

# VALIDACIJA PRIMJENE PROGRESIVNOG TESTA OPTEREĆENJA ZA PROCIJENU ANAEROBNOG ENERGETSKOG KAPACITETA KORIŠTENJEM WINGATEOVE METODE NA NOVOKONSTRUIRANOM BICIKL - ERGOMETRU

---

Šnajder, Lea

Master's thesis / Diplomski rad

2021

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:117:643548>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-27**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**

**KINEZIOLOŠKI FAKULTET**

(studij za stjecanje akademskog naziva:

magistar kineziologije)

**Lea Šnajder**

**VALIDACIJA PRIMJENE PROGRESIVNOG  
TESTA OPTEREĆENJA ZA PROCIJENU  
ANAEROBNOG ENERGETSKOG KAPACITETA  
KORIŠTENJEM WINGATEOVE METODE NA  
NOVOKONSTRUIRANOM BICIKL -  
ERGOMETRU**

diplomski rad

**Mentor:**

**doc. dr. sc., Tatjana Trošt Bobić**

Zagreb, rujan, 2021.

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:

---

Student:

---

# VALIDACIJA PRIMJENE PROGRESIVNOG TESTA OPTEREĆENJA ZA PROCIJENU ANAEROBNOG ENERGETSKOG KAPACITETA KORIŠTENJEM WINGATEOVE METODE NA NOVOKONSTRUIRANOM BICIKL-ERGOMETRU

## SAŽETAK

U sportskoj i medicinskoj dijagnostici koriste se različiti protokoli za mjerenje anaerobnog kapaciteta sportaša. U sportovima gdje sama izvedba ovisi o anaerobnoj sposobnosti sportaša će se koristiti Wingate test. Kao modalitet opterećenja u testu koristi se bicikliranje, uz maksimalni napor tijekom 30 sekundi, te je, s obzirom na jednostavnost i praktičnost jedan od testova izbora za procjenu anaerobnog kapaciteta. Uz trenutnu procjenu anaerobne sposobnosti ispitanika, Wingate test također možemo koristiti i za praćenje učinaka trenažnog procesa. Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi pouzdanost i valjanost novog mjernog instrumenta za određivanje anaerobne sposobnosti primjenom Wingatovog testa. Istraživanje se provelo na deset ispitanika studenata Kineziološkog fakulteta sveučilišta u Zagrebu. Kao sprava opterećenja korišten je novokonstruirani električni bicikl tvrtke DC-Bike, te su u svrhu validacije uspoređeni rezultati testa (maksimalna snaga vršena na polugu pedale (W), prosječna snaga, pad snage, te pokazatelji umora pri zadanoj frekvenciji, sa rezultatima u testu na standardnom ergometru. Svi podaci su uneseni u MS Excel i obrađeni u programu Statistica for Windows. Normalnost distribucije provjerena je s pomoću Kolmogorov-Smirnov (KS) testa. Valjanost i pouzdanost je utvrđena pomoću faktorske analize. Koeficijent interkorelacije uzet je kao pokazatelj homogenosti varijabli proizašlih iz protokola provedenog na novokonstruiranom električnom biciklu. Istraživanjem je utvrđeno da je novokonstruirani bicikl-ergometar valjan i pouzdan za procjenu parametara anaerobnog kapaciteta.

**Ključne riječi:** energetski kapacitet, anaerobna izdržljivost, ergometar, funkcionalno testiranje, validacija

**VALIDATION OF PROGRESSIVE LOAD TEST APPLICATION FOR  
ASSESSMENT OF ANAEROBIC ENERGY CAPACITY USING THE  
WINGATE METHOD ON A NEWLY CONSTRUCTED BICYCLE  
ERGOMETER**

**ABSTRACT**

Different protocols are being used in sports and medical diagnostics to measure the anaerobic capacity of athletes. The Wingat method is commonly used in sports where the performance depends on the anaerobic capacity of the athlete. Cycling for 30 seconds with maximum effort, used as a load modality, is one of the tests of choice for assessing anaerobic capacity given its simplicity and practicality. Along with the momentary assessment of the subject's anaerobic capacity, the Wingate test can also be used to monitor the effects of the training process. The aim of this study was to determine the reliability and validity of a new measuring instrument for determining anaerobic capacity of athletes using the Wingat test. The study was conducted on ten students from the Faculty of Kinesiology, University of Zagreb. A newly constructed electric bicycle from the company DC-Bike was used as a load device, and for the purpose of validation, test results (maximum power exerted on the pedal lever (W), average power, power drop, and fatigue indicators at a given frequency) were compared with the test results on a standard ergometer. The collected data was input in 'MS Excel' and processed in 'Statistica for Windows'. Distribution normality has been checked using the Kolmogorov-Smirnov (KS) test. Validity and reliability were determined by factor analysis, while the intercorrelation coefficient was taken as an indicator of homogeneity of the variables that were collected from the protocol performed on the newly constructed electric bike. The study concludes that the newly constructed bicycle-ergometer is a valid and reliable tool for the estimation of the parameters of one's anaerobic capacity.

**Keywords:** energy capacity, anaerobic endurance, ergometer, functional testing, validation

## Sadržaj

1. Uvod .....	6
2. Dosadašnja istraživanja .....	8
2.1 Wingate test – Zlatni standard za određivanje anaerobnih sposobnosti.....	8
2.2 Razlika u rezultatima između spolova dobivenih Wingatovim testom.....	12
2.3 Razlika između biciklističkih ergometara s mehaničkim i elektromagnetskim kočenjem ..	13
3. Ciljevi i hipoteze.....	14
4. Metode istraživanja .....	15
4.1. Uzorak ispitanika .....	15
4.2. Opis protokola, mjernih instrumenata i varijabli .....	15
5. Metode rada .....	17
5.1. Obrada podataka:.....	17
6. Rezultati.....	18
6.1. Deskriptivna statistika i obrada podataka .....	18
7. Rasprava.....	22
8. Zaključak.....	24
9. POPIS LITERATURE: .....	25

