

UTJECAJ FREKVENCije KORAKA NA ENERGETSKU POTROŠNju U BRZOM KLIZANJU NA KRATKE STAZE

Kolenc, Martin

Master's thesis / Diplomski rad

2020

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:117:274232>

Rights / Prava: [Attribution-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-02**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

(studij za stjecanje akademskog naziva:

magistar kineziologije)

Martin Kolenc

**UTJECAJ FREKVENCije KORAKA NA
ENERGETSKU POTROŠNju U BRZOM
KLIZANJU NA KRATKE STAZE**

diplomski rad

Mentor:

doc.dr.sc. Vlatko Vučetić

Zagreb, kolovoz, 2020.

Ovim potpisima se potvrđuje da je ovo završena verzija diplomskog rada koja je obranjena pred Povjerenstvom, s unesenim korekcijama koje je Povjerenstvo zahtijevalo na obrani te da je ova tiskana verzija istovjetna elektroničkoj verziji predanoj u Knjižnici.

Mentor:

(titula, ime i prezime)

Student:

(ime i prezime)

UTJECAJ FREKVENCIJE KORAKA NA ENERGETSKU POTROŠNJU U BRZOM KLIZANJU NA KRATKE STAZE

Sažetak

U brzom klizanju na kratke staze je tijekom cijele utrke važno biti energetski učinkovit. Kako bi klizač to postigao najčešće odabire jednu od tri osnovnih frekvencija koraka kroz zavoj (jedan, dva ili tri koraka kroz zavoj) koja će mu najviše odgovarati. No, ne mora nužno značiti da će upravo ta frekvencija koraka biti i energetski najučinkovitija. Cilj ovoga rada je utvrditi razlike između tri različite frekvencije koraka u pokazateljima razine opterećenja tijekom brzog klizanja na kratke staze, te ukoliko postoji statistički značajna razlika između njih, utvrditi najoptimalniju frekvenciju koraka koja bi pružala optimalnu energetsku potrošnju i koja bi bila energetski najučinkovitija.

Uzorak se sastoji od ispitanika koji su dugogodišnji članovi Hrvatske reprezentacije brzog klizanja na kratke staze te sadržava tri klizača i tri klizačice. Prosječna dob ispitanika iznosi $20,8 \pm 2,77$ godina. Prosječna visina uzorka ispitanika iznosi $173,4 \pm 8,73$ cm, dok masa tijela iznosi $64,4 \pm 10,81$ kg. Ispitanici su izvršili 3x8 krugova na 65% od maksimalne brzine, s odmorima od osam minuta između svakog ponavljanja, izvodeći tri osnovne frekvencije koraka. Korištene su sljedeće varijable: Lak_{avg} , SOO_{avg} , Lak_{max} , SOO_{max} i VE_{max} kao pokazatelji razine opterećenja.

Rezultati pokazuju kako ne postoji statistički značajna razlika između tri osnovne frekvencije koraka pri brzini od 65% od maksimalne brzine. Čini se kako postoje specifičnosti svake frekvencije koraka i njenog utjecaja na organizam klizača, ali zaključivanje o tome na temelju prikazanih rezultata nije opravdano. Potrebna su daljnja istraživanja koja bi uključivala nekoliko brzina klizanja i veći uzorak. Zaključno, frekvencija koraka koju klizač odabire je ovisna o njegovim individualnim karakteristikama i stilu klizanja.

Ključne riječi: energetska učinkovitost, ANOVA ponovljena mjerenja, živčano-mišićni sustav, anaerobni sustav energije

EFFECT OF DIFFERENT CROSSOVER FREQUENCIES ON ENERGY EXPENDITURE IN SHORT TRACK SPEED SKATING

Abstract

In short track speed skating it is important to stay energy efficient throughout whole race or competition. To achieve that, skater chooses one out of three (or combination) crossover frequency which will suit him the most. But that does not mean that that particular crossover frequency will be the most energy efficient one. The aim of this study is to determine the differences between three main crossover frequencies and, if there is a statistically significant difference between them, determine the most energy efficient one.

Research sample is composed out of skaters who are members of Croatian national team, which includes three female and three male skaters. Mean age of sample is $20,8 \pm 2,77$ years. Mean body height of sample is $173,4 \pm 8,73$ cm, while mean body mass is $64,4 \pm 10,81$ kg. Skaters executed 3x8 laps on 65% of maximal speed, with an 8 minute rest between them, with different crossover frequency each repetition. Measured variables, i.e. load indicators, are: $Lact_{avg}$, RPE_{avg} , $Lact_{max}$, RPE_{max} and VE_{max} .

Results show that there is no statistically significant difference between three main crossover frequencies while skating at 65% of maximal speed. It seems as though there are unique ways in which every frequency stresses the body, but making strict conclusions based on presented data is not justified. Further research is needed which would include more examinees and different skating speeds. To conclude, chosen crossover frequency depends on skaters characteristics and individual skating style.

Key words: energy efficient, ANOVA repeated measures, neuromuscular system, anaerobic energy system

UVOD

Brzo klizanje na kratke staze je oblik natjecateljskog brzog klizanja u kojemu se 4-8 natjecatelja utrkuje na ovalnoj stazi dužine 111,12 metara (teren: 60mx30m) (Landry, Gagnon, & Laurendeau, 2013). Brzo klizanje na kratke staze je ujedno sestrinski sport brzom klizanju na duge staze, poznatog kao i samo "brzo klizanje". Razvitak brzog klizanja na kratke staze se povezuje sa disciplinom brzog klizanja „Masovni start“ (eng. „Mass start“). Spomenuta disciplina se najviše provodila u zapadnim zemljama pogotovo SAD-u i Kanadi. Sport je priznat pod Međunarodnu klizačku federaciju još 1967., a prva međunarodna natjecanja se počinju organizirati 1976. („Short track speed skating“). Prva svjetska prvenstva su se počela održavati prije 1989. godine, ali pod drugačijim nazivima. Od 1989. službeni naziv tih natjecanja je postao „Svjetsko prvenstvo u brzom klizanju na kratke staze“ („Short track speed skating“). U program Olimpijskih igara (dalje u tekstu „OI“), brzo klizanje na kratke staze je ušlo još 1992., dok je 4 godine prije bilo demonstracijski sport na OI u Alberti.

Discipline unutar brzog klizanja na kratke staze su: 500 metara, 1000 metara, 1500 metara, te štafeta na 3000 metara za klizačice i štafeta na 5000 metara na klizače. Najkraća disciplina 500 metara predstavlja sprintersku disciplinu u kojoj start predstavlja značajan (51-71%) faktor uspješnosti (Haug, Drinkwater, Mitchell i Chapman, 2015; Maw, Proctor, Vredenburg i Ehlers, 2006). U disciplini 1000m početak se najčešće izvodi nešto nižim intenzitetom nakon čega slijede ključna zadnja 4 kruga kada kreće visoki do maksimalni napor do kraja utrke (Noorbergen, Konings, Mickelwright, Elferink-Gemser i Hettinga, 2006). Disciplina 1500m predstavlja najdulju individualnu disciplinu u kojoj se ključni trenuci zbivaju u zadnjih 5 krugova utrke (Konings, Noorbergen, Mickelwrigth, Elferink-Gemser i Hettinga, 2016). U prethodno spomenutoj disciplini, taktika ovoga sporta najviše dolazi do izražaja. Štafete su zasebne discipline te predstavljaju timski dio ovoga sporta.

