bi jadranci morali obrate delati pogosteje, a ne vsakih 3,5–5 minut. Prvi pomislek pri tem je bil ta, da se jadrnica med obrati popolnoma ustavi, kar pomeni slabši tekmovalni dosežek. Naslednji pomislek, ki je prav tako na mestu, temelji na podlagi izkušenj iz trenajnega procesa, ko jadranci zaporedoma delajo obrate bodisi enega za drugim, bodisi z nekajsekundnim razmakom (10–30s). S tem želijo izboljšati tehniko

obračanja med naporom in povečati aerobne sposobnosti, saj se jadranci med zaporednimi obrati močno utrudijo.

Nekateri jadranci obrate delajo celo v čistem brezvetrju kot sredstvo za razvoj aerobnih sposobnosti. Obrati se sicer v prvi polovici nekoliko razlikujejo od tistih v močnem vetru, a celotno gibanje ostaja podobno. Po podatkih, ki jih je zame pridobil vrhunski madžarski jadralec (neobjavljeno) v zelo šibkem vetru (manj kot 4 vozli vetra) med svojim treningom, se lahko srčna frekvenca 25-letnega jadrarca med zaporednimi obrati zviša krepko prek 170 utripov/minuto. To jasno kaže, da obrati povzročajo fiziološke spremembe v telesu in najbrž vplivajo tudi na fiziološke parametre ter občutek utrujenosti med jadranjem v močnejšem vetru.

1.7 Cilji in hipoteze

Cilj te diplomske naloge je ugotoviti, kaj različni intervali obračanja v pogojih visenja povzročijo telesu ter kakšen občutek utrujenosti jadralec doživlja ob obratih, saj je nenazadnje jadralčev občutek tisti, ki najbolj reprezentativno kaže na njegovo utrujenost in nakazuje na morebitne omejitve med gibanjem.

Naša hipoteza je, da obstaja določen interval obračanja, ki je najprimernejši, da je naraščanje utrujenosti čim manjše. Iz uvodnih podatkov smo lahko razbrali, da tako samo visenje, kot tudi zaporedno obračanje povzročata telesu utrujenost. Gibanji se v svojih značilnostih močno razlikujeta, prvo močno karakterizira izometrično krčenje, drugo pa ekscentrična, koncentrična in ekscentrično-koncentrična krčenja. Zato predpostavljamo, da obstaja določeno razmerje med trajanjem visenja in pogostostjo obračanja, ki povzroči najmanjšo utrujenost.

Ali ta interval dejansko pomeni tudi boljšo jadralsko sposobnost je vprašanje, saj več obratov kot jadralec naredi, počasnejši je. Se pa postavlja vprašanje, ali ni zaradi zmanjšanja utrujenosti jadranje v tem najmanj utrujajočem intervalu tudi najučinkovitejše in zato hitrejše, s čimer bi se lahko nadomestil zaostanek pridobljen z večjim številom obratov. Ta diplomska naloga tega vprašanja ne razkrije in se nanj ne osredotoča.

2 Metode dela

Raziskava je bila izvedena v dveh delih, prvi del je bil izveden v začetku novembra 2014 na Malti, drugi del pa sredi novembra 2014 v Sloveniji.

2.1 Raziskava na Malti

V raziskavo na Malti so bili vključeni trije aktivni vrhunski jadralci razreda laser iz Italije, Moldavije in Velike Britanije, katerih povprečna višina je bila 180 ± 3 cm, telesna masa 79 ± 2 kg, najvišja izmerjena frekvenca srca pa 199 ± 3 utripov/minuto. Vsi sodelujoči so podpisali izjavo o privolitvi v sodelovanje v raziskavi ter bili seznanjeni z vsemi podrobnostmi ter dejstvom, da lahko kadar koli od raziskave odstopijo (Izjava je priložena Prilogi 1).



Slika 9. Odvzem vzorca krvi iz ušesne mečice med raziskavo na Malti (osebni arhiv)

Načrtovano je bilo, da bodo jadralci na morju v enakih pogojih odjadrani štiri različne protokole z desetminutnim odmorom oziroma tako dolgim, da se jadralci čutijo spočiti. Ves čas smo z uporabo naprav Suunto Ambit 2R, Finska merili frekvenco srca ter pozicijo GPS, oboje v sekundnem intervalu. Tik pred in takoj po posameznem protokolu je bil odvzet vzorec kapilarne krvi iz ušesne mečice (Slika 9). Vsebnost laktata v krvi smo pridobili s pomočjo prenosnega laktatnega analizatorja Lactate Plus (Nova biomedical, ZDA); jadralci pa so ocenili še stopnjo napora na Borgovi lestvici (6–20). Vsakič so dobili preglednico, kjer so bile posamezne vrednosti razložene tako, da so se lažje odločali (Priloga 2). Jakost vetra je bila izmerjena pred vsakim začetkom in po koncu vsakega merjenja s pomočjo prenosnega merilca Skywatch Eole Handheld Windmeter (SkyView, Švica).

V raziskavi so potekala štiri različna merjenja, ki so vsebovala jadrnanja proti vetru z različnimi intervali obračanja. O poteku so bili merjenci predhodno seznanjeni. Vsak obrat pa je signaliziral pisk na uri, ki je bila sprogramirana za vsako merjenje posebej. V prvem poskusu so jadralci obračali vsakih 30 sekund, v drugem vsako minuto, v tretjem vsaki dve minuti in pol ter v četrtem vsakih 5 minut.

