KOMISIJA ZA OCENU NAUČNE ZASNOVANOSTI
TEME DOKTORSKE DISERTACIJA

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU FAKULTETA SPORTA I FIZIČKOG VASPITANJA

Predmet:

Izveštaj o pregledu i oceni teme doktorske disertacije Anastasije (Ljubiša) Kocić (br. indeksa: 5008/2020), studenta sa programa doktorskih studija.

Nastavno-naučno veće Univerziteta u Beogradu - Fakultetu sporta i fizičkog vaspitanja na sedmoj sednici održanoj 07. septembra 2023. godine, u skladu sa čl. 32 Pravilnika o doktorskim akademskim studijama – *prečišćen tekst* (02-br. 532/22-4 od 09. novembra 2022. godine) i članom 41-43 Statuta Univerziteta u Beogradu - Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja - *prečišćen tekst* (02-br. 188/23-2 od 13. februara 2023. godine), na predlog Veća doktorskih akademskih studija (02-br. 347/23-2 od 22. februara 2023. godine), donelo je Odluku o formiranju Komisije za ocenu naučne zasnovanosti teme doktorske disertacije Anastasije Kocić, pod nazivom "HEMODINAMSKI PROFIL I NJEGOVA POVEZANOST SA FUNKCIONALNIM KAPACITETOM, TELESNIM SASTAVOM I KVALITETOM ŽIVOTA KOD TRKAČA NA DUGE DISTANCE". Komisija je formirana u sastavu:

- Dr Marija Macura, redovni profesor,
  Univerzitet u Beogradu - Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, predsednik komisije;
- Dr Vladimir Mrdaković, vanredni profesor,
  Univerzitet u Beogradu – Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, član;
- Dr Saša Bubanj, redovni profesor,
  Univerzitet u Nišu - Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, član.

Nakon pregleda dostavljenog materijala Komisija podnosi Nastavno-naučnom veću sledeći

IZVEŠTAJ:

Biografija

Anastasija Kocić rođena je 05. 04. 1997. godine u Nišu. Osnovnu školu "Stefan Nemanja" i Muzičku školu (flauta), kao i srednju Umetničku školu (odsek dizajn grafike) završila je u Nišu kao najnagrađivaniji učenik i učenik generacije. a učešće na sportskim takmičenjima i višestruko umetničko delovanje nagrađena je sa mnogo plaketa, diploma, medalja i drugih priznanja u zemlji

i svetu (preko 400 nagrada). Trenirala je sinhrono plivanje i atletiku od malih nogu (Atletski klub "Car Konstantin" i "Akademski atletski klub Niš") i dugogodišnji je takmičar u atletici. Bavi se dizajnom ("Motorički razvoj"; "Metodika motoričkog učenja i kontrole"; "Arhus za medije-mediji za javnost"; dizajn za svoju zbirku poezije "Tragajući za izgubljenim snovima" i dr.), ilustracijom, kaligrafijom, izradom "reciklažnih skulptura" i fotografijom. Piše poeziju i prozu ("Ne ljubi me - mogu te zavoleti" u izdanju NKC-a, "Tragajući za izgubljenim snovima" u izdanju KOS-a, "Kratki traktat o ljubavi" EI, zbirka priča "A onda dolaze reči"), a radovi su joj objavljivani u brojnim zbornicima i časopisima. Permanentno izlaže na samostalnim i grupnim izložbama u Srbiji i inostranstvu. Istraživačkim radom je počela ozbiljnije da se bavi 2015. godine kada na međunarodnom nivou osvaja prvo mesto za projekat, a nastavlja u "Zimskoj i letnjoj školi" u IS Petnica. U svojstvu mentora od 2021. godine sarađuje sa Centrom za talente u Nišu iz oblasti sporta, zdravlja, umetnosti, zaštite biodiverziteta i dr. Delujući kao kulturni ambasador više puta je nagrađena Plaketom grada Niša. Laureat je "Nove niške elite". Do 2015. godine je korisnik stipendije za talente grada Niša, a onda postaje korisnik učeničkih i studentskih stipendija Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja za izuzetno nadarene učenike i studente u Republici Srbiji do 2020. godine.

Upisala je osnovne akademske studije na Fakultetu sporta i fizičkog vaspitanja Univerziteta u Nišu i paralelno studije na Fakultetu umetnosti 2015. godine. i diplomirala 2019. godine sa prošečnom ocenom deset. Master studije na istom fakultetu je upisala 2019. godine i završila prosečnom ocenom deset, a takođe paralelno i master na Fakultetu umetnosti takođe prosečnom ocenom deset. Završila je u roku dva fakulteta i dva mastera Univerziteta u Nišu istovremeno: Diplomirani je profesor fizičkog vaspitanja i sporta (Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja u Nišu) i Diplomirani je primenjeni umetnik (Fakultet umetnosti u Nišu), višestruki je dobitnik Povelje najbolji student na osnovnim studijama sa prosečnom ocenom deset; (sve 4 godine) na Fakultetu sporta i fizičkog vaspitanja, a kao master profesor fizičkog vaspitanja i sporta i master dizajner dobitnik je posebne diplome za visoku prosečnu ocenu (10,00) ostvarenu u najkraćem vremenskom roku na master akademskim studijama na Univerzitetu u Nišu. Nakon završetka master studija upisuje obe doktorske studije u Beogradu (istovremeno): doktorske studije Univerziteta u Beogradu na Fakultetu sporta i fizičkog vaspitanja i doktorske Interdisciplinarne studije Univerziteta umetnosti u Beogradu na studijskom programu Digitalna umetnost (oba upisala školske 2020/2021.godine). 2020/2021. godine na osnovu četvrtog poziva talentovanim mladim istraživačima - studentima doktorskih akademskih studija za uključivanje u naučnoistraživački rad u akreditovanim naučnoistraživačkim organizacijama dobija status istraživača pripravnika na oba fakulteta. Trenutno radi na Fakultetu sporta i fizičkog vaspitanja u Beogradu kao istraživač pripravnik.

Profesionalno je angažovana u razvoju i primeni savremenih metoda rada i stalnom stručnom usavršavanju ispoljenom u učešću na seminarima, savetovanjima, konferencijama i naučnim skupovima, vebinarima i drugim vidovima stručnog usavršavanja, kao i objavljivanju stručnih radova i publikacija sa naučnih skupova, kako u zemlji tako i u inostranstvu.

BIBLIOGRAFIJA

1. Допсај, М., Марковић, С., **Коцић, А.,** Домановић, А., Милошевић, М., Пајкић, А., Ђуркић, Ф., Вићентијевић, А., Ерак, М., Божовић, Б. (2020). Анализа процента телесних масти, мерених методом мултиканалне биоимеданце, код становника Републике Србије. *Физичка култура* 74 (2) www.fizickakultura.com/fk/7402cir_m_dopsaj_210906.pdf
2. Dopsaj, M., Pajic, Z., **Kocic, A.,** Erak, M., Pajkić, A., Vicentijevic, A., Milošević, M., Božović, B. (2021). Profile for Body Fat Percentage of Serbian Working Population, Aged from 18 to 65, Measured by Multichannel Bioimpedance Method Perfil del Porcentaje de Grasa Corporal de la Población Activa Serbia, de 18 a 65 Años, Medido por el Método de Bioimpedancia Multicanal. *International Journal of Morphology* 39(6):1694-1700. DOI:10.4067/S0717-95022021000601694
3. **Kocić, A.,** Božović, B., Vićentijević, A., Kocić, J. & Milošević, M. (2022). The Influence of Physical Activity on the Health and Playing Quality of the E-Sports Players, *Sinteza 2022, the 9th International Scientific Conference - International Scientific Conference on Information Technology and Data Related Research,* Proceedings (287-291), Singidunum University, Belgrade, Serbia, DOI: 10.15308/Sinteza-2022-287-291
4. Piljak, A. & **Kocić, A.** (2022). The impact of "baby swimming" on the health and development of infants and babies. *Zbornik radova, XXI međunarodna naučna konferencija*, University, Belgrade, Serbia
5. **Kocić,** A., Papić, Lj., Krcunović, S., Macura, M., Seman, S., Ilić, V., Labudović, D., Mrdaković, V., Jakovljević, S., Stojiljković, S., Jakovljević, Dj. (2022). Haemodynamic and metabolic determinants of maximal functional capacity in long-distance runners. *Zbornik sažetaka, XXI međunarodna naučna konferencija*, 114. University, Belgrade, Serbia http://www.fsfv.rs/mat/zbor/book_of_abstracts_20221205.pdf
6. Piljak, A. & **Kocić,** A. (2022). The impact of "baby swimming" on the health and development of infants and babies. *Zbornik sažetaka, XXI međunarodna naučna konferencija*, 118. University, Belgrade, Serbia

7. **Kocić A.** i Kocić J. (2021) Metamorfoze: umetnost pokreta. Knjiga radova sa Nacionalnog naučnog skupa Estetski sportovi između umetnosti i sporta. Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, Beograd. (str.18-26) ISBN 978-86-89773-70-5, COBISS.SR-ID 46414089
8. **Kocić A.** i Kocić J. (2021) Metamorfoze: umetnost pokreta. Knjiga sažetaka sa Nacionalnog naučnog skupa Estetski sportovi između umetnosti i sporta. Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, Beograd. (str.32) ISBN 978-86-89773-66-8, COBISS.SR-ID 42707209
9. **Kocić A.** (2021): *Stvaranje umetnosti - od percepcije do beskraja.* Knjiga apstrakata sa Devetog nacionalnog naučnog skupa sa međunarodnim učešćem Balkan Art Forum 2020: Umetnosti i kultura danas: Harmonija i disharmonija, Niš, Fakultet umetnosti, str. 39-40. ISBN 978-86-85239-83-0
10. **Kocić A.** (2021): *Stvaranje umetnosti - od percepcije do beskraja.* Knjiga radova sa Devetog nacionalnog naučnog skupa sa međunarodnim učešćem Balkan Art Forum 2020: Umetnosti i kultura danas:Harmonija i disharmonija, Niš, Fakultet umetnosti, ISBN 978-86-85239-83-0
11. **Kocić,** A. (2021). Planinarenje - sport i klimatske promene. *Sva lica klimatskih promena EKOKON.* Ministarstvo zaštite životne sredine. Belgrade, Serbia.

Predlog teme doktorske disertacije

Anastasija Kocić je za izradu doktorske disertacije predložila temu **"Hemodinamski profil i njegova povezanost sa funkcionalnim kapacitetom, telesnim sastavom i kvalitetom života kod trkača na duge distance".** U skladu sa članom 31. stavom 2. Pravilnika o doktorskim akademskim studijama, 10.03.2023. godine je pred članovima Veća doktorskih akademskim studija održana javna prezentacija predloga teme doktorske disertacije. Na osnovu prezentacije, predlog teme i projekat istraživanja za izradu doktorske disertacije pozitivno su ocenjeni.

Obrazloženje teme

Objašnjavajući temu, autor na početku, navodi činjenice vezane za atletiku kao najmasovnija sportska grana koju čine prirodni oblici kretanja čoveka (Stefanović et al., 2008, str. 10). U atletske discipline, koje obuhvataju elementarne forme kretanja, spadaju trčanje, bacanje i skakanje. Trčanje je pristupačan, efikasan i jeftin oblik vežbanja (Stojiljković, 2005), koji uključuje velike mišićne grupe (Stojiljković et al., 2012) i iziskuje visoki nivo izdržljivosti što je

u direktnoj vezi sa kardiovaskularnim i respiratornim sistemima (Đukić et al., 2020). Trčanje na dugim distancama spada u fizički najzahtevnije sportske i atletske discipline, povoljno utiče na razvoj aerobnih sposobnostii i primenjuje se kao baza za druge sportske grane kroz koje se uče i usavršavaju pokreti trčanja. Trčanje na dugim distancama obuhvata atletske discipline trčanja na 3000m stiplčez, 5000m i 10000m, polumaraton i maraton (Ćuk et al., 2019).