Tijekom bilo kojeg dijela natjecanja klizaču je važno biti i ostati energetske učinkovit. Cilj mu je trošiti što manje energije za određeni rad. U brzom klizanju postoje određeni otežani uvjeti koji sprječavaju održavanje energetske učinkovitosti. Prvi i najvažniji faktor koji smanjuje energetske učinkovitost je jedinstvena klizačka pozicija. Ona uzrokuje 3 važna fiziološka odgovora koji imaju posljedice na pojavu umora i smanjenje energetske učinkovitosti klizača:

- povećanje koncentracije laktata u krvi – to je znak povećanog nakupljanja H^+ iona u organizmu sportaša (ujedno i povećana puferska aktivacija), zbog proizvodnje većine energije anaerobnom glikolizom, uzrokujući pad pH vrijednosti organizma čime se sprječava efikasni rad organizma (Hesford, Laing, Cardinale i Cooper, 2012)
- niži, odnosno, submaksimalni primitak kisika – zbog manje količine aktivirane mišićne mase i stupnja njene aktivacije (Hesford, Laing, Cardinale i Cooper, 2012)
- smanjeni volumen krvi unutar mišića, odnosno smanjeni protok krvi kroz aktivne mišiće (pogotovo mišiće donjeg dijela tijela). Samim time dolazi do smanjene zasićenosti kisikom u aktivnim mišićima (Hesford, Laing, Cardinale i Cooper, 2012; Hesford, Laing, Cardinale i Cooper, 2013)

Kumulativni efekt prethodna 3 fiziološka odgovora je slaba iskorištenost aerobnih sposobnosti aktivnih mišića. Drugi faktor koji utječe na smanjenje energetske učinkovitosti su duge i jake jednonožne izometričke akcije aktivnih mišića (Felsler i sur., 2016). Naime, sile koje se stvaraju tijekom prolaska kroz zavoj (u zavoju se stvaraju najveće sile zbog djelovanja dodatne centrifugalne sile na samog klizača) su dvostruko veće od tjelesne mase klizača/ice (van der Kurk, Reijne, de Laat i Veeger, 2019). Prethodno navedeni faktor je zapravo dodatan uzrok prethodno navedena 3 fiziološka odgovora organizma klizača. Treći faktor koji doprinosi smanjenju energetske učinkovitosti tijekom brzog klizanja na kratke staze je višestruka re-akceleracija tijekom utrke ili treninga. Naime, zbog malog radijusa zavoja i velike brzine kojom klizač ulazi u njega, brzina klizača se smanjuje. Najveće smanjenje brzine se odvija u sredini zavoja te klizač mora ponovno ubrzati na izlasku iz zavoja. U tom segmentu klizač gubi 6-7 km/h u svojoj brzini klizanja (Hettinga, Konings i Cooper, 2016). Prethodna 3 glavna faktora koji utječu na smanjenje energetske učinkovitosti kod klizača su izuzetno ovisna o stilu klizanja klizača; ponajviše o frekvenciji koraka koju klizač izvodi u zavoju. Postoje 3 glavne vrste/frekvencije koraka u brzom klizanju na kratke staze: jedan korak kroz zavoj, dva koraka kroz zavoj i tri koraka kroz zavoj. Ovisno o brzini, ali i tehničkim sposobnostima klizača, klizač će odabrati jednu frekvenciju koraka koja mu najviše odgovara. No, ne mora nužno značiti da će upravo ta frekvencija koraka biti i energetske najučinkovitija. Stoga se postavlja pitanje: Postoji li razlika između 3 osnovne frekvencije koraka u brzom klizanju na kratke staze u energetskej potrošnji, a samim time i energetskej učinkovitosti?

U dosadašnjim istraživanjima se čini da znanstvenici nisu obraćali pozornost na energetske potrošnju ili učinkovitost s obzirom na frekvenciju koraka u brzom klizanju na kratke staze, te se čini da ne postoji istraživanje koje je uzelo to kao istraživački problem. Ovdje se može povući poveznica sa biciklizmom u kojemu je dokazano da postoji optimalna frekvencija okretaja koja nudi optimalnu energetske potrošnju, a samim time i optimalnu energetske učinkovitost (Stebbins, Moore i Casazza, 2014; Skovereng, Ettema i Beekvelt, 2016; Beneke i Leithäuser, 2017). Ugledajući se na biciklizam postavljamo pitanje: Postoji li optimalna frekvencija koraka u brzom klizanju na kratke staze koja bi proizvela optimalnu energetske potrošnju i, samim time, omogućila optimalnu energetske učinkovitost?

CILJEVI I HIPOTEZE

Cilj ovoga rada je prikazati i utvrditi razlike između 3 različite frekvencije koraka u pokazateljima razine opterećenja tijekom brzog klizanja na kratke staze, te ukoliko postoji statistički značajna razlika između njih, utvrditi najoptimalniju frekvenciju koraka koja bi pružala optimalnu energetske potrošnju i koja bi bila energetske najučinkovitija. Postavljene su sljedeće hipoteze:

- H_0 – ne postoji statistički značajna razlika između 3 različitih frekvencija koraka u energetske potrošnji
- H_1 – postoji statistički značajna razlika između 3 različitih frekvencija koraka u energetske potrošnji

METODE RADA

1. Uzorak ispitanika

Uzorak se sastoji od ispitanika koji su dugogodišnji članovi Hrvatske reprezentacije brzog klizanja na kratke staze te sadržava tri klizača i tri klizačice. Ispitanici su odabrani na temelju njihove razine tehničkih sposobnosti. Prosječna dob ispitanika iznosi $20,8 \pm 2,77$ godina. Prosječna visina uzorka ispitanika iznosi $173,4 \pm 8,73$ cm, dok masa tijela iznosi $64,4 \pm 10,81$ kg. Prije početka istraživanja ispitanici su bili upoznati sa protokolom i svrhom istraživanja.

Tablica 1. Deskriptivna statistika uzorka ispitanika (AS – aritmetička sredina, SD – standardna devijacija).

	AS±SD
Dob (godine)	20,8 ± 2,77
Visina (cm)	173,4 ± 8,73
Masa (kg)	64,4 ± 10,81

2. Opis protokola i mjernih instrumenata.

Svaki ispitanik je izvršio 3x8 krugova na istom intenzitetu (65% od najbržeg kruga izraženog u sekundama), ali s različitim brojem koraka kroz zavoj (jedan, dva ili tri koraka u zavoju). Odabrani broj krugova i intenzitet nude optimalno trajanje (1:30-1:50) i optimalan podražaj za aktivaciju fizioloških odgovora organizma klizača, tj. nakupljanje laktata, stabilna razina primitka kisika (Buchheit i Laursen, 2013) i stabilna razina srčane frekvencije. Redoslijed izvedbe broja koraka (frekvencije koraka) su bili dodijeljeni nasumično. Prvi ispitanik je, primjerice, prvo izvodio jedan korak kroz zavoj, zatim dva koraka kroz zavoj i na kraju tri koraka kroz zavoj. Sljedeći ispitanici su imali drugačiji redoslijed izvedbe koraka kroz zavoj. Razlog različitog redoslijeda koraka je umanjivanje utjecaja umora, izazvanog određenom frekvencijom koraka, na rezultate ovog istraživanja. Ispitanici su izvršavali zadatak jedan po jedan, tj. prvi ispitanik je odradio sva 3 ponavljanja, zatim drugi ispitanik, itd. Prije početka cijelog protokola izmjerena je koncentracija laktata u krvi svakom ispitaniku i analizirani pomoću uređaja za mjerenje laktata (Lactate scout, Njemačka). Između svakog ponavljanja ispitanici su imali 8 minuta odmora što je omogućilo dostatan oporavak za sljedeće ponavljanje. Zagrijavanje se odvijalo izvan klizališta i na klizalištu, tj. ledu. Prije dolaska na led ispitanici su odradili vlastito zagrijavanje po želji. Nakon ulaska na led, prvi ispitanik je imao vrijeme od 8 minuta prije izvedbe prvog ponavljanja u kojemu je provodio vlastito zagrijavanje na ledu. Ostali ispitanici su ulazili na led tijekom drugog odmora prethodnog ispitanika i izvršavali svoje zagrijavanje. Tijekom svakog ponavljanja ispitanici su na sebi nosili monitor srčane frekvencije (Polar H7, Finska) i prijenosni aparat za mjerenje primitka kisika (MetaMax 3B-R2, Njemačka). Nakon svakog ponavljanja, tj. jednu, tri i 5 minuta, vađeni su laktati i analizirani pomoću uređaja za mjerenje laktata (Lactate scout, Njemačka).