2.2 Raziskava v Ljubljani

Drugi del raziskave smo izvedli v Ljubljani, kjer je avtor (166 cm, 62 kg, 21 let) sam izvedel enak protokol, kot je bil izveden na



Slika 10. Jadralni simulator uporabljen v raziskavi, opravljeni v Ljubljani (osebni arhiv)

Malti, le da je jadrnal v močno nadzorovanih okoliščinah na simulatorju (Slika 10), da bi izničili vremenske vplive, ki so odigrali vidno vlogo na Malti. Merjencu smo merili frekvenco srca z ročno uro Suunto Ambit 2R. Po vsakem jadrnanju pa je moral napor

oceniti skladno z Borgovo lestvico od 6 do 20. Jadrnica je bila trdno privezana na podlago, kar je preprečevalo premikanje. Jambor in bum sta bila v poziciji, ki je značilna za čas, ko se mora jadralec skloniti pod bum, če želi priti na drugo stran jadrnice. Jadrnica se ni premikala v nobeni osi. Postavitev jadrnice je prikazana na sliki 10. Merjenec je moral viseti, kot bi sicer visel v vetru, ko visi polno iztegnjen. Na jadrnico je bil pritrjen računalnik, kjer je bil predvajan posnetek jadranja na morju, merjenec pa je poskušal posnemati to gibanje.

3 Rezultati in razprava

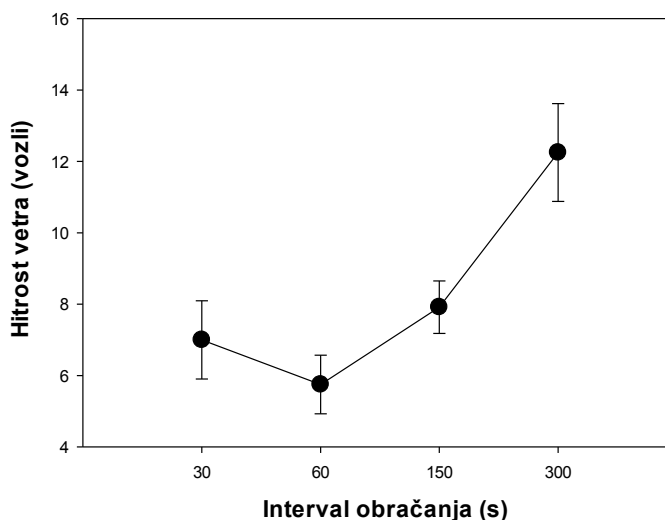
Prvi del raziskave, ki je potekala na Malti, ni uspel po načrtih, saj po enem tednu čakanja na primerne pogoje le-teh raziskovalna ekipa ni dočkala. Na koncu pa smo po nekaj neuspešnih poskusih rezultate vendarle pridobili.

Veter je med testiranjem povečeval svojo hitrost, kar je razvidno iz slike 11.

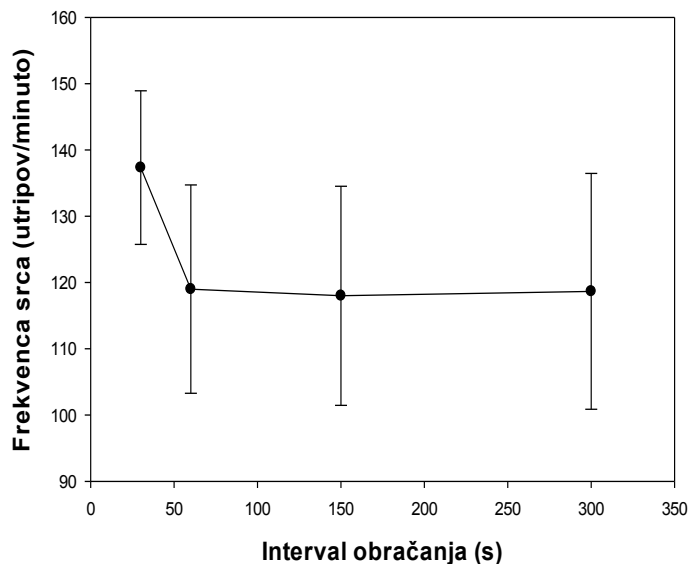
Prvi trije protokoli meritev so bili izvedeni v vetru, ki v povprečju ni presegal desetih vozlov. V teh pogojih jadralci ne visijo tako izrazito kot v močnejšem vetru. To pomeni, da so njihove mišice manj obremenjene, napor med jadranjem proti vetru (brez obračanja) pa je zato manjši. Prav zaradi tega dejstva nobena dosedanja raziskava ni preučila sprememb v telesu, saj so vsi menili, da je jadranje pod 12 vozli vetra jadranje neutrujajoče.

Pogled na sliko 12 prikazuje povprečne vrednosti frekvence srca jadralcev med posameznimi protokoli. Kljub dejstvu, da se je veter med raziskavo krepil, kar naj bi pomenilo več visenja in večji napor, slika 12 razkriva, da je največja frekvenca srca bila dosežena ravno med obračanjem z najvišjo frekvenco (vsakih 30 sekund). Glede na to, da jadranje brez obratov ne povzroča velikega fiziološkega stresa, podatki nakazujejo, da obrati povzročajo stres na srčno-žilni sistem zaradi več opravljenega dela in bi na dolgi rok lahko tudi povzročali utrujenost.