U nastavku uvoda, objašnjava da u toku trčanja na dugim distancama metabolički procesi su ubrzani zbog većih energetskih potreba, što iziskuje više krvi koju treba dopremiti tkivima, što se postiže pojačanim radom srca i dinamičkom sinhronizacijom funkcija svih organa i organskih sistema odgovornih za transport i potrošnju kiseonika. Intenzivni fizički trening koji sprovode trkači na duge distance, u cilju traženja najboljeg sportskog postignuća, dovodi do strukturnih i funkcionalnih prilagođavanja, metaboličkih i kardiopulmonalnih promena. Fizička aktivnost zahteva od kardiovaskularnog i respiratornog sistema da podrže povećane energetske zahteve aktivne muskulature. Shodno tome, oba sistema su pod stresom tokom vežbanja, pri čemu je njihova sposobnost, da adekvatno reaguju na ovaj stresor, važna mera njihovog funkcionalnog kapaciteta (Wasserman et al., 1999). Fizička aktivnost i vežbanje su jedinstveni stresori koji izazivaju metaboličke i funkcionalne, kako akutne tako i hronične promene i indukuju specifičnu fiziološku adaptaciju kako bi se sa tim efikasnije nosili. Povećani energetski zahtevi za izvršavanje zadataka stimulišu kardiovaskularne promene da bi se zadovoljile energetske potrebe (Popović et al., 2022, Seman et al., 2021). Funkcionalni kapacitet organskih sistema (kardiovskularnog, respiratornog, mišićnoskeletnog i dr.) i njihova sposobnost da se adaptiraju su vrlo bitni kod trkača na duge distance, naročito funkcionalna sposobnost kardiovaskularnog sistema (pre svega funkcionalne sposobnosti srca tj. udarnog volumena, srčane frekvencije, minutnog volumena srca, arterijskog krvnog pritiska i dr.), koja je ključna za transport kiseonika (Živanić, 2008). Ukupan funkcionalni kapacitet nije moguće odrediti samo na osnovu parcijalnih pokazatelja, već zahteva poznavanje karakteristika mnogobrojnih interakcija usmerenih ka postizanju visoke tolerancije na opterećenja. Funkcionalni kapacitet predstavlja maksimalnu aerobnu sposobnost, a u najvećoj meri zavisi od sposobnosti srca da aktivnim mišićima dopremi adekvatnu količinu kiseonika i određuje se merenjem najviše potrošnje O_2 koja se dostiže za vreme maksimalnog opterećenja (Milani et al., 2004).

Funkcija srca i ekstrakcija kiseonika su fiziološke determinante potrošnje kiseonika i performansi izdržljivosti. (Kocić et al., 2022). Maksimalna potrošnja kiseonika (VO_2max) određuje maksimalni aerobni kapacitet i koristi se kao objektivna mera kardiopulmonalne funkcije. „Najčešće se definiše kao maksimalna količina kiseonika koju je organizam u stanju da iskoristi za jedan minut, pri dovoljno intenzivnoj fizičkoj aktivnosti koja uključuje veliku mišićnu masu.” (Stojiljković, 2005). Maksimalna potrošnja kiseonika se može izmeriti kardiopulmonalnim testom

opterećenja (CPET) na ergometrijskim uređajima koji omogućavaju direktno merenje VO_2 max, gde se ispitinak postepenim povećanjem opterećenja dovodi do maksimalanog, a može se odrediti i indirektnim putem (Živanić, 2008; Joyner, 2008). Pri opterećenju mišića povećava se potrošnja kiseonika i dolazi do dilatacije krvnih sudova mišića, povećava se venski priliv i minutni volumen srca, pa se može zaključiti da su opterećenje pri vežbanju, potrošnja kiseonika i minutni volumen srca u toku vežbanja u direktnoj međuzavisnosti. U toku maksimalnog opterećenja frekvencija srca i udarni volumen se povećaju do 95% maksimalnih vrednosti (Vučič, 2016). Kardiovaskularni sistem ograničava VO_2 max više nego respiratorni sistem, jer veličina potrošnje kiseonika u telu ne može biti veća od veličine dopremljenog kiseonika u tkiva putem kardiovaskularnog sistema, pa postignut uspeh trkača na duge distance prevashodno zavisi od njegovog srca, jer je to faktor koji najviše ograničava dopremanje dovoljne količine kiseonika mišićima. Na veličinu aerobne sposobnosti utiče funkcionalni kapacitet mišića za pretvaranje kiseonika u energiju. Sposobnost srca da pri velikim opterećenjima obezbeđuje mišićima kiseonik, najviše utiče na nivo aerobne izdržljivosti. Potrošnja O_2 raste sa povećanjem opterećenja, tako da pri najvećem opterećenju dostiže VO_2 max. Sportisti sa visokim VO_2 max mogu razmeniti velike zapremine gasa, jer njihovo srce svakim otkucajem obezbeđuje velike količine krvi sa više hemoglobina koji, samim tim, prenosi i više kiseonika do tkiva, pa je i bolja perfuzija mišićnih ćelija koje imaju i više mitohondrija, kao i više vlakana za potrošnju većih količina kiseonika. CPET pruža temeljnu procenu integrativnog multiorganskog fiziološkog odgovora na vežbanje, jer telo pod fizičkim stresom integriše i usklađuje funkcionalne odgovore organskih sistema. Sistemi tela tokom maksimalnog opterećenja doživljavaju stres (pre svega kardiovaskularni sistem) koji izaziva fiziološke promene (Schlader, 2010).

Autor je naglasila da nove studije o zdravoj i utreniranoj populaciji mogu pokazati vrednost CPET u predviđanju sportskih performansi, kao i proceni efikasnosti treninga i protokola intervencije. Zato je važno definisati fiziološki opseg maksimalne izlazne snage srca i proceniti odnos sa varijablama dobijenim tokom CPET-a kod trkača na duge distance, utvrditi potencijalne razlike u maksimalnoj funkciji srca (CPO) i funkcionalnog kapaciteta između trkača i kontrolne grupe.

U nastavku, autor objašnjava Fikovu jednačinu-vezu izmedju metabolizma i kardiovaskularne funkcije gde se vidi da je potrošnja kiseonika proizvod minutnog volumena srca i arterijsko-venske razlike kiseonika, izražava Fikova jednačina [(Fletcher et al., 2013),

Na bazi Fikove jednačine isporuka ili konvekcija kiseonika (Fikov princip, engl. Fick principle) i difuzija ili ekstrakcija (Fikov zakon, engl. Fick's law) kiseonika od strane tkiva, predstavljaju dva fiziološka procesa koja isporučuju O_2 putem celularnih mehanizama. Isporuka O_2 nije zavisna samo od minutnog volumena srca (engl. cardiac output - CO), već i od sadržaja kiseonika u arterijskoj krvi i disocijaciji O_2 iz hemoglobina (Hgb). Fikov princip, primenjen na minutni volumen srca, zasniva se na prepoznavanju da je ukupno uzimanje kiseonika od strane perifernih tkiva jednako proizvodu protoka krvi do perifernih tkiva i razlike u koncentraciji kiseonika u arterijama i venama. Maksimalna potrošnja O_2 je najbolja mera funkcionalnog (aerobnog) kapaciteta pojedinca, a maksimalna ekstrakcija O_2 (arterijsko-venska razlika O_2) se izračunava kao odnos između maksimalne potrošnje O_2 i maksimalnog minutnog volumena srca. Optimizacija potrošnje kiseonika, zavisi od mogućnosti pluća da obezbede dovoljnu količinu kiseonika, ali i od mogućnosti perifernih tkiva da ga ekstrahuju, kao i od kardiovaskularnog sistema da obezbedi "pumpu" za transport kiseonika do mišića u naporu, a upravo je srce mišićna, prirodna pumpa, koja ima sposobnost da generiše protok i pritisak (Tan, 1986; Cotter et al., 2003; Dini, 2011).

Prema Fikovoj jednačini potrošnja kiseonika je proizvod minutnog volumena srca (CO) i arterijsko-venske razlike kiseonika (CaO_2 - CvO_2). Izrazi $VO_2 = CO \times (CaO_2 - CvO_2)$ i $VO_2 = (SV \times HR) \times (CaO_2 - CvO_2)$, predstavljaju Fikovu jednačinu u mirovanju, a kod maksimalnog vežbanja, Fikova jednačina je izražena kao $VO_2\,max = CO \times (CaO_2 - CvO_2)$ tj. $VO_2\,max = (SVmax \times HRmax) \times (CaO_2\,max - CvO_2\,max)$. Ona odražava maksimalnu sposobnost osobe da unese, transportuje i koristi kiseonik. Maksimalni broj otkucaja srca umnožen zapreminom ispumpane krvi po otkucaju, naziva se maksimalnim minutnim volumenom srca, dok se količina kiseonika koju ekstrahuju skeletni mišići naziva arterio-venska razlika kiseonika ($CaO_2\,max$ - $CvO_2\,max$) i klasifikovana je kao razlika između kiseonika koji se isporučuje u mišić (arterijska koncentracija) i nivoa kiseonika u krvi koji napušta mišić (venska koncentracija). Da bismo poboljšali performanse trkača na duge distance moramo tražiti načine da povećamo količinu raspoložive energije za mišiće. Isporuka kiseonika ćelijama se izračunava određivanjem minutnog volumena srca (količina krvi koja se pumpa u minuti). Srčani minutni volumen (CO) se sastoji od dve komponente - koliko krvi se pumpa po otkucaju (poznato kao udarni volumen) i koliko puta srce otkucava u minuti (poznato i kao frekvencija srca). Postoje različiti parametri koji se koriste za sveobuhvatnu procenu minutnog volumena srca, ali jedan od konvencionalnijih pristupa uključuje množenje, tj. to je proizvod otkucaja srca u jednoj minuti (HR) i udarnog volumena (SV predstavlja zapreminu krvi koja se izbacuje iz komore sa svakim otkucajem srca) CO = SV x HR (Vincent, 2008). SV se povećava sa povećanjem opterećenja, kao i povećanjem kontraktilnosti srca tokom vežbanja. Kod dobro utreniranih sportista, zbog obrnute proporcionalnosti SV-a i HR-

a, pri povećanim vrednostima SV, frekvenca srca u miru ima manje vrednosti, a kod sportista iz domena izdržljivosti može se spustiti i do 35-40/minuti. Kod sportova izdržljivosti, kao i u toku triatlon trka na dužim distancama ili maratonskih trka, srčanom frekvencom se može kontrolisati metaboličko stanje ili isplanirati tok trke.

Ekstrakcija kiseonika nam govori koliko kiseonika koriste ćelije i meri se razlikom u zasićenosti kiseonikom krvi koja ide u tkiva (u arterijama) i krvi koja se vraća u srce (u venama).

Odrednice transportnog i iskorišćenog lanca O_2 uokvirene na Fikov princip nam govore da optimalna isporuka O_2 zavisi od mnogih bioloških interakcija između funkcionalnih komponenti transportnog lanca O_2, što zahteva oksigenaciju krvi u plućima (alveolarna difuzija), normalan kapacitet krvi za nošenje O_2 adekvatnim minutnim volumenom (CO), podstičući njegovu preraspodelu u mišiće pri vežbanju (isporuka ili konvekcija) i adekvatno i efikasno oslobađanje O_2, difuziju od kapilara do ćelija i ekstrakciju O_2. Razlika u arterio-venskom O_2 odražava ekstrakciju O_2 iz mitohondrija mišićnim ćelijama (Guazzi, et al., 2017). Međutim, tokom neinvazivnog CPET-a, minutni volumen srca, udarni volumen ili arterio-venska razlika (CaO_2 - CvO_2), se ne mere direktno. Pošto možemo direktno da merimo VO_2 i HR, možemo preurediti Fikovu jednačinu u VO_2/HR = SV (udarni volume) x arterio-venska razlika (CaO2 - CvO2) (Emery, 2021).

Pošto Fikova jednačina izražava vezu između kardiovaskularne funkcije i metabolizma, njeno razumevanje je od najveće važnosti za uvažavanje korisnosti funkcionalnog testiranja. Ako sportista može da pumpa veću zapreminu krvi kroz svoj krvni sistem u određenom vremenskom periodu, efekat je povećanje količine kiseonika koja je u bilo kom trenutku dostupna mišićima, pa je i povećan potencijal za poboljšane performansi. Količina krvi koja se pumpa sa svakim otkucajem srca se odnosi na udarni volumen, a rezultat tog povećanja je i povećanje kiseonika koji je u bilo kom trenutku dostupan mišićima, a samim tim i povećanje kapaciteta sportiste. Što je veća količina kiseonika dostupna u krvotoku, veći je potencijal za poboljšanje performansi trčanja na daljinu. Srce je mišićni organ koji radi kao pumpa i njegova glavna funkcija je pumpanje krvi do svih tkiva i organa kako bi se zadovoljile potrebe za kiseonikom i hranljivim materijama. Svaka pumpa ima svoje maksimalne performanse, što označava njenu sposobnost pumpanja. Sposobnost srčane pumpe može se definisati kao izlazna snaga srca koju postiže srce tokom maksimalne stimulacije (Lupi Herrera et al., 2006).