3. Uzorak varijabli

Korištene su sljedeće varijable:

- $Lak_{avg1,2 i 3}$ – prosječna koncentracija laktata za svaku frekvenciju koraka (prosjek 1., 3. i 5. minute nakon svakog ponavljanja) [mmol/L]
- $SOO_{avg1,2 i 3}$ – prosječna subjektivna procjena opterećenja za svaku frekvenciju koraka (prosjek 1., 3., 5. i 8. minute nakon svakog ponavljanja)
- $Lak_{max1,2 i 3}$ – maksimalna koncentracija laktata za svaku frekvenciju koraka [mmol/L]
- $SOO_{max1,2 i 3}$ – najveća subjektivna procjena opterećenja za svaku frekvenciju koraka
- $VE_{max1,2 i 3}$ – najveća postignuta minutna ventilacija pri određenoj frekvenciji koraka [L/min]

4. Metode obrade podataka

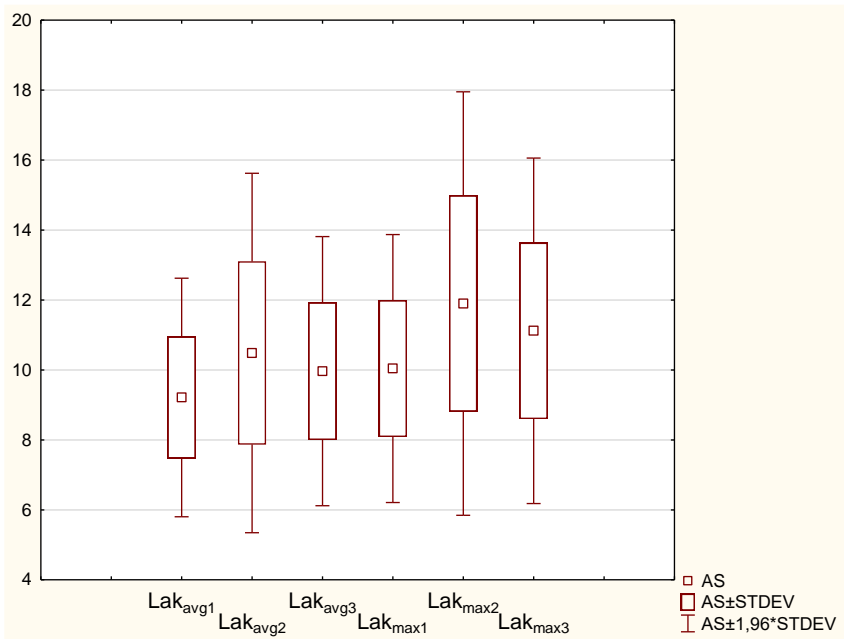
Podaci su obrađeni u programu Statistica za Windows OS. Na podacima je izvršena deskriptivna statistika kako bi se opisao uzorak, te univarijantna analiza varijance za ponovljena mjerenja kako bi se utvrdile razlike između ponavljanja u prethodno navedenim varijablama.

REZULTATI

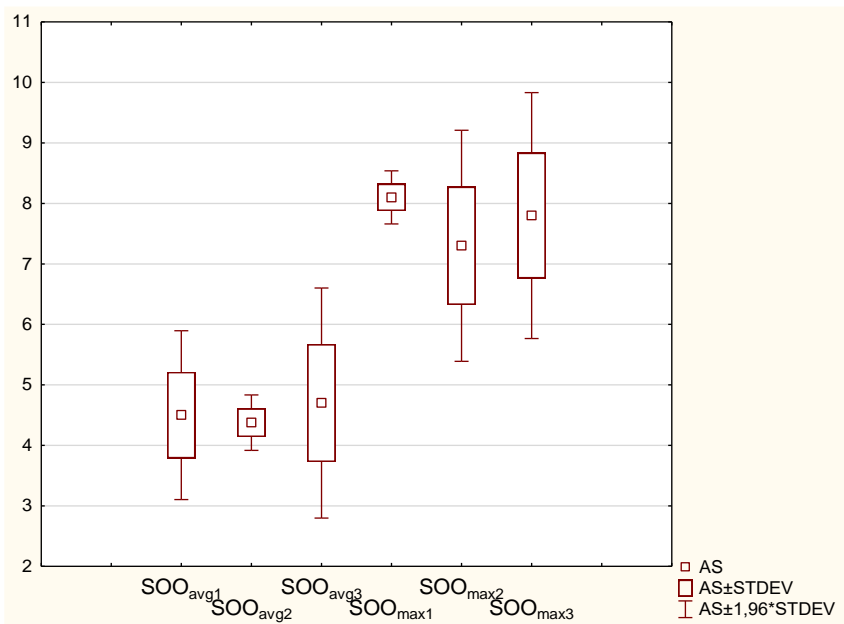
Tablica 2. Deskriptivna statistika za sve tri frekvencije koraka.

	1 korak	2 koraka	3 koraka
	AS±SD (min-max)	AS±SD (min-max)	AS±SD (min-max)
Lak_{avg} (mmol/L)	9,21±1,74 (7,13-11,43)	10,49±2,62 (6,63-13,63)	9,97±1,96 (8,37-13,23)
SOO_{avg}	4,50±0,71 (4,00-5,75)	4,38±0,23 (4,13-4,75)	4,70±0,97 (3,63-6,13)
Lak_{max} (mmol/L)	10,04±1,95 (8,20-13,10)	11,90±3,09 (7,50-15,40)	11,12±2,52 (8,50-15,30)
SOO_{max}	8,10±0,22 (8,00-8,50)	7,30±0,97 (6,00-8,50)	7,80±1,04 (6,50-9,00)
VE_{max} (L/min)	116,34±17,08 (97,60-139,20)	117,32±22,96 (83,10-140,80)	121,12±25,76 (89,90-153,60)