Vsebnost laktata v krvi se ni spreminjala (Slika 13). Podatki so skladni s pričakovanji, saj je napor relativno nizko intenziven (frekvenca srca). Raziskovalci pa med jadranjem niso nikdar izmerili visokih vrednosti laktata.



Slika 11. Prikaz jakosti vetra v posameznih intervalih obračanja



Slika 12. Frekvenca srca v odvisnosti od intervala obračanja

Zelo zanimivi so podatki o intenzivnosti občutenega napora (Slika 14), kjer se nakazuje, da se občutek napora povečuje s podaljševanjem intervala med posameznimi obrati. To bi lahko bila posledica dveh razlogov.

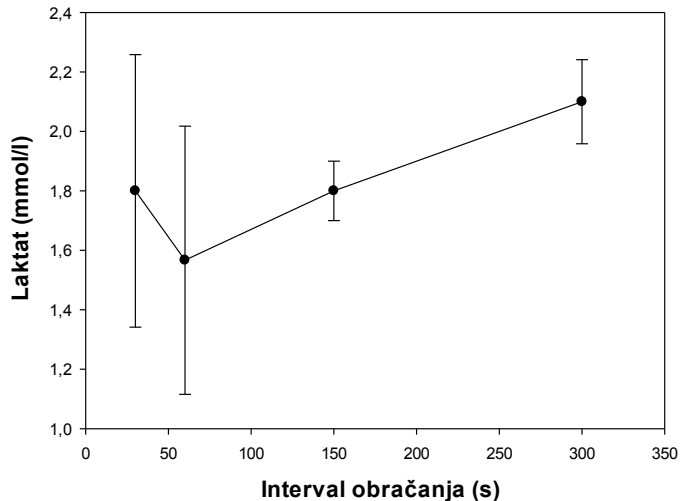
Prvi razlog bi lahko potrjeval začetno hipotezo, da obstaja interval obračanja, ko je občutek utrujenosti najmanjši. To je v tem primeru pri intervalu 30 s, ko jadralec obrača vsakih 30 sekund. Kljub višji frekvenci srca in večji dejavnosti

jadralca (zaradi obratov) je občutek napora takrat najmanjši. Podaljševanje časa med posameznimi obrati zmanjšuje frekvenco srca, a povečuje občutek utrujenosti, kar kaže na posebnost utrujenosti pri visenju oziroma problem izometričnega krčenja.

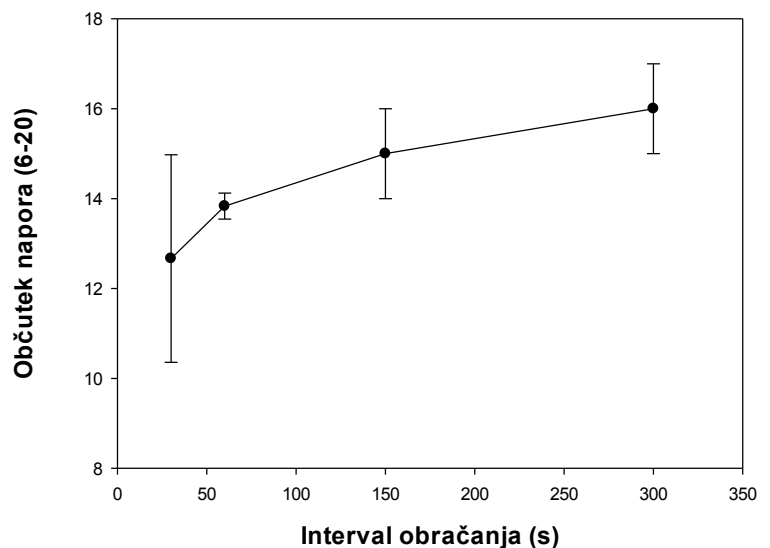
Slika 15 prikazuje odvisnost frekvence srca in počutja od intervala obračanja in nakazuje na že omenjeno, torej, večja kot je frekvenca obračanja, manjši je občutek napora, višja pa je frekvenca srca.

Drugi razlog za povečanje občutenega napora s podaljševanjem časa med posameznimi obrati pa bi lahko bil tudi močnejši veter in posledično bolj intenzivno visenje, torej večja aktivnost jadralca v smislu kvazi-izometričnega krčenja, s čimer bi lahko enostavno razložili povečanje občutka utrujenosti, težko pa bi utemeljili znižanje povprečne frekvence srca.