U sledećem podpoglavlju objašnjeni su pojmovi vezani za izlaznu snagu srca (CPO). Sposobnost srčanog pumpanja, tj. kapacitet srčane pumpe je definisan kao izlazna snaga srca (CPO) (Yildiz, et al., 2017). Prethodna istraživanja ukazuju na snagu minutnog volumena srca (CPO) kao novu, jedinstvenu i direktnu meru srčane funkcije (Jakovljević et al., 2009). CPO, izražena u vatima (W), izračunava se kao proizvod minutnog volumena srca i vrednosti srednjeg arterijskog krvnog

pritiska (Tan, 1987; Wiliams et al., 2001). Pumpna snaga srca predstavljena je hemodinamskim merenjem koje koristi fizičko pravilo tečnosti (snaga = pritisak x protok) (Fincke, et al., 2004). To je integrativna mera srčanih performansi, uzimajući u obzir protok (srčani minutni volumen - CO) i kapacitet srca za stvaranje pritiska (srednji arterijski krvni pritisak - MAP). Srčani minutni volumen i udarni volumen odražavaju CPO i dobri su pokazatelji sposobnosti srčanog pumpanja (Klasnja et al., 2014), tj. jake su determinante kapaciteta srca za proizvodnju energije. Klasnja et al. (2013) sugerišu da sportisti pokazuju veću sposobnost srčanog pumpanja u poređenju sa nesportistima. Dosadašnja istraživanja su pokazala de je srce mišićna, mehanička pumpa koja neprestano radi, sa sposobnošću da generiše i protok i pritisak. Izlazna snaga srca je direktna mera ukupne srčane funkcije koja integriše kapacitete srca za stvaranje pritiska i protoka (Jakovljevic et al., 2011). Izlazna snaga srca (CPO) odražava kapacitet pumpanja srca uključujući protok (srčani minutni volume - CO) i pritisak (srednji arterijski krvni pritisak - MAP) i mera je ukupne srčane funkcije (Tan & Littler, 1990). Srednji arterijski krvni pritisak je izračunat po sledećoj formuli: MAP = (SBP - DBP) / 3 + DBP, gde je DBP dijastolni krvni pritisak, a SBP sistolni krvni pritisak (mmHg). Srednji arterijski krvni pritisak (MAP) tokom dinamičke vežbe, sve većeg intenziteta, je beležio rast, a to povećanje MAP-a je usledilo povećanjem sistolnog krvnog pritiska (SBP), dok je dijastolni krvni pritisak bio relativno konstantan (Rowell et al, 1968; Eklund, 2021). Tendencija kod sportista, posebno aerobnih sportista, je da imaju niži sistolni krvni pritisak (Cornelissen & Fagard, 2005; Klasnja et al., 2013).

Jakovljević et al. (2012) su pokazali međusobne odnose i vezu između vršne srčane snage (cardiac power), maksimalnog srčanog minutnog volumena (cardiac output), udarnog volumena (stroke volume) i potrošnje kiseonika (oxygen consumption), ali i oni sugerišu da samo srčani minutni volumen i udarni volumen zaista odražavaju CPO, dok ostali kardio-respiratorni parametri nisu tako dobri pokazatelji za celokupnu srčanu funkciju i pumpnu sposobnost srca (Jakovljević et al., 2012). Nakon maksimalne stimulacije srca postignuta maksimalna vrednost CPO je dobar indeks srčanih performansi i sposobnosti vežbanja (Klasnja et al., 2014). Klasnja et al. (2014), su pri ispitivanju došli do zaključka da je CPO dobar prediktor kapaciteta vežbanja, pošto je postojala značajna pozitivna korelacija između vršnog CPO i opterećenja postignutog na cikloergometru, a takođe je i maksimalna izlazna snaga srca bila u dobroj korelaciji sa udarnim volumenom i minutnim volumenom, pa se došlo do zaključka da su CO i SV dobri pokazatelji sposobnosti srčanog pumpanja (Klasnja et al., 2014). Prethodne studije su pokazale da je izlazna snaga srca dobijena na vrhuncu vežbanja glavna determinanta fizičkog funkcionalnog kapaciteta i maksimalne potrošnje kiseonika kod zdravih odraslih osoba (Bain et al., 1990; Cotter et al., 2003; Jakovljević et al., 2011).

Rad srca pri opterećenju se procenjuje i prati kardiopulmonalnim testom fizičkim opterećenjem, kojim se istovremeno kontinuirano mere disanje i razmena gasova.

Prethodne studije su pokazale da antropometrijski parametri takođe utiču na vrednost srčane funkcije, pa se mora primeniti metod skaliranja izlazne snage srca na površinu tela da bi podaci o CPO postali nezavisni od veličine tela ispitanika (Chantler, 2005).

Značajnost CPO-a je pokazana u stratifikaciji rizika i prognozi kod osoba sa srčanom slabošću (Cotter et al., 2003; Jakovljević et al., 2017), a mali broj studija je analizirao CPO kod populacije u trenažnom procesu (Klašnja et al., 2014).

Nadalje, objašnjen je način izvodjenja kardiopulmonalnih testova kao i njihov značaj. Kardiopulmonalni test fizičkim opterećenjem (Cardiopulmonary exercise stress testing - CPET) predstavlja metodu "zlatnog standarda" za procenu funkcionalne sposobnosti pojedinca (Guazzi et al., 2012). CPET je globalni test kardiorespiratornog kapaciteta koji daje procenu integrativnih odgovora na vežbanje uključujući više organskih sistema, a koji se ne odražavaju adekvatno kroz merenje funkcije pojedinačnih sistema organa (Albouaini et al., 2007). CPET je ponovljiva, neinvazivna metoda koja omogućava ispitivanje tolerancije napora kod zdravih i obolelih osoba, tj. reakcije organa i organskih sistema u uslovima porasta intenziteta fizičkog stresa pri kontrolisanim uslovima. CPET je postao ponovljiva (Barron et al., 2014) i sigurna tehnika (Skalski et al., 2012). CPET zahteva određene resurse i nije univerzalno dostupan.

Prvobitno korišćen za određivanje pragova aerobnog i anaerobnog kapaciteta kod sportista, CPET igra veoma važnu ulogu u kliničkoj praksi: stratifikacija rizika, dijagnostika, monitoring, i planiranje trenažnog i rehabilitacionog procesa (Pritchard et al., 2021).

Potencijali CPET-a u kliničkom i istraživačkom okruženju i dalje su u velikoj meri nedovoljno iskorišćeni (Mezzani et al., 2009; Glaab & Taube, 2022). CPET se koristi kao značajan deo procene aerobnog funkcionalnog kapaciteta kod sportista (Pelliccia et al., 2005). CPO izmerena tokom maksimalnog CPET-a predstavlja najsenzitivniju i najspecifičniju meru globalne funkcije srca (Bromley et al., 2006).

A u potpoglavlju 1.4 autor je objasnio način hemodinamskog monitoringa koji se izvodi korišćenjem bioreaktanse grudnog koša. Fizička aktivnost igra veoma važnu ulogu u održavanju opšteg zdravlja i kardiovaskularne funkcije, pa je važno obratiti pažnju na strukturne i funkcionalne promene u kardiovaskularnom sistemu i samoj ulozi fizičke aktivnosti u očuvanju njegove funkcije. Kontinuirano merenje srčane funkcije (srčani minutni volumen) korišćenjem metode za procenu srčane funkcije na osnovu obrade električnog signala je metoda bioreaktanse. U prethodnim istraživanjima potvrđena je validnost i pouzdanost metode bioreaktanse, obećavajuće neinvazivne metode hemodinamskog praćenja koja izračunava CO na osnovu promene impedanse grudnog koša između sistole i dijastole i služi za praćenje srčane funkcije u

mirovanju i tokom stresnog vežbanja (Jakovljevic et al, 2012; Jakovljevic, Trenell & MacGovan, 2014; Okwose et al., 2017; Perkins et al., 2016; Jones et al., 2015; Marik 2013; Keren et al., 2007; Squara et al., 2009; Maurer et al., 2009). Metode bioimpedanse i bioreaktanse su razvijene za neinvazivno kontinuirano praćenje minutnog volumena srca. Bioreaktansa je napredna modifikacija torakalne bioimpedansne metode za neinvazivno, kontinuirano praćenje minutnog volumena srca. Može se koristiti za procenu hemodinamskih varijabli (Jakovljevic et al., 2014; Jones et al., 2015). Bioimpedansa se odnosi na električna svojstva krvi i tkiva koja određuju amplitudu naponskog polja koje je rezultat primenjene električne struje, dok se bioreaktansa odnosi na električne otporne, kapacitivne i induktivne osobine krvi i biološkog tkiva koje indukuju fazne pomake između primenjene električne struje i rezultujućeg naponskog signala (Keren, 2007). Promena količine krvi u grudnom košu izaziva promene u kapacitivnosti i induktivnosti električnog signala (bioreaktanse) koji teče kroz grudni koš. Razvojem tehnologije, bioreaktansa vrši procenu funkcije cirkulacije kod ispitanika, tj. pulsirajuće modulacije frekvencije izazvane protokom i fazne promene napona preko grudnog koša, a povezuje i fazni pomak napona i udarni volumen. (Sivakumar & Lazaridis, 2020). Korišćenje torakalne električne bioreaktanse za izvođenje hemodinamskih varijabli zasniva se na pretpostavci da promene intratorakalnog volumena krvi, tokom srčanog ciklusa, izazivaju promene u električnoj provodljivosti grudnog koša (uglavnom su povezane sa promenama zapremine aorte), a promene provodljivosti detektuju elektrode. Sistem bioreaktanse (NICOM, Cheetah Medical, SAD) poseduje četiri elektrode koje se koriste za uspostavljanje električnog kontakta sa telom preko kojih su primljeni signali i snimljeni sa leve i desne strane grudnog koša. Promena faze je posledica trenutnih promena u protoku krvi u aorti (Okwose et al, 2017). Metoda bioreaktanse je zasnovana na tehnologiji obrade električnog signala i procenjuje minutni volumen srca analizom frekvencije relativnog pomeranja faze električne struje (preko grudnog koša) (Jakovljevic et al., 2014). Srčani minutni volumen je važna mera srčane funkcije i predstavlja meru količine krvi koja se ispumpava iz srca svakog minuta. Procena minutnog volumena u mirovanju i tokom vežbanja može pružiti važne informacije o srčanoj funkciji i performansama (Jhanji et al., 2008) i ukazuje na sistemske isporuke kiseonika i globalne perfuzije tkiva (Marik, 2013; Vasserman et al., 2000). Kod utreniranih sportista, minutni volumen srca može da se poveća sedam puta (Hall, 2010). Bioreaktansa, dobija sve veću pažnju poslednjih godina u kliničkoj i istraživačkoj praksi. NICOM omogućava precizno i brzo merenje srčane funkcije i hemodinamskog statusa koji nisu dostupni drugim modalitetima (Jones et al., 2015). Metoda bioreaktanse (NICOM, Cheetah Medical, SAD) i praćenje razmene gasa (Cortex Metalyzer 3B, Leipzig, Germany) korišćeni su za neinvazivnu procenu minutnog volumena srca i razmene gasova. Sistem za analizu gasa koristi se za merenje minutne ventilacije (VE), potrošnje kiseonika (VO_2) i proizvodnje ugljen-dioksida (VCO_2), a

senzori kiseonika i ugljen-dioksida brzo reaguju i prikupljaju informacije na bazi „breath-to-breath'', analiziraju ih i prikazuju kontinuirano (Nadruz et al., 2016). Bioreaktansa je potvrđena i u odnosu na „zlatne'' standardne mere srčane funkcije, a pokazala se i kao pouzdan i validan metod za procenu minutnog volumena (Keren, 2007; Jakovljevic et al., 2014; Jones et al., 2015). Integrativna i direktna mera ukupne funkcije i pumpne sposobnosti srca, izlazna snaga srca, izračunata je kao proizvod istovremeno izmerenog srednjeg arterijskog krvnog pritiska i minutnog volumena (Fincke et al., 2004; Jakovljevic et al., 2010).