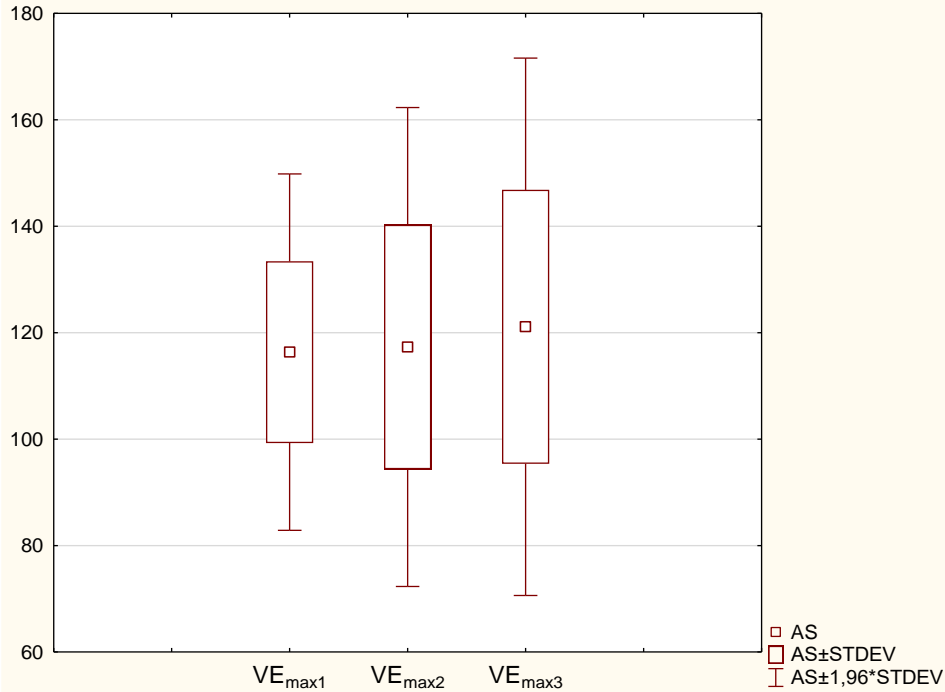
U tablici 2 su prikazane vrijednosti dobivene deskriptivnom statistikom za varijable Lak_{avg} , SOO_{avg} , Lak_{max} , SOO_{max} i VE_{max} . Vidljivo je kako postoji veliki raspon između minimalne i maksimalne vrijednosti u varijablama Lak_{avg} i Lak_{max} . Nasuprot tome, u varijablama SOO_{avg} i SOO_{max} postoji mali raspon što nam govori o većoj tendenciji rezultata ka aritmetičkoj sredini.



Graf 1. Grafički prikaz deskriptivne statistike za varijable $Lak_{avg1,2}$ i 3 i $Lak_{max1,2}$ i 3 .



Graf 2. Grafički prikaz deskriptivne statistike za varijable $SOO_{avg1,2}$ i 3 i $SOO_{max1,2}$ i 3 .



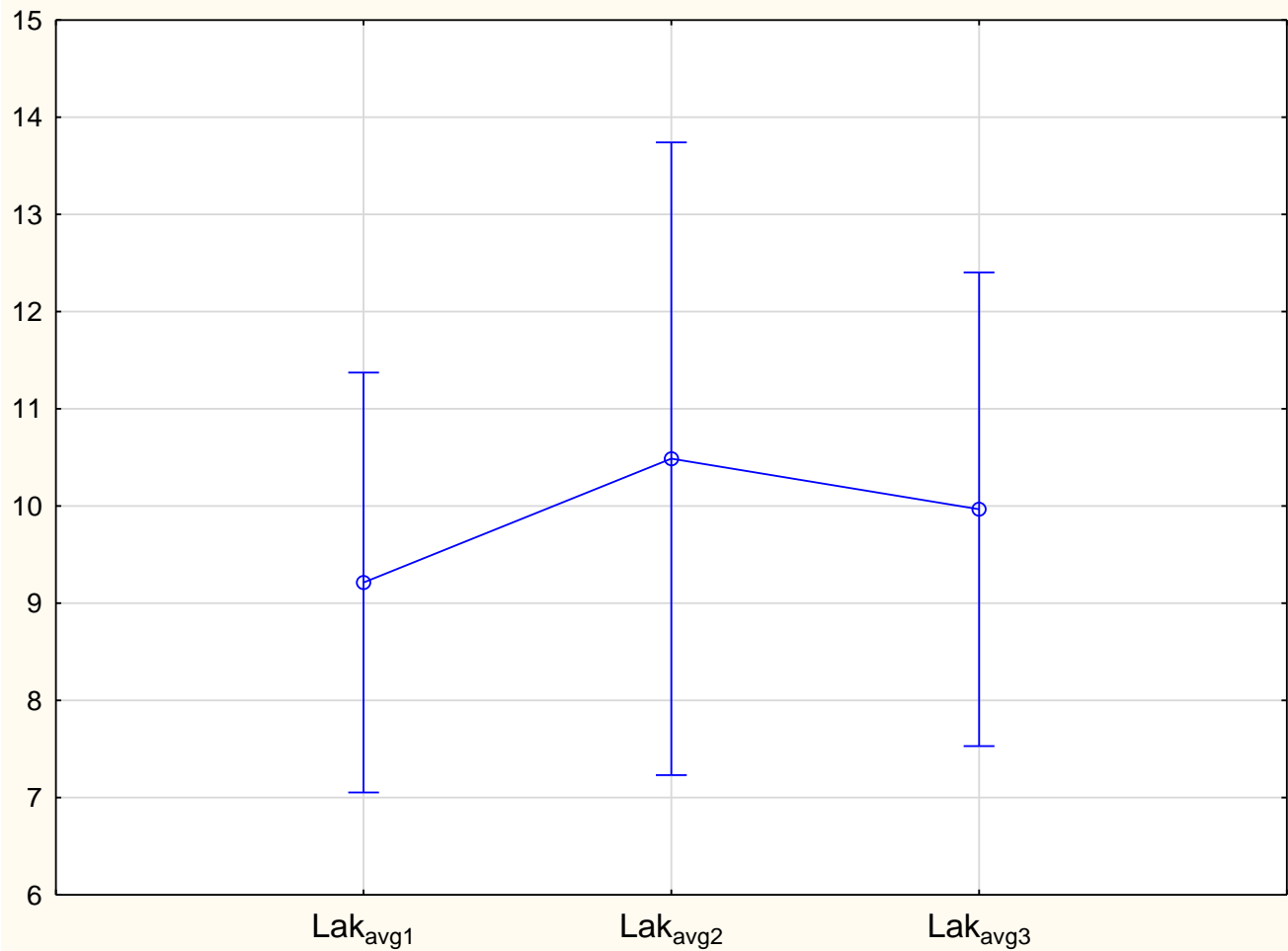
Graf 3. Grafički prikaz deskriptivne statistike za varijablu $VE_{max1,2 i 3}$.

Vidljivo je kako vrijednosti aritmetičkih sredina u varijablama $VE_{max1,2 i 3}$ imaju minimalne razlike, dok se varijabilitet vrijednosti ventilacije povećava sa povećanjem broja koraka. Najveća tendencija vrijednosti ka aritmetičkoj sredini je prisutna kod varijable VE_{max1} (minutna ventilacija tijekom izvedbe jednog koraka kroz zavoj) a najmanja tendencija vrijednosti ka aritmetičkoj sredini kod varijable VE_{max3} (minutna ventilacija tijekom izvedbe tri koraka kroz zavoj).

Tablica 3. Rezultati univarijantne analize varijance za ponovljena mjerenja ($p < 0,05$).