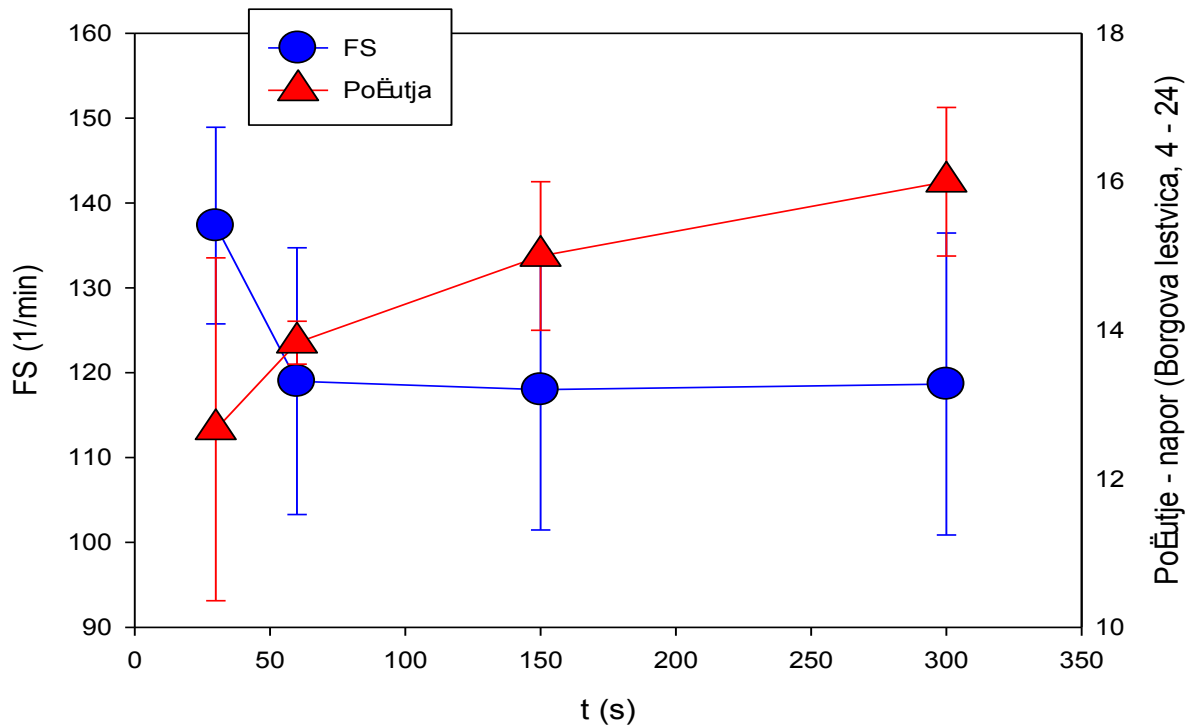
Opaženega pojava, torej da se frekvenca srca s podaljševanjem frekvence obračanja povečuje, občutek napora pa zmanjšuje, zaradi omejitve v postopku testiranja, ki ga je povzročilo spreminjanje jakosti vetra, s prvim delom študije (na Malti) tako ne moremo obrazložiti in z gotovostjo trditi, da sploh obstaja.



Slika 13. Vsebnost laktata v odvisnosti od intervala obračanja med testiranjem na Malti (trije merjenci)

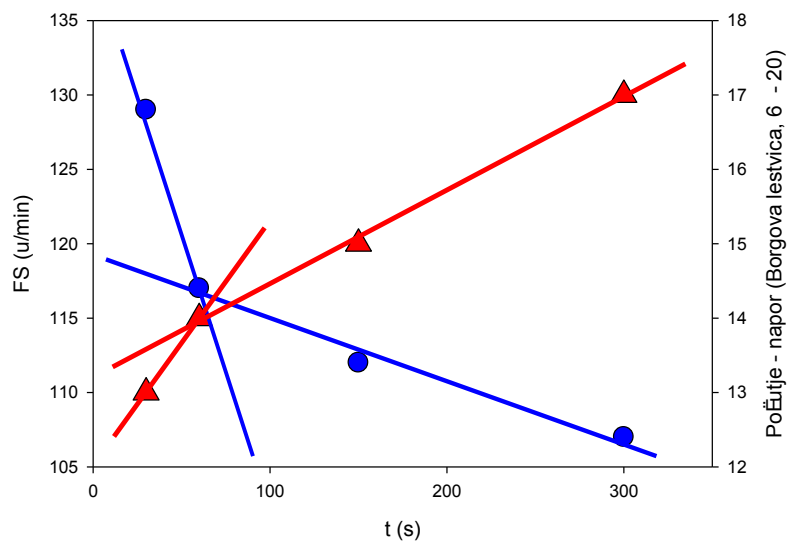


Slika 14. Občutek napora v odvisnosti od intervala obračanja med testiranjem na Malti (3-je merjenci)



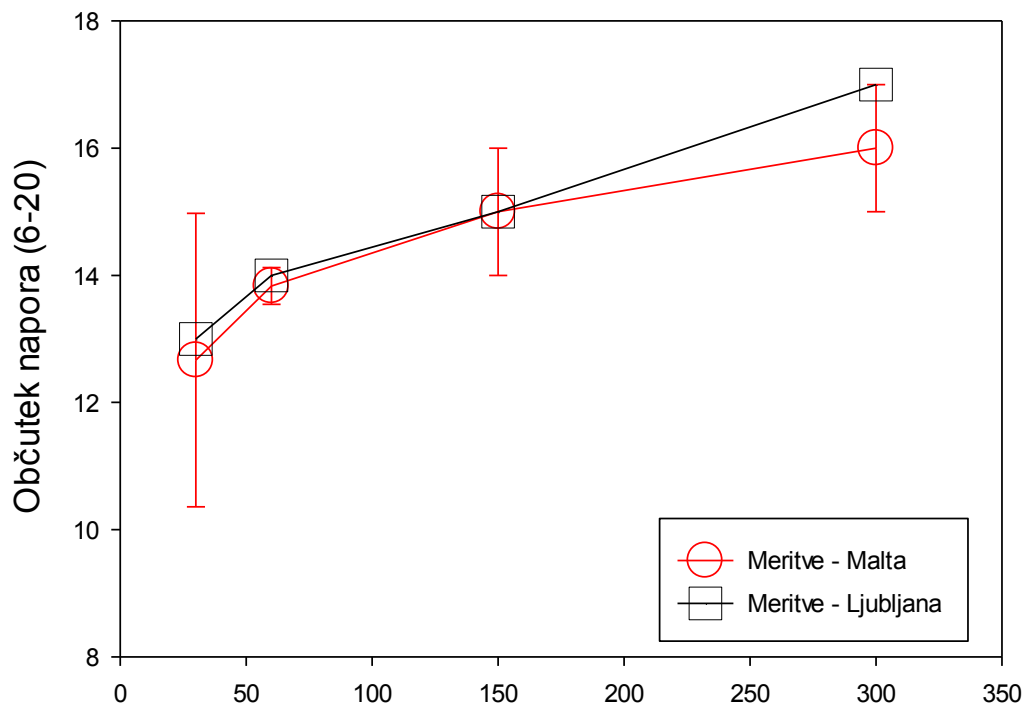
Slika 15. Prikaz odvisnosti frekvence srca in počutja od intervala obračanja pri jadralcih na Malti