Nakon toga, u sledećem potpoglavlju autorka je opisala način subjektivne procene zamora koja je korišćena tokom protokola testiranja ispitanika, Borg je 1982. godine konstruisao skalu za procenu subjektivnog osećaja opterećenja tokom vežbanja, baziranu na sistemu brojeva. U prethodnim istraživanjima, kao jedna od standardnh procedura koja se radi tokom realizacije maksimalnog testa opterecenja, vršeno je merenje nivoa intenziteta fizičke aktivnosti Borgovom skalom koja nije imala istrazivačku, već standardnu ulogu. Borgova skala sadrži ocene u rasponu od 6 do 20 i analogne su sa teorijskim pretpostavkama frekvencija srca u mirovanju (60) i pri maksimalnom opterećenju (200). Borgova ideja je bila da ako svom naporu dodate nulu, dobićete približan broj otkucaja srca (oceni 12 odgovara približno 120 otkucaja srca). Svaka neparna numerička vrednost (od 7 do 19) ima opisnu kvalifikaciju: 7 - neosetan, 9 - vrlo lagan, 11 - lagan, 13 - umereno težak, 15 - težak, 17 - vrlo težak, 19 - iscrpljujući fizički napor. Najniža ocena Borgove skale je 6 i pokazuje da nema zamaranja, a najviša je 20 i ukazuje na maksimalno opterećenje. Umereno teške aktivnosti odgovaraju ocenama od 11 do 14, dok se ocene veće od 15 dobijaju pri radu visokog intenziteta koji ispitanik teško podnosi (Centers for Disease Control and Prevention, 2022). RPE indeks je u prethodnim istraživanjima dobro korelirao sa kardiovaskularnim i metaboličkim faktorima (srčanom frekvencijom, potrošnjom kiseonika i ukupnim zamorom) (Dikić & Živanić, 2003). Borgova skala je korisna dopuna pri praćenju fiziološkog i kardiološkog odgovora na vežbanje.

Kvalitet života ispitanika procenjivan je testom SF-36 o kome autor piše u podpoglavlju 1.6. U prethodnim istraživanjima korišćen je instrument procene za određivanje subjektivnog zdravstvenog profila ispitanika, pre realizacije maksimalnog testa opterecenja, u formi upitnika SF-36 (Ware, 1992), koji u ovakvim ispitivanjima nema istraživačku, već standardnu ulogu. Svetska zdravstvena organizacija je 1993. godine definisala ideal zdravlja ističući da trajanje života nije više samo po sebi, toliko bitan faktor, nego i sam kvalitet života (WHO, 1993; Zdravković et al., 2010), a gledano s druge strane, zdravlje je vrlo važan uslov dobrog kvaliteta života (Paterson, 2010). U pravilnoj organizaciji procene izbor upitnika sa visokom pouzdanošću je vrlo važan korak (Zdravković et al., 2010), te je izabran SF-36 (Short form 36) upitnik čija je pouzdanost potvrđena u mnogobrojnim istraživanjima. SF-36 se koristi širom sveta za veliki broj

naučnih istraživanja (Lima et al., 2016; Surveys, 2016). SF-36 je validiran u istraživanjima zdravstvenog stanja opšte populacije, sportista i kod obolelih od različitih oboljenja (Ware et al., 1998). SF-36 je najčešće korišćeni upitnik za merenje kvaliteta života, a validnost 8 podskala potvrđena je u opštoj populaciji (DeHaan, 2002).

Ispitivanje kvalteta života povezanog sa opštim zdravstvenim statusom pomoću upitnika SF-36 (Ware et al., 1992; 2000), namenjenog samoproceni psihičkog i fizičkog zdravlja, kao i socijalnog funkcionisanja, ukazuje na subjektivne stavove o uticaju statusa mentalnog i fizičkog zdravlja na kvalitet života ispitanika. Konačno proračunati rezultati predstavljaju se na linearnoj skali obeleženoj od 0 do 100, gde nula ukazuje na ispitanikovu percepciju najgoreg kvaliteta života, a broj 100 na percepciju najboljeg kvaliteta života (Ware et al., 1992; 2000). U svrhu ispitivanja zdravstvenog statusa i kvaliteta života vezanog za zdravlje sportista korišćnje Upitnika zdravstvenog statusa SF-36 se pokazao kao dobar instrument procene ispitanika (Ware, 1993; 2000), a skorovi ovog upitnika pokazivali su razlike u kvalitetu života između eksperimentalne i kontrolne grupe (pri čemu je lošiji kvalitet života bio prisutan kod kontrolne grupe). Najčešće je upotrebljavan, a i najčešće samostalno popunjavan upitnik za procenu kvaliteta života povezanog sa zdravljem.

Antropometrija i spiroergometrijski parametri prethodno su dobro proučavani kao determinante trkačkih performansi na duge distance, ali relevantna uloga kardiorespiratornih i hematoloških adaptacija zahteva dalje istraživanje (Tanda & Knechtle, 2015; Alvero-Cruz et al., 2020; Nikolaidis et al., 2021).

U drugom poglavlju autor je dao Problem, predmet, ciljeve i zadatke istraživanja.

Predmet istraživanja je hemodinamski profil i njegova povezanost sa funkcionalnim kapacitetom, telesnim sastavom i kvalitetom života kod trkača na duge distance (eksperimentalna grupa) i zdravih osoba istog pola i godina starosti koje nisu uključene u trenažni proces (kontrolna grupa); kao i analiza razlika u hemodinamskom profilu i funkcionalnom kapacitetu izmedju ove dve grupe ispitanika.

1. Cilj: Utvrditi i analizirati potencijalne razlike u maksimalnoj funkciji srca između trkača i kontrolne grupe.
2. Cilj: Utvrditi i analizirati potencijalne razlike u funkcionalnom kapacitetu između trkača i kontrolne grupe.
3. Cilj: Utvrditi stepen korelacije između maksimalne funkcije srca i maksimalne potrošnje kiseonika kod trkača i kod kontrolne grupe.
4. Cilj: Utvrditi stepen korelacije između maksimalne funkcije srca i telesnog sastava kod trkača i kod kontrolne grupe.

5. Cilj: Utvrditi stepen korelacije između maksimalne funkcije srca i kvaliteta života kod trkača i kod kontrolne grupe.

Nakon toga, u trećem poglavlju date su hipoteze istraživanja.

1. Hipoteza: Maksimalna funkcija srca će biti značajno veća kod trkača u odnosu na kontrolnu grupu.

2. Hipoteza: Maksimalni funkcionalni kapacitet će biti značajno veći kod trkača u odnosu na kontrolnu grupu.

3. Hipoteza: Postojaće značajna pozitivna korelacija između maksimalne funkcije srca i maksimalne potrošnje kiseonika kod trkača i kod kontrolne grupe.

4. Hipoteza: Postojaće značajna pozitivna korelacija između maksimalne funkcije srca i procenta mišića u telesnom sastavu i značajna negativna korelacija između maksimalne funkcije srca i procenta masti u telesnom sastavu, kod trkača i kontrolne grupe.

5. Hipoteza: Postojaće značajna pozitivna korelacija između maksimalne funkcije srca i kvaliteta života, kod trkača i kontrolne grupe.

U poglavlju 4, opisane su metode istraživanja. Prvo, u poglavlju 4.1., opisan je uzorak ispitanika. Studija će se izvoditi u Metodičko-istraživačkoj laboratoriji Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja Univerziteta u Beogradu. Eksperimentalna grupa (50 trkača na duge distance) i kontrolna grupa (35 ispitanika) biće podvrgnuto metaboličkim i hemodinamskim merenjima tokom maksimalnog testa opterećenja na elektromagnetnom bicikl-ergometru (Corival, Lode & Groningen, Netherland) koristeći metabolički sistem (Cortex Metalyzer 3B, , Leipzig, Germany) i metodu bioreaktance (NICOM®, Cheetah Medical, SAD). 50 trkača na duge distance dobrovoljno će učestvovali u studiji i 35 ispitanika kontrolne grupe. Protokol studije je odobrio Etički komitet. Ispitanici su dali svoj pismeni informisani pristanak da učestvuju u ovoj studiji. Sve procedure su sprovedene u skladu sa Helsinškom deklaracijom. Uzeta je detaljna medicinska i sportska istorija, uključujući informacije o trenutnom režimu treninga. Oprema je kalibrisana pre svakog testa u skladu sa preporukama proizvođača. Merenja su obavljena u isto vreme dana pod identičnim uslovima.

<u>Kriterijumi za uključivanje ispitanika u studiju će biti:</u>

- Odrasle osobe (≥18 godina starosti)
- Trkači na duge staze (istrčan bar jedan marathon ili polumaraton u poslednjih godinu dana) u eksperimentalnoj grupi
- Zdravi muškarci približnih godina starosti koji nisu u trenažnom procesu u kontrolnoj grupi

- Pismeno izražena saglasnost da učestvuju u istraživanju

Kriterijumi za ne-uključivanje u studiju će biti:

- Istorija hroničnih bolesti
- Pušenje (pušač ili je bio pušač)
- Indeks telesne mase (BMI) >30 kg/m2
- Krvni pritisak u miru viši od 160/100 mm Hg
- Upotreba lekova koji utiču na kardiovaskularnu sposobnost

Priprema ispitanika za testiranje će se odvijati na sledeći način: Ispitanik će pročitati informativni list, popuniti anamnestički upitnik i upitnik o kvalitetu života (SF36), potpisaće saglasnost o dobrovoljnom učešću u studiji. Ispitanik će se presvući u antropometrijsku odeću za merenje telesne visine i telesnog sastava, zatim će obući šorts i obuti patike. Merenje telesne visine vršiće se antropometrom po Martinu, a telesne mase i telesnog sastava metodom bioimpedanse (InBody 720). Medicinski radnik će uzeti anamnezu i radiće fizikalni pregled (opipavanje abdomena, merenje krvnog pritiska (KP), auskultacija srca i pluća). Potom će sesti na bicikl ergometar i objasniće mu se protokol testiranja: mirovanje, zagrevanje, gradaciija opterećenja, trajanje svakog opterećenja, hlađenje, merenje pristiska (ruka pored tela), Borgova skala, davanje znaka da je sve u redu tokom merenja i dr. Postaviće se ECG elektrode, a kada se ispitanik namesti na bicikl postaviće se NICOM elektrode (prema uputstvu). Izabraće se odgovarajuća veličina maske (S, M, L) u odnosu na veličinu i oblik glave ispitanika. Prema protokolu istraživanja pristupiće se izvođenju kardiopulmonalnog progresivnog testa opterećenja uz upotrebu poluležećeg cikloergometra. Cikloergometar će biti podešen prema antropometrijskim karakteristikama ispitanika (najveći ugao koji se postiže u zglobu kolena tokom obrtaja pedala ≈ 160°). Progresivni test opterećenja podrazumeva održavanje frekvencije obrtanja pedala od 60-70 obrtaja u minuti (o/min).