## 1. Uvod

Anaerobna snaga je snaga koja se koristi u vježbama visokog intenziteta koje traju manje od deset sekundi gdje je najveće vrijeme pražnjenja rezervi fosfokreatina kao primarnog izvora energije. Izražava se u smislu sile po kilogramu tjelesne težine. Anaerobna snaga se smatra ključnom komponentom u ukupnoj kvaliteti samog sportaša u sportovima kao što su dizanje utega, sprint, skakanje i hrvanje, iako ostali timski i pojedinačni sportovi, te natjecanja također mogu biti visoko zahtjevni što se tiče anaerobne izlazne snage. Anaerobna aktivnost definirana je kao potrošnja energije koju koristi anaerobni metabolizam (bez upotrebe kisika), koja traje manje od 90 sekundi, visokog intenziteta. Dakle anaerobna snaga, te anaerobni kapacitet, od iznimne su važnosti kada govorimo o uspješnosti pojedinog sportaša, takvog sporta u kojem se koriste pretežno anaerobni energetske kapaciteti. Do danas razvijeni su, te se provode razni protokoli za određivanje anaerobnih kapaciteta. Vučetić, Sukreški, Sporiš (2013) Postavljaju niz pitanja na temelju čega definiramo koji je protokol testiranja adekvatan za pojedini sport i pojedini trenažni sustav. “Koji su to parametri koji nam mogu pomoći pri definiranju cilja treninga? Koji su to parametri koji nam mogu pomoći pri doziranju intenziteta treninga? Koji su to parametri koji nam mogu pomoći pri kontroli ostvarenog volumena treninga? Koji su to parametri koji mogu pomoći pri analizi kratkoročnih i dugoročnih trenažnih efekata? Kojim protokolom možemo izmjeriti i procijeniti tražene parametre? Koji protokol daje dovoljno precizne i pouzdane informacije? Kakva je naša (sportaševa/klupska) financijska situacija? Koje sustave i opremu mogu koristiti na treningu? Koje parametre razumijem i znam primijeniti u treningu” . Wingate test ili skraćeno WAnT test, predstavlja najpoznatiji i najčešće korišteni laboratorijski test za mjerenje anaerobnog kapaciteta (anaerobne izdržljivosti). Test se izvodi tako da ispitanik maksimalno pedalira (što veći broj okretaja) na bicikl-ergometru pri konstantnom otporu, u trajanju od 30 s. Veličina otpora (kočeca sila) mora biti tolika da ispitanik ne može održavati inicijalno postignutu maksimalnu snagu (brzinu okretaja) duže od nekoliko sekundi. Učinak u testu se kvantificira prema postignutom broju okretaja (kadenca) a procjenjuje se maksimalna snaga (PPO), prosječna snaga (MPO), te pad snage kao (AF) (Bar-Or, 1987). Tijekom WAnT -a potrebna su dva glavna izvora energije. Prvi je sustav adenozin trifosfat-fosfokreatin (ATP-PCr), koji traje 3 do 15 sekundi za vrijeme maksimalnog napora. Drugi sustav je anaerobna glikoliza, koja se može održati do kraja ukupnog napora. Stoga WAnT mjeri sposobnost mišića za rad koristeći i ATP-PCr i glikolitički

sustav. Mnogi sportovi, uključujući nogomet, sprint, bejzbol, lacrosse i gimnastiku, tijekom natjecanja intenzivno koriste anaerobni metabolizam. Ova studija ispituje aspekt najveće snage donjeg dijela tijela i anaerobnog kapaciteta pomoću iscrpnog 30-sekundnog anaerobnog testa (WAnT). "Biciklergometar u laboratorijskom testiranju omogućava precizno doziranje opterećenja (u Wattima) i procjenu mehaničke efikasnosti rada, mogućnost dodatnih invazivnih i neinvazivnih pretraga a manji je i rizik ozljeđivanja (zbog sjedećeg položaja ispitanika), što je posebice značajno kod ispitanika starije dobi i rekreativaca. Međutim, zbog manjeg udjela aktivne mišićne mase, često lokalna a ne opća mišićna izdržljivost limitira doseg u testu." (Vučetić, Sukreški, Sporiš, 2013). "Anaerobni energetske kapacitet predstavlja sposobnost odupiranja umoru pri dinamičkim aktivnostima sub maksimalnog ili maksimalnog intenziteta. Anaerobni energetske procesi podrazumijevaju stvaranje energije procesima bez korištenja kisika. Kao energenti koriste se mišićni glikogen i kreatinfosfat, a kao nusprodukt anaerobnog (glikolitičkog) metabolizma nastaje mliječna kiselina (laktat) koja posredno snižava pH krvi i ometa funkciju mišića" (Vučetić, Sukreški, Sporiš, 2013). U ovom istraživačkom diplomskom radu, koristio se „Wingatov test” za određivanje anaerobne sposobnosti ispitanika. Wingatov test razvijen je u Wingate Institute u Izraelu tijekom 1970-ih, a zasnovan je na temelju Cummingovog testa. Ovaj test može identificirati dvije primarne mjere, a to su anaerobni kapacitet i anaerobnu izlaznu snagu. Te su vrijednosti vitalni čimbenici u sportu koji zahtijevaju kratkotrajne maksimalne napore. Kao rezultat, ovaj određeni test može biti koristan alat za procjenu sportaša koji se natječu u sportovima slične prirode. Budući da ovaj test samo od sudionika zahtijeva biciklizam uz maksimalni napor tijekom 30 sekundi, njegova jednostavnost i vremenska učinkovitost ukazuje na to, da je izuzetno popularan protokol testiranja. I upravo ovaj protokol je implementiran u DCB-metodu te smo dobivene parametre uspoređivali sa već poznatim ergometrom. Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi pouzdanost i valjanost novog mjernog instrumenta za određivanje anaerobne sposobnosti primjenom Wingatovog testa. Svrha istraživanja je svakako bila približiti ovakav način testiranja široj populaciji sportaša odnosno validacijom utvrditi pouzdanost ergometra te ga cjenovno omogućiti svim klubovima kako se ne bi trebale izdvajati velike svote novaca za odlazak u dijagnostičke centre kojih je vrlo malo.



## 2. Dosadašnja istraživanja

### 2.1 Wingate test – Zlatni standard za određivanje anaerobnih sposobnosti

U radu (Caleb, 2021), na Utah State Sveučilištu napravio je istraživanje gdje je anaerobni test Wingate obuhvatio pregled literature i ažurirao referentne vrijednosti kod sportaša. U WAnT testu postoji više varijabli koje se mogu prilagoditi prema nahođenju istražitelja što može utjecati na podatke: Očitavanje snage (kalibriranju senzora), uključujući postotak tjelesne težine (BW) kao otpor, tip ergometra, trajanjem testa. Svaka od ovih varijabli može promijeniti utjecaj prijavljenih podataka i pouzdanost studije u usporedbi s drugima. Na primjer, povećanje ili smanjenje otpora može promijeniti sposobnost sudionika za učinkovitu proizvodnju energije, dok je potrebno skraćivanje trajanja najniže vrijednosti snage udaljene od izračuna, povećavajući MP. Ove varijable mogu se manipulirati kako bi se postigli optimalni rezultati izvedbe. Uobičajeni indeksi WAnT često uključuju vršnu snagu (PP), srednju snagu (MP), anaerobna snagu (AP), anaerobni kapacitet (AC), okretaji u minuti/kadencija (RPM), indeks umora (FI) i najnižu snagu (LP). Izračune za ove pojmove definirali su Bringhurst i sur. (2020): Vršna snaga izračunava se kao najveća trenutna izlazna snaga postignuta u vatima (W), a MP se izračunava kao prosječna izlazna snaga u vatima tijekom trajanja ispitivanja. Anaerobna snaga definirana je kao vršna snaga po kilogramu (kg) BM (W/kg), dok je AC jednak srednjoj snazi po kg BW (W/kg). Najniža snaga smatra se najmanjom trenutnom snagom Izlaza koji je snimljen tijekom testa u Wattima; maksimalni broj okretaja u minuti može se izračunati kao najveća trenutna frekvencija okretaja pedale, a FI se može izračunati kao  $[(PP-LP)/PP] \times 100$ . Izvorni upućeni postotak za otpor na mehaničkom kočenom ergometru (ME) iznosio je 4% tjelesne težine ispitanika (Ayalon i sur., 1974), ali su naknadna istraživanja mjerila iskorištenu snagu između 6-10% BW (Bar-Or, 1987). predložio je optimalno opterećenje za nesportaše na 9% BW i 10% BW za odrasle sportaše, ali ti postoci su se temeljeni na Monark ME. Međutim, Coppin i sur. (2012) citiraju daljnja istraživanja gdje su utvrdili da je 8,5% BW optimalno opterećenje pri testiranju sportaša muškog spola sa snagom. U pokušaj reagiranja na pojedine sudionike koji proizvode veće izlazne snage (PPO ili PP) pri različitim razinama otpora, mnogi su istraživači završili praktična ispitivanja u nastojanju da pojedinačno odrede koji otpor proizvodi najveće vrijednosti za svakog sudionika i završavanje eksperimentalnih istraživanja s tim unaprijed određenim postocima (Mougin i sur., 1986; Ozkaya i sur., 2014; Zouhal i sur., 1998). WAnT je izvorno izveden na ME -u. Tehnološki napredak uveo je elektromagnetski kočioni ergometar (EE) koji koriste elektromagnetski zamašnjak kao kočioni sustav, općenito