Tovrstna testiranja smo ponovili na simulatorju v Ljubljani. Opustili smo merjenje koncentracije laktata v krvi, saj smo pri prvem merjenju ugotovili, da so vrednosti relativno nizke in se ne spreminjajo. Menimo, da laktat nima velike vloge pri samem naporu. Rezultati tega dela raziskave so prikazani na sliki 16, na kateri trikotniki prikazujejo oceno napora na lestvici od 6 do 20, krogi pa povprečno frekvenco srca v danem intervalu obračanja.

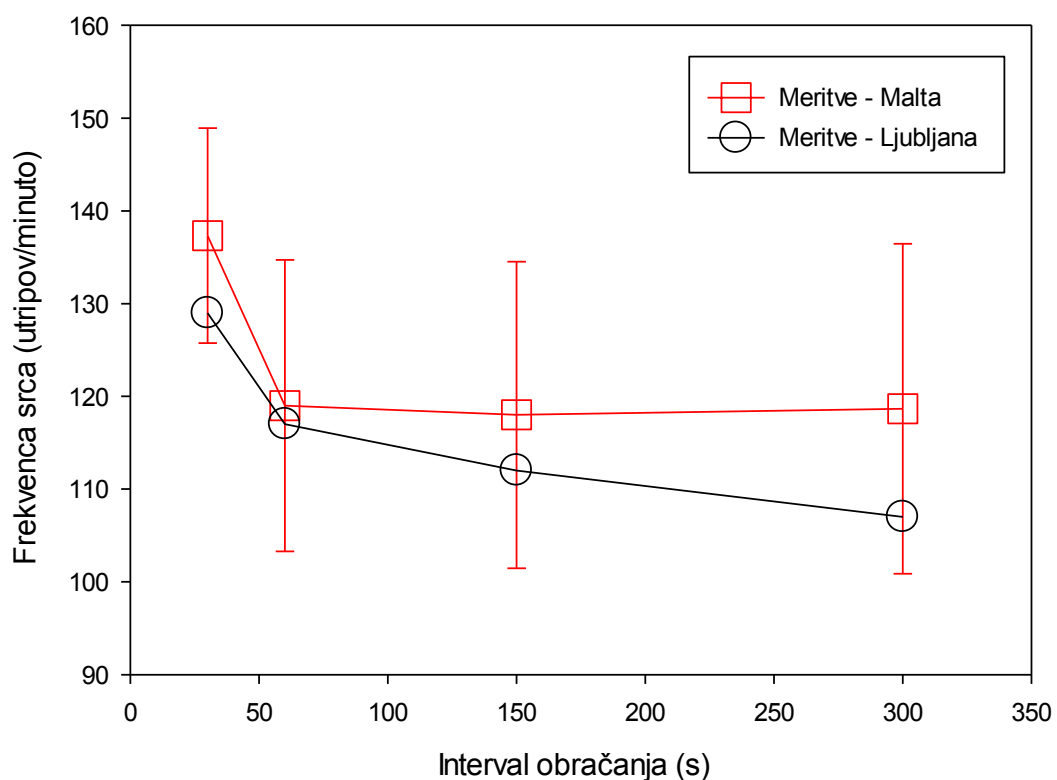


Slika 16. Prikaz odvisnosti frekvence srca in počutja z intervalom obračanja iz raziskave v Ljubljani na enem jadralcu

V kontroliranih pogojih dobimo, kakor kaže slika 16, na videz podobne rezultate, kot smo jih dobili na Malti, torej da se frekvenca srca s podaljševanjem časa med posameznimi obrati zmanjšuje ter da se občutek utrujenosti nasprotno povečuje.



Slika 17. Primerjava občutka napora med obema raziskavama – z Malte in iz Ljubljane



Slika 18. Primerjava frekvence srca med obema raziskavama – z Malte in iz Ljubljane

Podobnost rezultatov potrđita skupna grafa občutka napora (Slika 17) in frekvence srca (Slika 18). V intervalu 30 s je bil občutek utrujenosti tako na morju, kot na simulatorju

najmanjši, frekvenca srca pa najvišja. Razlog za to je po našem mnenju dinamičnost aktivnosti, ki od jadrarca zahteva veliko sprememb pozicije ter večkratno sprostitve mišic iz kvaziizometričnega krčenja, ki je značilno za visenje. Relativno visoka frekvenca srca je najbrž posledica visoke dinamičnosti gibanja in večjega opravljenega dela zaradi premikov z ene strani jadrnice na drugo. V intervalu obračanja ene minute se utrujenost že značilno poveča, prav tako pa zmanjša frekvenca srca, kar je najbrž rezultat vedno bolj kvaziizometričnega krčenja in monotonosti gibanja. Trend zniževanja frekvence srca in povečevanja občutenja napora se v naslednjih dveh intervalih (2,5 minut in 5 minut) nadaljuje, a manj izrazito.