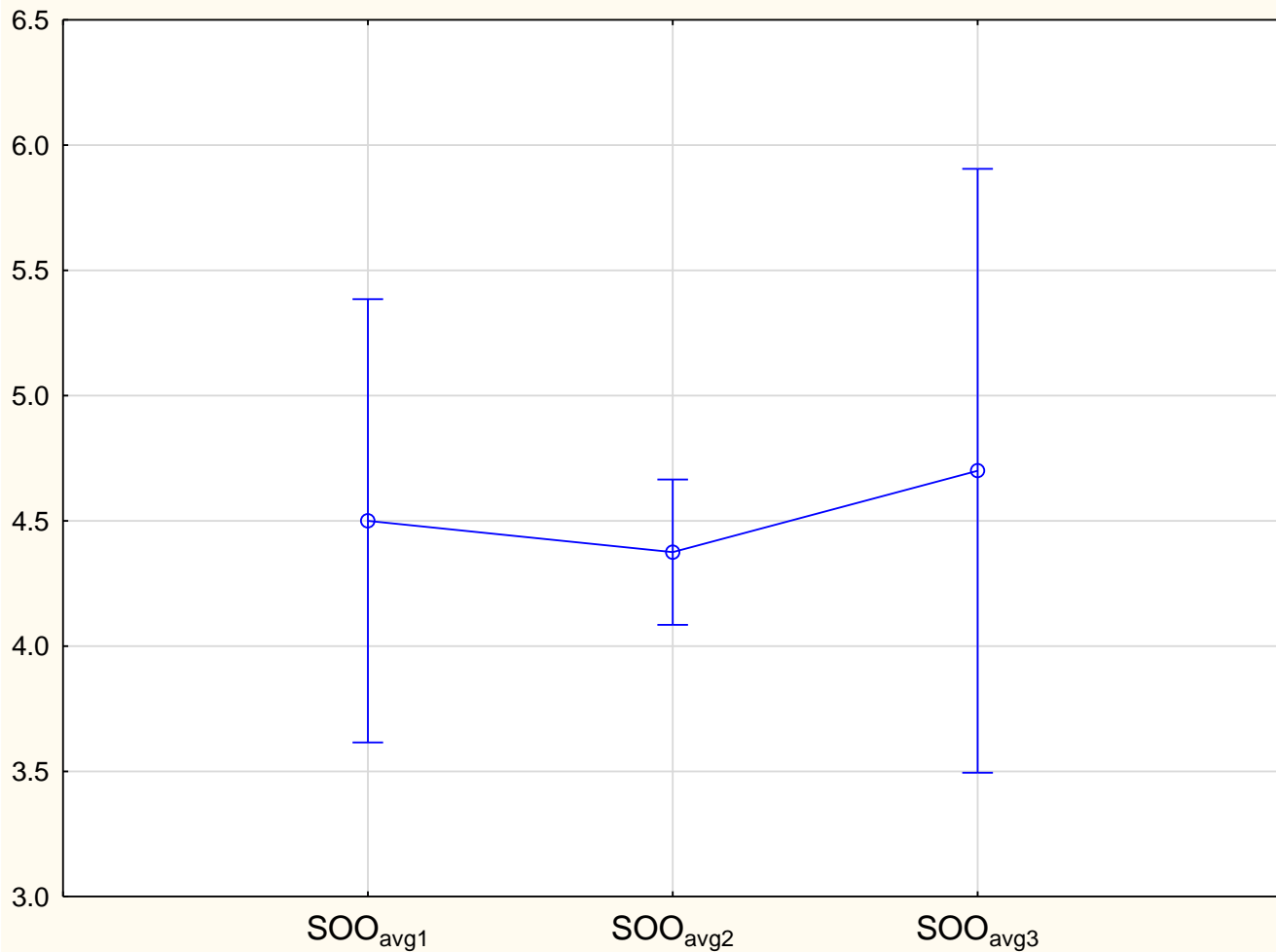
	F	p
Lak _{avg} (mmol/L)	0,4550	0,6499
SOO _{avg}	0,3404	0,7213
Lak _{max} (mmol/L)	0,6951	0,5268
SOO _{max}	1,1807	0,3554
VE _{max} (L/min)	0,8627	0,4579

Prema rezultatima univarijantne analize varijance za ponovljena mjerenja, vidljivo je kako ne postoji statistički značajna razlika između tri različite frekvencije koraka, u svim varijablama.



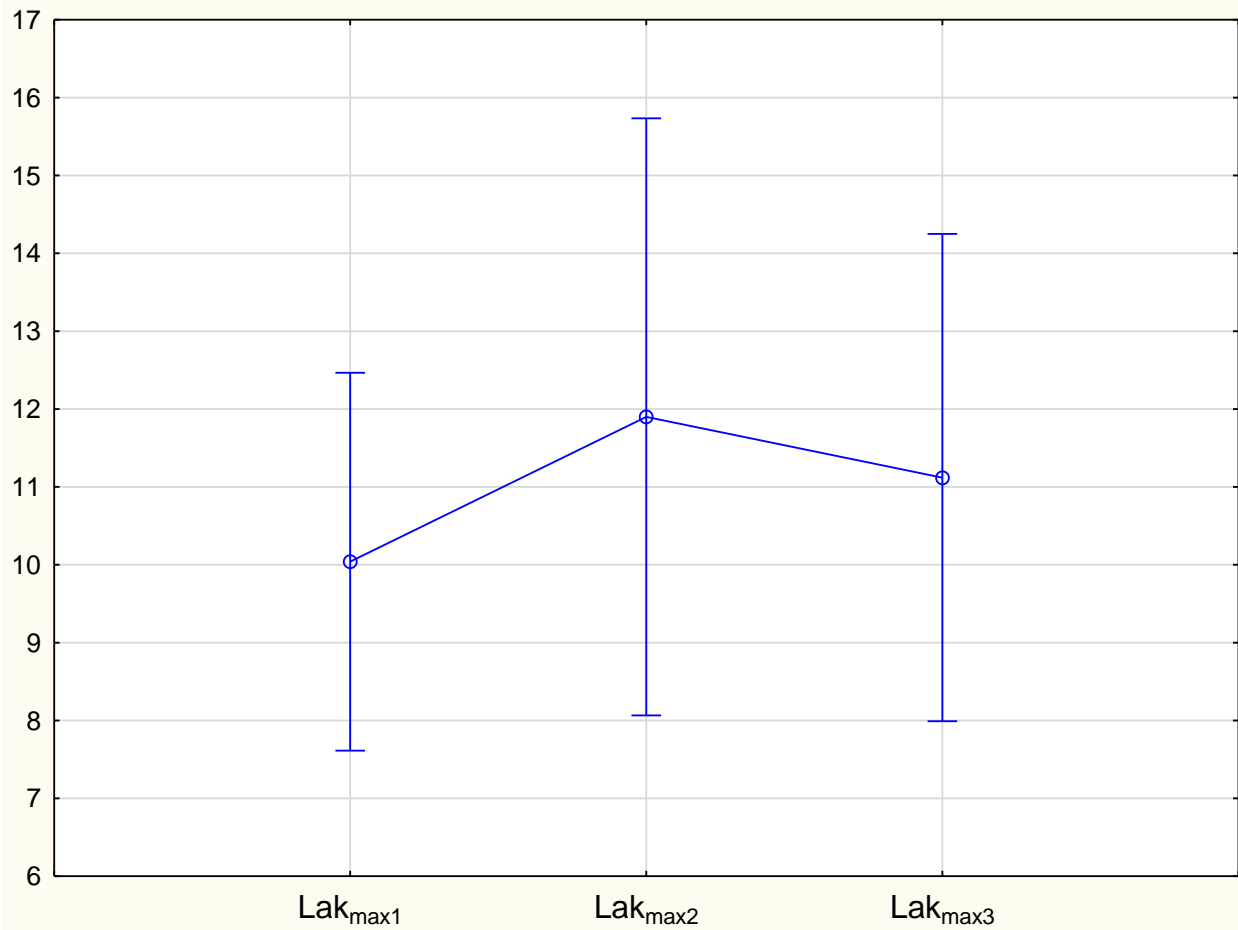
Graf 4. Grafički prikaz rezultata univarijantne analize varijance za ponovljena mjerenja u varijabli Lak_{avg}.

Najveća prosječna vrijednost koncentracije laktata u krvi je vidljiva prilikom izvedbe dva koraka kroz zavoj i iznosila je 10,49 mmol/L. Najmanja vrijednost koncentracije laktata u krvi se očitovala prilikom izvedbe jednog koraka kroz zavoj i iznosila je 9,21 mmol/L. Frekvencija „tri koraka kroz zavoj“ je proizvela koncentraciju laktata u krvi od 9,97 mmol/L, što se nalazi između prethodne dvije frekvencije koraka.