upravljani računalnim sučeljem, umjesto ručne primjene visećih utega u ME. Prije uvođenja EE -a i sustava automatskog kočenja, došlo je do prirodnog kašnjenja u vremenu postizanja maksimalnog otpora zbog vremena reakcije čovjeka u primjenom otpora, dok sustavi automatskog kočenja omogućuju trenutno opterećenje i točnije bilježenje svih podataka za test. Imajući to na umu, potrebno je vrijeme kašnjenja maksimalni otpor najvjerojatnije je bio 2 do 4 sekunde, čime se smanjila vršna snaga i vjerojatno anaerobni kapacitet jer 30 sekundi obično nije počinjalo dok se nije doseglo konačno opterećenje (Zupan i sur., 2009). Većina studija provedenih prije 1999. godine izvješćuje o znatno nižoj vršnoj snazi (PPO) i anaerobnih kapaciteta (AC) nego studija Zupana i sur. (2009). Važan dio uspostave i standardizacije vrijednosti WAnT -a i njihove usporedbe sportaša drugim sportašima vrijeme je testiranja u makro ciklusu periodizacije treninga sportaša. To nije nešto što se često uključuje u recenzije ili raspravlja, ali ima važnost kada su sudionici sportaši. Vršna snaga može se značajno razlikovati kod pojedinačnih sportaša između razdoblja mezociklusa, što smanjuje pouzdanost referentnih vrijednosti ako se zabilježe tijekom različita razdoblja. U nastojanju da se ispita vrijeme testiranja u makrociklusima sportaša, Grobelna i sur. (2011) ocijenili su učinak prijelaznog razdoblja na indekse WAnT. Grobelna (2011) opisuje prijelazno razdoblje kao „razdoblje tjelesnog i psihičkog oporavka za sportaši nakon natjecateljske sezone”. Otkrili su značajno bolji ukupni radni učinak (T2:  $159 \pm 9,7$  J/kg; T1:  $157 \pm 11,9$  J/kg;  $p = 0,03606$ ) i maksimalnu snagu (T2:  $12,2 \pm 0,75$  W/kg; T1:  $12,0 \pm 0,88$  W/kg;  $p = 0,03962$ ) u T2 (nakon prijelaznog razdoblja) vs T1 (prije prijelaznog razdoblja) u sportaši bez značajnih promjena u tjelesnoj masi ili %masti. Međutim, ovaj učinak nije bio viđen kod sportašica. Ovi podaci ukazuju na to da se testiranje sportaša vrši nakon njihovog prijelaza razdoblje smanjenja obujma i intenziteta treninga proizvodi veće izlazne vrijednosti. Unaprijediti, ti rezultati pokazuju da prijelazno razdoblje ne smanjuje anaerobne parametre performansi. Neki su istraživači istraživali učinke protokola testiranja skraćenim trajanjem. U kraćem trajanju WAnT protokoli (npr. 15- i Varijacije od 20 sekundi), promjene u odgovoru tijela i izlaznim podacima moraju se uzeti u obzir. Skraćeno trajanje, uključujući trajanje od 15 i 20 sekundi WAnT, može koristiti više energetskog sustava fosfokreatina umjesto da se proširi u glikolitički sustav. Iako je 30-sekundni WAnT razvijen za procjenu AP i AC, jest naširoko se raspravljalo o tome koliko posto energije proizlazi iz aerobnih putova prema posljednjem dijelu testa, gdje se procjene aerobnog doprinosa kreću od 9-44% (Attia i sur., 2014). Što se tiče WAnT indeksa, očekuje se da će srednja snaga (MP) biti drugačija u

skraćenom obliku WAnTs u usporedbi s 30-sekundnim WAnT protokolima, dok vršna snaga (PP) ne bi trebala biti statistički različita. U WAnT-u od 30 sekundi mišićni umor ne utječe uistinu na performanse do drugih 15 sekundi testa kada izlazna snaga značajno opadne. Postoje dokazi koji istražuju algoritme zasnovane na predviđanju iz skraćenih WAnT-ova (Attia i sur., 2014), ali predviđanja ne moraju uvijek točno opisati istinski WAnT od 30 sekundi. Zbog različitih protokola ispitivanja i ergometara, mnoga su istraživanja ocijenila pouzdanost WAnT-a da opravda usporedbu podataka u svim studijama. Prethodna istraživanja ukazuju na WAnT je pouzdan za sve vrste ergometara, posebno kod sportaša (Ozkaya i sur., 2018; Attia i sur., 2014.; Malone i sur., 2014). Prethodne studije s više testova također su pokazale učinak upoznavanja između prvog i drugog ispitivanja (Bringhurst i sur., 2020.; Ozkaya i sur., 2012.; Ozkaya, 2013). Iako su mnoge promjenjive varijable povezane s WAnT, ponovljene mjere s istim varijablama pokazale su se pouzdanima. Iako je WAnT razvijen prije mnogo godina, testiranje još uvijek nije standardizirano. Na primjer, korištene su varijacije protokola od 30 sekundi te otpor ili opterećenje primjenjuje se različito. Jedan od uobičajeno korištenih otpora je 7,5% BW (0,075 kg/BW), koje većina koristi. Prije nadogradnje hardvera i softvera ergometra 2000 -ih većina indeksa snage bilo je izračunato u srednjim vrijednostima od 5 sekundi (tradicionalni indeksi) (Ozkaya i sur., 2018), što može dovesti do velikih odstupanja u PP -u kako se danas izračunavaju. Uz promjene u softveru, mehaničke promjene na ergometrima dovele su do većih pouzdanost. Trajanje Attia i sur. (2014) istraživali su kako bi mogli biti podaci dobiveni 20-sekundnim WAnT-om koristi se za predviđanje tradicionalnih mjera WAnT od 30 sekundi. Zaključili su da, po želji, Indeksi WAnT od 30 sekundi mogu se točno predvidjeti iz testa od 20 sekundi. Osjetno veće vrijednosti MP ( $675 \pm 118$  W) za WAnT od 20 sekundi u usporedbi s 30 sekundi WAnT ( $612 \pm 94$  W) sugerira da je izvedba ispitnika dramatično pala u posljednjih 10 sekundi testa (Attia i sur., 2014). Međutim, predviđeni MP ( $620,5 \pm 103,5$  W) bio je sličan izmjerenim rezultatima za MP ( $612,3 \pm 97,1$  W) [ $p = 0,08$ ]. Sawczyn i sur. (2017) istraživali su razlike između tri trajanja WAnT-a: 30-sekundi, 60 sekundi i 120 sekundi, kao i četiri ponavljanja po 30 sekundi s intervali oporavka 30 sekundi. Istražitelji su otkrili prirodno smanjenje obima posla s povećanjem trajanja ispitivanja (na temelju 30 sekundi). Prosječna vršna snaga tijekom ispitivanja ponovljenih mjera izmjerena je na  $11,3 \pm 0,8$  W/kg u usporedbi s prosječnom vrijednošću vršne snage WAnT od 30 sekundi od  $13,0 \pm 1,0$  W/kg (Sawczyn i sur., 2017). Grobelna i sur. (2011) koristili su skraćeni test od 15 sekundi, koji omogućuje mjerenje maksimalni AP uz izbjegavanje akutnih učinaka umora uzrokovanih cijelim testom od 30 sekundi. U usporedbi s referentnim