Iz dobljenih rezultatov bi lahko sklepali, da bi, glede na občutek utrujenosti in frekvenco srca, bili najprimernejši obrati vsakih 30 sekund. Takrat je občutek napora, ki ga med visenjem določa predvsem bolečina zaradi pretežno izometričnega krčenja v štiriglavi stegenski mišici ter upogibalkah kolka, najmanjši. Srčni utrip je sicer pri tej frekvenci najvišji ($137 \pm 12,3$ utripov/minuto), saj jadrarec opravi največ dela. To je še vedno nizka vrednost in ne govori o visoki stopnji napora celotnega organizma. Videti je torej, da bi jadrarci, če bi želeli zmanjšati stopnjo napora, morali obračati vsake pol do ene minute. Vprašanje, ali to pomeni tudi boljšo učinkovitost na regatnem polju, ostaja. Cilj te raziskave je bil ugotoviti tudi to, zaradi česar smo jadrarce opremili tudi z GPS-sledilci gibanja, a so podatki zaradi sprememb jakosti vetra ter višine valov ter posledično spremembe hitrosti jadrnice, neuporabni.

Razlogov za fenomen obratne sorazmernosti med utrujenostjo ter frekvenco srca je lahko več.

Prva razlaga sovпада z modelom centralnega nadzora, ki ga je razvil Noakes (2012). Le-ta pravi, da možgani omejujejo stopnjo telesne aktivnosti s povečevanjem občutka utrujenosti, da preprečijo poškodbe telesa. Na utrujenost pa vplivajo tudi drugi dejavniki, kot samo fiziološki procesi v telesu, in sicer stopnja spočitosti, motivacije, vizualnih percepcij in drugih, na videz subjektivnih faktorjev. V našem primeru je jadranje brez obračanja monotono gibanje, ki se ga jadrarec hitro naveliča in zato težje prestaja zahtevan napor. Slednji se pojavlja predvsem med vadbo in tudi v pogojih testiranja, saj jadrarci niso tekmovalno motivirani, konkurentov ni – na jadrarnem polju so sami. Model centralnega nadzora bi lahko razložil, zakaj se jadrarci, poleg ideje, da so, če delajo manj obratov med regato, hitrejši, odločajo narediti malo obratov. Na regatnem polju je namreč hkrati več deset jadrarcev, katerih gibanje po polju je pomembno iz taktičnega in strateškega vidika (Emmett, 2008). Jadrarec bi po tem modelu pojava utrujenosti le-to premagal z mislimi na druge pomembnejše dejavnike (konkurenti, spremembe vetra ...), s čimer bi zmanjšal ali na začetku celo izničil občutek utrujenosti, do katerega bi prišlo v netekmovalnih pogojih.

Aktivno presedanje z ene strani jadrnice na drugo (obračanje) pomeni večjo mišično silo ter več celovkupnega opravljenega dela ter posledično večji centralni odziv telesa, torej višjo frekvenco srca, srčno-žilni sistem prispeva k energijskim procesom. »Pasivno« visenje na jadrnici je sestavljeno predvsem iz izometričnega krčenja, pri katerem pride do delne okluzije. Ta povzroči neprijetne občutke v mišici (bolečino), ki s podaljševanjem intervala visenja postajajo vedno manjkrat prekinjeni, zato se zaznava občutka napora stopnjuje. Frekvenca srca se ne poveča, saj ne bi rešila problema, poveča se le krvni tlak (Blackburn, 1994), zaradi katerega je povečan pretok skozi mišico.

Pojav bi lahko pripisali tudi spremembam v oksigenaciji stegenkih mišic, ki se jim dotok kisika med visenjem zaradi kvaziizometričnega krčenja zmanjša (Vogliatzis et al, 2008). Oviran pretok krvi skozi obremenjene mišice naj bi bil po njihovo razlog za močno povečano frekvenco srca, ki pa je v naši študiji nismo tako izrazito opazili. Razlog za to je najbrž manjše valovanje morja in posledično bolj statično visenje. Menimo, da se utrujenost v mišicah našem primeru pri podaljševanju časa med posameznimi obrati povečuje zaradi intervala okluzije. Nasprotno pa se manjša s krajšanjem časa med posameznimi obrati zaradi zmanjšanja intervala okluzije, saj obrati, četudi so dolgi le 3 sekunde, v tem kratkem času sprostijo mišice iz kvaziizometričnega krčenja. Dinamično krčenje mišic pa omogoči pretok krvi skozi utrujene mišice. To omogoči tudi odplavljanje presnovnih produktov, ki bi lahko povzročali utrujenost.

4 Sklep

Jadranje je zelo kompleksen in za raziskovanje zahteven šport, kar smo med raziskovanjem izkusili tudi sami. Jadranje proti vetru so v preteklosti znanstveniki že večkrat preučevali, a se še nihče ni posvetil spremembam smeri med jadranjem proti vetru – obratom. V tem diplomskem delu smo tako na nek način orali ledino in bili prvi, ki smo se obratom posvetili.