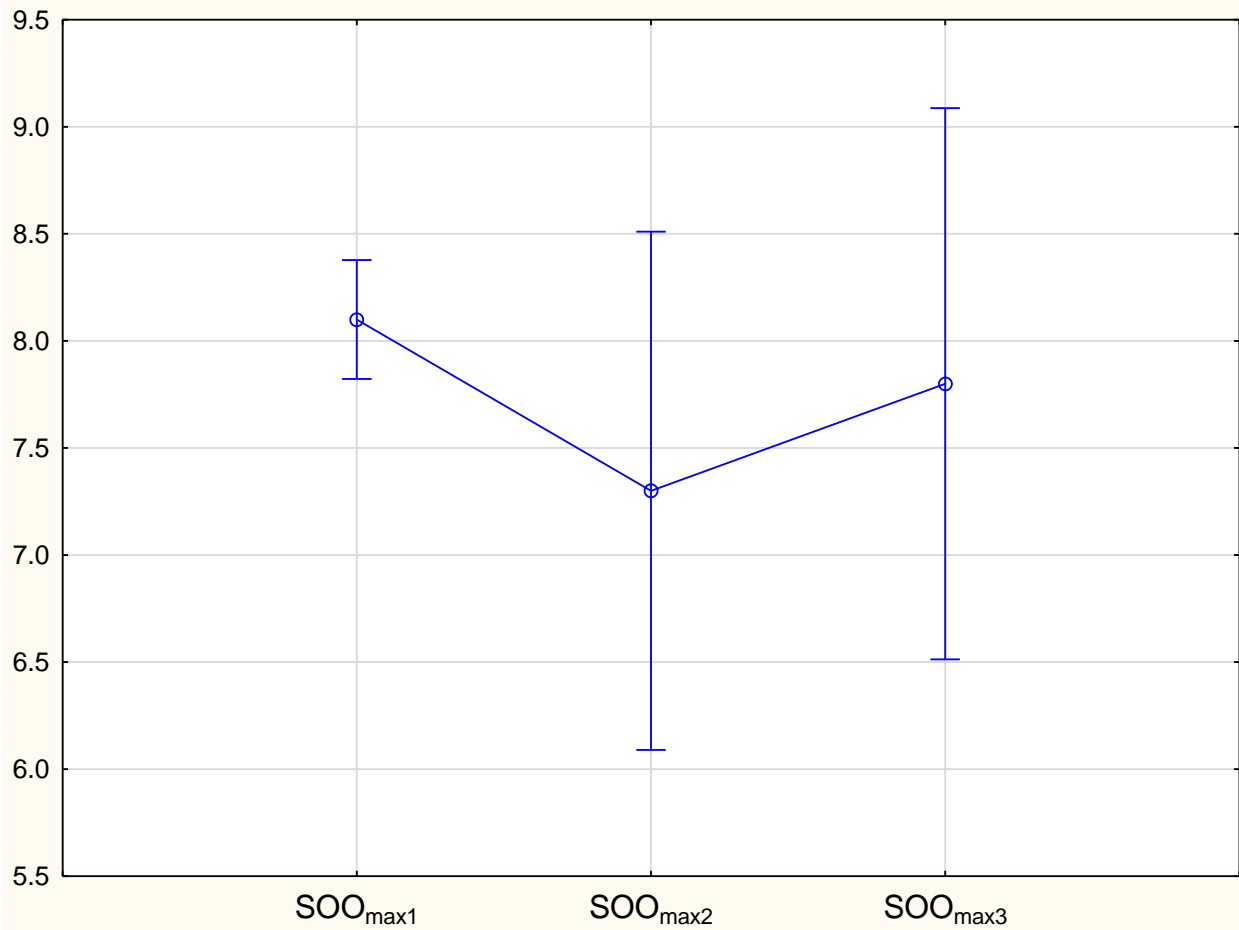
Graf 5. Grafički prikaz rezultata univarijantne analize varijance za ponovljena mjerenja u varijabli SOO_{avg}.

Prosječne vrijednosti subjektivne ocjene opterećenja nisu statistički značajno varirale između tri različite frekvencije koraka. Najveća vrijednost subjektivne ocjene opterećenja se očitovala prilikom izvedbe tri koraka kroz zavoj (4,7), dok je najmanja subjektivna ocjena opterećenja bila prilikom izvedbe dva koraka kroz zavoj (4,4).



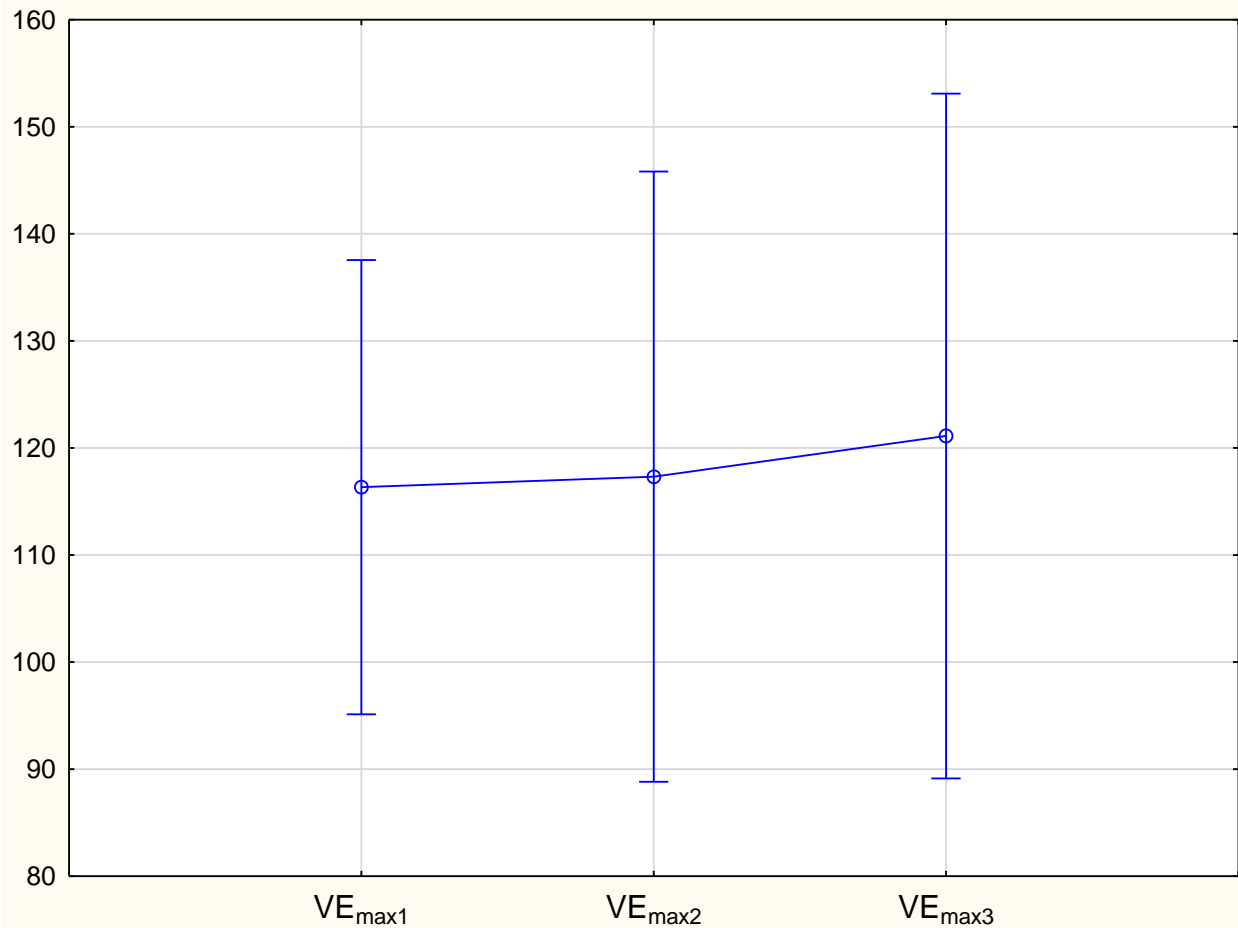
Graf 6. Grafički prikaz rezultata univarijantne analize varijance za ponovljena mjerenja u varijabli Lak_{max}.