U poglavljima 4.1.1 do 4.1.4 opisani su instrumenti istraživanja:

Upitnik o kvalitetu života (SF36)

U studiji će se kao instrument procene zdravstvenog stanja ispitanika pre realizacije maksimalnog testa opterecenja (CPET) koristiti Upitnik za ispitivanje kvaliteta života (SF-36). Kvalitet života predstavlja veoma aktuelan instrument za merenje celokupnog zdravstvenog stanja ne samo ispitanika već i cele populacije. Važan faktor zdravlja je fizička aktivnost, jer pozitivno utiče na usvajanje zdravog načina života, unapređuje zdravlje, a i sam kvalitet života. Fizička aktivnost, zdravlje i kvalitet života stoje u uskoj međusobnoj vezi. Savremeni, sedentarni čovek nije u

dovoljnoj meri iskoristio potencijalni benefit fizičkog vežbanja posmatrano kroz kvalitet života. Kada se govori o kvalitetu života mora se imati u vidu percepcija pojedinaca o sopstvenom životu u kontekstu kulturne, psiho-fizičke, socijalne sfere i sistema vrednosti. Kvantifikacija kvaliteta života vršiće se pomoću upitnika za procenu kvaliteta života, jer predstavlja instrument za merenje kvaliteta života (Paterson, 2010). Procena kvaliteta života ispitanika uključivaće najpre samoprocenu zdravlja. Upitnik SF-36 vrlo realno oslikava kvalitet života, a ima i odličnu korelaciju i sa fizičkim i psihičkim mogućnostima ispitanika. Upitnik SF-36 ima 36 pitanja, od kojih se jedno pitanje odnosi na poređenje opšteg kvaliteta života u periodu od pre godinu dana, a 35 pitanja je grupisano kao fizičko funkcionisanje, fizička uloga, opšte zdravlje, vitalnost, telesna bol, društveno funkcionisanje, emocionalno i mentalno zdravlje. Skale dimenzija tako su napravljene da je minimalna vrednost nula, a maksimalna 100, to jest veća vrednost skora znači bolji kvalitet života (Zdravković et al., 2010; Biryukova et al., 2010). Standardizovani (SF36) psihometrijski upitnik za procenu kvaliteta zivota, u našoj studiji neće imati istraživačku već standardnu ulogu.

Borgova skala subjektivnog osećaja zamora (RPE)

Uz ergospirometrijske parametre pratiće se i podaci o subjektivnoj proceni opterećenja prema Borgovoj skali. Merenje nivoa intenziteta fizičke aktivnosti Borgovom skalom je jedna od standardnh procedura koja se radi tokom realizacije maksimalnog testa opterecenja, a koja se, inače, koristi u labaratorijama koje se bave fiziologijom sporta i fizičkih aktivnosti i ona nema istrazivačku već standardnu ulogu. Vrednosti na Borgovoj skali biće registrovane tokom izvođenja testa tako što će ispitanici prijavljivati subjektivnu procenu zamora. Borgova ocena percipiranog napora (RPE) je način merenja nivoa intenziteta fizičke aktivnosti. Prema Borgovoj skali subjektivnog osećaja zamora (RPE) numeričke vrednosti imaju opisnu kvalifikaciju: 6 - bez napora; 7 - vrlo, vrlo lagan; 9 - vrlo lagan; 11 – lagan; 13 - pomalo težak; 15 - težak; 17 - vrlo težak; 19 - vrlo, vrlo težak; 20 - maksimalan napor. Najniža ocena Borgove skale je 6 i pokazuje da nema zamaranja, a najviša je 20 i ukazuje na maksimalno opterećenje.

Merenje telesnog sastava

Merenje telesne visine (body height) ispitanika, trkača na duge distance, meriće se antropometrom po Martinu sa tačnošću merenja 0,1 cm. Tokom merenja visine tela ispitanika će stajati uspravno na horizontalnoj podlozi, glava će zauzimati položaj u frankfurtskoj ravni i neće dodirivati antropometar, dok će ga pete, sedalna regija i grudni deo kičmenog stuba dodirivati (Norton et al, 2000).

Analiza telesne mase i telesnog sastava trkača na duge distance vršiće se metodom bioimpedanse (InBody 720). Analiza bioelektričnom impedansom (Bioelectrical impedance analysis-BIA) je pouzdana, brza, neinvazivna metoda za procenu telesne strukture. Zasnovana je na različitoj

otpornosti tkiva u telu, kada se kroz njih propušta struja niske frekvencije preko kontaktnih elektroda. BIA metod procenjuje strukturu sastava tela emitovanjem niske, bezbedne doze struje (800 µamp) kroz ljudski organizam. Struja prolazi kroz telo bez otpora kroz mišiće, dok otpor postoji pri prolazu kroz masno tkivo (ovaj otpor se zove bioelektrična impedansa) (Ostojic, 2005). Aparat na osnovu instaliranog softvera, izračunava procentualni sadržaj određenih segmenata u strukturi sastava tela.

Kardiopulmonalni progresivni test opterećenja (CPET)

Funkcionalni kapacitet sportiste i zdravih osoba, kao i performanse vežbanja se ne mogu pouzdano predvideti testiranjem kardiopulmonalne funkcije u mirovanju. Zato se vrši test fizičkim opterećenjem (CPET) koji je pogodan zbog sveobuhvatne procene integrativnog pulmonalnog, kardiovaskularnog, mišićnog i ćelijskog oksidativnog sistema. CPET je test fizičkim opterećenjem uz istovremeno praćenje hemodinamskih, elektrokardiografskih i ventilatornih parametara tj. ukupnog funkcionalnog kapaciteta ispitanika. CPET test možemo koristiti da u toku vežbanja simultano pratimo funkciju srca, funkciju pluća i metaboličke promene u telu. Pri CPET-u se meri količina udahnutog kiseonika i izdahnutog ugljen-dioksida, pa nam je omogućeno određivanje funkcionalnih kardiovaskularnih, disajnih i metaboličkih parametara, tj. pruža nam temeljnu procenu integrativne fiziologije vežbanja.

Tokom CPET-a koriste se dva modela opterećenja: opterećenje na pokretnoj traci (treadmill) i biciklergometru (cycle ergometer). U ovoj studiji ispitanici, trkači na duge distance, će raditi test maksimalnog progresivnog vežbanja na poluležećem ciklergometru sa elektromagnetnim kočenjem (Corival, Lode & Groningen, Netherland). Srčani i hemodinamski odgovori biće zabeleženi u mirovanju i tokom vežbanja korišćenjem neinvazivnog sistema bioreaktanse (NICOM®, Cheetah Medical, SAD) uz istovremeno praćenje razmene gasa (Cortex Metalyzer 3B, Leipzig, Germany). Bioreaktanca je već potvrđena kao pouzdan i validan metod za procenu minutnog volumena u odnosu na mere srčane funkcije (Keren, 2007; Jakovljevic et al., 2014; Jones, et al., 2015), pa je izlazna snaga srca izračunata kao proizvod istovremeno izmerenog srednjeg arterijskog krvnog pritiska i minutnog volumena (Fincke et al., 2004; Jakovljevic et al., 2010).Kardiopulmonalni progresivni test opterećenja uz upotrebu poluležećeg cikloergometra, služi za merenje potrošnje kiseonika i plućne ventilacije.

Ispitanici će biti podvrgnuti metaboličkim i hemodinamskim merenjima tokom maksimalnog testa opterećenja na elektromagnetnom poluležećem bicikl-ergometru (Corival, Lode & Groningen, Netherland) koristeći metabolički sistem (Cortex Metalyzer 3B, Leipzig, Germany) Cortex Metalyzer 3B sa tehnologijom Breath-by-Breath i metodu bioreaktance (NICOM®, Cheetah Medical, SAD). CPET će biti izveden kako je opisano u našem Protokolu.

U okviru ovog podpoglsvljs dst je i **Protokol Kardiopulmonalnog progresivnog testa opterećenja**

Protokol Kardiopulmonalnog progresivnog testa opterećenja:

1. **Anamneza** i **fizikalni pregled** i lekar popunjava upitnik za fizikalni pregled.
2. **Kardiopulmonalni progresivni test opterećenja** uz upotrebu poluležećeg cikloergometra, za merenje potrošnje kiseonika i plućne ventilacije. Cikloergometar će biti podešen prema antropometrijskim karakteristikama ispitanika (najveći ugao koji se postiže u zglobu kolena tokom obrtaja pedala ≈ 160°). Progresivni test opterećenja podrazumeva održavanje frekvencije obrtanja pedala od 60-70 obrtaja u minuti (o/min). Naziv protokola je „CPX runners".

Faze protokola su:

- **MIROVANjE** 3' bez obrtaja pedala. Automatsko merenje KP na drugom minutu;
- **ZAGREVANjE** 3' na 50 W. Automatsko merenje KP na drugom minutu;
- **NIVOI OPTEREĆENJA** povećavaju se za po 50 W, u intervalima od po 3' – početno je 50 W za kontrolnu grupu, a 100 W za grupu trkača. KP se automatski meri na svakom drugom minutu novog opterećenja, uz još jedno zadato merenje na samom kraju testa. Odmah nakon izmerenog KP se ispitaniku pokazuje Borgova skala na kojoj treba prstom da pokaže trenutnu ocenu subjektivnog osećaja napora;
- **HLAĐENJE** 1' na 50 W. KP se meri na kraju (na 1');
- **ODMOR** 3'-5' bez obrtaja pedala. KP se automatski meri na trećem i petom minutu

Test će biti prekinut u slučaju da: ispitanik nije u stanju da održi frekvenciju obrtanja pedala iznad 60 o/min, zatim ukoliko dobrovoljno prekine test ili nadležna osoba donese odluku o prekidanju. Test će nadgledati medicinski kvalifikovani član istraživačkog tima. Ispitanik će nositi masku za lice kako bi se analizirao udahnuti i izdahnuti vazduh (maska se skida tek nakon 3'-5'oporavka). Konstantno će se pratiti izgled i stanje ispitanike fizički i na ekranu. EKG (standardni 12-kanalni elektrokardiogram) i minutni volumen srca (koristeći neinvazivnu metodu bioreaktanse (NICOM) koja koristi 4 dvostruke elektrode postavljene na zadnjoj strani grudnog koša), će se takođe meriti u mirovanju, tokom vežbanja i u oporavku. Pored toga, puls će se kontinuirano pratiti korišćenjem bežičnog kardio uređaja (NICOM) kao i preko softvera „MetaSoft Studio'', u mirovanju i tokom vežbanja.

Bezbednost ispitanika: Procedure koje će se koristiti u istraživanju su proverene i dugo korišćene u naučne svrhe. Obavljaće se u kontrolisanim i bezbednim laboratorijskim uslovima, uz korišćenje kvalitetne opreme, tako da je mogućnost bilo kakvih neželjenih događaja, svedena na minimum.

Budući da se radi o testiranju kardiovaskularne sposobnosti na cikloergometru, očekuje se pojava zamora.

U drugom delu četvrtog poglavlja prikazana je oprema na kojoj će se sprovesti istraživanje, praćeno sa 10 slika (fotografija). CPET oprema se sastoji od sledećih komponenti:

- Polu-lažeći elektromagnetni bicikl-ergometar (Corival, Lode & Groningen, Netherland)
- "Metalyzer II" (Cortex Metalyzer 3B, Leipzig, Germany)
- NICOM uređaj (NICOM®, Cheetah Medical, SAD)
- SunTech Tango+ je merač krvnog pritiska za stres/vežbanje
- Softver „MetaSoft Studio''
- Respiraciona maska (može biti različite veličine) i drugi pomoćni uređaji i aparati neophodni za realizaciju testiranja

Glavna jedinica koja se koristi za obradu i analizu podataka dobijenih prilikom izvođenja ergospirometrijskog testa - Cortex Metalyzer 3B, je prenosivi sistem spiroergometrije sa tehnologijom Breath-bi-Breath. Sistem omogućava potpunu analizu funkcionalnosti pluća, srca i metabolizma osobe u mirovanju i pod stresom.

Srž svih CORTEX sistema - aplikativni softver pod nazivom MetaSoft® Studio, koji upravlja i prati sve procese testiranja kardiopulmonalnih vežbi i kontroliše sve periferne sisteme kao što su merači otkucaja srca i krvnog pritiska kao i druge merne instrumente tokom izvođenja testova. Od najveće je važnosti za prikupljanje i analizu podataka. Softver se može konfigurisati i prilagoditi individualnim situacijama i okruženjima.

Potom, „Hans Rudolph'' maska za lice - je meka silikonska maska za spiroergometrijske preglede, anatomski oblikovana čvrsto „grli'' lice i na taj način obezbeđuje potpunu nepropusnost. Ispitanik će nositi masku za lice (spojenu sa turbinom i čitačem protoka vazduha) kako bi se analizirao udahnuti i izdahnuti vazduh.

Takodje, Sistem za analizu gasa koristi se za merenje minutne ventilacije (VE), potrošnje kiseonika (VO_2) i proizvodnje ugljen-dioksida (VCO_2). Senzori kiseonika i ugljen-dioksida brzo reaguju i prikupljaju informacije na bazi „breath-by-breath'', analiziraju ih i prikazuju kontinuirano (Nadruz et al. 2016).