Prišli smo do zanimivih rezultatov, ki kažejo na to, da obrati povzročajo spremembe v telesu ter vplivajo na občutje napora. Večja, kot je frekvenca obračanja, višji je sistemski odziv telesa, na kar kažejo vrednosti srčnega utripa ter manjši občutek napora. Nasprotno pa se z zmanjševanjem frekvenca obračanja sistemski odziv zaradi manj opravljenega dela zmanjšuje, frekvenca srca pada, večja pa se občutek napora, saj se povečuje trajanje izometričnega krčenja ter s tem intenzivnost neprijetnih občutkov v mišici, ki so najbrž posledica okluzije, ki nastane zaradi izometričnega tipa krčenja.

Četudi se nakazuje, da bi bilo iz vidika zmanjšanja občutenja utrujenosti najbolj smiselno in priporočljivo, da jadralec obrne vsake pol minute, je to v praksi težko izvedljivo. Jadranci se odločajo za posamezen obrat predvsem zaradi taktičnih in strateških odločitev in ne toliko zaradi utrujenosti. Poleg tega se sprašujemo o smiselnosti uvedbe večje frekvenca obračanja, saj se jadrnica med obratom upočasni, kar med regato ne bi bilo zaželeno. Lahko pa bi se pokazalo nasprotno, da če bi zmanjšali utrujenost jadrca, bi ta lahko visel bolj intenzivno. S tem bi hitreje vodil jadrnico skozi valove in bi morda izgubljeno razdaljo zaradi dodatnega obračanja vsaj nadoknadil, če ne celo izboljšal. To je gotovo ena izmed stvari, ki bi jo v prihodnosti veljalo preveriti v praksi.

Za konec pa vendarle lahko podamo praktični nasvet, in sicer da jadralec bo jadralec, ki je utrujen ali se utrujenosti želi izogniti, pridobil, če bo napravil kakšen obrat na regatnem polju več.

5 Viri

- Blackburn, M. (1994). Physiological responses to 90 min of simulated dinghy sailing. *Journal of Sport Sciences*, 12, 383–390.
- Bourdow, S. (25. 5. 2006). *Laser Clinic Notes General Racing Tips*. Pridobljeno iz <http://carcoarsail.yoll.net/laserclinic.html>
- Castagna, O. in Brisswalter, J. (2006). Assesment of energy demand in Laser sailing: influences of exercise duration and performance level. *European Journal of Applied Physiology*. Pridobljeno iz https://www.researchgate.net/publication/6651830_Assessment_of_eneren_demand_in_Laser_sailing_influences_of_exercise_duration_and_perforperfo_level.
- Durnin, J. V. G. A. in Passmore, R. (1967). *Energy, work and leisure*. London: Heinemann.
- Emmett, J. (2008). *Be Your Own Sailing Coach*. Chichwster: John Wiley & Sons, Ltd.
- Ishiko, T. (1967). Aerobic capacity and external criteria of performance. *Canadian Medical Association Journal*, 96, 746–749.
- Hart, S., Drevets, K., Alford, M., Salacinski, A., Hunt, B. E. (2013). A method-comparison study regarding the validity and reliability of the Lactate Plus analyzer. *BMJ*, 3(2). Pridobljeno iz <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3586176/>
- Herreshoff, H. C. (2002). *Jadralski priročnik*. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije
- Hiking pants*. (1. 1. 2015). Colie sails. Pridobljeno iz <http://coliesail.com/apparel/hiking-pants.html>
- Laser (dinghy)*. (2014). Wikipedija. The Free Encyclopedia . Pridobljeno iz [http://en.wikipedia.org/wiki/Laser_\(dinghy\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Laser_(dinghy)).
- Noakes, T. (2012). Fatigue is a brain-derived emotion that regulates the exercise behavior to ensure the protection of whole body homeostasis. *Frontiers in Physiology*, 3:82, 1–13.
- Place N., Burton J. D. in Westerblad H. (2009). Mechanisms of fatigue induced by isometric contractions in exercising humans and in mouse isolated single muscle fibers. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 36, 334–339.
- Putnam, C. A. (1979). A mathematical model of hiking positions in sailing dinghy. *Medicine and science sports*, 11(3), 288–292. Pridobljeno iz https://www.researchgate.net/publication/22618931_A_mathematical_mmode_of_hiking_positions_in_a_sailing_dinghy.

- Sailing Basics*. (2015). Pridobljeno iz <http://northern-light-sf.com/procedures/basics.shtml>
- Sjogaard, G., Savard, G. in Juel, C. (1988). Muscle blood flow during isometric activity and its relation to muscle fatigue. *European Journal of Applied Physiology*, 57, 327–335.
- Spurway, N. C. (1999). Sailing Physiology. V G. Sjogaard (Ed.), *Sailing and science – An interdisciplinary perspective* (stran 95-117). Copenhagen: Institute of Exercise and Sports Sciences University of Copenhagen.
- Spurway N. C. (2007). Hiking physiology and the “quasi-isometric” concept. *Journal of Sport Sciences*, 25(10), 1081–1093.
- Vogiatzis, I. (1995). *The physiological demands of “hiking” on dinghy sailors*. (Doktorska disertacija). University of Glasgow, Glasgow, Velika Britanija.
- Vogiatzis, I., Spurway, N. C., Wilson, J. in Boreham, C. J. (1995). Assessment of aerobic and anaerobic demands of dinghy sailing at different wind velocities. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 35, 103–107.
- Vogiatzis, I., Spurway, N. C., Jennett, S., Wilson, J. in Sinclair, J. (1996). Changes in ventilation related to changes in electromyography activity during repetitive bouts of isometric exercise in simulated sailing. *European Journal of Applied Physiology*, 72, 195–203.
- Vogiatzis, I., Tzineris, D., Athanasopoulos, D., Georgiadou, O. in Geladas, N. (2008). Quadriceps Oxygenation during Isometric Exercise in Sailing. *International Journal of Sports Medicine*, 29, 11–15.