Najveće vrijednosti koncentracije laktata u krvi su izmjerene prilikom izvedbe dva koraka kroz zavoј (11,9 mmol/L), dok su najniže vrijednosti bile izmjerene prilikom izvedbe jednog koraka kroz zavoј (10,04 mmol/L). Ovi rezultati, tj. izgled grafa se podudara sa grafom 1; odnosno grafom rezultata univarijantne analize varijance za ponovljena mjerenja u varijabli „AVG-lakt“.



Graf 7. Grafički prikaz rezultata univarijantne analize varijance za ponovljena mjerenja u varijabli SOO_{max}.

Maksimalne vrijednosti subjektivne ocjene opterećenja su prisutne tijekom izvedbe jednog koraka kroz zavoj (8,1), dok su najmanje vrijednosti subjektivne ocjene opterećenja vidljive tijekom izvedbe dva koraka kroz zavoj (7,3).



Graf 8. Grafički prikaz rezultata univarijantne analize varijance za ponovljena mjerenja u varijabli VE_{max} .

Vrijednosti minutne ventilacije su se povećavale usporedno sa povećanjem broja koraka kroz zavoje. Tako su najveće vrijednosti minutne ventilacije prisutne tijekom izvedbe tri koraka kroz zavoje (121.12 L/min), dok su se najmanje vrijednosti očitovale prilikom izvedbe jednog koraka kroz zavoje (116.34 L/min).

Prema rezultatima univarijantne analize varijance za ponovljena mjerenja, specifičnost frekvencija koraka su:

- frekvencija „jedan korak kroz zavoje“ izazvala je najmanje prosječne i maksimalne vrijednosti koncentracije laktata u krvi, ali najveće maksimalne vrijednosti subjektivne ocjene opterećenja

- frekvencija „dva koraka kroz zavoj“ izazvala je najveće prosječne i maksimalne vrijednosti koncentracije laktata u krvi, te najmanje prosječne i maksimalne vrijednosti subjektivne ocjene opterećenja
- frekvencija „tri koraka kroz zavoj“ izazvala je najveće vrijednosti minutne ventilacije i najveće prosječne vrijednosti subjektivne ocjene opterećenja

RASPRAVA

Uzimajući u obzir maksimalan broj remetećih čimbenika tijekom provođenja istraživanja, na određene čimbenike se ipak može ili minimalno ili se ne može utjecati. Postoji vjerojatnost da je njihov utjecaj mogao igrati određenu ulogu u manjku statistički značajne razlike između tri različite frekvencije koraka u danim varijablama. Naime, tijekom provođenja istraživanja na ledu je neizbježan utjecaj smanjenja kvalitete leda kroz vrijeme (led postaje krt i suši se što povećava trenje); naročito zbog neadekvatne izolacije na samom klizalištu. Zatim, utjecaj spremnosti i motivacije svakog ispitanika su ključni čimbenici za provedbu istraživanja. Postoji mogućnost da nisu svi ispitanici bili maksimalno spremni i motivirani za istraživanje što nije moguće dokazati. Prethodni čimbenik je vjerojatno utjecao i na tehniku klizanja svakoga sportaša u vidu efikasnosti odguraja i aerodinamičnosti klizačke pozicije. Viša pozicija rezultira i većom površinom na koju otpor zraka može djelovati i samim time se smanjuje aerodinamičnost klizača (Konings i sur., 2015). Prethodno navedeno su samo pretpostavke te se njihov utjecaj ne može sa stopostotnom sigurnošću dokazati.

S druge strane, iako ne postoji statistički značajna razlika između tri različite frekvencije koraka u danim varijablama, određena razlika još uvijek postoji. Tijekom klizanja jednog koraka kroz zavoj klizač je morao doći u nižu klizačku poziciju, tj. smanjiti kut pregiba u koljenu, kako bi se kretao zadanom brzinom. Pritom je potrebno stvoriti i veću relativnu silu odgurajem. Niža klizačka pozicija i izvedba jednog koraka kroz zavoj je rezultirala sporijim pokretima klizača. Sporiji pokreti klizača označavaju i dulju kontrakciju mišića koja dovodi to stezanja kapilara unutar mišića što je rezultiralo većom lokalnom ishemijom aktivnih mišića. Lokalna ishemija mišića veća od 7% dovodi do smanjenja proizvodnje sile u mišićima, što konačno može rezultirati i većom subjektivnom ocjenom opterećenja (Hettinga, Konings i Cooper, 2016). No, sporiji pokreti su isto

tako omogućavali slobodnoj nozi dulji oporavak od lokalne ishemije/hipoksije aktivnih mišića, čime se utjecaj dugih kontrakcija mišića donekle smanjio. Dulje kontrakcije mišića su vjerojatno uzrokovale i najveće maksimalne vrijednosti subjektivne ocjene opterećenja zbog izazivanja većeg umora živčano-mišićnog sustava. Broj aktiviranih motoričkih jedinica je proporcionalan trajanju kontrakcije (Fallentin, Jørgensen i Simonsen, 1993); primjer skoka u vis s pripremom gdje zamah rukama služi produljenju kontrakcije mišića kako bi on aktivirao veći broj motoričkih jedinica i samim time proizveo veću silu (Haff i Triplett, 2016). Što je veći broj motoričkih jedinica aktiviran to će umor živčanog sustava biti veći. No, prilikom aktivacije određenog broja motoričkih jedinica, brzina kontrakcije isto igra značajnu ulogu u broju aktiviranih motoričkih jedinica.

Povećanjem broja koraka kroz zavoj smanjuje se trajanje kontrakcije mišića, povećava učestalost aktivacije motoričkih jedinica i klizač se nalazi u nešto višoj klizačkoj poziciji. Izvedbom većeg broja koraka pri istoj brzini, relativna sila koju klizač proizvede u odguraju se raspodjeljuje u određeni broj koraka te su potrebnije slabije i kraće mišićne kontrakcije, ali učestalije. No, izvedbom dva koraka kroz zavoj dobivene su najveće prosječne i maksimalne vrijednosti koncentracije laktata u krvi. Čini se kako je upravo ta frekvencija omogućila dovoljno jake i duge mišićne kontrakcije koje su izazvale najveće maksimalne vrijednosti koncentracije laktata u krvi. Nasuprot tome, frekvencija „dva koraka kroz zavoj“ je izazvala najmanje prosječne i maksimalne vrijednosti subjektivne ocjene opterećenja. Razlog tomu je sakriveni faktor koji se vjerojatno krije u pozadini ritma u klizanju i činjenice da je frekvencija „dva koraka kroz zavoj“ najčešće izvođena frekvencija koraka u brzom klizanju na kratke staze. Izvedbom tri koraka kroz zavoj potrebna jačina i trajanje kontrakcije mišića su još manje, iako je kumulativna sila jednaka sili proizvedenoj tijekom izvedbe jednog koraka kroz zavoj. No, čini se kako su nakon svake kontrakcije aktivirani mišići imali kvalitetniji oporavak nego prilikom izvedbe dva koraka kroz zavoj što je rezultiralo manjim prosječnim i maksimalnim vrijednostima laktata.