vrijednostima koje su dali Zupan i sur. (2009) i Coppin i sur. (2012), najveći rezultati PP Grobelna i sur. (2011) rangirani kao ispodprosječni, odnosno niski za muškaraca, a kao i iznad prosjeka za žene prema Zupan i sur. (2009). Kad se rangira s razmatranje BW, rezultati Grobelne i sur. (2011) rangiraju kao prosječni i niski prema Zupan i sur. (2009) i Coppin i sur. (2012), za muškarce, odnosno iznadprosječno za žene prema Zupanu i sur. (2009). Vrijednosti otpora razlikuju se ovisno o istraživanjima i korištenim metodologijama. Najviše upotrijebljeni otpor za tradicionalni WAnT izveden na biciklističkom ergometru iznosio je 75 g/kg ili 7,5% BW sudionika (Bell & Cobner, 2007; Bell & Cobner, 2011; Kikuchi i sur., 2017; LegazArrese i sur., 2011; Potteiger i sur., 2010; Zupan i sur., 2009). Grobelna i sur. (2011) koristila je nižu postotak od 7%, dok su drugi koristili sve veće postotke BW. Bringhurst i sur. (2020) i Coppin i sur. (2012) svaki je koristio 8,5% BW ili 85 g/kg, dok su Scott i sur. (1991) i Ozkaya i sur. (2009) koristi 9% ili 90 g/kg. Nioka i sur. (1999), Ozkaya (2013), Ozkaya i sur. (2018), te Penkunlu i sur. (2016) svi su koristili 10% BW ili 100 g/kg. U tri prijavljene studije autora Zouhal i sur. (1998), Mougin i sur. (1996), te Ozkaya i sur. (2014), svaki pojedinačni sudionik imala različito opterećenje. U tim su studijama sudionici završili WAnTs prije prikupljanja podataka kako bi se utvrdilo optimalno opterećenje svakog sudionika, koje je kasnije korišteno u prikupljanju podataka. Wingateov test smatra se zlatnim standardom za ispitivanje snage donjih ekstremiteta kod sportaša. Međutim, varijacije u načinu provođenja testa otežavaju usporedbu rezultati u različitim studijama. Također, nedostaju dovršena istraživanja o sportašicama, što bi trebalo biti uključeno u nastojanju da se uspostave referentne vrijednosti za sportaše. Prethodna istraživanja utvrdila su optimalna ispitna opterećenja u rasponu od 7,5-10% BW, no novija su istraživanja pokazala optimalno ispitivanje pri 8,5% BW za sportaše. Preliminarna ispitivanja mogu pomoći u određivanju pojedinačnih optimalnih opterećenja za PPO, ali to može otežati standardizaciju testa ili generaliziranje rezultata na referentne vrijednosti. Kao izvorno razvijen, WAnT od 30 sekundi izaziva glikolitički energetske sustav i osigurava valjano mjerenje srednje snage. Skraćeni WAnT ne bi se trebao uključivati u referentne vrijednosti osim ako se istražuje samo PP, AP ili RPM, jer PP i RPM treba doseći u prvih 5-10 sekunde testa. Skraćene studije WAnT koje istražuju MP, AC, FI ili LP ne bi trebale biti uključene u referentne vrijednosti zbog gubitka vrijednih podataka u posljednjih 10-15 sekundi. Trenutna tehnološka ažuriranja koja uključuju EE dopuštaju trenutne mjere i stoga ga treba koristiti kada je dostupan u usporedbi s ME. Prethodna istraživanja koja su istraživala razlike između ME i EE ukazuju na umjerene korelacije i dosljednost između ergometara, ali su također

pronađene razlike u ključnim indeksima između ergometara (Astorino i Cottrell, 2011; Mickelwright i sur., 2006). Stoga moraju biti dodatne referentne vrijednosti WAnT uspostavljen za sportaše testirane na EE. Testiranje bi se trebalo provesti nakon prijelaznog razdoblja, jer je prethodno utvrđeno da su vrijednosti PP bile veće nakon prijelaznog razdoblja u odnosu na prijelazno razdoblje (Grobelna i sur., 2011). To se odnosi na uspoređivanja vrijednosti s vrijednostima drugih sportaša. WAnT se može koristiti za praćenje promjena u sportskom AP -u i AC -u. Takvi podaci mogu se koristiti za procjenu učinkovitosti programa odnosno trenažnog procesa ili učinka koje određena faza tj. periodizacija utječe na snagu sportaša. Dakle, program treninga sportaša može biti poboljšan povremenim testiranjem WAnT. Usporedba WAnT-a sportaša s normativnim podacima pomaže sportašu i stručnom osoblju da izmjeri nečiji AP u odnosu na ostale sportaše. Ove normativne vrijednosti mogu biti motivacijski čimbenici za povratak u sport nakon ozljeda, postavljanje ciljeva za trening snage ili mjerila u usporedbi s drugim sportašima. Vrijednosti snage mogu biti prediktor atletskih sposobnosti, osobito u sportovima u kojima je AP bitan za uspjeh.

## **2.2 Razlika u rezultatima između spolova dobivenih Wingatovim testom**

Ramírez-Vélez, R, López-Albán, CA, La Rotta-Villamizar, DR, Romero-García, JA, Alonso-Martinez, AM i Izquierdo, M. U radu Wingate Anaerobni test percentilnih normi u zdravih odraslih osoba u Kolumbiji. Opisuju kako je anaerobni test Wingate (WAnT) postao jedan od najprikladnijih testova koji se koristi za procjenu anaerobnog kapaciteta i učinkovitost anaerobnih programa treninga za razne sportove moći. Međutim, njegova upotreba i tumačenje kao evaluacijsko mjerenje ograničeni su jer postoji malo objavljenih referentnih vrijednosti izvedenih iz velikog broja ispitanika u neatletskim populacijama. Predstavili su referentne vrijednosti za WAnT u kolumbijskih zdravih odraslih osoba (u dobi od 20 do 80 godina). Uzorak je obuhvaćao 1.873 ispitanika (64% muškaraca) iz Calija, Kolumbija, koji su bili angažirani za istraživanje između 2002. i 2012. 30-sekundni WAnT izveden je na ergometru Monark. Otpor WAnT postavljen je na  $0,075 \text{ kp} \cdot \text{kg}^{-1}$  tjelesne mase (BM). Srednja apsolutna vršna snaga (PP), relativni PP normaliziran na BM i indeks umora (FI%) izračunati su pomoću LMS metode (L [krivulja Box-Cox], M [medijal krivulje] i S [koeficijent krivulje) varijacije]) i izražene kao tabelarni percentili od 3 do 97 i kao zaglađene centilne krivulje (P 3 , P 10 , P 25 , P 50 , P 75 , P 90 , P 97 ). Srednja vrijednost  $\pm$  SD vrijednosti za antropometrijske podatke pacijenata bile su  $38,1 \pm 11,7$  godina,  $72,7 \pm 14,2$  kg težine,  $1,68 \pm 0,09$  m visine i  $25,6 \pm 4,2$  indeksa tjelesne mase. Naši rezultati pokazuju da su prosječna apsolutna vrijednost PP,

relativne vrijednosti PP normalizirane na BM i FI bile  $527,4 \pm 131,7$  W,  $7,6 \pm 2,3$  W · kg<sup>-1</sup>, odnosno  $29,0 \pm 15,7\%$ . Muškarci su imali bolje rezultate od žena u pogledu vrijednosti PP i FI. Ipak, prosječni PP se smanjivao s godinama i spolom. Definirane su normativne vrijednosti PP i FI prema dobi kod zdravih kolumbijskih odraslih osoba. Specifičniji skup referentnih vrijednosti koristan je za kliničare i istraživače koji proučavaju anaerobne sposobnosti kod zdravih odraslih osoba.