6 Priloge

6.1 Priloga 1 – Primer izjave testirancev

Consent Form for Participation in a Research Study University of Ljubljana, Faculty of sports

Undergraduate dissertation - Investigating the physiological and biomechanical differences between different tacking intervals

Description of the research and your participation

You are invited to participate in a research study conducted by Tim Podlogar. The purpose of this research is to see the differences between different tacking intervals and see how this affects sailor's fatigue.

Your participation will involve wearing heart rate sensor on your chest, having a waterproof camera on the boat and taking very small blood samples from earlobe to measure lactate concentration, while tacking upwind in different time intervals.

Risks and discomforts

There are no known risks associated with this research. It is unnecessary to give earlobe blood samples, if participant is unwilling to do so.

Potential benefits

This research may help us understand what happens during tacking in human body and how tacks affect sailing performance during upwinds. Participants will be able to compare their results with other participants and might be able to see their physical preparedness. Furthermore participants will get to know what the research techniques in exercise physiology are.

Protection of confidentiality

We will do everything we can to protect your privacy. Your identity will not be revealed in any publication resulting from this study, if this is the participant's wish.

Voluntary participation

Your participation in this research study is voluntary. You may choose not to participate and you may withdraw your consent to participate at any time. You will not be penalised in any way should you decide not to participate or to withdraw from this study.

Contact information

If you have any questions or concerns about this study or if any problems arise, please contact Tim Podlogar
tim@sailor.si or +386 31 427 828.

Consent

I have read this consent form and have been given the opportunity to ask questions. I give my consent to participate in this study.

Participant's name _____

Date: _____

Participant's signature _____

A copy of this consent form should be given to you.

6.2 Priloga 2 – Uporabljena Borgova skala

rating	description
0	NOTHING AT ALL
0.5	VERY, VERY LIGHT
1	VERY LIGHT
2	FAIRLY LIGHT
3	MODERATE
4	SOMEWHAT HARD
5	HARD
6	
7	VERY HARD
8	
9	
10	VERY VERY HARD (MAXIMAL)

©2010 [totmanfitness.com](http://www.totmanfitness.com)

for more information see <http://www.totmanfitness.com/testimonials.html>

6.3 Priloga 2 – Tabele rezultatov iz raziskave na Malti

Rezultati, pridobljeni na Malti v 30s-intervalu

	Veter - start	Veter - cilj	Laktat - start	Laktat - cilj	Občutek napora - start	Občutek napora - cilj	Povprečna frekvenca srca
Merjenec	[vozlov]	[vozlov]	[mmol/l]	[mmol/l]	od 6 do 20	od 6 do 20	[utripov/minuto]
1	6	8	1,1	1,7	6	14	148
2	6	8	1,3	2,3	7	14	139
3	6	8	1,4	1,4	8	10	125
30 s - skupaj	6±0	8±0	1,3±0,2	1,8±0,5	7 ±1	12,7±1,3	137,3±12,3

Rezultati, pridobljeni na Malti v 60s-intervalu

	Veter - start	Veter - cilj	Laktat - start	Laktat - cilj	Občutek napora - start	Občutek napora - cilj	Povprečna frekvenca srca
Merjenec	[vozlov]	[vozlov]	[mmol/l]	[mmol/l]	od 6 do 20	od 6 do 20	[utripov/minuto]
1	5	6,5	0,7	1,6	9	14	133
2	5	6,5	1,1	2,0	6	14	122
3	5	6,5	0,9	1,1	7	13,5	102
1 min - skupaj	5±0	6,5±0	0,9±0,2	1,6±0,5	7,3±1,7	13,8±0,3	119,0±14

Rezultati, pridobljeni na Malti v 150s-intervalu

	Veter - start	Veter - cilj	Laktat - start	Laktat - cilj	Občutek napora - start	Občutek napora - cilj	Povprečna frekvenca srca
Merjenec	[kt]	[kt]	[mmol/l]	[mmol/l]	od 6 do 20	od 6 do 20	[utripov/minuto]
1	7	8,5	0,9	1,8	9	14	137
2	7	8,5	1,2	1,7	6	16	110
3	8	14	0,6	5,3	8	15	107
2 m 30 s - skupaj	7,3±0,7	10,3±3,7	0,9±0,3	2,9±2,4	7,7±1,7	15,0±1	118,0±17

Rezultati pridobljeni na Malti v 300s-intervalu

	Veter - start	Veter - cilj	Laktat - start	Laktat - cilj	Občutek napora - start	Občutek napora - cilj	Povprečna frekvenca srca
Merjenec	[kt]	[kt]	[mmol/l]	[mmol/l]	od 6 do 20	od 6 do 20	[utripov/minuto]
1	11	13,5	1,4	2,2	8	16	139
2	11	13,5	1	2	6	17	111
3	11	13,5	1	N/A	8	15	106
5 m - skupaj	11±0	13,5±0	1,1±0,3	2,1±0,1	7,3±1,7	16,0±1	118,7±20,3