Deo opreme je i Bicikl-ergometar koji u laboratorijskom testiranju omogućava precizno doziranje opterećenja (u Watt-ima), pruža mogućnost za dodatna neinvazivna ispitivanja, a zbog sedećeg položaja ispitanika smanjen je rizik od povreda. Na tržištu postoji veliki broj različitih bicikl-ergometara koji su zbog velike biomehaničke sličnosti sa kretanjem u realnim uslovima pogodni za laboratorijska istpitivanja. Sportista može da se, zbog mogućnosti uređaja, dozirano i pod

kontrolom podvrgne maksimalnom opterećenju i da se pri tome registruju precizno izmerene vrednosti funkcije jednog ili više organskih sistema. Corival je jedan od najpopularnijih ergometara širom sveta zbog početnog opterećenja. Najveća prednost ovog sistema je tačnost koja je jedan od najvažnijih Lode principa, a izvršeni testovi su pouzdani i ponovljivi. Lode ergometar ima digitalni interfejs, kompatibilan je sa većinom EKG i plućnim uređaja u svetu. RS232 portovi (slika 8.) omogućavaju povezivanje sa većinom EKG i ergospirometrijskih uređaja, kao i sa računarima. Pored mogućnosti lakog programiranja u ponudi su i 24 protokola. Vožnja bicikla je sa kontrolisanim frekvencijom srca i najmanjom mogućom snagom pokretanja od 0-Watti start-up systema.

Neinvazivni sistem NICOM-Cheetah Medical, je tehnologija zasnovana na torakalnoj bioreaktansi koja obezbeđuje neinvazivna, kontinuirana merenja i praćenje srčanog indeksa (CI) i dinamičkih markera odziva tečnosti zasnovanom na bioreaktansi i praćenju minutnog volumena. Hemodinamski monitoring je procena funkcije kardiovaskularnog sistema i usklađenosti minutnog volumena srca sa metaboličkim potrebama organizma (tkiva i organa).

Sistem NICOM-Cheetah Medical snima fazu električne struje u grudnom košu. Torakalna električna bioimpedansa i bioreaktansa koriste slabu naizmjeničnu struju koja prolaskom kroz grudni koš kontinuirano u sistoli prati fazne pomake napona i analizira krivu udarnog volumena (SV). Bioreaktansa je jedna od metoda za obradu električnih signala i služi za procenu hemodinamskih varijabli u mirovanju i tokom vežbanja. Pouzdana je metoda za procenu minutnog volumena srca (u mirovanju i tokom vežbanja), a merenje CO je jednostavno za izvođenje i ne zahteva saradnju sa ispitanikom, kako u mirovanju tako i pri maksimalnom opterećenju. Promene u zapremini torakalne krvi koje se dešavaju tokom otkucaja srca izazivaju trenutne promene u faznom pomaku između primenjene struje i izmerenog naponskog signala koji se mogu kvantitativno povezati sa udarnim volumenom i tako se mogu koristiti za merenje minutnog volumena srca. NICOM omogućava precizno i brzo merenje srčane funkcije i hemodinamskog statusa.

Četiri nalepnice sa dvostrukom elektrodom su postavljene oko grudnog koša. Struja prolazi između dve spoljne elektrode, a rezultujući naponi se snimaju između dve unutrašnje elektrode. Relativni fazni pomak i brzina promene faze između ovih signala se određuju i koriste u proračunima udarnog volumena (SV) (Sivakumar & Lazaridis, 2020). Promene provodljivosti detektuju elektrode koje procenjuju razliku između ulaznog i izlaznog napona nakon primene struje na grudni koš.

SunTech Tango+ kao deo opreme, je merač krvnog pritiska za stres/vežbanje, namenjen za upotrebu sa biciklergometrima i farmakološkim testovima na stres. Među najpouzdanijim i

najjednostavnijim meračima krvnog pritiska, SunTech Tango+ će nam omogućiti da se fokusiramo na ispitanike.

Custo cardio 130 je inovativan uređaj u kardiovaskularnoj dijagnostici i efikasnim tokovima podataka u IT okruženju, a omogućava i nesmetanu razmenu podataka bez gubljenja rezultata. Lako je i isplativo proširenje na CPET-u, pomoću koga se vrši snimanje, prikaz, analiza i izveštavanje 12-kanalnog EKG-a na svakom računaru. EKG elektrode obezbeđuju konstantno kvalitetan zapis (slika 13.). Custo cardio 130 omogućava mobilnu upotrebu na svakom računaru zahvaljujući USB konekciji (Univerzalni interfejs za aplikaciju). Digitalni 12-kanalni PC EKG baziran na računaru, Custo cardio 130 USB, signale ispitanika prenosi digitalno i direktno na računar sa kompletnm prikazom merenja i analizama EKG-a. Integrisane baze podataka EKG-a u mirovanju i pri kardiopulmonalnom progresivnom testu opterećenja (CPET) se elektronski čuvaju. EKG signal ispitanika će biti prikazan na displeju (srčana frekvencija, ventrikularne ekstrasistole i dr.) Nakon što će se aktivirati start taster, Custo cardio 130 počinje da snima EKG signale. U prikazu pregleda će se uvek prikazivati ime ispitanika i odgovarajući broj otkucaja srca. Ako broj otkucaja srca premaši gornju granicu ili padne ispod donje granice, sistolni krvni pritisak bude veći od 250 mm Hg i/ili dijastolni pritisak predje 115 mmHg, krvni pritisak padne za >10 mm Hg u odnosu na početni krvni pritisak uprkos povećanju radnog opterećenja, ili se javi vrtoglavica ili bilo koji oblik bola u grudima, kratak dah, umor, grčevi u nogama, kao i tehničke poteškoće u praćenju EKG-a, u takvim i sličnim uslovima testiranje će se prekinuti.

Pored aparata i uređaja koji su direktno povezani sa postupkom dobijanja nekog pokazatelja, bitni su i pomoćni uređaji i aparati neophodni za realizaciju funkcionalnog testiranja koji na indirektan način osiguravaju tačnost merenja i ispravnu interpretaciju dobijenih podataka (reanimacioni komplet za prvu pomoć sa defibrilatorom, potrošni materijal i prateća dodatna oprema, delovi i priključci koji se postavljaju na osnovnu aparaturu (ventili, specijalne maske, električni provodnici) i dr.

Oprema koja se direktno ili indirektno koristi za CPET mora biti redovno servisirana, kalibrisana i kontrolisana (Roca et al., 1997; ATS/ACCP, 2003; Wasserman, 2012), a podaci svih intervencija (popravke, otklanjanje kvarova, istorija servisa, kalibracije i dr.) se čuvaju. Servisiranje opreme treba da se obavlja u učestalosti koju preporučuje proizvođač, a dokument treba čuvati kao dokaz redovnog servisa.

Poglavlje 5 je vezano za prikaz statističke obrade podataka i imao će dva cilja:

1. Cilj: Ako rezultati ispunjavaju uslove za parametrijske testove biće urađen T-test za nezavisne uzorke (Independent Samples T-Test) da bi se utvrdila razlika u fiziološkim varijablama između eksperimentalne i kontrolne grupe. U slučaju ne ispunjavanja uslova za parametrijske testove biće korišćen neparametrijski test Mann Whitney U Test.

2. Cilj: Korelacija između hemodinamskih varijabli (CPO, CO, SV, HR) i metaboličkih varijabli (VO_2, AVO_2-diff) će se utvrditi korišćenjem Pirsonovog koeficijenta korelacije ili Spirmanovog koeficijenta korelacije, u zavisnosti od toga da li će rezultati ispunjavati parametrijske uslove.

U poglavlju 6 prikazani su preliminarni rezultati istraživanja. U prospektivnoj opservacionoj studiji, 29 trkača na duge staze (starosti 32±9 godina, indeks telesne mase 24±2 kg/m²), podvrgnuto je metaboličkim i hemodinamskim merenjima tokom maksimalnog testa opterećenja na elektromagnetnom bicikl-ergometru (Corival, Lode & Groningen, Netherland) koristeći metabolički sistem (Cortex Metalyzer 3B, Leipzig, Germany) i metodu bioreaktance (NICOM®, Cheetah Medical, SAD). Ekstrakcija kiseonika (arterijsko-venska O_2 razlika) izračunata je kao količnik između potrošnje O_2 i minutnog volumena srca.
Srednje vrednosti fizioloških varijabli pri maksimalnom opterećenju bile su: potrošnja O_2 , 4.02±0.50 L/min i 54.3±7.4 ml/kg/min; minutni volumen srca, 19.3±3.2 L/min; udarni volumen srca, 113±22 ml/beat; srčana frekvencija, 173±13 beat/min; srednji arterijski krvni pritisak, 123 ± 15 mmHg; snaga minutnog volumena srca, 5.27±1.02 watts, i arterijsko-venska O_2 razlika 21.3 ± 3.9 mL/100 mL. Statističkom analizom utvrdjena je umerena korelacija između maksimalne potrošnje O_2 i arterijsko-venske O_2 razlike ($r=0.42$, $R^2=0.18$, $p=0.02$) (slika 14.). Nije postojala statistički značajna korelacija između maksimalne potrošnje O_2 i varijabli srčane funkcije ($r<0.25$, $p>0.05$). Pored maksimalne potrošnje O_2, arterijsko-venska O_2 razlika je statistički značajno povezana sa minutnim volumenom srca ($r=-0.72$, $R^2=0.52$, $p<0.01$), udarnim volumenom srca ($r=-0.73$, $R^2=0.53$, $p<0.01$), snagom miunutnog volumena srca ($r=-0.60$, $R^2=0.36$, $p<0.01$), kao i sa srčanom frekvencijom ($r=0.23$, $p<0.16$).
Dobijeni rezultati su u delimičnoj saglasnosti sa rezultatima prethodno objavljenih studija (Jakovljević, et al., 2012; Bassett, & Howley, 2000).

Sedmo poglavlje- Potencijalni značaj istraživanja- maksimalna funkcija srca je prezentovana jedinstvenom varijablom (maksimalnom snagom minutnog volumena srca) koja je predstavljenja kao najbolja varijanta za globalnu funkciju srca zato sto integrise kapacitete protoka i pritiska srca, tj. minutni volumen i srednji arterijski krvni pritisak
Maksimalna funkcija srca, prezentovana maksimalnom snagom minutnog volumena srca, po prvi put će biti utvrđena kod trkača na duge staze.
Ovo istraživanje će doprineti boljem razumevanju fiziologije sporta i fizičke aktivnosti i definisati limitirajuće fiziološke faktore maksimalne potrošnje kiseonika kod trkača na duge staze.
Buduća istraživanja na većem uzorku će omogućiti razvijanje novih trenažnih procesa koji mogu dovesti do daljeg povećanja maksimalne funkcije srca i potrošnje kiseonika.