### **2.3 Razlika između biciklergometara s mehaničkim i elektromagnetskim kočenjem**

D Micklewright, A Alkhatib i R Beneke (2006) objavljuju rad "The Wingate anaerobic test's past and future and the compatibility of mechanically versus electro-magnetically braked cycle-ergometers". Usporedili su se performanse i metabolički profil Wingate anaerobnog testa (WAnT) između mehanički postavljenog otpora (ME) i elektromagnetski kočenog otpora (EE), biciklističkog ergometra. Petnaest zdravih ispitanika ( $24,0 \pm 3,5$  godine,  $180,5 \pm 6,1$  cm,  $75,4 \pm 11,9$  kg) izvelo je WAnT na ME, potom na EE, u razmaku od 3 dana. Performanse su mjerene kao vršna snaga (PP), minimalna snaga (MP), srednja snaga (AP), vrijeme do PP (TTPP), stopa zamora (FR) i maksimalna frekvencija okretaja pedale (RPM (MAX)). Mliječna (W (LAC)) i alaktička (W (PCR)) anaerobna energija izračunate su iz neto izgleda laktata i brze komponente unosa kisika nakon vježbanja. Aerobni metabolizam (W (AER)) izračunat je iz unosa kisika tijekom WAnT. Ukupni troškovi energije (W (TOT)) izračunati su kao zbroj W (LAC), W (PCR) i W (AER). Nije bilo razlike između ME i EE u PP ( $873 \pm 159$  naspram  $931 \pm 193$  W) ili AP ( $633 \pm 89$  naspram  $630 \pm 89$  W). U stanju EE TTPP ( $2,3 \pm 0,7$  naspram  $4,3 \pm 0,7$  s) bio je duži ( $P < 0,001$ ), MP ( $464 \pm 78$  naspram  $388 \pm 57$  W) je bio manji ( $P < 0,001$ ), FR ( $15,2 \pm 5,2$  naspram  $20,5 \pm 6,8\%$ ) bio je veći ( $P < 0,005$ ), a RPM (MAX) ( $168 \pm 18$  naspram  $128 \pm 15$  o/min) bio je sporiji ( $P < 0,001$ ). Nije bilo razlike u W (TOT) ( $1.331 \pm 182$  naspram  $1.373 \pm 120$  J kg<sup>-1</sup>), W (AER) ( $292 \pm 76$  naspram  $309 \pm 72$  J kg<sup>-1</sup>), W (PCR) ( $495 \pm 153$  naspram  $515 \pm 111$  J kg<sup>-1</sup>) ili W (LAC) ( $545 \pm 132$  naspram  $549 \pm 141$  J kg<sup>-1</sup>) između ME i EE uređaja. EE proizvodi izrazito različite mjerne izvedbe, ali valjane metaboličke WAnT rezultate koji se mogu koristiti za procjenu anaerobne sposobnosti.

### 3. Ciljevi i hipoteze

Cilj ovog diplomskog rada je validacija primjene „Wingatovog testa” opterećenja za procjenu anaerobnog energetskeg kapaciteta na novo konstruiranom električnom biciklu (DC Bike). Test bi tako bio dostupniji trenerima i trenericama u sportskim klubovima, dijagnostičkim centrima prvenstveno zbog cijene te svoje fleksibilnosti u smislu prijenosa i zauzimanja prostora samoga ergometra. Pogodan je za sportaše raznih kategorija od rekreativaca, ozlijeđenih sportaša te osoba s invaliditetom do samih profesionalaca zbog svoje prilagodljivosti pojedincu. Nakon inicijalnog testa, moguće je odrediti opterećenje koliko je potrebno da bi se dobio željeni trenažni proces. Prema tome, postavljene su dvije hipoteze:

**H1:** novo konstruirani bicikl ergometar za procjenu anaerobnog kapaciteta „DC Bike“, precizno procjenjuje anaerobni kapacitet ispitanika na kojima se primjenjuje „Wingatov test” opterećenja.

**H2:** Novokonstruirani bicikl ergometar imat će visoku pouzdanost i malu pogrešku mjerenja.

## **4. Metode istraživanja**

### **4.1. Uzorak ispitanika**

Uzorak ispitanika činilo je 10 studenata integriranog preddiplomskog i diplomskog sveučilišnog studija Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu (prosječne dobi od  $23,0 \pm 1,7$  godine). Uvjet za sudjelovanje u istraživanju bio je zdravlje studenata, odnosno ne postojanje nikakvih kardiovaskularnih bolesti koje bi mogle utjecati na izvedbu samog zadatka, kao ni sportske ozljede donjih ekstremiteta tijela. Prije same provedbe istraživanja, ispitanici su informirani o ciljevima i potencijalnim rizicima, potpisali su informirani pristanak za dobrovoljno sudjelovanje u eksperimentu (odobreno od strane Etičkog povjerenstva Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu).

### **4.2. Opis protokola, mjernih instrumenata i varijabli**

Provedeno istraživanja dio je većeg projekta koji se tiče validacije novokonstruiranog elektirčnog bicikla, koji je konstruiran od strane tvrtke DC-Bike. Testiranje se provodilo u prostorijama tvrtke "DC Bike" i dvoranama "Gym4you". Sva testiranja provodila su se pod epidemiološkim mjerama koje su stupile na snagu donesene odlukom stožera civilne zaštite RH zbog postojeće situacije s Korona virusom. U prostoriji tijekom testiranja mjerioci su nosili maske dok je ispitanik odrađivao test bez maske, nakon testa bicikl je propisno dezinficiran. Prije početka testa svakom ispitaniku izmjerene su antropološke osobine, visina tijela i težina tijela bez obuće. Test se izvodio u ranim jutarnjim terminima. Puls ispitanika bilježio se sa pulsmetrom Polar H10. Mjerenje su provodila dva mjeritelja, jedan je promatrao stanje na ekranu ergometra i motivirao ispitanika, dok je drugi mjeritelj pomoću štoperice mjerio vrijeme i zapisivao rezultat ručno u slučaju da tehnika zakaže. Prije početka testa ergometar se podešavao po visini ispitanika, tako da mu je noga gotovo pa ispružena u ekstenziji na pedalu. Postupak ispitivanja provodio se na sljedeći način; prvo se mjeri tjelesna težina (kg), učesnik mora biti izvagan u laganoj odjeći sa skinutom obućom. Potom se mora izračunati ispitno opterećenje (W), na način da se prvo izračuna ispitna težina ispitanika kao 7,5% tjelesne težine sudionika, i potom se to pomnoži sa 60W (originalno Wingatov test na Monarkovom mehaničkom ergometru sa košaricom koja teži 1kg pri frekvenciji okretaja pedala od 60 okt/min iznosi 60W). Iz toga se dobiva sljedeća formula za ispitno opterećenje: Ispitno opterećenje (W) = tjelesna težina \* 0,075 \* 60. Za zagrijavanje sudionik mora biciklirati pri 60 okt/min 3-4 minute na opterećenju od 90 W. Na pola zagrijavanja, administrator testa trebao bi na znak "3, 2, 1 KRENI" dodati ispitno opterećenje, a sudionik mora ubrzati maksimalno sa