Približno linearan porast je bio vidljiv jedino u varijabli maksimalne minutne ventilacije (VE_{max}). Maksimalna minutna ventilacija se povećavala usporedno sa povećanjem broja koraka kroz zavoj; odnosno, ispitanici su ubrzavali svoje disanje usporedno sa povećanjem broja koraka. Razlog ubrzanog disanja je povećana acidoza organizma, tj. prevelike koncentracije H^+ iona te pada pH organizma što predstavlja bikarbonatni puferski sustav organizma (Beaver, Wasserman i Whipp, 1985). Prema tome su ispitanici imali najveće maksimalne i prosječne vrijednosti laktata u krvi

tijekom izvedbe tri koraka kroz zavoj iako se to ne slaže sa izmjerenim vrijednostima koncentracije laktata u krvi. Razlog razlike između te dvije varijable se vjerojatno odnosi na efikasnost organizma u odstranjivanju negativnih metaboličkih nusprodukata. Moguće je da su učestalije kontrakcije mišića, koje su služile kao mišićna pumpa (Laughlin, 1987), pomogle u većem protoku krvi i samim time efikasnijem odstranjivanju negativnih metaboličkih nusprodukata.

ZAKLJUČAK

Pri submaksimalnoj brzini od 65% od najbržeg kruga, ne postoji statistički značajna razlika između tri različite frekvencije koraka: jedan korak kroz zavoj, dva koraka kroz zavoj i tri koraka kroz zavoj; u mjerenim varijablama. Čini se kako postojeća razlika uzrokuje drugačije vrijednosti u mjerenim varijablama između frekvencija koraka te se mogu naslutiti određene specifičnosti za svaku frekvenciju koraka, zaključivanje o njima na temelju prikazanih rezultata nije opravdano. Daljnja istraživanja su potrebna za donošenje konkretnih zaključaka o tome koja je frekvencija koraka najefikasnija, tj. energetske najučinkovitija. Ona bi trebala sadržavati veće uzorke i više različitih brzina pri izvođenju istih frekvencija koraka kako bi se vidjelo je li frekvencija koraka ovisna o submaksimalnoj i maksimalnoj brzini, i obratno. Zaključno, frekvencija koraka koju klizač izvodi je ovisna o klizačevim individualnim karakteristikama i stilu klizanja.

LITERATURA

- Beaver, W. L., Wasserman, K., i Whipp, B. J. (1985). Bicarbonate buffering of lactic acid generated during exercise. *Journal of Applied Physiology*, 60(2), 472–478. <https://doi.org/10.1152/jappl.1986.60.2.472>
- Buchheit, M., i Laursen, P. B. (2013). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: Cardiopulmonary emphasis. *Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0029-x>
- Beneke, R., i Leithäuser, R. M. (2017). Maximal lactate steady state's dependence on cycling cadence. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(3), 304–309. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0573>
- Fallentin, N., Jørgensen, K., i Simonsen, E. B. (1993). Motor unit recruitment during prolonged isometric contractions. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 67(4), 335–341. <https://doi.org/10.1007/BF00357632>
- Felser, S., Behrens, M., Fischer, S., Baeumler, M., Salomon, R., i Bruhn, S. (2016). Neuromuscular activation during short-track speed skating in young athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(7), 848–854. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0344>
- Haff, G., i Triplett, N. T. (2016). *Essentials of strength training and conditioning*. Četvrto izdanje. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Haug, W. B., Drinkwater, E. J., Mitchell, L. J., i Chapman, D. W. (2015). The relationship between start performance and race outcome in elite 500-m short-track speed skating. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(7), 902–906. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0504>
- Hettinga, F. J., Konings, M. J., i Cooper, C. E. (2016). Differences in muscle oxygenation, perceived fatigue and recovery between long-track and short-track speed skating. *Frontiers in Physiology*, 7(DEC). <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00619>
- Hesford, C. M., Laing, S. J., Cardinale, M., i Cooper, C. E. (2012). Asymmetry of quadriceps muscle oxygenation during elite short-track speed skating. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 44(3), 501–508. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31822f8942>

- Hesford, C. M., Laing, S., Cardinale, M., i Cooper, C. E. (2013). Effect of race distance on muscle oxygenation in short-track speed skating. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 45(1), 83–92. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31826c58dd>
- Konings, M. J., Elferink-Gemser, M. T., Stoter, I. K., van der Meer, D., Otten, E., i Hettinga, F. J. (2015). Performance Characteristics of Long-Track Speed Skaters: A Literature Review. *Sports Medicine*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0298-z>
- Konings, M. J., Noorbergen, O. S., Micklewright, D., Elferink-Gemser, M. T., i Hettinga, F. J. (2016). Pacing Behavior and Tactical Positioning in 1500-m Short-Track Speed Skating. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(6), 122–129. <http://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0137>
- Landry, T., Gagnon, L., i Laurendeau, D. (2013). A GISCentric optical tracking system and lap simulator for short track speed skating. Paper presented at the *10th International Conference on Computer and Robot Vision*, Regina, Canada.
- Laughlin, M. H. (1987). Skeletal muscle blood flow capacity: Role of muscle pump in exercise hyperemia. *American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology*. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.1987.253.5.h993>
- Maw, S., Proctor, L., Vredenburg, J., i Ehlers, P. (2006). Influence of starting position on finishing position in World Cup 500 m short track speed skating. *Journal of Sports Sciences*, 24(12), 1239–1246. <https://doi.org/10.1080/02640410500497733>
- Noorbergen, O. S., Konings, M. J., Micklewright, D., Elferink-Gemser, M. T., i Hettinga, F. J. (2016). Pacing behavior and tactical positioning in 500-and 1000-m short-Track speed skating. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(6), 742–748. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0384>
- Short track speed skating. (n.d.). U Britannica. Dostupno na <https://www.britannica.com/sports/short-track-speed-skating>
- Skovereng, K., Ettema, G., i van Beekvelt, M. C. P. (2016). Oxygenation, local muscle oxygen consumption and joint specific power in cycling: the effect of cadence at a constant external

work rate. *European Journal of Applied Physiology*, 116(6), 1207–1217.
<https://doi.org/10.1007/s00421-016-3379-x>

Stebbins, C. L., Moore, J. L., i Casazza, G. A. (2014). Effects of cadence on aerobic capacity following a prolonged, varied intensity cycling trial. *Journal of Sports Science and Medicine*, 13(1), 114–119. Preuzeto dana 14.08.2020 s: <https://www.jssm.org/mob/ajssm-13-114.xml>

van der Kruk, E., Reijne, M. M., de Laat, B., i Veeger, D. J. (H E. J.). (2019). Push-off forces in elite short-track speed skating. *Sports Biomechanics*, 18(5), 527–538.
<https://doi.org/10.1080/14763141.2018.1441898>

ZAHVALE

Ovim putem bi se htio zahvaliti sljedećim osobama:

- *Vlatko Vučetić – mojem mentoru, na edukaciji i omogućavanju provedbe ovoga eksperimenta i diplomskog rada*
- *Jere Gulin – za pomoć pri laboratorijskom testiranju i obradi sirovih podataka*
- *Ivan Lulić – za provedbu mjerenja na klizalištu*
- *Ivana Mikulčić, Juraj Mihael Kutnar i Karlo Karaula – za pomoć pri mjerenju na klizalištu*
- *KBK Meteor – za omogućavanje satnice na klizalištu, potrebne za provedbu eksperimenta*
- *i Hrvatskoj brzoklizačkoj reprezentaciji*

Zahvaljujem se i svojoj bližoj obitelji, te najboljim mačkama na svijetu: Mica Maca i Slavica.