Okvirni spisak literature

Albouaini, K., Egred, M., Alahmar, A., & Wright, DJ. (2007). Cardiopulmonary exercise testing and its application. *Heart*, 93 (10), 1285–1292. doi: 10.1136/hrt.2007.121558

Alvero-Cruz, J. R., Carnero, E., García, M. A. G., Alacid, F., Correas-Gómez, L., Rosemann, T. J. (2020). Predictive performance models in long-distance runners: a narrative review. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 17:8289. doi: 10.3390/ijerph17218289

American Thoracic Society, American College of Chest Physicians (2003). ATS/ACCP statement on cardiopulmonary exercise testing. *Am J Respir Crit Care Med,*167, 211–77

Barron, A., Dhutia, N., Mayet, J., Hughes, AD., Francis, DP., & Wensel, R. (2014). Test - retest repeatability of cardiopulmonary exercise test variables in patients with cardiac or respiratory disease. *Eur J Prev Cardiol.* 21, 445–53. https://doi.org/10.1177/2047487313518474

Bassett, DR., & Howley, ET. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance, *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32 (1), 70. doi: 10.1097/00005768-200001000-00012

Bain, RJ., Tan. LB., Murray, RG., Davies. MK., & Littler, WA. (1990). The correlation of cardiac power output to exercise capacity in chronic heart failure. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 61, 112-118

Biryukova, E., Williams, FM., Valencia, O., Kaski, JC., Bland, M., & Jahangiri, M. (2010) Comparison of mid-term outcome in patients with three-vessel and/or left main disease undergoing percutaneous coronary intervention and coronary artery bypass graft surgery. *Eur J Cardiothorac Surg.* 37 (4), 905-11

Bromley, PD., Hodges, LD, & Brodie, DA. (2006). Physiological range of peak cardiac power output in healthy adults. *Clinical physiology and functional imaging,* 26, 240-246

Centers for Disease Control and Prevention. (2022). Perceived exertion (Borg rating of perceived exertion scale) https://www.cdc.gov/physicalactivity/basics/measuring/exertion.htm

Chantler, PD., Clements, R E., Sharp, L., George, KP., Tan, LB., & Goldspink, DF. (2005). The influence of body size on measurements of overall cardiac function. *American journal of physiology Heart and circulatory physiology*, 289 (H), 2059-2065

Cotter, G., Williams, SG., Vered, Z., & Tan, LB. (2003). Role of cardiac power in heart failure. *Current opinion in cardiology,* 18, 215-222

Ćuk, I., i Rakić, S. (2019). Osnove atletike - teorija i metodika Službeni glasnik, Beograd

DeHaan, R.J. (2002). Measuring Quality of Life After Stroke Using the SF-36. *Stroke*. 33, 1176–77

Dikić, N., i Živanić, S. (2003). Osnove monitoringa srčane frekvencije u sportu i rekreaciji. Beograd: Udruženje za medicinu sporta Srbije

Dini, FL. (2011). Assessment of cardiac dynamics during stress echocardiography by the peak power output-to-left ventricular mass ratio. *Future Cardiol*, 7, 347–356

Đukić, R., Bošnjak, G., Jakovljević, V., & Tešanović, G. (2020) Parametri funkcionalnih sposobnosti u trčanju – pregledno istraživanje. Sportlogia, 16 (1), 1-30. https://doi.org/10.5550/sgia.201601.se.dbjt

Emery, MS. (2021). Cardiopulmonary Exercise Testing in Athletes: Pearls and Pitfalls. CPX International Inc. American college of cardiology

Fincke, R., Hochman, JS., Lowe, AM., Menon, V., Slater, JN., Webb, JG., LeJemtel, TH., & Cotter, G. (2004). Cardiac power is the strongest hemodynamic correlate of mortality in cardiogenic shock: a report from the SHOCK trial registry. *J Am Coll Cardiol*, 44, 340– 348

Fincke, R., Hochman, J.S., Lowe, A.M., Menon, V., Slater, J.N., Webb, J.G., & Cotter, G. (2004). Cardiac power is the strongest hemodynamic correlate of mortality in cardiogenic shock: A report from the SHOCK trial registry. *Journal of American College of Cardiology*, 44 (2), 340-348. doi: 10.1016/jacc.2004.03.060

Fletcher, GF., Ades, FA., Kligfield, P., Arena, R., Balady, GJ., Bittner, VA., Coke, LA., Fleg, JL., Forman, DE., Gerber, TC., Gulati, G., Madan, K., Rhodes, J., Thompson, PD., & Williams, MA. (2013) Exercise standards for testing and training: a scientific statement from the American Heart Association *Circulation*, 128 (8), 873-934. doi:10.1161/CIR.0b013e31829b5b44

Glaab, T., & Taube, C. (2022) Practical guide to cardiopulmonary exercise testing in adults. *Respiratory Research*, 23, 9. https://doi.org/10.1186/s12931-021-01895-6

Guazzi, M., Bandera, F., Ozemek, C., Systrom, D., & Arena, R. (2017). Cardiopulmonary exercise testing: what is its value? *J Am Coll Cardiol*. 70 (13), 1618–1636. doi: 10.1016/j.jacc.2017.08.012

Hall, J.E. (2010). Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology, *Physiology*,1091

Jhanji, S., Dawson, J., & Pearse, R.M. (2008). Cardiac output monitoring: Basic science and clinical application. *Anaesthesia*, 63 (2),172–181

Jakovljevic, DG., George, RS., Donovan, G., Nunan, D., Henderson, K., Bougard, RS., Yacoub, MH., Birks, EJ., & Brodie, DA. (2010). Comparison of cardiac power output and exercise performance in patients with left ventricular assist devices, explanted (recovered) patients, and those with moderate to severe heart failure. *Am J Cardiol*, 105, 1780– 1785

Jakovljevic, DJ., Seferovic, P., Nunan, D., Donovan, G., Trenell, M., Grocott-Mason, R., & Brodie, D. (2011). Reproducibility of cardiac power output and other cardiopulmonary exercise indices in patients with chronic heart failure, *Clinical Science* 122 (4), 175-81
DOI:10.1042/CS20110355

Jakovljevic, DJ., Birks, EJ., George, RS., Trenell, MI., Seferovic, PM., Yacoub, MH., & Brodie, DA. (2011). Relationship between peak cardiac pumping capability and selected exercise-derived prognostic indicators in patients treated with left ventricular assist devices. *European journal of heart failure*, 13, 992-999

Jakovljevic, DJ., et al. (2012). Relationship between peak cardiac pumping capability and indices of cardio-respiratory fitness in healthy individuals, *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 32 (5), 388-93. doi: 10.1097/00005768-200001000-00012

Jakovljevic, D., Popadic-Gacesa, J., Barak, O., Nunan, D., Donovan, G., Trenell, M., Grujic, N., & Brodie, D. (2012). Relationship between peak cardiac pumping capability and indeces of cardio-respiratory fitness in healthy individuals. *Clinical physiology and functional imaging*, 32, 388-393

Jakovljevic, D.G., Moore, S., Hallsworth, K., Fattakhova, G., Thoma, C., & Trenell, M.I. (2012). Comparison of cardiac output determined by bioimpedance and bioreactance methods at rest and during exercise. *Journal of clinical monitoring and computing*, 26, 63-68

Jakovljevic, DJ., Trenell, TI., & MacGowan, GA. (2014). Bioimpedance and bioreactance methods for monitoring cardiac output. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*, 28 (4), 381-394. doi:10.1016/j.bpa.2014.09.003

Jakovljevic, D.G., Yacoub, M.H., Schueler, S., MacGowan, G.A., Velicki, L., Seferovic, P.M., et al. (2017). Left ventricular assist device as a bridge to recovery for patients with advanced heart failure. *Journal of the American College of Cardiology*, 69, 1924-1933

Joyner, MJ., & Coyle, EF. (2008). Endurance exercise performance: the physiology of champions. *J Physiol*, 586, 35–44

Jones, T.W., Houghton, D., Cassidy, S., MacGowan, G. A., Trenell, M. I., & Jakovljevic, D. G. (2015). Bioreactance is a reliable method for estimating cardiac output at rest and during exercise. *BJA: British Journal of Anaesthesia,* 115 (3), 386–391. https://doi.org/10.1093/bja/aeu560

Keren, H., Burkhoff, D.& Squara, P. (2007). Evaluation of a noninvasive continuous cardiac output monitoring system based on thoracic bioreactance. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 293, H583– H589

Klasnja, A., Jakovljevic, DJ., Barak, O., Popadic-Gacesa, J., Lukac, D., & Grujic, N. (2013). Cardiac power output and its response to exercise in athletes and non-athletes. *Clinical physiology and functional imaging*, 33, 201-205

Klasnja, A., Popadic-Gacesa, A., Barak, O., Karan, V., & Grujic, N. (2014). Peak cardiac power output and cardiac reserve in sedentary men and women. *Periodicum Biologorum* 116 (1), 59-63

Kocić, A., Ljubica Papić, Lj., Krcunović, S., Macura, M., Seman, S., Ilić, V., Labudović, D., Mrdaković, V., Jakovljević, S., Stojiljković, S., & Jakovljević, Dj. (2022). Haemodynamic and metabolic determinants of maximal functional capacity in long-distance runners. Zbornik apstrakata*, XXI međunarodna naučna konferencija*, 118. University, Belgrade, Serbia http://www.fsfv.rs/mat/zbor/book_of_abstracts_20221205.pdf

Lima, MG., Barros, MBdA., César, CLG., Goldbaum, M., Carandina, L., & Ciconelli, RM. (2016). Health related quality of life among the elderly: a population-based study using SF-36 survey. *Cadernos de saude publica*, 25(10), 2159-67

Lupi Herrera., E., Chuquiure Valenzuela, E., González Pacheco, H., Cuéllar Velasco, BM., Arias Mendoza, A., & Martínez Sánchez, CR. (2006). Cardiac Power Output an old tool, possibly a modern tool for assessing cardiac pumping capability, as well as for a short-term prognosis in cardiogenic shock due to acute myocardial infarction. *Arch. Cardiol. Méx.*, 76, (1), 95-108

Marik, P.E. (2013). Noninvasive Cardiac Output Monitors: A State-of the-Art Review. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, 27 (1),121–134

Maurer, M.M., et al. (2009). A Multicenter Study of Noninvasive Cardiac Output by Bioreactance During Symptom-limited Exercise. *Journal of Cardiac Failure*, 15 (8), 689–699

Milani, RV., Lavie, CJ., & Mehra, MR. (2004). Cardiopulmonary exercise testing: how do we differentiate the cause of dyspnea? *Circulation*, 110

Nadruz, WJ., West, E., Santos, M., Skali, H., Groarke, JD., Forman, DE., & Shah, AM. (2016). Heart Failure and Midrange Ejection Fraction: Implications of Recovered Ejection Fraction for Exercise Tolerance and Outcomes. *Circ Heart Fail*, 9 (4), e002826. doi: 10.1161/CIRCHEARTFAILURE.115.002826

Nikolaidis, P. T., Clemente-Suárez, V. J., Chlíbková, D., & Knechtle, B. (2021). Training, anthropometric, and physiological characteristics in men recreational marathon runners: the role of sport experience. *Front. Physiol.* 12:666201. doi: 10.3389/fphys.2021.666201

Norton, K., Marfell-Jones, M., Whittingham, N., et al. (2000). Anthropometric Assessment Protocols, Australian Sports Commission. Champaign, IL: Human Kinetics

Okwose, N.C., Chowdhury, S., Houghton, D., Trenell, M.I., Eggett, C., Bates, M., et al. (2017). Comparison of cardiac output estimates by bioreactance and inert gas rebreathing methods during cardiopulmonary exercise testing. *Clinical physiology and functional imaging*, 1329-1337

Ostojić, S. (2005) Savremeni trendovi u analizi telesne strukture sportista. *Sportska medicina*, 5(1), 1-11

Parovic, M., Okwose, NC., Bailey, K., Velicki, L., Fras, Z., Seferovic, PM., MacGowan, G., Jakovljevic, DJG. (2019). NT-proBNP is a weak indicator of cardiac function and haemodynamic response to exercise in chronic heart failure. *ESC Heart Failure*. https://doi.org/10.1002/ehf2

Paterson C. (2010). Quality of life measures. *Br J Gen Pract*. 60 (570), 53

Perkins, R.E., Hollingsworth, K.G., Eggett, C., MacGowan, G.A., Bates, M.G., Trenell, M.I., et al. (2016). Relationship between bioreactance and magnetic resonance imaging stroke volumes. *British journal of anaesthesia*, 117:134-136

Pelliccia, A., Fagard, R., & Bjornstad, HH. (2005). Recommendations for competitive sports participation in athletes with cardiovascular disease: a consensus document from the Study Group of Sports Cardiology of the Working Group of Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology and the Working Group of Myocardial and Pericardial Diseases of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J*, 26,1422-1445

Popovic, D., Damjanovic, S., Popovic, B., Kocijancic, A., Labudović, D., Seman, S., Stojiljković, S., Tesic, M., Arena, R., & Lasica, R. (2021). Physiological behavior during stress anticipation across different chronic stress exposure adaptive models. *Stress* (Amsterdam, Netherlands), 1–8

Pritchard, A., Burns, P., Correia, J., et al. (2021). ARTP statement on cardiopulmonary exercise testing. *BMJ Open Resp Res*, 8, e001121. doi:10.1136/ bmjresp-2021-001121

Roca, J., Whipp, BJ., & Agusti, AGN. (1997). Clinical exercise testing with reference to lung diseases: indications standardization and interpretation strategies, https:// moh- it. pure. elsevier.com/ en/ publications/ clinical- exercise- testing- with- reference- tolung-diseases- indicat

Rowell, LB., Brengelmann, GL., Blackmon, JR., Bruce, RA., & Murray, JA. (1968) Disparities between aortic and peripheral pulse pressures induced by upright exercise and vasomotor changes in man. *Circulation*, 37 (6), 954-64

Schlader, ZJ., Mündel, T., Barnes, MJ., & Hodges, LD. (2010). Peak cardiac power output in healthy, trained men. *Clin Physiol Funct Imaging*, 30 (6), 480-4

Seman, S., Dražilov, S. S., Ilić, V., Tešić, M., Stojiljković, S., Arena, R., & Popović, D. (2021). Physical activity and exercise as an essential medical strategy for the COVID-19 pandemic and beyond. *Experimental biology and medicine* (Maywood, N.J.), 246 (21), 2324–2331

Sivakumar, S., & Lazaridis, C. (2020). Bioreactance-Based Noninvasive Fluid Responsiveness and Cardiac Output Monitoring: A Pilot Study in Patients with Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage and Literature Review. *Crit Care Res Pract*. doi: 10.1155/2020/2748181

Skalski, J., Allison, TG., & Miller, TD. (2012). The safety of cardiopulmonary exercise testing in a population with high-risk cardiovascular diseases. *Circulation.* 126, 2465–72. https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.112.110460

Stefanović, Đ., Juhas, I., i Janković, N. (2008). *Teorija i metodika atletike*. Beograd: Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja.