60 okt/ min na maksimalnu brzinu otprilike 3 sekunde. Nakon ~ 3 sekunde kada je frekvencija okretanja pedala velika, administrator mora uzviknuti "STOP" te bi trebao smanjiti opterećenje na početnih 90W, a sudionik smanjiva frekvenciju okretaja pedale na 60 okt/min te nastavlja pedalirati još jednu minutu. Nakon što 4-minutno zagrijavanje završi, ispitanik bi trebao odmarati pet minuta prije izvođenja testa, u slučaju da mu nakon tih 5 minuta puls prelazi 120 otk/min, produžavamo mu vrijeme oporavka. Pokretanje testa izvodi se na sljedeći način: Sudionik bi trebao početi voziti bicikl pri 60 okt/min oko 10 sekundi bez opterećenja, na znak administratora, "3 - 2 - 1 - KRENI", na znak "KRENI" administrator mora dodati ispitno opterećenje, a sudionik bi trebao početi maksimalno ubrzavati i pokušati održavati maksimalnu brzinu tijekom cijelog testa od 30 sekundi, s tim da cijelo vrijeme mora sjediti na biciklu, ako se ustanu sa sjedala test se nije smatrao valjanim. Administratori testa cijelo vrijeme su pružali usmeni poticaj kroz test. Ispitivač bi trebao odbrojivati posljednje 3 sekunde testa "3-2-1-STOP". Nakon što test završi, neki ispitanici mogu reagirati na prethodni napor, kako bi smanjili bilo kakvu mogućnost nastanka fizioloških problema, ispitanici moraju ostati na ergometru i voziti biciklo pri 60-80 okt/min bez otpora, najmanje 2-3 minute. Ako se ispitanici osjećaju loše ili su utihnuli ili probljedili, trebali bi sići s bicikla i leći s nogama naslonjenim na zid. Ispitanik preko ekrana na bicikl-ergometru može gledati rad koji vrši na polugu pedale izražen u Wattima. Test traje 30 sekundi te se promatra vršna izlazna snaga (PPO) izvršena na polugu pedale koju čita senzor koji mjeri moment sile (torque senzor), relativna maksimalna izlazna snaga (RPP)=(PPO/tjelesna težina), anaerobni umor, odnosno indeks umora (AF) koji se dobiva po formuli  $AF = ((\text{vršna snaga} - \text{najmanja snaga}) \div (\text{vršna snaga})) * 100$ , anaerobni kapacitet (AC) kao zbroj prosjeka PPO-a koji se računa u 6 perioda po 5 sec (30 sekundi), a senzor se čita na 5Hz (0,2 sec), maksimalni otkucaji srca (HRmax) i frekvencija okretaja pedala, odnosno kadenca (CAD). Na svakoj poluzi pedale nalazi se senzor za mjerenje moment sile koji je prethodno kalibriran sa osam referentnih točaka težine, te mjeri opterećenje koje ispitanik vrši na polugu pedale (170mm). Dobivene signale u ADC-u (Analog digital converter) iskazuje u Watt-ima. Također postoji *cadence* senzor u motoru koji pomoću magnetna očitava stupanj poluge pedale te po tome izračunava frekvenciju okretaja po minuti. Za mjerenje i praćenje frekvencije srca koristio se Polar H10 pulsmetar. Preko ovih egzaktnih varijabli dobivamo procjene anaerobne snage, anaerobne izdržljivosti, maksimalna frekvencije srca pri anaerobnom pragu, te pokazatelj broja okretaja po minuti kao frekvencija okretaja pedala.

## 5. Metode rada

### 5.1. Obrada podataka:

Za sve varijable u svim mjerenjima izračunati su centralni i disperzivni parametri: AS (aritmetička sredina), SD (standardna devijacija), minimum (MIN), maksimum (MAX), raspon rezultata (RAS) te pokazatelji asimetričnosti i izduženosti (eng. Skewness (SKEW) i eng. kurtosis (KURT)). Zatim su provjerene valjanost i pouzdanost novokonstruiranog bicikl ergometra za procjenu anaerobnog kapaciteta. Valjanost novokonstruiranog bicikl ergometra za utvrđivanje anaerobnog energetskeg kapaciteta utvrđena je korelacijskom analizom rezultata ispitanika na WINGATE testu provedenom na novokonstruiranom ergometru (Novi) s rezultatima ispitanika na WINGATE testu provedenom na standardnom ergometru (TechnoGym). Za potrebe procjene pouzdanosti testa ispitanici su dva puta testirani na novokonstruiranom bicikl ergometru u kratkom vremenskom razdoblju. Između dva testiranja ispitanici su se odmarali 30 minuta. Oba su mjerenja izvedena prema identičnom standardiziranom redosljedu uvjeti prvog i drugog mjerenja bili su identični, test se provodio na istom mjestu, također je protokol zagrijavanja bio isti, te je test provodio isti mjerioc. Retest korelacija je procijenjena korištenjem intraklasnog koeficijenta korelacije (ICC).

## 6. Rezultati

### 6.1. Deskriptivna statistika i obrada podataka

Za sve varijable u svim mjerenjima izračunati su centralni i disperzivni parametri: AS (aritmetička sredina), SD (standardna devijacija), minimum (MIN), maksimum (MAX), raspon rezultata (RAS) te pokazatelji asimetričnosti i izduženosti (eng. Skewness (SKEW) i eng. kurtosis (KURT)). Normalnost distribucije rezultata testirana je Kolmogorow Smirnovljevim testom (Tablica 1)

**Tablica 1.** Osnovni statistički parametri

	Mean	Minim um	Maxim um	Range	Std.Dev.	Skewnes s	Kurt osis	K-S test
dob	23.8	21	27	6	1.8	0.09	-0.43	0.15
težina	77.3	61	95	34	10	0.25	-0.74	0.22
visina	181.4	174	193	19	7.1	0.60	-1,20	0.18
HR max.	196.4	190	205	15	5.1	0.51	-0.94	0.15
PPO1	884.6	720	1093	373	107	0.51	0.45	0.13
PPO2	944.1	814	1180	366	117	0.98	0.18	0.19
PPOmin1	453.8	399	560	161	53.9	0.93	-0.16	0.23
PPOmin2	453.2	364	551	187	57.7	0.43	-0.53	0.24
RPP1	11.47	10.50	12.60	2.10	0.5697	0.330632	1.08	0.18
RPP2	12.25	11.50	13.30	1.80	0.5986	0.349648	-0.87	0.17
FI1	48.63	44.60	53.90	9.30	2.6369	0.578637	0.77	0.17
FI2	51.98	49.00	55.40	6.40	2.3836	0.393799	-1.49	0.17
CAD1	148.70	143.00	153.00	10.00	3.0930	- 0.522141	-0.18	0.14
CAD2	148.90	143.00	156.00	13.00	3.4464	0.471878	1.66	0.19
Vrijeme do PPO	3.60	2.80	4.60	1.80	0.5558	0.325230	-0.20	0.16
HR max. (TG)	202.60	195.00	210.00	15.00	4.9710	- 0.061598	-1.11	0.12
PPO1 (TG)	958.30	820.00	1224.0 0	404.00	130.658 2	0.949995	0.53	0.17