Stojiljković, S. (2005). *Efekti trčanja u različitim zonama intenziteta*. Monografija, biblioteka Posebna izdanja. Beograd: Zadužbina Andrejević.

Stojiljković, S., Mitić, D., Mandarić, S., i Nešić, D. (2012). *Personalni fitnes*, Naučna monografija, Univerzitet u Beogradu - Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja i autor, Beograd

Surveys S. (2016) A community for measuring health outcomes using SF tools. http://www:sf-36.org

Squara, P., et al. (2009). Comparison of monitoring performance of Bioreactance vs. pulse contour during lung recruitment maneuvers. *Critical care*, 13 (4), R125

Tan, LB. (1986). Cardiac pumping capability and prognosis in heart failure. *Lancet,* 13, 1360–1363

Tan, L.B. (1987). Clinical and research implications of new concepts in the assessment of cardiac pumping performance in heart failure. *Cardiovascular research*, 21, 615-622

Tan, LB., & Littler, WA. (1990). Measurement of cardiac reserve in cardiogenic shock: implications for prognosis and management. *British heart journal* 64, 121-128

Tanda, G., & Knechtle, B. (2015). Effects of training and anthropometric factors on marathon and 100 km ultramarathon race performance. *Open Access J. Sports Med.* 6, 129–136. doi: 10.2147/OAJSM.S80637

TW., Houghton, D., Cassidy, S., MacGowan, GA., Trenell, MI., & Jakovljevic, DG. (2015). Bioreactance is a reliable method for estimating cardiac output at rest and during exercise. *Br J Anaesth*, 115, 386– 391

Vincent, JL. (2008). Understanding cardiac output. *Crit Care*, 12 (4), 174. doi: 10.1186/cc6975

Vučič, J. (2016). Procena maksimalne potrošnje kiseonika pomoću gasnog analizatora i trake za trčanje kao mera aerobne sposobnosti sportiste. Diplomski rad. Prirodno matematički fakultet Univerziteta u Novom Sadu

Ware, JE., & Sherbourne, CD. (1992). The MOS 36-item short-form health survey (SF-36). I. Conceptual framework and item selection. *Medical care.* 30 (6), 473-83

Ware, JE., & Gandek, B. (1998). Overview of the SF-36 health survey and the international quality of life assessment (IQOLA) project. *Journal of clinical epidemiology.* 51(11), 903-12

Ware, JE., Kosinski, M., Dewey, JE., & Gandek B. (2000). SF-36 health survey: manual and interpretation guide: *Quality Metric Inc*

Wasserman, K., Hansem, JE., Sue, DY., Casaburi, R., & Whipp, BJ. (1999). Principles of Exercise Testing and Inter- pretation. *Williams and Wilkins*, Philadelphia, Lippincott

Wasserman, K., et al. (2000). Principles of Exercise Testing and Interpretation: Including Pathophysiology and Clinical Applications, *3Rd Edition. Shock*, 14, 80

Wasserman, K. (2012). Principles of exercise testing and interpretation : including pathophysiology and clinical applications. 5 edn. Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins

WHO (1993). World Health Report: life in the 21st century-a vision for all. Geneva

Williams, SG., Cooke, GA., Wright, DJ., Parsons, WJ., Riley, RL., Marshall, P. & Tan, LB. (2001). Peak exercise cardiac power output; a direct indicator of cardiac function strongly predictive of prognosis in chronic heart failure. *European Heart Journal, 22:1496–1503.* doi: 10.1053/euhj.2000.2547

Yildiz, O., Gamze, A., Zumrut, D.T., Yenigun, C.D., & Yazicioglu, N. (2017). Evaluation of resting cardiac power output as a prognostic factor in patients with advanced heart failure. *The American Journal of Cardiology,* 120(6), 973-979. doi: 10.1016/j.amjcard.2017.06.028

Zdravković, M., Krotin, M., Deljanin-Ilić, M. & Zdravković, D. (2010). Quality of life evaluation in cardiovascular diseases. Med Pregl. LXIII (9-10), 701-704. DOI: 10.2298/MPNS1010701Z

Živanić, S., i Dikić, N. (2008). Sportska medicina, HELETA. Beograd

Predlog mentora, saglasnost mentora i spisak njihovih radova

S obzirom na kompleksnost istraživanog problema kojim se kandidatkinja bavi u obrazloženju teme doktorske disertacije, kao i s obzirom na saradnju u toku pripreme istraživanja koju je kandidatkinja imala, predlažemo dva mentora u realizaciji projekta doktorske disertacije:

1. Dr Stanimir Stojiljković, redovni profesor, Univerzitet u Beogradu – Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, Srbija.
2. Dr Djordje Jakovljević, redovni profesor, Faculty of Health and Life Sciences, Coventry University, UK

Oba predložena mentora, redovni profesor dr Stanimir Stojiljković i Dr Djordje Jakovljević, redovni profesor, ispunjavaju uslove predviđene Standardima za akreditaciju

studijskih programa doktorskih studija i saglasni su da, po predloženoj temi, budu mentori u realizaciji doktorske disertacije Anastasije Kocić.

Prilažemo spisak radova koje su redovni profesor dr Stanimir Stojiljković i profesor dr Djordje Jakovljević objavili u međunarodnim naučnim časopisima u poslednjih 5 godina, a koji po svojoj temi pripadaju naučnoj oblasti Fizičko vaspitanje i sport, kojoj pripada i predložena tema. Takođe, naglašavamo da su pojedini radovi usko vezani sa predloženom temom:

Dr Stanimir Stojiljković, redovni profesor

1. Popovic, D., Damjanovic, S., Popovic, B., Kocijancic, A., Labudović, D., Seman, S., **Stojiljković, S**., Tesic, M., Arena, R., & Lasica, R. (2021). Physiological behavior during stress anticipation across different chronic stress exposure adaptive models, *Stress*, DOI: 10.1080/10253890.2021.2006178
2. Kojic F, Đurić S, Ranisavljev I, **Stojiljkovic S**, Ilic V. (2021). Quadriceps femoris cross-sectional area and specific leg strength: relationship between different muscles and squat variations. *PeerJ*, 9:e12435 https://doi.org/10.7717/peerj.12435
3. Seman, S., Dražilov, S.S., Ilić, V., Tešić, M., **Stojiljković, S**., Arena, R., & Popović, D. (2021). Physical activity and exercise as an essential medical strategy for the COVID-19 pandemic and beyond. *Experimental Biology and Medicine*, 246: 2324-2331.
4. Kojić, F., Ranisavljev, I., Ćosić, D., Popović, D., **Stojiljković, S**., Ilić, V. (2021). Effects of resistance training on hypertrophy, strength and tensiomyography parameters of elbow flexors: role of eccentric phase duration. *Biology of Sport*, 38 (4): 587-594.
5. **Stojiljković, S**., Matić, M., Papić, Lj. (2019). The Trend in the Number of Participants from Serbia in the Belgrade Marathon from 2007 to 2019: The Effect of Gender and Age. *Facta Universitatis, Series Physical Education and Sport*, 17 (2): 353-369.

Dr Djordje Jakovljević, redovni profesor

1. Jakovljevic, DJ., Seferovic, P., Nunan, D., Donovan, G., Trenell, M., Grocott-Mason, R., & Brodie, D. (2011). Reproducibility of cardiac power output and other cardiopulmonary exercise indices in patients with chronic heart failure, *Clinical Science* 122 (4), 175-81 DOI:10.1042/CS20110355

2. Jakovljevic, DJ., Birks, EJ., George, RS., Trenell, MI., Seferovic, PM., Yacoub, MH., & Brodie, DA. (2011). Relationship between peak cardiac pumping capability and selected exercise-derived prognostic indicators in patients treated with left ventricular assist devices. *European journal of heart failure*, 13, 992-999

3. Jakovljevic, DJ., et al. (2012). Relationship between peak cardiac pumping capability and indices of cardio-respiratory fitness in healthy individuals, *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 32 (5), 388-93. doi: 10.1097/00005768-200001000-00012

4. Jakovljevic, D., Popadic-Gacesa, J., Barak, O., Nunan, D., Donovan, G., Trenell, M., Grujic, N., & Brodie, D. (2012). Relationship between peak cardiac pumping capability and indeces of

cardio-respiratory fitness in healthy individuals. *Clinical physiology and functional imaging*, 32, 388-393

5. Jakovljevic, D.G., Moore, S., Hallsworth, K., Fattakhova, G., Thoma, C., & Trenell, M.I. (2012). Comparison of cardiac output determined by bioimpedance and bioreactance methods at rest and during exercise. *Journal of clinical monitoring and computing*, 26, 63-68

Mišljenje i predlog Komisije

Predložena tema ima za cilj da se ispitaju hemodinamski profil i njegova povezanost sa funkcionalnim kapacitetom, telesnim sastavom i kvalitetom života kod trkača na duge distance. Tema je formulisana na osnovu pažljive analize obimne bibliografske građe. Problem istraživanja je detaljno objašnjen, a cilj i hipoteze su jasno formulisane. Predložene metode istraživanja omogućavaju realizaciju ciljeva istraživanja.

Istraživanje je veoma značajno sa teorijske tačke gledišta, ali će imati i neposrednu primenu u praksi. Maksimalna funkcija srca prezentovana jedinstvenom varijablom (maksimalnom snagom minutnog volumena srca) koja je predstavljena kao najbolja varijanta za globalnu funkciju srca zato sto integrise kapacitete protoka i pritiska srca, tj. minutni volumen i srednji arterijski krvni pritisak.

Maksimalna funkcija srca, prezentovana maksimalnom snagom minutnog volumena srca, po prvi put će biti utvrđena kod trkača na duge staze.

Ovo istraživanje će doprineti boljem razumevanju fiziologije sporta i fizičke aktivnosti i definisati limitirajuće fiziološke faktore maksimalne potrošnje kiseonika kod trkača na duge staze.

Buduća istraživanja na većem uzorku će omogućiti razvijanje novih trenažnih procesa koji mogu dovesti do daljeg povećanja maksimalne funkcije srca i potrošnje kiseonika.

Predlažemo da Nastavno-naučno veće prihvati Izveštaj komisije i Veću naučnih oblasti društveno-humanističkih nauka uputi odluku kojom se odobrava tema doktorske disertacije Anastasije Kocić pod nazivom "HEMODINAMSKI PROFIL I NJEGOVA POVEZANOST SA FUNKCIONALNIM KAPACITETOM, TELESNIM SASTAVOM I KVALITETOM ŽIVOTA KOD TRKAČA NA DUGE DISTANCE" i kojim se za mentore imenuju redovni profesor **dr Stanimir Stojiljković,** Univerzitet u Beogradu, Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, Srbija i **dr Djordje Jakovljević,** Faculty of Health and Life Sciences, Coventry Universsity, UK

U Beogradu, 06.10.2023. godine

Članovi Komisije:

_____

Dr Marija Macura, redovni profesor
Univerzitet u Beogradu - Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, predsednik komisije.

_____

Dr Vladimir Mrdaković, vanredni profesor,
Univerzitet u Beogradu - Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, član.

_____

Dr Saša Bubanj, redovni profesor,
Univerzitet u Nišu - Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, član.