PPO2 (TG)	957.30	817.00	1207.0 0	390.00	126.614 9	0.818403	-0.03	0.21
PPOmin1 (TG)	417.70	356.00	481.00	125.00	34.2541	0.180023	0.82	0.18
PPOmin2 (TG)	408.60	342.00	485.00	143.00	38.0911	0.462855	1.44	0.19
RPP1 (TG)	12.44	11.10	14.10	3.00	0.9743	0.140257	-0.70	0.15
RPP2 (TG)	12.43	11.10	14.20	3.10	0.9190	0.476114	0.33	0.18
FI1 (TG)	56.13	50.50	60.70	10.20	3.6618	- 0.338852	-1.00	0.14
FI2 (TG)	58.03	52.50	67.00	14.50	4.5085	0.674008	0.20	0.12
CAD (TG)	150.40	145.00	156.00	11.00	3.7178	0.027243	-1.09	0.12
CAD2 (TG)	150.10	145.00	154.00	9.00	2.7264	- 0.171878	0.26	0.17
Vrijeme do PPO (TG)	3.31	2.80	4.10	1.30	0.3695	0.842549	1.45	0.20

*Legenda: HRmax=maksimalna frekvencija srca, PPO=peak power output(maksimalna vršna snaga), PPOmin=minutni peak power output, RPP=relativna maksimalna izlazna snaga, FI=indeks umora, TG=TechnoGym, 1=prvo testiranje, 2= drugo testiranje*

Povezanost u varijablama dobivenim između novokonstruiranog ergometra i TechnoGym ergometra je prikazana u tablici 2.a. Tablica 2.b prikazuje pouzdanost odnosno intraklasni koeficijent korelacije između prvog i drugog testiranja na biciklergometru (test-retest).

**Tablica 2.a** Tablica korelacijskih vrijednosti između testa provedenom na novokonstruiranom bicikl-ergometru i TechnoGymovom ergometru.

	Koeficijent korelacije
HR max	0.94
PPO	0.96
PPO min	0.93
RPP	0.88
FI	0.35

Vrijeme do PPO	0.91
----------------	------

Legenda: *HRmax*=maksimalna frekvencija srca, *PPO*=peak power output(maksimalna vršna snaga), *PPOmin*=minutni peak power output, *RPP*=relativna maksimalna izlazna snaga, *FI*=indeks umora

**Tablica 2.b** Usporedba korelacijskih pokazatelja mjerenja na novo konstruiranom bicikl-ergometru sa test-retest rezultatima.

	Intraklasni koeficijent korelacije
PPO	0.97
PPO min	0.92
RPP	0.81
FI	0.14
CAD	0.90

Legenda: *PPO* = peak power output(maksimalna vršna snaga), *PPOmin*=minutni peak power output, *RPP*=relativna maksimalna izlazna snaga, *FI*=indeks umora, *CAD* = frekvencija okretaja pedala (*cadence*)

U tablici 3 prikazana je pouzdanosti testa za ispitivanje anaerobnog kapaciteta pomoću novokonstruiranog ergometra.

**Tablica 3.** Podaci o pouzdanosti testa za ispitivanje anaerobnog kapaciteta pomoću novokonstruiranog bicikl-ergometra (test-retest).

	PPO	PPOmin	RPP	FI	CAD
test1 (AS-SD)	777,47	399,87	10,90	45,99	145,61
test2 (AS-SD)	826,37	395,46	11,65	49,60	145,45
SEM	33,88	17,05	0,18	0,83	0,98
CV	0,12	0,11	0,05	0,05	0,02

RAZLIKA ARITMETIČKIH SREDINA	59,5	0,6	0,78	3,35	0,2
cohen's d	0,53	0,01	1,33	1,33	0,06
T-Test	0,00	0,47	0,00	0,01	0,68

Legenda: AS = aritmetička sredina; SD = standardna devijacija; Test1 = prvo mjerenje; Test2 = drugo mjerenje; SEM = standardna pogreška mjerenja; CV = koeficijent varijacije; Cohen's d = Cohenova standardizirana mjera razlika rezultata dva mjerenja, izražena u jedinicama standardne devijacije; PPOmin=minimalna vršna snaga na pedali

## 7. Rasprava

Cilj ovog rada bio je utvrditi valjanost i pouzdanost novokonstruiranog bicikl ergometra za provedbu Wingatovog testa. Rezultati ovog istraživanja ukazuju na to da su obje hipoteze postavljene u ovom radu točne, odnosno novokonstuirani električni bicikl je pouzdan i valjan za provedbu „Wingate“ testa i određivanja parametara testa – anaerobnog kapaciteta, anaerobne snage te indeksa umora. Prema dobivenim rezultatima moguće je utvrditi da postoji visoka korelacija između rezultata dobivenih između TechnoGym ergometra i novokonstruiranom ergometru. Nadalje, kada govorimo o pouzdanosti testa, statistički značajna povezanost postoji ( $p < 0.05$ ). Dobiveni rezultati ukazuju na kompleksnost pri konstruiranju mjernih instrumenata za procjenu anaerobnog kapaciteta i anaerobne snage. Čimbenici koji su zasigurno utjecali na pouzdanost novokonstruiranog ergometra bili su način pružanja otpora odnosno magnetni kočioni otpor dok je na TechnoGymovom ergometru drugačiji princip kočionog otpora. Kao i same inicijalizacije i kalibracije senzora za mjerenje moment sile koji očitava snagu odnosno rad na polugu pedale. Također steznik za stopalo kojeg nije bilo na novokonstruiranom ergometru utjecao je na frekvenciju okretaja pedala te zbog toga korelacija između varijable CAD (*frekvencija okretaja pedala*) nema. Valjanost novokonstruiranog bicikl ergometra za utvrđivanje anaerobnog energetskeg kapaciteta utvrđena je korelacijskom analizom rezultata ispitanika na WINGATE testu provedenom na novokonstruiranom ergometru s rezultatima ispitanika na WINGATE testu provedenom na standardnom ergometru (TechnoGym). Rezultati korelacijske analize i intraklasnog koeficijenta korelacije prikazani su u tablici broj 2.a i 2.b. Koeficijent korelacije  $r$  (mjera valjanosti) kreće se između 0,81 i 0,97 u varijablama koje služe kao pokazatelj valjanost i pouzdanost instrumenata. Varijabla FI (indeks umora) je jedina koja nema korelaciju jer je to varijabla koja ovisi o različitim faktorima poput raspoloženja, da li je ispitanik naspavan i odmoran, da li je jeo, unjeo kofein. Iz dobivenih rezultata korelaciji možemo utvrditi da je visoka povezanost između novokonstruiranog ergometra i standardnog ergometra što nam ukazuje na to da je novokonstruiran ergometar valjan za provedbu Wingate testa. Cohenovim indexom veličine učinka (ES;  $r$  (zadnje minus prvo mjerenje) podijeljeno standardnom devijacijom prvog mjerenje provjerena je praktična vrijednost dobivenih rezultata. Veličina učinka kod minimalne vršne snage na pedali smatra se umjerenim učinkom, najvjerojatnije zbog malog vremena za oporavak između test-resta. Dobiveni rezultat varijable frekvencije okretaja pedala ukazuje na to da je mali index učinka. Razlog tome je razlika u mehaničkom

prijenosu sila između svakog ergometra. Standardna pogreška mjerenja i koeficijent varijance prikazane su u tablici broj 3. Što je manja vrijednost rezultata to će pouzdanost biti veća. Rezultati ukazuju na to varijabla PPO (maksimalna vršna snaga) derivirana iz mjerenja provedenog na novokonstruiranom biciklu ima visoku vrijednost. Razlog je najvjerojatnije mala vremenska razlika između prvog i drugog testiranja što ispitanicima nije dalo dovoljno vremena da se oporave prije drugog mjerenja. Problem Wingatove test metode svodi se na to da ne postoji zlatni standard za dobivanje rezultata varijabli. D Micklewright i suradnici (2006), objavljuju rad "The Wingate anaerobic test's past and future and the compatibility of mechanically versus electro-magnetically braked cycle-ergometers" objavili su istraživanje u kojem su ukazivali na odstupanje rezultata, varijabli između elektromagnetskog otpora na ergometru i mehaničkog. Razni autori koriste različite inicijalne otpore, na različitim ergometrima (mehaničko opterećenje, magnetno opterećenje, elektromagnetno opterećenje). Na primjer, Reiser i sur. koristili su otpor 8,5% tjelesne mase kod sveučilišnih biciklista, dok su Mclester i sur. i Wilson i sur. koristili 7,5% tjelesne mase aktivnih studenata i profesionalnih sportaša u brzom klizanju. Dakle, specifičnost testa može utjecati na rezultate. Također problem je i u softverskom dijelu, što se na različite načine očitavaju vrijednosti senzora, na različitim frekvencijama. Nadalje, autori navode da se linearno kretanje povećalo kod biciklista u stojećem položaju u usporedbi sa sjedećim položajem. Neptun i Hull potvrdili su da je generirana energija koja proizlazi iz stojećeg položaja, za povećanje sile (PPO) stvara zglob kuka, klasificiran kao linearno kretanje, u potpunosti prenosivo na kretanje pedala, i možda je jedan od odlučujućih čimbenika u rezultatima PPO-a u usporedbi sa sjedećim položajem. Dakle nije teško zaključiti da ne postoji zlatni standard za provedbu Wingatove metode kao testa za anaerobne sposobnosti, ali smatramo da uz današnju tehnologiju i dosadašnja istraživanja, u skorijoj budućnosti možemo to očekivati. Također utvrđeno je da je 30 minuta između test-retest premalo vremena za oporavak ispitanika, Bilo bi bolje da je slučajni odabir redoslijeda provedbe testa na TecnoGymovom ergometru i na novokonstruiranom bicikl ergometru.



## **8. Zaključak**

Rezultati ovog istraživanja upućuju na to kako novokonstruirani bicikl ergometar je dobar za procjenu anaerobnog kapaciteta i anaerobne snage. Nakon obrade podataka i međusobne usporedbe testova dolazimo do zaključka kako ne postoji statistički značajnih razlika na novokonstruirani mjerni instrument, što znači da su metrijske karakteristike testova dobre (valjanost i pouzdanost). Dobiveni rezultati ukazuju na činjenicu da se anaerobni kapacitet i anaerobna snaga mogu dobivati provedbom testa na novokonstruiranom bicikl-ergometru

## 9. POPIS LITERATURE

- Attia A, Hachana Y, Chaabène H, Gaddour A, Zied Neji, Roy J. Shephard, Souhail M Chelly (2014). Reliability and Validity of a 20-s Alternative to the Wingate Anaerobic Test in Team Sport Male Athletes
- Ayalon A, Bar-Or O, Inbar O (1974). Relationships Among measurements of explosive strength and anaerobic power
- Baker, U. C., Heath, E. M., Smith, D. R., & Oden, G. L. (2011). Development of Wingate Anaerobic Test Norms for Highly-Trained Women. *Journal of Exercise physiology online*, 14(2).
- Bar-Or, O. (1987). The Wingate anaerobic test an update on methodology, reliability and validity. *Sports medicine*, 4(6), 381-394.
- Bell, W., & Cobner, D. (2011). The dynamics of distance, velocity and acceleration of power output in the 30-s Wingate Anaerobic Test. *International journal of sports medicine*, 32(02), 137-141.
- Bell W, Cobner D (2000). Effect of individual time to peak power output on the expression of peak power output in the 30-s Wingate Anaerobic Test.
- Bringhurst, R. F., Wagner, D. R., & Schwartz, S. (2020). Wingate anaerobic test reliability on the Velotron with ice hockey players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 34(6), 1716-1722.
- Christie, Caleb, (2021). "Intermachine Reliability of the Velotron During Wingate Anaerobic Testing"
- Coppin, E. , Heath, E. M. , Bressel, E. , Wagner, D. R. (2012). Wingate anaerobic test reference values for male power athletes

- Caleb C (2014). The Wingate Anaerobic Test: A Comprehensive Literature Review and Update on Reference Values in Athletes
- Grobelna, J., Borkowski, J., & Kosendiak, J. (2012). Transition period does not reduce power and work performance parameters in the 15-second maximal power output cycle ergometer test in young male and female sprint athletes. *Human Movement*, 13(4), 355-359.
- Inbar O, Bar-Or O, Skinner JS. (1996). *The Wingate Anaerobic Test*. Champaign, IL: Human Kinetics
- N. Kikuchi, N. Fuku, R. Matsumoto, S. Matsumoto, H. Murakami, M. Miyachi, K. Nakazato (2017). The Association Between MCT1 T1470A Polymorphism and Power-Oriented Athletic Performance
- Legaz-Arrese, Alejandro; Munguía-Izquierdo, Diego, Carranza-García, Luis E; Torres-Dávila, Celeste G. (2011), Validity of the Wingate Anaerobic Test for the Evaluation of Elite Runners
- Lippincott, W. (2010). American College of Sports Medicine ACSM's Guidelines to Exercise Testing and Prescription.
- McLester J. R., Green J. M., Wickwire P. J., Crews T. R., (2012). Relationship of VO<sub>2</sub> Peak, Body Fat Percentage, and Power Output Measured During Repeated Bouts of a Wingate Protocol
- Mougin, F., Bourdin, H., Simon-Rigaud, M. L., Didier, J. M., Toubin, G., & Kantelip, J. P. (1996). Effects of a selective sleep deprivation on subsequent anaerobic performance. *International journal of sports medicine*, 17(02), 115-119.
- Ozkaya, Ozgur, Colakoglu, Muzaffer; Kuzucu, Erinc O.; Delextrat, A. (2014). An Elliptical Trainer May Render the Wingate All-out Test More Anaerobic

Sawczyn S. , Żychowska M. ,Kochanowicz A. ,Kochanowicz K. ,Mieszkowski J. ,  
Niespodziński B., (2014). Effect of Lower and Upper Body High Intensity Training on  
Genes Associated with Cellular Stress Response

Vlatko Vučetić, Sukreški Marko, Sporiš Goran (2013). Dijagnostika treniranosti

Zouhal H. , Groussard C. , Machefer G. , Rannou F., Faure H. , Sergent O. , Chevanne M.,  
Cillard J., Gratas-Delamarche A. (1998). Physical Fitness and Plasma Non-Enzymatic  
Antioxidant Status at Rest and After a Wingate Test

Zupan, M. F., Arata, A. W., Dawson, L. H., Wile, A. L., Payn, T. L., & Hannon, M. E. (2009).  
Wingate anaerobic test peak power and anaerobic capacity classifications for men and  
women intercollegiate athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(9),  
2598-2604.